



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“ELABORACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO Y DE
MANEJO AMBIENTAL EN EL ÁREA DE COMBUSTIBLE DEL
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL
DEL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTOR:

JOHN JAMES CEBALLOS RODRÍGUEZ

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“ELABORACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO Y DE
MANEJO AMBIENTAL EN EL ÁREA DE COMBUSTIBLE DEL
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL
DEL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTOR: JOHN JAMES CEBALLOS RODRÍGUEZ

DIRECTOR: Ing. EDISSON FERNANDO CALDERÓN FREIRE

Riobamba – Ecuador

2022

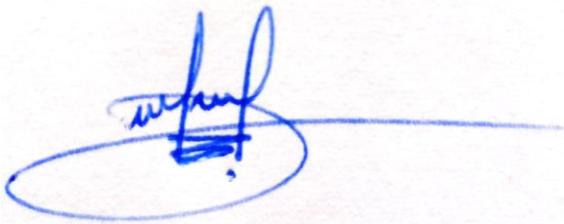
© 2022, **John James Ceballos Rodríguez**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, JOHN JAMES CEBALLOS RODRÍGUEZ, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de junio del 2022

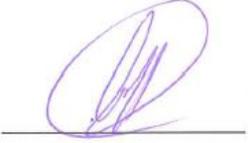
A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'J' and 'R' followed by a horizontal line that loops back under the 'R'.

John James Ceballos Rodríguez

CI. 220042903-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**ELABORACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO Y DE MANEJO AMBIENTAL EN EL ÁREA DE COMBUSTIBLE DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS**”, realizado por el señor: **JOHN JAMES CEBALLOS RODRÍGUEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñan PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-06-16
Ing. Edison Fernando Calderón Freire DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-06-16
Ing. Cristian David Redrobán Dillon MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-06-16

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis en primer lugar a Dios por haberme permitido concluir con éxito el proceso de formación universitaria, a mis abuelitos Carmela Díaz y Antonio Ceballos, a mis familiares que con gran esfuerzo y sacrificio me han provisto de recursos económicos y apoyo en todo momento, necesarios para poder cumplir con una meta muy deseada, el de poder alcanzar un título universitario en la prestigiosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

John

AGRADECIMIENTO

A la prestigiosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a mi querida Escuela de Mantenimiento Industrial, docentes, compañeros y amigos por brindarme su conocimiento y compañía en este largo proceso de formación profesional.

John

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
SUMMARY.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Justificación y actualidad.....	2
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	5
1.4. Problema.....	5
1.5. Consideraciones técnicas y tecnológicas.....	6
1.6. Resultados a alcanzar.....	7

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	8
2.1. Equipos industriales existentes en el Área de Combustible GADMJS.....	8
2.1.1. <i>Tanques de almacenamiento</i>	8
2.1.1.1. <i>Clasificación de tanques de almacenamiento</i>	8
2.1.2. <i>Bombas industriales</i>	9
2.1.2.1. <i>Clasificación de las bombas</i>	9
2.1.3. <i>Tablero eléctrico o centro de carga</i>	10
2.1.4. <i>Tuberías en la industria</i>	11
2.1.4.1. <i>Ventajas y desventajas de las tuberías de acero</i>	11
2.1.5. <i>Válvulas industriales</i>	12
2.1.5.1. <i>Clasificación de las válvulas</i>	12
2.1.6. <i>Cubetos de protección contra derrames</i>	13
2.1.7. <i>Cubiertas metálicas</i>	13

2.2.	Inspección de tanques industriales	14
2.2.1.	Métodos de inspección según API RP575 (END)	14
2.2.1.1.	<i>Medida del espesor ultrasónico</i>	14
2.2.2.	Razones para la inspección	15
2.2.2.1.	<i>Corrosión en tanques de acero</i>	15
2.2.3.	Frecuencia de inspección API 653	16
2.2.3.1.	<i>Frecuencia para la inspección de medición de espesores mediante ultrasonido</i>	16
2.2.4.	Determinación de velocidad de corrosión API 570	17
2.2.4.1.	<i>Cálculo de velocidad de corrosión (VC)</i>	17
2.2.4.2.	<i>Cálculo de vida remanente o vida útil</i>	18
2.3.	Plan de Mantenimiento	18
2.3.1.	Listado de equipos	18
2.3.2.	Codificación de equipos	19
2.3.2.1.	<i>Información útil que debe contener el código de un ítem</i>	20
2.3.3.	Tipos de mantenimientos posibles	20
2.3.3.1.	<i>Mantenimiento correctivo</i>	21
2.3.3.2.	<i>Mantenimiento preventivo</i>	21
2.3.3.3.	<i>Mantenimiento basado en la condición</i>	21
2.3.4.	Ficha técnica del equipo	21
2.3.5.	Programa de mantenimiento preventivo	22
2.3.5.1.	<i>Recomendaciones para elaborar un plan de mantenimiento preventivo</i>	22
2.3.6.	Órdenes de Trabajo (OT)	22
2.3.7.	Indicadores	23
2.3.7.1.	<i>Índices de clase mundial</i>	23
2.3.8.	Costos de mantenimiento	24
2.3.8.1.	<i>Costos por personal</i>	24
2.3.8.2.	<i>Costos por material</i>	24
2.3.8.3.	<i>Costos por contratación</i>	24
2.3.8.4.	<i>Costos por depreciación</i>	25
2.3.8.5.	<i>Costos por pérdidas de facturación</i>	25
2.4.	Plan de manejo ambiental (PMA)	25
2.4.1.	Análisis de riesgos	25
2.4.2.	Matriz de riesgos	26
2.4.3.	Plan de mitigación o prevención de desastres	26

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	27
3.1.	Descripción de la institución	27
3.1.1.	<i>Ubicación geográfica</i>	27
3.1.2.	<i>Descripción del Área de Combustible</i>	27
3.2.	Desarrollo del plan de mantenimiento	28
3.2.1.	<i>Lista de equipos a mantener en el Área de Combustible</i>	28
3.2.2.	<i>Clasificación de los equipos dentro la empresa en orden jerárquico</i>	28
3.2.3.	<i>Estructura de la codificación de departamentos, Áreas, sistemas y equipos</i>	30
3.2.3.1.	<i>Código de la Unidad de Servicios Generales y Control de bienes</i>	30
3.2.3.2.	<i>Código del Área de Combustible perteneciente a la Unidad de Servicios Generales y Control de bienes</i>	31
3.2.3.3.	<i>Código de los sistemas existentes en el Área de Combustible de la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes del GADMJS</i>	31
3.2.3.4.	<i>Código de los equipos existentes en el Área de Combustible de la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes del GADMJS</i>	31
3.2.4.	<i>Fichas técnicas de los equipos del Área de Combustible del GADMJS</i>	32
3.2.4.1.	<i>Ficha técnica del tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina</i>	33
3.2.4.2.	<i>Ficha técnica del tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel</i>	34
3.2.4.3.	<i>Ficha técnica del tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel</i>	35
3.2.4.4.	<i>Ficha técnica de la bomba 1 de paletas FILL-RITE 35GPM para diésel</i>	36
3.2.4.5.	<i>Ficha técnica de la bomba 2 de paletas FILL-RITE 35GPM para gasolina</i>	37
3.2.4.6.	<i>Ficha técnica del tablero eléctrico SD de 12E 110/220V del Área de Combustible</i> ...	38
3.2.4.7.	<i>Ficha técnica de líneas de tubería de los tanques y equipos de bombeo del Área de Combustible</i>	39
3.2.4.8.	<i>Ficha técnica de válvulas del sistema de bombeo y tanques Área de Combustible</i>	40
3.2.4.9.	<i>Ficha técnica de válvulas del cubeto anti derrames de hormigón del Área de Combustible</i>	41
3.2.4.10.	<i>Ficha técnica de la caseta de estructura metálica del Área de Combustible</i>	42
3.2.5.	<i>Análisis de criticidad de los equipos del Área de Combustible</i>	43
3.2.5.1.	<i>Análisis de criticidad del tanque TK01 4500 galones para gasolina del Área de Combustible</i>	46
3.2.5.2.	<i>Análisis de criticidad del tanque TK03 6000 galones para diésel del Área de Combustible</i>	47
3.2.5.3.	<i>Análisis de criticidad tanque TK04 500 barriles para diésel Área de Combustible</i> ..	47
3.2.5.4.	<i>Análisis de criticidad de la bomba BB05 para diésel del Área de Combustible</i>	47

3.2.5.5.	<i>Análisis de criticidad de la bomba BB10 para gasolina del Área de Combustible</i>	48
3.2.5.6.	<i>Análisis de criticidad del tablero eléctrico TE15 del Área de Combustible</i>	48
3.2.5.7.	<i>Análisis de criticidad de las líneas de tubería TF20 del Área de Combustible</i>	48
3.2.5.8.	<i>Análisis de criticidad de las válvulas VV25 del Área de Combustible</i>	49
3.2.5.9.	<i>Análisis de criticidad del cubeto anti derrames CA30 del Área de Combustible</i>	49
3.2.5.10.	<i>Análisis de criticidad de la caseta metálica CM35 del Área de Combustible</i>	49
3.2.5.11.	<i>Hoja resumen de análisis de criticidad de los equipos y tanques del Área de Combustible</i>	50
3.2.6.	<i>Definición de estrategias de mantenimiento</i>	50
3.2.6.1.	<i>Modelo de mantenimiento correctivo</i>	50
3.2.6.2.	<i>Modelo de mantenimiento basado en la condición</i>	51
3.2.6.3.	<i>Mantenimiento subcontratado a un especialista</i>	51
3.2.7.	<i>Selección del modelo de mantenimiento para los equipos del Área de Combustible del GADMJS.</i>	51
3.2.8.	<i>Definición de tareas</i>	52
3.2.8.1.	<i>Tareas a ser realizadas para los tanques de almacenamiento de Combustibles</i>	52
3.2.8.2.	<i>Tareas a ser realizadas en los equipos de bombeo de Combustible</i>	53
3.2.8.3.	<i>Tareas a ser realizadas en el centro de carga o tablero eléctrico</i>	53
3.2.8.4.	<i>Tareas a ser realizadas en las líneas de tuberías</i>	54
3.2.8.5.	<i>Tareas a ser realizadas en las válvulas</i>	54
3.2.8.6.	<i>Tareas a ser realizadas en el cubeto anti derrame</i>	54
3.2.8.7.	<i>Tareas a ser realizadas en las cubiertas metálicas</i>	55
3.2.9.	<i>Planificación de tareas</i>	55
3.2.9.1.	<i>Tipos de frecuencias para ejecución de tareas de mantenimiento preventivo</i>	55
3.2.9.2.	<i>Frecuencias para la ejecución de las tareas de mantenimiento en los tanques de almacenamiento de Combustibles</i>	56
3.2.9.3.	<i>Frecuencias para la ejecución de las tareas de mantenimiento equipos de bombeo</i> ..	57
3.2.9.4.	<i>Frecuencias para la ejecución las tareas de mantenimiento en el tablero eléctrico</i> ..	58
3.2.9.5.	<i>Frecuencias para la ejecución de las tareas de mantenimiento en las líneas de tubería de los tanques y equipos de bombeo</i>	58
3.2.9.6.	<i>Frecuencias para la ejecución de las tareas de mantenimiento en las válvulas de los equipos de bombeo y tanques</i>	59
3.2.9.7.	<i>Frecuencias para la ejecución de las tareas de mantenimiento en el cubeto anti derrames</i>	59
3.2.9.8.	<i>Frecuencias para la ejecución de las tareas de mantenimiento la cubierta metálica</i> ..	60
3.2.10.	<i>Elaboración de rutinas (gamas) de mantenimiento</i>	60
3.2.10.1.	<i>Tareas semanales</i>	61

3.2.10.2. <i>Tareas mensuales</i>	62
3.2.10.3. <i>Tareas trimestrales</i>	62
3.2.10.4. <i>Tareas semestrales</i>	63
3.2.10.5. <i>Tareas anuales</i>	64
3.2.11. <i>Definición de documentos de mantenimiento</i>	64
3.2.11.1. <i>Modelo de inventario de equipos</i>	64
3.2.11.2. <i>Modelo de ficha técnica de equipos</i>	65
3.2.11.3. <i>Modelo de bitácora de fallos</i>	66
3.2.11.4. <i>Modelo de bitácora de mantenimiento</i>	66
3.2.11.5. <i>Modelo de solicitud de mantenimiento</i>	66
3.2.11.6. <i>Modelo de orden de trabajo</i>	67
3.2.12. <i>Definición de indicadores de mantenimiento</i>	68
3.2.12.1. <i>Fiabilidad de los equipos</i>	68
3.2.12.2. <i>Indicadores de fiabilidad de mantenimiento</i>	68
3.2.12.3. <i>Indicadores secundarios</i>	69
3.3. Medición de espesores por ultrasonido	71
3.3.1. <i>Medidor de espesores por ultrasonido HUATEG TG3000</i>	71
3.3.1.1. <i>Partes principales del equipo HUATEG TG3000</i>	71
3.3.1.2. <i>Especificaciones técnicas</i>	72
3.3.1.3. <i>Calibración y modo de operación del equipo</i>	72
3.3.1.4. <i>Velocidad del sonido</i>	73
3.3.2. <i>Lista de equipos a ser medidos</i>	74
3.3.3. <i>Información técnica de los tanques TK01, TK03 y TK04</i>	74
3.3.4. <i>Trazado geométrico de las zonas a ser medidas en los tanques</i>	75
3.3.4.1. <i>Trazado geométrico TK01-Gasolina 4500 galones</i>	75
3.3.4.2. <i>Trazado geométrico TK03-Diésel 6000 galones</i>	77
3.3.4.3. <i>Trazado geométrico TK04-Diésel 500 barriles</i>	78
3.3.4.4. <i>Procedimiento para realizar el trazado geométrico</i>	79
3.3.5. <i>Lista de equipos, herramientas, insumos y materiales empleados para el trazado geométrico de los tanques</i>	80
3.3.6. <i>Formato para reporte de inspección en casquetes y anillos</i>	82
3.4. Plan de Manejo Ambiental	84
3.4.1. <i>Estructura del Plan de Manejo Ambiental</i>	84
3.4.2. <i>Plan de prevención y mitigación de impactos ambientales</i>	85
3.4.2.1. <i>Introducción</i>	85
3.4.2.2. <i>Fase de operación y mantenimiento</i>	85
3.4.3. <i>Plan de capacitación</i>	89

3.4.3.1.	<i>Introducción</i>	89
3.4.3.2.	<i>Programa de Capacitación al Personal</i>	89
3.4.4.	<i>Plan de manejo de desechos</i>	90
3.4.4.1.	<i>Introducción</i>	90
3.4.4.2.	<i>Programa de desechos comunes</i>	90
3.4.4.3.	<i>Programa de desechos peligrosos</i>	91
3.4.4.4.	<i>Programa de Desechos Especiales</i>	92
3.4.4.5.	<i>Disposición final</i>	92
3.4.5.	<i>Plan de seguimiento y monitoreo</i>	93
3.4.5.1.	<i>Introducción</i>	93
3.4.5.2.	<i>Aspectos ambientales a ser monitoreados</i>	93

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS DE RESULTADOS	94
4.1.	Plan de mantenimiento	94
4.1.1.	<i>Puntajes obtenidos mediante el análisis de criticidad</i>	94
4.1.2.	<i>Selección del modelo de mantenimiento para los equipos del Área de Combustible del GADMJS.</i>	95
4.1.3.	<i>Frecuencias del cronograma de mantenimiento</i>	96
4.1.4.	<i>Cronograma de mantenimiento de equipos industriales del Área de Combustible del GADMJS</i>	97
4.2.	Resultados de la medición de espesores por ultrasonido	107
4.2.1.	<i>Medición de espesores por ultrasonido TK01</i>	107
4.2.1.1.	Datos de espesores obtenidos en el casquete frontal TK01	107
4.2.1.2.	Datos obtenidos del anillo “A” del tanque TK01	110
4.2.1.3.	Tabla resumen de casquetes y anillos del tanque TK01	111
4.2.1.4.	<i>Valores mínimos y máximos velocidad de corrosión en casquetes y anillos TK01</i> ...	112
4.2.2.	<i>Medición de espesores por ultrasonido TK03</i>	112
4.2.2.1.	<i>Datos de espesores obtenidos en el casquete frontal TK03</i>	112
4.2.2.2.	<i>Datos obtenidos del anillo “A” del tanque TK03</i>	116
4.2.2.3.	<i>Tabla resumen de casquetes y anillos del tanque TK03</i>	116
4.2.2.4.	<i>Valores mínimos y máximos de velocidad corrosión de casquetes y anillos TK03</i> ...	117
4.2.3.	<i>Medición de espesores por ultrasonido TK04</i>	117
4.2.3.1.	<i>Datos obtenidos en el casquete frontal TK04</i>	117
4.2.3.2.	<i>Datos obtenidos del anillo “A” del tanque TK04</i>	120
4.2.3.3.	<i>Tabla resumen de casquetes y anillos del tanque TK04</i>	121

4.2.3.4.	<i>Valores mínimos y máximos de velocidad corrosión en casquetes y anillos TK04 ...</i>	122
4.2.4.	<i>Determinación de la frecuencia para la siguiente inspección de medición de espesores por ultrasonido en los tanques TK01, TK03 y TK04</i>	122
4.2.4.1.	<i>Frecuencia recomendada para la siguiente inspección TK01 según API 653</i>	122
4.2.4.2.	<i>Frecuencia recomendada para la siguiente inspección TK03 según API 653</i>	123
4.2.4.3.	<i>Frecuencia recomendada para la siguiente inspección TK03 según API 653</i>	123
4.2.4.4.	<i>Tabla resumen de frecuencia para la siguiente inspección TK01, TK03 y TK04</i>	123
4.2.5.	<i>Ejemplo de cómo aplicar las fórmulas para el cálculo en tanques</i>	124
4.2.5.1.	<i>Cálculo de la velocidad de corrosión (VC)</i>	124
4.2.5.2.	<i>Cálculo de vida remanente o vida útil restante</i>	125
4.2.5.3.	<i>Cálculo de la frecuencia para la siguiente inspección</i>	126
4.2.6.	<i>Comparación de velocidades de corrosión y vida útil restante entre tanques TK-01, TK-03 y TK-04 respectivamente</i>	128
4.2.6.1.	<i>Valores máximos y mínimos de velocidad de corrosión en los tanques TK-01, TK-03 y TK-04</i>	128
4.2.6.2.	<i>Valores de vida útil restante de los tanques TK-01, TK-03 y TK-04</i>	129
4.2.7.	<i>Costos ligados a la inspección de medición de espesores por ultrasonido</i>	131
4.2.7.1.	<i>Costos empleados por el Área de Combustible del GADMJS</i>	131
4.2.7.2.	<i>Costos estimados durante el desarrollo del trabajo de investigación</i>	131
4.2.7.3.	<i>Propuestas para futuras inspecciones de mediciones de espesores por ultrasonido</i>	132
4.3.	Resultados del plan de manejo ambiental	133
4.3.1.	<i>Modelo de matriz del plan de prevención y mitigación de impactos GADMJS</i>	135
4.3.2.	<i>Modelo de matriz para evaluar el plan de contingencias del GADMJS</i>	136
4.3.3.	<i>Modelo de matriz para evaluar el plan de manejo de desechos del GADMJS</i>	137
4.3.4.	<i>Modelo de matriz para evaluar el plan de seguimiento y monitoreo del GADMJS</i>	138
CONCLUSIONES		139
RECOMENDACIONES		140
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3:	Listado de equipos existentes en el Área de Combustible.....	28
Tabla 2-3:	Inventario de activos a mantener por niveles ISO-14224.....	29
Tabla 3-3:	Código de la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes	30
Tabla 4-3:	Código de la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes	31
Tabla 5-3:	Código del sistema de bombeo del Área de Combustible	31
Tabla 6-3:	Delimitación de equipos de un sistema	32
Tabla 7-3:	Código de los equipos del Área de Combustible.....	32
Tabla 8-3:	Ficha técnica del tanque de 4500 galones para almacenar gasolina GADMJS .	33
Tabla 9-3:	Ficha técnica del tanque de 6000 galones para almacenar diésel GADMJS	34
Tabla 10-3:	Ficha técnica del tanque de 500 barriles para almacenar diésel GADMJS	35
Tabla 11-3:	Ficha técnica del tanque de la bomba 1 de paletas para diésel GADMJS.....	36
Tabla 12-3:	Ficha técnica del tanque de la bomba 2 de paletas para gasolina GADMJS	37
Tabla 13-3:	Ficha técnica del tablero eléctrico del Área de Combustible GADMJS	38
Tabla 14-3:	Ficha técnica de líneas de tuberías del Área de Combustible GADMJS.....	39
Tabla 15-3:	Ficha técnica de válvulas del Área de Combustible GADMJS	40
Tabla 16-3:	Ficha técnica del cubeto anti derrames del Área de Combustible GADMJS	41
Tabla 17-3:	Ficha técnica de la caseta metálica del Área de Combustible GADMJS	42
Tabla 18-3:	Ponderación de FF.....	43
Tabla 19-3:	Ponderación del IP.....	44
Tabla 20-3:	Ponderación del SS.....	44
Tabla 21-3:	Ponderación del CR.....	45
Tabla 22-3:	Ponderación del TR.....	45
Tabla 23-3:	Ponderación del TO.....	45
Tabla 24-3:	Matriz de criticidad	45
Tabla 25-3:	Análisis de criticidad del tanque TK01 4500 galones GADMJS	46
Tabla 26-3:	Determinación del índice de criticidad tanque TK01 4500 galones GADMJS .	47
Tabla 27-3:	Determinación del índice de criticidad tanque TK03 4500 galones GADMJS .	47
Tabla 28-3:	Determinación del índice de criticidad tanque TK04 6000 barriles GADMJS .	47
Tabla 29-3:	Determinación del índice de criticidad de la bomba BB05 GADMJS	48
Tabla 30-3:	Determinación del índice de criticidad de la bomba BB10 GADMJS	48
Tabla 31-3:	Determinación del índice de criticidad del tablero eléctrico TE15 GADMJS ..	48
Tabla 32-3:	Determinación del índice de criticidad de líneas de tubería TF20 GADMJS ...	48
Tabla 33-3:	Determinación del índice de criticidad de válvulas VV25 GADMJS	49
Tabla 34-3:	Determinación del índice de criticidad del cubeto CA30 GADMJS.....	49

Tabla 35-3:	Determinación del índice de criticidad de la caseta metálica CM35 GADMJS	49
Tabla 36-3:	Hoja resumen de criticidad de los equipos Área de Combustible GADMJS	50
Tabla 37-3:	Modelo correctivo	51
Tabla 38-3:	Modelo condicional	51
Tabla 39-3:	Modelo de mantenimiento aplicado en el Área de Combustible	52
Tabla 40-3:	Tipos de frecuencias y su código	56
Tabla 41-3:	Lista de actividades de mantenimiento en tanques de almacenamiento	56
Tabla 42-3:	Lista de actividades de mantenimiento en equipos de bombeo	57
Tabla 43-3:	Lista de actividades de mantenimiento en el tablero eléctrico	58
Tabla 44-3:	Lista de actividades de mantenimiento en líneas de tuberías	59
Tabla 45-3:	Lista de actividades de mantenimiento en válvulas	59
Tabla 46-3:	Lista de actividades de mantenimiento en el cubeto anti derrames	60
Tabla 47-3:	Lista de actividades de mantenimiento en la cubierta metálica	60
Tabla 48-3:	Lista de actividades de mantenimiento semanales	61
Tabla 49-3:	Lista de actividades de mantenimiento mensuales	62
Tabla 50-3:	Lista de actividades de mantenimiento trimestrales	62
Tabla 51-3:	Lista de actividades de mantenimiento semestrales	63
Tabla 52-3:	Lista de actividades de mantenimiento anuales	64
Tabla 53-3:	Formato de inventario de equipos mantenibles	65
Tabla 54-3:	Ficha técnica de equipos	65
Tabla 55-3:	Bitácora de registro de fallos	66
Tabla 56-3:	Formato de mantenimiento	66
Tabla 57-3:	Formato para solicitud de trabajo de mantenimiento	67
Tabla 58-3:	Modelo de orden de trabajo	67
Tabla 59-3:	Especificaciones del equipo HUATEG TG3000	72
Tabla 60-3:	Velocidad del sonido en materiales	73
Tabla 61-3:	Lista de equipos a ser medidos	74
Tabla 62-3:	Información técnica de los tanques	74
Tabla 63-3:	Trazado geométrico del tanque TK01	76
Tabla 64-3:	Trazado geométrico del tanque TK03	77
Tabla 65-3:	Información técnica de los tanques	78
Tabla 66-3:	Costos de recursos necesarios para realizar las mediciones	80
Tabla 67-3:	Formato de reporte de inspección por ultrasonido en casquetes	82
Tabla 68-3:	Formato de reporte de inspección por ultrasonido para anillos	83
Tabla 69-3:	Programa de capacitación al personal del Área de Combustible	89
Tabla 70-3:	Programa de manejo de desechos comunes	90
Tabla 71-3:	Disposición final de desechos	92

Tabla 1-4:	Puntajes y niveles alcanzados de índice de criticidad en equipos	95
Tabla 2-4:	Modelo de mantenimiento a ser aplicado en el Área de Combustible	95
Tabla 3-4:	Cronograma de mantenimiento para equipos Área de Combustible GADMJS	97
Tabla 4-4:	Espesores y tiempo de vida restante por secciones del casquete frontal TK01	107
Tabla 5-4:	Medidas de espesores del anillo A-TK01	110
Tabla 6-4:	Tabla resumen TK01	111
Tabla 7-4:	Valores de velocidad de corrosión TK01	112
Tabla 8-4:	Espesores y tiempo de vida restante por secciones del casquete frontal TK03	113
Tabla 9-4:	Medida de espesores del anillo A-TK03	116
Tabla 10-4:	Tabla resumen TK03	116
Tabla 11-4:	Valores de tiempo de velocidad de corrosión TK03	117
Tabla 12-4:	Espesores y tiempo de vida restante por secciones del casquete frontal TK04	117
Tabla 13-4:	Medida de espesores del anillo A-TK04	120
Tabla 14-4:	Tabla resumen TK04	121
Tabla 15-4:	Valores de velocidad de corrosión TK04	122
Tabla 16-4:	Frecuencia de inspección TK01	122
Tabla 17-4:	Frecuencia de inspección TK03	123
Tabla 18-4:	Frecuencia de inspección TK04	123
Tabla 19-4:	Frecuencia para la siguiente inspección	124
Tabla 20-4:	Medidas del casquete frontal TK01	125
Tabla 21-4:	Datos obtenidos en el tanque TK-03	126
Tabla 22-4:	Tabla de costos para realizar mantenimiento a los tanques de Combustibles .	131
Tabla 23-4:	Tabla de costos empleados para el trabajo de investigación	132
Tabla 24-4:	Propuesta número uno para inspección de ultrasonido	132
Tabla 25-4:	Propuesta numero dos para inspección de ultrasonido	133
Tabla 26-4:	Matriz de evaluación plan prevención y mitigación de impactos GADMJS...	135
Tabla 27-4:	Matriz de evaluación del plan de capacitación del GADMJS	136
Tabla 28-4:	Matriz de evaluación del plan de capacitación del GADMJS	137
Tabla 29-4:	Matriz de evaluación del plan de capacitación del GADMJS	138

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Tanque de almacenamiento de diésel industrial.....	8
Ilustración 2-2:	Bomba surtidora para Combustible diésel.....	9
Ilustración 3-2:	Bomba de paletas deslizante simple.....	10
Ilustración 4-2:	Válvula de bola.....	13
Ilustración 5-2:	Cubierta metálica.....	13
Ilustración 6-2:	Lista de equipo en niveles jerárquicos	19
Ilustración 7-2:	Estructura del código de un elemento	20
Ilustración 8-2:	Matriz de riesgo según norma API RP 580.....	26
Ilustración 1-3:	Ilustración Orgánica estructural Dirección Administrativa.....	27
Ilustración 2-3:	Clasificación de equipos por niveles en una planta industrial.....	29
Ilustración 3-3:	Estructura de codificación.....	30
Ilustración 4-3:	Medidor de espesores HUATEG TG3000	71
Ilustración 1-4:	Velocidad de corrosión TK-01	128
Ilustración 2-4:	Velocidad de corrosión TK-03	128
Ilustración 3-4:	Velocidad de corrosión TK-04	129
Ilustración 4-4:	Vida útil restante TK-01.....	129
Ilustración 5-4:	Vida útil restante TK-03.....	130
Ilustración 6-4:	Vida útil restante TK-04.....	130

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ESPESORES Y TIEMPO DE VIDA RESTANTE POR SECCIONES DEL CASQUETE FRONTAL TK01
- ANEXO B:** ESPESORES Y TIEMPO DE VIDA RESTANTE POR SECCIONES DEL CASQUETE POSTERIOR TK01
- ANEXO C:** MEDIDA DE ESPESORES DE ANILLOS A-T DEL TANQUE TK01
- ANEXO D:** ESPESORES Y TIEMPO DE VIDA RESTANTE POR SECCIONES DEL CASQUETE FRONTAL TK03
- ANEXO E:** ESPESORES Y TIEMPO DE VIDA RESTANTE POR SECCIONES DEL CASQUETE POSTERIOR TK03
- ANEXO F:** MEDIDA DE ESPESORES DE ANILLOS A-T DEL TANQUE TK03
- ANEXO G:** ESPESORES Y TIEMPO DE VIDA RESTANTE POR SECCIONES DEL CASQUETE FRONTAL TK04
- ANEXO H:** ESPESORES Y TIEMPO DE VIDA RESTANTE POR SECCIONES DEL CASQUETE POSTERIOR TK04
- ANEXO I:** MEDIDA DE ESPESORES DE ANILLOS A-T DEL TANQUE TK04

RESUMEN

El presente Trabajo de Integración Curricular tuvo como objetivo elaborar los planes de mantenimiento y manejo ambiental en el Área de Combustible del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Joya de los Sachas. Se desarrolló bajo los lineamientos de un proyecto técnico, definiendo el tipo de metodología a ser aplicada y los documentos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento, teniendo en cuenta el impacto que podría ocasionar dichas actividades al medio ambiente, para controlar y mitigar estos aspectos se realizó el plan manejo ambiental. Se utilizó la norma UNE-EN-13306 como guía para terminología del mantenimiento, se realizó el levantamiento de información técnica de los equipos existentes en el Área de Combustible para desarrollar el inventario y codificación de los mismos. Se llevo a cabo la inspección y medición de espesores por ultrasonido en los tanques de almacenamiento de Combustibles teniendo como guía la norma API 570, API RP575, API RP 580, API 653, como lineamientos para determinar el estado técnico actual mediante el desgaste ocurrido de los tanques. Como resultado se obtuvo el cronograma de mantenimiento para los equipos, se determinó la velocidad de corrosión mediante la medición de espesores por ultrasonido en los tanques y se estableció las frecuencias para la siguiente inspección, en lo referente a la parte ambiental se elaboraron las matrices respectivas para poder monitorear y mitigar los posibles impactos ambientales. Se concluye que el tiempo de vida útil restante de un tanque de almacenamiento para Combustible varía de acuerdo al grado de la velocidad de corrosión, también que, un inventario bien realizado permite elaborar los documentos de mantenimiento de manera precisa y que una mala práctica de las tareas de mantenimiento puede ocasionar daños al medio ambiente.

Palabras clave: <PLAN DE MANTENIMIENTO>, <PLAN DE MANEJO AMBIENTAL>, <ULTRASONIDO>, <TANQUES DE ALMACENAMIENTO>, <MEDICIÓN DE ESPESORES>, <ANÁLISIS DE CRITICIDAD>.

0765-DBRA-UTP-2023



SUMMARY

The main objective of this research is the ergonomic management of the workplaces of heavy equipment maintenance area in the hangars of Pastaza canton, based on the evaluation of ergonomic risks in each position implementing REBA and INSHT methodology, for which a total of 5 work areas were identified in which 31 people who perform administrative activities, carpentry, vulcanizing, lubrication and automotive and industrial mechanics work. Based on this research, the ergonomic risk level and the stipulated valuation according to the parameters of the previous methodologies were determined, obtaining as main result an evaluation of 10 points in the industrial mechanics position, 6 points in the automotive mechanics, 4 points in the vulcanizing and administrative areas and 3 points in the carpentry position according to REBA methodology. In addition, in the risk assessment for lifting loads for the vulcanizing and lubrication area, a Tolerable risk level was determined for the loads lifted according to INSHT method. In conclusion, it was determined that the most conflictive work position is the one performed by industrial mechanics, as it has a high risk level, that was the reason to implement procedures in the organization to carry out the correct lifting of loads, active breaks and to adopt appropriate body postures while performing their work activities. Finally, it is recommended to the organization the correct follow-up and compliance of the Training Program to the working employees in order to avoid the occurrence of occupational diseases or musculoskeletal injuries in the employees of the organization.

Key words: <MAINTENANCE PLAN>, <ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PLAN>, <ULTRASOUND>, <STORAGE TANKS>, <THICKNESS MEASUREMENT>, <CRITICALITY ANALYSIS>.

A handwritten signature in purple ink, appearing to read 'Mónica Castillo', is written over a faint, circular stamp or watermark.

Mgs. Mónica Paulina Castillo Niama.
C.I. 060311780-5

INTRODUCCIÓN

El Área de Combustible cuenta con un sistema de bombeo conformado por tres tanques cilíndricos para almacenamiento de diésel industrial, gasolina extra y dos bombas surtidoras para el suministro del mismo, siendo de gran importancia reducir el riesgo de fugas de los fluidos contenidos en el interior de los recipientes que pudiera ocasionarse como producto del desgaste ocurrido en las paredes metálicas y la falta de mantenimiento de los elementos de instrumentación como son válvulas, líneas de tuberías, accesorios, etc., pudiendo ocasionar contaminación al medio ambiente, daños a la seguridad del personal y pérdida del producto.

El presente proyecto busca mejorar la situación actual del área de combustible perteneciente a la Unidad de Control de Bienes y Servicios Generales del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Joya de los Sachas, mediante la elaboración de un plan de mantenimiento y de manejo ambiental, que le permita conservar la vida útil de los equipos mediante la ejecución de tareas basadas en el modelo de mantenimiento condicional, teniendo en cuenta que al realizarse tareas de mantenimiento existe el riesgo de que estas ocasionen en pequeña o gran medida un impacto al medio ambiente y seguridad del personal de trabajo, para ello es importante contar con un plan de mitigación que permita reducir estos daños producidos.

Además, se pretende determinar el estado técnico actual de los tanques de almacenamiento mediante el ensayo no destructivo denominado medición de espesores por ultrasonido y con los datos obtenidos se podrá evaluar el desgaste ocurrido en los recipientes desde su fabricación hasta la fecha actual.

Con la elaboración del plan de mantenimiento y de manejo ambiental se pretende eliminar los inconvenientes antes mencionados como también alargar la vida útil de sus máquinas y equipos evitando un deterioro prematuro. Considerando que un buen mantenimiento lleva consigo un ambiente de trabajo seguro, en el que los riesgos de trabajo para el personal y el medio ambiente se disminuyan en un alto porcentaje.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El GADM Joya de los Sachas está ubicado en la provincia de Orellana, cantón Joya de los Sachas, en las calles Av. Los fundadores y Jaime Roldós, cuenta con sus diversas Áreas técnicas, administrativas y financieras, siendo de importancia el Área de Combustible perteneciente a la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes para nuestro estudio

La institución cuenta con el Área de Combustible ubicado en el sector del relleno sanitario perteneciente al GADM Joya de los Sachas, la cual cuenta con tres tanques de almacenamiento de Combustible que son indispensables para el abastecimiento de gasolina extra y diésel industrial a los diferentes vehículos que movilizan tanto al personal técnico como administrativo de la institución, teniendo en su flota vehicular camionetas, tanqueros, motocicletas, recolectores de basura, entre otros equipos industriales tales como guadañas, motobombas de fumigación y maquinaria para la obra pública de la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes.

La actividad principal que realiza la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes Área de Combustible es el abastecimiento, almacenamiento, suministro de gasolina y diésel, el proceso de entrega de Combustible se lo realiza por medio de tickets que maneja cada conductor y operador, este sistema de tickets ayuda a controlar y monitorear el consumo adecuado de Combustible en la institución, con ello se controla cuanto de Combustible entra y sale de la estación de Combustible en el sistema SIGANET.

Se debe tener en cuenta que estos tanques de almacenamiento son únicos en la institución y constituyen la base del Área de Combustible para el suministro y despacho a la flota vehicular y maquinaria de la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes.

1.2. Justificación y actualidad

Cuando se manejan tanques para almacenamiento de Combustibles, es de mucha importancia reducir el riesgo de fugas de los fluidos contenidos en su interior. La corrosión que ocurre en las paredes interiores del tanque de almacenamiento puede provocar fisuras, picaduras y por consecuencia el derrame del líquido contenido pudiendo ocasionar contaminación en el

medioambiente y pérdidas del producto contenido. Es por ello es necesario garantizar la seguridad y la fiabilidad de los tanques de almacenamiento del Área de Combustible.

Cuando ocurre un derrame de Combustible, parte del mismo se evapora en el aire, por otro lado, ciertas cantidades del Combustible será disuelta en el agua superficial o subterránea que se encuentre en las zonas circundantes. El agua contaminada se transporta a lo largo de grandes distancias. Las sustancias dañinas del Combustible que se disuelven en el agua mantendrán su toxicidad por décadas o siglos. Estas sustancias también afectan la capacidad del suelo para retener agua y absorber nutrientes y matan a los microorganismos que viven en él. Si existe un cultivo en la zona afectada, el derrame evitará su crecimiento y los cultivos se echarán a perder. Los suelos pueden tardar 25 años en recuperarse de manera natural de la contaminación por gasolina.

Por otro lado, las afectaciones que sufre una persona al respirar pequeñas dosis de vapores de gasolina, como consecuencia de un derrame, puede ocasionar irritación de nariz y garganta, dolor de cabeza, mareo, náusea, vómito, confusión y dificultad para respirar.

Ingerir gasolina, ya sea a través de alimentos, bebidas, o directamente, puede ocasionar desde irritación de garganta y estómago, náusea, vómito, mareo y dolores de cabeza, hasta quemaduras en los tractos respiratorio y digestivo. Si la piel entra en contacto con gasolina, puede haber sarpullido, enrojecimiento e hinchazón. Cuando el contacto es prolongado, puede ocasionar quemaduras y pérdida de la piel en las zonas afectadas. Estar en contacto con grandes cantidades de gasolina puede ocasionar entrar en estado de coma o la muerte en el peor de los casos.

En la actualidad el Área de Combustible del GADM Joya de los Sachas provincia de Orellana, cuenta con 3 tanques de almacenamiento para Combustibles, 2 para diésel industrial y 1 para gasolina extra, TANQUE TK-01 6000 de galones adquirido en el 2008, TANQUE TK-03 con capacidad de 4500 galones comprado el 2009 y el TANQUE TK-04 para 21000 galones adquirido el 2018, el TANQUE TK-02 fue dado de baja por eso no se lo toma en cuenta para nuestro estudio, datos proporcionados por el jefe de la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes. Estos tanques están fabricados en acero por lo cual están expuestos a diversos tipos de desgaste por el contacto existente entre la pared de acero y el Combustible líquido que se almacena.

El Área de Combustible cuenta con un sistema de bombeo conformado por bombas surtidoras acopladas a los tanques de almacenamiento mediante líneas de tubería, es un sistema en serie, no cuenta con bombas en paralelo en caso de que se produzca algún fallo en el equipo principal. Los elementos de instrumentación, válvulas, acoples, etc., que forman parte del sistema de bombeo

están expuestos a fallas mecánicas y suelen ser reemplazados cada que dejan de cumplir su función principal la cual es cerrar o abrir el paso del fluido contenido en el tanque.

El tipo de recubrimiento de pintura en los tanques de Combustibles debe ser el correcto para proteger al metal que constituye al cuerpo de los tanques del desgaste durante su vida útil.

Por lo antes mencionado, se ha hecho la propuesta de realizar el estudio técnico, como futuro profesional de mantenimiento en lo referente al análisis de riesgos ambientales y seguridad para los tanques y sistema de bombeo del Área de Combustible, con el fin de prevenir daños a la salud del personal y medio ambiente durante el desarrollo de actividades de mantenimiento preventivas, esto se lo realizara por medio del Plan de Manejo Ambiental, el cual será desarrollado hasta la fase de elaboración para que posteriormente la institución lo analice y ejecute.

Además se propone realizar un plan de mantenimiento con actividades enfocadas a la medición de espesores de la pared metálica de forma periódica para monitorear la condición de los tanques, tareas de mantenimiento dirigidas a los equipos de instrumentación, líneas de tubería y equipos de bombeo, así también como la inspección, limpieza y pintado de las estructuras metálicas y de los tanques para Combustibles de forma periódica en base a frecuencias establecidas mediante análisis previos en el Área de Combustible.

Por último, se tiene previsto realizar la medición de espesores, para determinar el desgaste de la pared de los tanques de almacenamiento de Combustible mediante técnicas de ultrasonido, que permita evaluar y comparar el grado de desgaste de cada tanque durante su vida útil usando como guía la norma.

1.3. Objetivos

A continuación, se plantean los objetivos para llevar adelante este trabajo de investigación.

1.3.1. Objetivo general

Elaborar los planes de mantenimiento y manejo ambiental en el Área de Combustible del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Joya de los Sachas.

1.3.2. Objetivos específicos

Describir los fundamentos de la planificación del mantenimiento, planificación del manejo ambiental, medición de espesores por ultrasonido e información técnica de los tanques de almacenamiento de Combustibles y sistemas de bombeo en el Área de Combustible del GADMJS.

Definir un proceso específico de planificación del mantenimiento y manejo ambiental de sistemas de bombeo de los tanques de almacenamiento de Combustible, y los protocolos a seguir en la inspección mediante ultrasonido e inspección visual.

Establecer el desgaste ocurrido en la pared de los tanques T-1, T-3 y T4 desde su adquisición mediante técnicas de ultrasonido en el Área de Combustible del GADMJS.

Analizar el estado técnico de los equipos y elaboración de planes de mantenimiento y manejo ambiental de sistemas de bombeo de los Tanques T1, T3 y T4 de almacenamiento de Combustibles en el Área de Combustible del GADMJS.

1.4. Problema

EL CAPÍTULO II; DE LAS FACULTADES AMBIENTALES DE LOS GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS, Art. 25 indica que:

“Gobiernos Autónomos Descentralizados. En el marco del Sistema Nacional de Competencias y del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental, los Gobiernos Autónomos Descentralizados en todos sus niveles, ejercerán las competencias en materia ambiental asignadas de conformidad con la Constitución y la ley. Para efectos de la acreditación estarán sujetos al control y seguimiento de la Autoridad Ambiental Nacional”.

Existe la necesidad por parte de la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes tener un Plan de manejo ambiental que le permita prevenir, mitigar y corregir riesgos al personal y medio ambiente que pudieran surgir al realizar actividades de mantenimiento en el Área de Combustible, tales como derrames durante el abastecimiento y suministro de gasolina extra y diésel industrial en los tanques, manejo de desechos peligrosos al realizar el lavado de los tanques, prevención de riesgos por trabajos en espacios confinados, prevención de riesgos por trabajos de altura, intoxicación por parte del personal al respirar gases de vapor de gasolina o diésel industrial, contaminación del aire, suelos y aguas, contaminación a la flora y fauna silvestres, riesgos de

incendios, entre otros, para ello se realizará un Análisis y Prevención de Riesgos Ambientales y de Seguridad.

Añadido a esto se debe tener en cuenta que 1 de los 3 tanques no cuenta con cubetos anti derrames, siendo este de vital importancia en caso de que se produzca alguna fuga de Combustible, éstos son los encargados de retener y evitar que el Combustible derramado impacte directamente en el suelo y sus alrededores.

En cuanto al estado actual de los tanques de Combustible no se conoce las condiciones técnicas y el grado de desgaste de la pared metálica y el recubrimiento, no existe registro de haber realizado pruebas de medición de espesores por ultrasonido durante el tiempo de operación de los 3 tanques antes mencionados y con ello reducir los riesgos en la mini estación de Combustible.

Al realizar un acercamiento con el encargado del Área de almacenamiento de Combustible para identificar las tareas de mantenimiento que se realizan en los tanques, se observó que, para la succión y limpieza interna de sedimentos, calibración geométrica, y pintado de los tanques se contrata una empresa externa. El GAD Municipal Joya de los Sachas no tiene procedimientos internos, recursos, herramientas, insumos, factores de seguridad, etc., para este tipo de mantenimientos.

Los costos por llevar a cabo estas actividades es de 3.057, 60 USD, datos obtenidos de la última actividad de mantenimiento realizada en el año 2018 en los tanques, la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes está requiriendo que estas actividades de mantenimiento sean realizadas por la misma institución, según manifestó el encargado del Área de Combustible, pero no tienen la información necesaria para realizar este proceso, para lo cual se hará un análisis costo beneficio para determinar si realizar estas actividades de mantenimiento por parte de la misma institución es menos costoso a que se contrate una empresa externa.

Los riesgos expuestos crean la necesidad urgente de desarrollar el plan de manejo ambiental, plan de mantenimiento con tareas dirigidas a los tanques de almacenamiento, elementos de instrumentación, equipos de bombeo y sus estructuras periódicamente, y medición de espesores por ultrasonido que permitan determinar el estado técnico actual de los tanques de Combustibles.

1.5. Consideraciones técnicas y tecnológicas

Previo a realizar el estudio se recopilará toda la información disponible que sirva como referencia para conocer el estado actual del Área de almacenamiento de Combustible, su sistema y equipos.

Para el desarrollo de este trabajo de titulación se hará uso de la norma UNE-EN-13306 Terminología de Mantenimiento, Norma COVENIN-3049-93, dicha norma hace referencia las fichas técnicas, en lo referente a inspección de tanques mediante ultrasonido se hará uso de las normas API RP575 la cual indica los métodos de inspección en tanques mediante el uso de ensayos no destructivos, para establecer las frecuencias de inspección se empleara las norma API 653 y para realizar el cálculo de la velocidad de corrosión en los equipos la normativa API 570.

1.6. Resultados a alcanzar

Aplicando este trabajo investigativo se pretende conseguir:

Se conocerán los fundamentos para la planificación del mantenimiento, planificación del manejo ambiental, medición de espesores por ultrasonido e información técnica de los tanques de almacenamiento de Combustibles y equipos del sistema de bombeo en el Área de Combustible del GADM Joya de los Sachas.

Se definirá un proceso específico de planificación del mantenimiento y manejo ambiental de sistemas de bombeo de los tanques de almacenamiento de Combustible, y los protocolos a seguir en la inspección mediante ultrasonido e inspección visual.

Se establecerá el desgaste ocurrido en la pared y recubrimiento en los tanques T-1, T-3 y T4 desde su adquisición mediante técnicas de ultrasonido en el Área de Combustible del GADM Joya de los Sachas.

Se hará el análisis el estado técnico de los equipos y elaboración del plan de mantenimiento y manejo ambiental de sistemas de bombeo de los Tanques T1, T3 y T4 de almacenamiento de Combustibles en el Área de Combustible del GADM Joya de los Sachas.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Equipos industriales existentes en el Área de Combustible GADMJS

2.1.1. Tanques de almacenamiento

Para el proceso de almacenamiento de hidrocarburos se emplean normalmente recipientes o tanques, estos son fabricados mediante estructuras metálicas que han sido diseñadas y dimensionadas acorde a las necesidades de operación, seleccionados en función del tipo de fluido y producto a ser almacenado. Para su construcción se emplean materiales como el acero al carbono y acero inoxidable, por sus diversas propiedades físicas y mecánicas que poseen estos materiales, siendo más utilizado el acero inoxidable. (Pejerrey Zegarra, 2017, pp. 41-42)

En la figura 1-2 se ilustra un tanque de almacenamiento de diésel industrial existente en el Área de Combustible:



Ilustración 1-2: Tanque de almacenamiento de diésel industrial

Realizado por: Ceballos, J. 2022.

2.1.1.1. Clasificación de tanques de almacenamiento

El autor (García, 2017, pp. 11-12) indica que la norma API 650 clasifica a los tanques de almacenamiento de acuerdo al tipo de techo que estos poseen, siendo:

- **Tanques de techo fijo:** Se emplean para almacenar productos no volátiles (poco inflamables) como agua, petróleo crudo, diésel, entre otros. Dentro de este tipo de tanques se pueden considerar también tanques de techo fijo auto soportados y tanques de techo fijo soportados mediante estructura.

- **Tanques de techo flotante:** Se utilizan normalmente para almacenar productos altamente volátiles (inflamables) como alcohol, gasolina y Combustibles en general a excepción del diésel. El diseño de este tipo de tanque crea un medio aislante entre el fluido y el techo.
- **Tanques sin techo:** En este tipo de tanques se almacenan productos que no tienen mucha importancia si estos se contaminan o evaporan a la atmósfera como el caso del agua residual contra incendios, otros.

Para caso de estudio se toman en cuenta los tanques de techo fijo y techo flotante, ya que estos son los que existen dentro del Área de Combustible.

2.1.2. *Bombas industriales*

En la revista Polo del Conocimiento, el autor (Machado Vallejo, 2020, p. 1311) define a los equipos de bombeo como una máquina generadora, donde estos absorben energía mecánica y la restituye en energía hidráulica al fluido que la transita; desplazando el fluido de un punto a otro. En la figura 2-2 se aprecia un equipo de bombeo para Combustible como ejemplo:



Ilustración 2-2: Bomba surtidora para Combustible diésel

Realizado por: Ceballos, J. 2022

2.1.2.1. *Clasificación de las bombas*

Se pueden clasificar a los equipos de bombeo teniendo muchos criterios, que pueden ir desde su aplicación, materiales para su fabricación, hasta su configuración mecánica. Dicho esto, mediante un criterio general se las puede clasificar en base al principio por el cual se adiciona energía al fluido que se va desplazar.

Teniendo en cuenta este criterio antes mencionado se clasifica a las bombas en dos grandes grupos:

- Bombas de desplazamiento positivo (volumétricas).
- Bombas rotodinámicas. (Machado Vallejo, 2020, p. 1312)

Para efecto de este trabajo de investigación se mencionan únicamente a las bombas de desplazamiento positivo, dentro de este grupo están las bombas de paletas que son el tipo de bombas existentes en el Área de Combustible del GADM del cantón Joya de los Sachas.

Bombas de paletas

Como principio de funcionamiento para este tipo de bombas, el rotor gira de manera excéntrica en un estator circular, en su rotor se mecanizan ranuras para permitir que las paletas se muevan de forma radial, la pared interna del estator y las laterales forman la cámara de bombeo. El estator y las paletas se mantienen en contacto por efecto de la misma fuerza centrífuga. (Heras Jiménez, 2011, p. 171)

A continuación, en la ilustración 3-2 se ilustra una imagen del funcionamiento de una bomba de paletas:

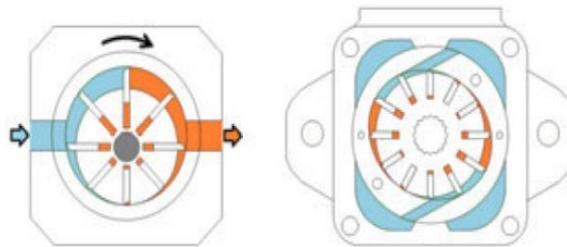


Ilustración 3-2: Bomba de paletas deslizante simple

Fuente: (Heras Jiménez, 2011, p. 171)

2.1.3. Tablero eléctrico o centro de carga

Un tablero eléctrico o centro se compone por compartimientos en donde se localizan dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, cuyo propósito es asegurarse de que la instalación eléctrica funcione adecuadamente.

Adicional a esto también son los encargados de proteger los componentes de mando y de control de cualquier sistema eléctrico, desde un circuito básico de un hogar hasta el de una planta industrial. (Cadenillas, 2020, p. 27)

2.1.4. Tuberías en la industria

Cuando se habla del proceso de transporte de hidrocarburos, este es un tema que tiene mucha importancia a nivel mundial, este sistema permite la distribución de derivados del petróleo desde su punto de extracción, pasando por terminales de almacenamiento del crudo, plantas procesadoras de petróleo, y de gas hasta llegar a los puntos de comercialización o despacho.

Las tuberías son elementos principales cuando de transporte y distribución de hidrocarburos se trata, hidrocarburos como crudo, Combustibles negros, aceites blancos, gas propano, butano y gas natural, entre otros.

Este sistema es susceptible de presentar diferentes tipos de fallos no programados, de tal manera que deben establecerse procesos y técnicas de mantenimiento que sirvan para disminuir la probabilidad de presencia de los mismos y acciones preventivas que permitan mitigar los efectos que puedan producirse (Meléndez Partuz, et al., 2017, p. 2).

Tipos de tuberías, ventajas y desventajas en la industria

Normalmente en las industrias se utilizan tuberías fabricadas de polietileno, acero y cobre, a continuación, se detalla de manera resumida los usos de cada una de tuberías estas en la industria:

- **Tuberías de polietileno:** Se emplea el polietileno en las tuberías instaladas en la estación de reducción de presión en la industria.
- **Tuberías de acero:** Estas se pueden instalar en toda la red de distribución e instalaciones dentro de una planta industrial, sin embargo, por su costo normalmente suelen ser utilizadas en las instalaciones que van de la estación de regulación hasta el equipo de consumo final.
- **Tuberías de cobre:** Este tipo de tuberías también son empleadas en instalaciones industriales, en sistemas con presiones inferiores a 7 bares. (Rojas del Aguila, 2017, p. 27)

2.1.4.1. Ventajas y desventajas de las tuberías de acero

Para caso de estudio se toman en cuenta solamente las tuberías de acero, siendo estas los tipos de tuberías que se emplean en el Área de Combustible del GADMJS para el proceso de distribución y despacho de Combustibles, a continuación, se menciona las ventajas y desventajas:

Ventajas:

- Se emplean en presiones medias y altas del sistema.
- Muy fáciles de soldar.
- No existe ningún problema si están aire libre.
- Brindan facilidad de instalación y manipulación.
- Poseen un tiempo de vida útil largo.
- Muy resistentes a altas temperaturas de operación.
- Son seguras.

Desventajas:

- Representan un mayor costo para la empresa.
- Sus costos de construcción y mantenimiento son mayores.
- Emplean revestimiento y protección catódica contra la corrosión. (Rojas del Aguila, 2017, p. 28)

2.1.5. Válvulas industriales

Una válvula es un dispositivo mecánico que tiene como finalidad controlar, retener, regular, o dar paso a un fluido que circula por un sistema de tuberías.

Hay diversos tipos de válvulas diseñadas acorde a la necesidad del usuario, la mala selección de éstas puede traer como consecuencia un incorrecto funcionamiento del sistema y así acortar la vida útil de la misma.

Al momento de seleccionar una válvula se debe considerar datos técnicos como tipo de fluido, material, presión, tipo de unión, temperatura, diámetro, entre otros.

2.1.5.1. Clasificación de las válvulas

Se conocen dos grandes grupos de válvulas:

- Válvulas de corte, en donde estas permiten el cierre o el paso del fluido a ser controlado.
- Válvulas de regulación, tienen como objetivo controlar y regular el paso del fluido a controlar de manera gradual o parcial. (Acebo, et al., 2004, p. 2)

En el Área de Combustible existen válvulas de bola para corte de flujo, ver ilustración 4-2:



Ilustración 4-2: Válvula de bola

Fuente: (NAVCO CF8M, 2018)

2.1.6. Cubetos de protección contra derrames

Los cubetos contra derrames cumplen la función de recoger y confinar residuos de Combustibles que pudieran derramarse de manera accidental. En caso de incendio, estos deben contar con los equipos y las medidas respectivas de seguridad para combatirlo en sus alrededores.

Los cubetos pueden estar contruidos por barreras naturales, diques, muros de contención o una excavación en el terreno lo suficientemente fuerte para resistir las acciones mecánicas, térmicas o químicas de los fluidos a ser contenidos. (UNE 60210, 2011, p. 11)

2.1.7. Cubiertas metálicas

Una cubierta metálica está construida mediante piezas o partes estructurales metálicas, unidas entre sí por sus extremos, con el fin de obtener un armazón rígido de diversas formas y tamaños. Normalmente cuentan con una armadura metálica que está conformada por elementos que forman triángulos o grupos de triángulos. La finalidad de las armaduras de techo es servir como apoyo de la cubierta para protegerse contra agentes naturales como lluvia, nieve, viento, además tienen la función de soportar su peso propio, ver ilustración 5-2: (Medina, 2018, p. 23)

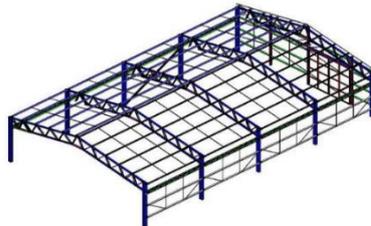


Ilustración 5-2: Cubierta metálica

Fuente: (Ponce, 2018, p. 8)

2.2. Inspección de tanques industriales

La inspección de tanques en servicio se realiza con el propósito de asegurar la integridad continua del tanque, las inspecciones deben estar bajo responsabilidad de un inspector autorizado. (API 653, 2001, p. 23)

2.2.1. Métodos de inspección según API RP575 (END)

La norma API RP575 menciona diversos métodos de inspección mediante ensayos no destructivos y son:

- Medida del espesor ultrasónico.
- Pruebas de corrosión ultrasónica.
- Pruebas ultrasónicas de ondas de corte.
- Prueba de piso magnético. (API RP 575, 1995, pp. 1-2)

Para caso de estudio interesa mencionar de manera más detallada únicamente las características del método de inspección denominado medida del espesor ultrasónico.

2.2.1.1. Medida del espesor ultrasónico

Este método se lo ejecuta mediante el uso de un transductor con características apropiadas para la prueba del elemento o pieza que se va a medir. Se recomienda que el equipo o instrumento de medición disponga de una pantalla digital para una mejor representación de los datos obtenidos. Existen transductores de cristal con doble elemento que tienen la capacidad de medir secciones delgadas de 0.050 hasta 1.000 pulgadas. Las características más importantes de estos elementos son su rango finito y que los transductores no medirán secciones muy delgadas con precisión.

Los agujeros en el material o secciones de menos de 0.050 pulgadas no proporcionan lectura o a su vez dan una lectura falsa en el instrumento.

Además, hay que considerar si el material a ser medido dispone de algún tipo de recubrimiento de espesor considerable como medio protección contra la corrosión, si es el caso, el transductor de elemento doble también leerá el espesor del recubrimiento y lo sumará al espesor restante medido del material que se está analizando. (API RP 575, 1995, p. 1)

2.2.2. Razones para la inspección

Normalmente se inspeccionan los tanques de almacenamiento con la finalidad de determinar su condición física actual y la tasa de deterioro. Conocidos estos factores, se pueden tomar las medidas adecuadas para:

- Detectar y minimizar posibles fallas potenciales que conlleven a derrames de fluidos almacenados causando daños al entorno ambiental.
- Mantener condiciones de operación segura en equipos de almacenamiento.
- Realizar actividades de mantenimiento preventivo, reparaciones o reemplazo de un tanque.
- Determinar si se ha producido algún deterioro, de ser el caso, reducirlo al máximo.
- Mantener el agua subterránea, cursos de agua cercana y el aire, libres de hidrocarburos y contaminación química. (API RP 575, 1995, p. 9)

2.2.2.1. Corrosión en tanques de acero

La principal causa del deterioro en tanques de almacenamiento y accesorios es a causa de la corrosión, por tanto, encontrar y medir el grado de corrosión es la razón principal para realizar inspecciones en tanques.

Existen normalmente dos tipos de corrosión, externa e interna, a continuación, se dan más detalles sobre estos dos tipos:

Corrosión externa

- La corrosión externa de manera general se genera en el fondo de los tanques. El material base utilizado para formar una capa intermedia entre el suelo y la base del tanque puede contener materiales corrosivos.
- Si existen elementos como arcilla, madera, grava o piedra triturada que estén en contacto directo con el material que sirve como aislamiento entre el tanque y el suelo, estos pueden causar corrosión por picaduras. Una preparación deficiente del medio aislante o un drenaje en malas condiciones puede permitir que el agua permanezca en contacto con el fondo del tanque. Si se llagan a filtrar líquidos corrosivos en el fondo del tanque, la acumulación del líquido debajo del tanque puede causar corrosión externa en el mismo. (API RP 575, 1995, p. 12)

Corrosión interna

- La corrosión interna de un tanque de almacenamiento está ligada con el contenido del tanque y del material con el que fue construido. Dependiendo el caso, se hace uso de revestimientos protectores para que los tanques sean más resistentes a las propiedades corrosivas del fluido contenido.
- En ambientes muy corrosivos, puede ser necesario construir los tanques con un material resistente a la corrosión. Los tanques de petróleo crudo y productos derivados del petróleo generalmente se construyen de acero al carbono. (API RP 575, 1995, p. 13)

2.2.3. Frecuencia de inspección API 653

La frecuencia para las inspecciones de un tanque (tanto internas como externas) se determina por el historial de servicio o bitácora de mantenimiento del equipo, a excepción de ser algún caso especial en donde indique que se debe realizar una inspección prioritaria. El historial de servicio de un tanque dado o un tanque en servicio similar (preferiblemente en el mismo sitio) debe estar disponible para que el encargado pueda programar las inspecciones completas con una frecuencia equivalente con la rata de corrosión del tanque. (API 653, 2001, p. 23)

Las frecuencias de las inspecciones están según API 653 enfocadas a cuatro secciones del tanque y son:

- Inspección del exterior del tanque.
- Inspección de medición espesores mediante ultrasonido.
- Inspección de recubrimiento catódico.
- Inspección del interior del tanque. (API 653, 2001, p. 23)

Para el caso de estudio se toma en cuenta la inspección ultrasónica de espesores, siendo esta la técnica a ser empleada.

2.2.3.1. Frecuencia para la inspección de medición de espesores mediante ultrasonido

Las medidas ultrasónicas del espesor del cuerpo son de gran ayuda para determinar el grado de corrosión ocurrido durante el tiempo de servicio del equipo y proporcionan indicaciones del estado físico actual del cuerpo del tanque. Al momento de realizar medidas de espesor ultrasónicas, se deben hacer en frecuencias de tal forma que no exceda estos intervalos de tiempo recomendados a continuación:

- Si se desconoce la rata de corrosión el intervalo máximo de inspección debe ser de 5 años.
- Cuando se tiene información sobre la rata de corrosión, el máximo intervalo debe ser menor de $RCA/2N$ años (donde RCA es la diferencia entre el espesor del cuerpo medido y el espesor mínimo requerido en milésimas de pulgadas o milímetros, y N es la rata de corrosión del cuerpo en milésimas de pulgadas o milímetros por año) o 15 años.

Para comprender de mejor manera a continuación se indica la ecuación (1):

$$FI \text{ (años)} = \frac{RCA}{2N} \quad (1)$$

Donde:

FI= Frecuencia recomendada para realizar la siguiente inspección, en años, desde el momento en que realiza la medición de espesores.

RCA= Espesor del cuerpo medido o nominal menos el espesor mínimo requerido o medido durante la inspección del equipó, estos valores vienen dados en milímetros (API 653, 2001, pp. 23-24)

N= Rata de corrosión o velocidad de corrosión calculada mediante la inspección, su valor viene dado en mmy (milímetros de corrosión por año) (API 653, 2001, pp. 23-24).

2.2.4. *Determinación de velocidad de corrosión API 570*

2.2.4.1. *Cálculo de velocidad de corrosión (VC)*

La norma API 570 indica como calcular la tasa del desgaste ocurrido en tuberías, se hace uso de esta norma para el cálculo del desgaste ocurrido en las paredes de los tanques de almacenamiento de Combustibles, ver ecuación (2):

$$Velocidad \ de \ corrosión \ (VC) = \frac{t \ nominal - t \ medido \ real \ (mm)}{tiempo \ entre \ t \ nominal \ y \ t \ medido \ (en \ años)} \quad (2)$$

Dónde:

- **t nominal:** Espesor en pulgadas o milímetros establecido por el fabricante o medido en la instalación inicial, o al inicio de un nuevo entorno de índice de corrosión.
- **t medido real:** Espesor real en pulgadas o milímetros, medido en el momento de la inspección para una ubicación o componente dado (API 570, 1998, p. 36).

Las unidades resultantes de esta operación vienen dadas en milímetros de corrosión por año y se denota mmy, esto indica la cantidad de material desgastado por año en un periodo de tiempo de operación del tanque.

2.2.4.2. Cálculo de vida remanente o vida útil

La vida útil restante en tanques para caso de estudio, se calcula mediante la siguiente expresión, ver ecuación (3):

$$\text{Vida útil restante (años)} = \frac{t \text{ medido real} - t \text{ mínimo medido (mm)}}{\text{velocidad de corrosión (pulgadas o milímetros por año)}} \quad (3)$$

Donde:

- **t medido real:** es el espesor actual promedio en pulgadas o milímetros, medidos durante la inspección.
- **t mínimo medido:** es el espesor mínimo medido, en pulgadas o milímetros del componente o elemento medido durante la inspección de ultrasonido (API 570, 1998, p. 36).

2.3. Plan de Mantenimiento

La norma (UNE-EN 13306, 2002, p. 8) define al mantenimiento como la “Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar la función requerida por el usuario”.

Una vez conocido el concepto de que es mantenimiento, puede decir que un plan de mantenimiento es el conjunto estructurado de tareas que comprende las actividades, procedimientos, los recursos y la duración necesaria para ejecutar el mantenimiento. (UNE-EN 13306, 2002, p. 9)

2.3.1. Listado de equipos

Al momento de elaborar un listado de equipos industriales, para que este listado sea útil, es recomendado diseñar esta lista en forma de estructura jerárquica, indicando las relaciones de dependencia de cada uno de los ítems con los demás (Garrido, 2003, p. 8). En una planta o Área

industrial podemos distinguir 6 niveles a la hora de elaborar el listado de equipos a mantener de manera jerárquica, ilustración 6-2:



Ilustración 6-2: Lista de equipo en niveles jerárquicos

Fuente: (Garrido, 2003, p. 8)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Para caso de estudio se aplican los niveles que resultan útil para el desarrollo de este trabajo técnico, la figura 6-2 mostrada, es una forma correcta de jerarquizar los equipos existentes dentro de una planta industrial.

2.3.2. *Codificación de equipos*

Una vez diseñada la lista de equipos, se los identifica asignándoles un código único. Esto permite ubicarlos de manera fácil, referenciarlos en órdenes de trabajo, planos, además permite la elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones, cálculo de indicadores referidos a Áreas, equipos, sistemas, elementos, etc.

Una buena codificación de los equipos permite realizar el control de costos de manera ágil, básicamente existen dos sistemas a la hora de codificar:

- **Sistemas de codificación no significativos:** son sistemas que asignan un número o un código cada equipo, pero el número o código no aporta ninguna información adicional al usuario.
- **Sistemas de codificación significativos o inteligentes:** en el que el código asignado aporta información (Garrido, 2003, p. 13).

Para caso de estudio se emplea el sistema de codificación significativo en el Área de almacenamiento de Combustibles.

2.3.2.1. Información útil que debe contener el código de un ítem

La información recomendada que debe contener el código de un equipo es la siguiente:

- Planta a la que pertenece.
- Área de planta al que pertenece.
- Tipo de equipo.

Los elementos que forman parte de un equipo deben contener información adicional:

- Tipo de elemento.
- Equipo al que pertenecen.
- Dentro de ese equipo, sistema en el que están incluidos.
- Familia a la que pertenece el elemento.

En la ilustración 7-2 se ilustra la forma de codificar que se emplea en el desarrollo de este trabajo:

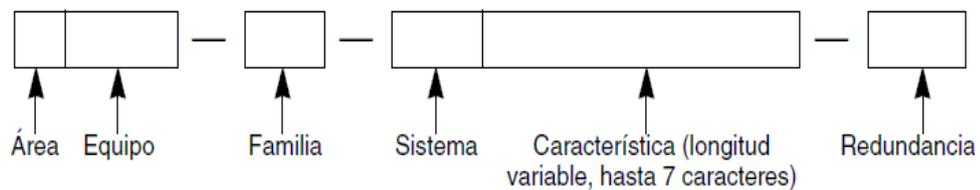


Ilustración 7-2: Estructura del código de un elemento

Fuente: (Garrido, 2003, p. 16)

2.3.3. Tipos de mantenimientos posibles

La norma UNE-EN 13306 Terminología del Mantenimiento indica que existen los siguientes tipos de mantenimientos:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento sistemático.
- Mantenimiento basado en la condición.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento diferido.
- Mantenimiento remoto.

- Mantenimiento de urgencia.
- Mantenimiento en uso.
- Mantenimiento en el terreno.
- Auto mantenimiento (UNE-EN 13306, 2002, pp. 13-14)

También existe otro tipo de mantenimiento como es el caso del mantenimiento Subcontratado a un Especialista, para caso de estudio se da a conocer conceptos básicos sobre los tipos de mantenimientos a ser aplicados en el Área de Combustible.

2.3.3.1. Mantenimiento correctivo

Mantenimiento ejecutado después del reconocimiento de una avería, y destinado a llevar un elemento a un estado en el que pueda desarrollar una función requerida.

2.3.3.2. Mantenimiento preventivo

Mantenimiento ejecutado a intervalos predeterminados o de acuerdo con unos criterios prescritos, y destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación de funcionamiento de un elemento.

2.3.3.3. Mantenimiento basado en la condición

Se define a este tipo de mantenimiento como un mantenimiento preventivo basado en el monitoreo del funcionamiento y parámetros del elemento, y las acciones consecuentes a ser realizadas. (UNE-EN 13306, 2002, pp. 13-14)

2.3.4. Ficha técnica del equipo

Dentro de la norma COVENIN 3049-93, se detalla lo relacionado al Registro de Objetos de Mantenimiento, donde su propósito es registrar toda la información necesaria para el conocimiento de cada equipo o elementos sujetos a mantenimiento en una planta industrial determinada.

Esta información generalmente se trata de datos del equipo como código; descripción técnica; registro fotográfico, fecha de adquisición, valor de compra, fabricante o proveedor, Área a la que pertenece, responsable de dicho equipo, entre otros datos. (COVENIN 3049-93, 1993, p. 11)

2.3.5. Programa de mantenimiento preventivo

Al momento de diseñar un programa de mantenimiento preventivo es necesario tener en cuenta criterios relacionados con los siguientes aspectos (Medrano, et al., 2017, pp. 71-72):

- Estandarización.
- Fiabilidad y mantenibilidad.
- Partes que requieren algún tipo de servicio.
- Capacitación.
- Documentación.
- Herramientas especiales y equipos de prueba.
- Seguridad.

2.3.5.1. Recomendaciones para elaborar un plan de mantenimiento preventivo

Para realizar planes de mantenimiento es necesario establecer algunos aspectos relacionados con los elementos que se exponen a continuación:

- Recomendaciones del fabricante
- Recomendaciones de los operadores
- Experiencia propia
- Análisis de ingeniería
- Periodicidad o frecuencia
- Tiempo de operación
- Tiempo calendario
- Inspección
- Servicio
- Reparaciones (Medrano, et al., 2017, pp. 72-75)

2.3.6. Órdenes de Trabajo (OT)

La orden de trabajo es el documento de mantenimiento que indica al técnico de mantenimiento sobre las tareas que tiene que realizar.

La orden de trabajo es una de las fuentes de información más confiables e importantes para la gestión de mantenimiento, pues en ella se recogen los datos más importantes de cada intervención.

En estas órdenes se detallan, al menos:

- N° de orden, que permite identificarla de forma única.
- El equipo o instalación que se interviene.
- El trabajo a realizar en determinado equipo.
- Las herramientas y materiales que se emplean para la actividad de mantenimiento.
- Los riesgos del trabajo, las precauciones que deben tomarse y los equipos de protección necesarios.
- La prioridad del trabajo.
- La fecha y hora de emisión de la orden (Garrido, 2003, p. 250):

2.3.7. Indicadores

El artículo científico que tiene como título “Evaluación de la gestión del mantenimiento y la reparación de los tractores mediante indicadores” indica que a la gestión de mantenimiento se la evalúa en función de los objetivos cumplidos y esto se lo realiza por medio de indicadores, en donde estos valoran el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos, dispositivos y componentes, permitiendo implementar un plan de mantenimiento preventivo basado en la toma de decisiones en función de dichos indicadores. (Capote, 2016, p. 40)

2.3.7.1. Índices de clase mundial

Se los llama así porque se emplean según la misma expresión en todos los países. Se conforman por una lista de seis índices, de los cuales, cuatro se enfocan al Análisis de la Gestión de Equipos y dos a la Gestión de Costos, como siguen a continuación:

- **Tiempo Medio Entre Fallas:** Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.
- **Tiempo Medio Para Reparación:** Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.
- **Tiempo Medio Para la Falla:** Relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.
- **Disponibilidad de Equipos:** Relación entre la diferencia del número de horas del periodo considerado (horas calendario) con el número de horas de intervención por el personal de

mantenimiento (mantenimiento preventivo por tiempo o por estado, mantenimiento correctivo y otros servicios) para cada ítem observado y el número total de horas del periodo considerado.

- **Costo de Mantenimiento por Facturación:** Relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en un periodo considerado.
- **Costo de Mantenimiento por el Valor de Reposición:** Relación entre el costo total acumulado en el mantenimiento de un determinado equipo y el valor de compra de ese mismo equipo nuevo (valor de reposición). (Tavares, 2000, pp. 52-57)

2.3.8. Costos de mantenimiento

Normalmente los costos de mantenimiento están asociados a los índices de gestión financiera y están divididos en cinco componentes, donde cada uno se divide en tres subcomponentes como se indica a continuación (Tavares, 2000, pp. 66-67):

2.3.8.1. Costos por personal

- Directos: Estos costos están asociados a los salarios y comisiones.
- Indirectos: Pueden ser recargos sociales y beneficios como transporte, alimentación, salud, otros.
- Administrativos: Gastos en Áreas de recursos humanos y capacitación al personal.

2.3.8.2. Costos por material

- Directos: Reposición de materiales.
- Indirectos: Costos por consumo de electricidad, instalaciones del lugar almacenamiento, agua potable, y personal de bodega.
- Administrativos: Gastos en Áreas de compras y administración de material.

2.3.8.3. Costos por contratación

- Directos: Costos por realizar contratos, permanentes y eventuales.
- Indirectos: Beneficios utilizados por terceros al momento de solicitar un servicio.
- Administrativos: Gastos de las Áreas administrativas de contratos, financiera y contable.

2.3.8.4. *Costos por depreciación*

- Directos: Costos por reposición.
- Indirectos: Capital inmovilizado.
- Administrativos: Gastos en las Áreas de contabilidad, control de patrimonio y gestión para la compra de maquinarias y equipos para el Área de mantenimiento.

2.3.8.5. *Costos por pérdidas de facturación*

- Directos: Costos debido a pérdida de producción.
- Indirectos: Pérdida de la calidad del producto, pérdida de materias primas, devolución de productos y reproceso.
- Administrativos: Gastos en las Áreas de control de calidad, marketing, ventas, etc. (Tavares, 2000, pp. 66-67)

2.4. **Plan de manejo ambiental (PMA)**

2.4.1. *Análisis de riesgos*

Es fundamental para este apartado tener en cuenta los conocimientos básicos sobre lo relacionado a riesgos, para ello se dan a conocer los siguientes conceptos:

Riesgo: Se define al riesgo como la probabilidad y las consecuencias de que ocurra un evento peligroso determinado.

Análisis de riesgo: Es una herramienta sistemática que se basa en la información necesaria existente con el fin de identificar fuentes de peligro, para luego estimar el riesgo que pueda ocasionar en individuos, propiedades o al medio ambiente. (Martínez Ponce de León, 2007, p. 23)

Además, existen diversos tipos de riesgos, siendo los más comunes y de manera general los siguientes:

- Riesgos de seguridad social y pública.
- Riesgos de higiene y salud.
- Riesgos medioambientales.
- Riesgos de interés social o general.
- Riesgos técnicos o de inversión. (Martínez Ponce de León, 2007, p. 24)

2.4.2. Matriz de riesgos

Uno de los objetivos del análisis de riesgos consiste en comunicar los resultados a los encargados de tomas de decisiones en un formato común de tal forma que cualquier persona pueda entender y se lo puede hacer mediante una matriz de riesgo, figura 8-2 (API-RP-580, 2002, p. 29):

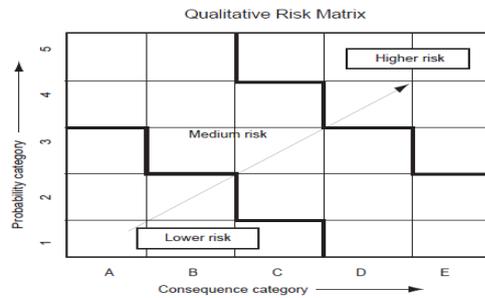


Ilustración 8-2: Matriz de riesgo según norma API RP 580

Fuente: (API-RP-580, 2002, p. 29)

2.4.3. Plan de mitigación o prevención de desastres

El TULSMA, en el Libro VI, de la Calidad Ambiental, define al Plan de Manejo Ambiental (PMA) como un “Documento que establece en detalle y en orden cronológico las acciones que se requieren ejecutar para prevenir, mitigar, controlar, corregir y compensar los posibles impactos ambientales negativos o acentuar los impactos positivos causados en el desarrollo de una acción propuesta. Por lo general, el Plan de Manejo Ambiental consiste de varios subplanes, dependiendo de las características de la actividad o proyecto”. (TULSMA, 2017, p. 159)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción de la institución

3.1.1. Ubicación geográfica

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Joya de los Sachas está ubicado en la provincia de Orellana, cantón Joya de los Sachas, en las calles Av. Los fundadores y Jaime Roldós, cuenta con sus diversas Áreas técnicas, administrativas y financieras, siendo de importancia el Área de Combustible perteneciente a la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes que forma parte de la Dirección Administrativa para nuestro estudio como se indica a continuación en la ilustración 1-3:



Ilustración 1-3: Ilustración Orgánica estructural Dirección Administrativa

Fuente: (GADMJS, 2017, p. 36)

3.1.2. Descripción del Área de Combustible

La institución cuenta con el Área de Combustible ubicado en el sector del relleno sanitario perteneciente al GAD Municipal del Cantón Joya de los Sachas.

La actividad principal que realiza la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes Área de Combustible es el abastecimiento, almacenamiento, suministro de gasolina y diésel, el proceso de entrega de Combustible se lo realiza por medio de tickets que maneja cada conductor y operador, este sistema de tickets ayuda a controlar y monitorear el consumo adecuado de

Combustible en la institución, con ello se controla cuanto de Combustible entra y sale de la Estación de Combustible en el sistema SIGANET.

3.2. Desarrollo del plan de mantenimiento

Para llevar a cabo el plan de mantenimiento lo primero que se debe hacer es el inventario de activos a mantener, se debe enlistar los equipos que existen en el Área de Combustible del GADM Joya de los Sachas.

3.2.1. Lista de equipos a mantener en el Área de Combustible

Se ha tomado en cuenta todos los equipos existentes en el Área de Combustible y se enlistan en la tabla 1-3 a continuación:

Tabla 1-3: Listado de equipos existentes en el Área de Combustible

Inventario de equipos a mantener	
Elaborado por: John Ceballos	
Unidad: Servicios generales y control de bienes	
Fecha: 13/01/2022	
Área: Combustibles	
Ítem	Descripción
1	Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina
2	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel
3	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel
4	Bomba 1 de paletas FILL-RITE 35GPM para diésel
5	Bomba 2 de paletas FILL-RITE 35GPM para gasolina
6	Centro de carga SD de 12E 110/220V (tablero eléctrico)
7	Líneas de tubería de los tanques y equipos de bombeo
8	Válvulas del sistema de bombeo y tanques
9	Cubeto anti derrames de hormigón del Área de Combustible
10	Caseta de estructura metálica del Área de Combustible

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.2. Clasificación de los equipos dentro la empresa en orden jerárquico

Es importante definir realizar una clasificación sistemática de los equipos existentes dentro del Área de Combustible perteneciente a la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes.

Dicha clasificación se la realiza de manera jerárquica, de tal forma que permita realizar la recolección de datos de los equipos de manera sencilla y de acuerdo al nivel que pertenece.

En la figura 2-3 se indica la clasificación sistemática de los ítems según la norma ISO-14224:

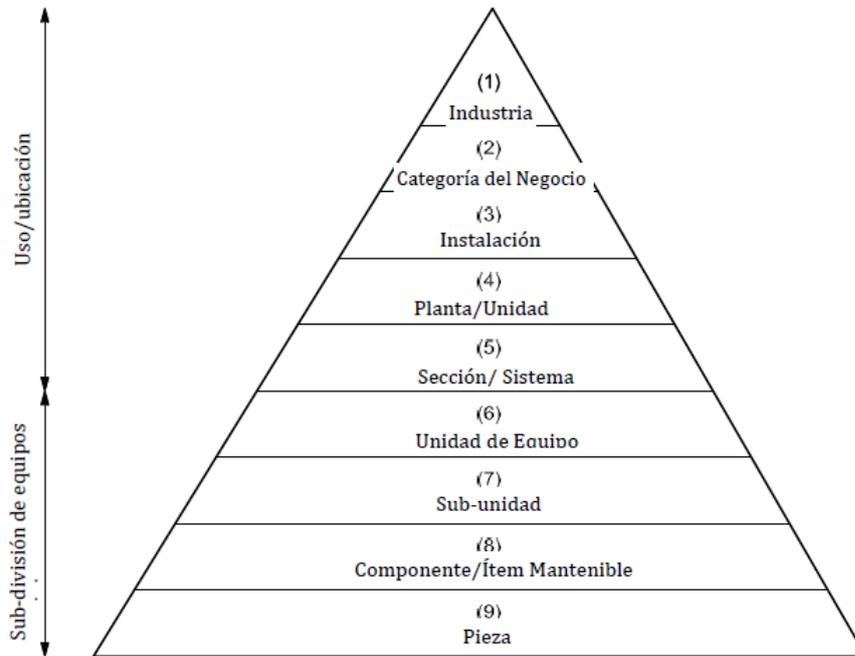


Ilustración 2-3: Clasificación de equipos por niveles en una planta industrial

Fuente: (ISO-14224, 2016, p. 30)

De la ilustración 2-3 se puede apreciar que los 5 primeros ítems nos brindan información del uso y ubicación del equipo que se está analizando, los siguientes ítems nos dan información sobre la composición técnica del equipo. Para este estudio se lo realizara tomando como ejemplo a la figura 2-3 antes ilustrada, pero de manera simplificada de tal forma que se tenga la información relevante y necesaria para realizar el inventario de equipos.

En la tabla 2-3 se indica la clasificación de equipos por niveles que se utilizara en este trabajo y se muestra a continuación:

Tabla 2-3: Inventario de activos a mantener por niveles ISO-14224

Ubicación	1	Planta/Unidad de Servicio/Localización
	2	Sección/Área
Composición del equipo	3	Máquina/Sistema
	4	Equipo
	5	Componente

Fuente: (ISO-14224, 2016, p. 30)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Una vez definido el proceso que se empleara para la clasificación de los equipos pertenecientes al Área de Combustible, el siguiente paso es asignarles un código único que permita diferenciarlos de los demás equipos.

3.2.3. Estructura de la codificación de departamentos, Áreas, sistemas y equipos

Para llevar a cabo la codificación de los equipos del Área de trabajo, empezaremos primeramente por definir la estructura del código a ser aplicado en el Área de Combustible de la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes del GADM Joya de los Sachas.

Para ello tenemos un ejemplo una estructura de codificación, a continuación, se ilustra una imagen en donde indica cómo debe estar estructurado el código de los equipos a mantener dentro de una planta o industria, ilustración 3-3:

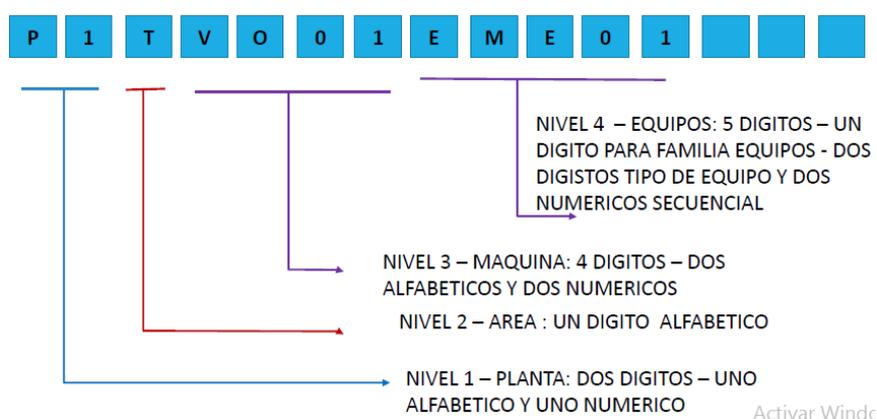


Ilustración 3-3: Estructura de codificación

Fuente: Villacrés, 2020, pag.44

Partiendo de la figura antes mostrada, empezaremos por asignarle un código a la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes, seguido el Área de Combustible, los sistemas y equipos existentes.

3.2.3.1. Código de la Unidad de Servicios Generales y Control de bienes

Se hace uso de dos dígitos numéricos para codificar a la unidad mencionada, para ello se le asignó la letra “S” de Servicios y la letra “G” Generales, de tal forma que el lector pueda tener una idea de lo que se está mencionando en el código, como se indica en la tabla 3-3:

Tabla 3-3: Código de la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes

Código asignado	Descripción
SG	Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Una vez codificada la unidad de Servicios Generales y Control de Bienes del GADM Joya de los Sachas, el siguiente paso es codificar el Área de Combustible.

3.2.3.2. Código del Área de Combustible perteneciente a la Unidad de Servicios Generales y Control de bienes

El código que se está empleando es secuencial, por lo tanto, primero irán los dos dígitos asignados a la unidad antes mencionada “SG”, luego ira la letra “C” que indica el Área al que pertenece, en este caso estamos hablando del Área de Combustible, teniendo el código como se indica en la ilustración 4-3:

Tabla 4-3: Código de la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes

Código asignado	Descripción
SG-C	Área de Combustible

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.3.3. Código de los sistemas existentes en el Área de Combustible de la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes del GADMJS

Se toman en cuenta todos los equipos existentes en el Área de Combustible como parte del sistema de bombeo único, para lo cual se le asignará la letra “B”, que indicará que es un sistema de bombeo como se indica en la tabla 5-3:

Tabla 5-3: Código del sistema de bombeo del Área de Combustible

Código	Descripción del Sistema
SG-C-B	Sistema de bombeo

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.3.4. Código de los equipos existentes en el Área de Combustible de la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes del GADMJS

Es importante antes de realizar la codificación de cada equipo, tener en cuenta que existe una clasificación de equipos de acuerdo a la familia a la que pertenecen y que forma parte del código de los equipos, para codificar los activos se hará uso de tres dígitos numéricos, el primer dígito indicará a la familia que pertenece el equipo, los siguientes dos dígitos indicarán el tipo de equipo, para ello haremos uso de las letras asignadas a cada familia, en la tabla 6-3 se ilustra los tipos de familia que podemos tener y la letra que le corresponde:

Tabla 6-3: Delimitación de equipos de un sistema

Código asignado	Tipo de familia del equipo
M	Mecánicos
E	Eléctricos
I	Electrónicos/Instrumentación
C	Civiles

Fuente: Villacrés, 2020, pág.

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Dentro del Área de Combustible, existen diversos equipos que pertenecen a algún tipo de familia antes mencionada, existen equipos mecánicos, eléctricos, instrumentación, civiles. Es necesario asignarles un código de tres dígitos numéricos para cada equipo, dicho código estará estructurado de manera secuencial, de tal forma que llevará el código de la unidad a la pertenece, el Área, la familia que le corresponde, tipo de equipo (bombas, tanques, tableros eléctricos, casetas, tuberías, etc.) y el número asignado.

Teniendo en cuenta todo lo antes mencionado en la tabla 7-3 se indica el código completo de cada equipo del Área de Combustible:

Tabla 7-3: Código de los equipos del Área de Combustible

Ítem	Código	Descripción del equipo
1	SG-C-B-MTK01	Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina
2	SG-C-B-MTK03	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel
3	SG-C-B-MTK04	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel
4	SG-C-B-MBB05	Bomba 1 de paletas FILL-RITE 35GPM para diésel
5	SG-C-B-MBB10	Bomba 2 de paletas FILL-RITE 35GPM para gasolina
6	SG-C-B-ETE15	Tablero eléctrico SD de 12E 110/220V (centro de carga)
7	SG-C-B-ITF20	Líneas de tubería de los tanques y equipos de bombeo
8	SG-C-B-IVV25	Válvulas del sistema de bombeo y tanques
9	SG-C-B-CCA30	Cubeto anti derrames de hormigón
10	SG-C-B-CCM35	Caseta de estructura metálica

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.4. *Fichas técnicas de los equipos del Área de Combustible del GADMJS*

Para realizar el inventario técnico se toma como referencia la información recopilada durante la visita técnica al Área de Combustible, documentos facilitados por el encargado de los equipos, luego se procede a elaborar un formato de inventario que permita recopilar y brindar la información necesaria al personal encargado de operación y mantenimiento del sistema de bombeo.

La ficha técnica debe ser lo más precisa posible y tener información verídica.

3.2.4.1. Ficha técnica del tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina

Para realizar la ficha del inventario de la Unidad de Servicios Generales control de bienes perteneciente al GADM Joya de los Sachas, se toma en cuenta información relevante para adjuntarlo al formato modelo. A continuación, se ilustra en la tabla 8-3 el código y la información técnica del equipo:

Tabla 8-3: Ficha técnica del tanque de 4500 galones para almacenar gasolina GADMJS

		FICHA DE INVENTARIO GADMJS			
Código del equipo:	SG-C-MTK01	Proveedor:	Romero Encarnación José Hipólito		
Descripción:	Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina	Valor de adquisición:	7.902,11 USD		
Fecha de adquisición:	12-marzo-2009	Área:	Combustible		
Dirección/Ubicación:	Joya de los Sachas-Vía al relleno sanitario	Responsable:	Ing. Marco Criollo		
Vida útil:	10 años	Teléfono:	0988349831		
					
Características principales:					
Producto almacenado: Diésel					
Lado Mayor: 2.810 m					
Lado Menor: 1.510 m					
Longitud del cuerpo: 6.000 m					
Tipo de casquete: PLANO					
Altura de casquete: 0.000 m					
Espesor del cuerpo cilíndrico: 0.0065 m					
Espesor de casquetes: 0.0065 m					
Diámetro de MANHOLE: 0.50 m					
Última fecha de actualización:		Realizado por:			
Fecha de inventario:		Revisado por:			
Información adicional:		Firmado por:			

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.4.2. Ficha técnica del tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel

A continuación, se ilustra en la tabla 9-3 el código y la información del tanque mencionado del Área de Combustible:

Tabla 9-3: Ficha técnica del tanque de 6000 galones para almacenar diésel GADMJS

		FICHA DE INVENTARIO GADMJS			
Código del equipo:	SG-C-MTK03	Proveedor:	Gobierno Municipal de la Joya de los Sachas		
Descripción:	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel	Valor de adquisición:	8.760,00 USD		
Fecha de adquisición:	08-abril-2008	Área:	Combustible		
Dirección/Ubicación:	Joya de los Sachas-Vía al relleno sanitario	Responsable:	Ing. Marco Criollo		
Vida útil:	10 años	Teléfono:	0988349831		
					
Características principales: Producto almacenado: Diésel Lado Mayor: 2.510 m Lado Menor: 1.662 m Longitud del cuerpo: 7.382 m Tipo de casquete: PLANO Altura de casquete: 0.000 m Espesor del cuerpo cilíndrico: 0.004 m Espesor de casquetes: 0.004 m Diámetro de MANHOLE: 0.50 m					
Última fecha de actualización:		Realizado por:			
Fecha de inventario:		Revisado por:			
Información adicional:		Firmado por:			

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.4.3. Ficha técnica del tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel

A continuación, se ilustra en la tabla 10-3 el código y la información del tanque mencionado del Área de Combustible:

Tabla 10-3: Ficha técnica del tanque de 500 barriles para almacenar diésel GADMJS

	FICHA DE INVENTARIO GADMJS		
Código del equipo:	SG-C-MTK04	Proveedor:	Gobierno Autónomo Provincial de Orellana
Descripción:	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel	Valor de adquisición:	46.406,25 USD
Fecha de adquisición:	11-diciembre-2018	Área:	Combustible
Dirección/Ubicación:	Joya de los Sachas-Vía al relleno sanitario	Responsable:	Ing. Marco Criollo
Vida útil:	10 años	Teléfono:	0988349831
			
Características principales:			
Producto almacenado: Diésel			
Circunferencia promedio exterior: 3.258 m			
Diámetro promedio interior del tanque: 3.179 m			
Longitud del cuerpo cilíndrico: 10.770 m			
Radio interno del tanque: 1.590 m			
Tipo de casquete: ELIPSOIDAL			
Altura de casquete: 0.2780 m			
Espesor del cuerpo cilíndrico: 0.006 m			
Espesor de casquetes: 0.006 m			
Diámetro de MANHOLE: 0.50 m			
Última fecha de actualización:		Realizado por:	
Fecha de inventario:		Revisado por:	
Información adicional:		Firmado por:	

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.4.4. Ficha técnica de la bomba 1 de paletas FILL-RITE 35GPM para diésel

A continuación, se ilustra en la tabla 11-3 el código y la información de la bomba mencionada del Área de Combustible:

Tabla 11-3: Ficha técnica del tanque de la bomba 1 de paletas para diésel GADMJS

		FICHA DE INVENTARIO GADMJS			
Código del equipo:	SG-C-MBB05	Proveedor:	FILL-RITE		
Descripción:	Bomba 1 de paletas para diésel	Valor de adquisición:	1.508,00 USD		
Fecha de adquisición:		Área:	Combustible		
Dirección/Ubicación:	Joya de los Sachas-Vía al relleno sanitario	Responsable:	Ing. Marco Criollo		
Vida útil:		Teléfono:	0988349831		
					
Características principales:					
Producto que bombea: Diésel					
Marca: FILL-RITE					
Modelo: 310 Series					
Número de serie: B61871008					
Voltaje de suministro. 115 V CA					
Frecuencia: 60 Hz					
Consumo: 9.8 A					
Motor: ¼ Hp					
Ciclo de trabajo: 30 minutos					
Dimensiones: 17.12” de ancho x 15” de alto x 14.9” de profundidad					
Presión máxima: 26 Psi (1.79 bar)					
Caudal de bombeo: 35 (132 litros) galones por minuto					
Última fecha de actualización:		Realizado por:			
Fecha de inventario:		Revisado por:			
Información adicional:		Firmado por:			

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.4.5. Ficha técnica de la bomba 2 de paletas FILL-RITE 35GPM para gasolina

A continuación, se ilustra en la tabla 12-3 el código y la información de la bomba mencionada del Área de Combustible:

Tabla 12-3: Ficha técnica del tanque de la bomba 2 de paletas para gasolina GADMJS

		FICHA DE INVENTARIO GADMJS			
Código del equipo:	SG-C-MBB10	Proveedor:	FILL-RITE		
Descripción:	Bomba 2 de paletas para gasolina	Valor de adquisición:	1.508,00 USD		
Fecha de adquisición:		Área:	Combustible		
Dirección/Ubicación:	Joya de los Sachas-Vía al relleno sanitario	Responsable:	Ing. Marco Criollo		
Vida útil:		Teléfono:	0988349831		
					
Características principales:					
Producto que bombea: Gasolina					
Marca: FILL-RITE					
Modelo: 310 Series					
Número de serie: CC-380.303					
Voltaje de suministro. 115 V CA					
Frecuencia: 60 Hz					
Consumo: 9.8 A					
Motor: ¼ Hp					
Ciclo de trabajo: 30 minutos					
Dimensiones: 17.12” de ancho x 15” de alto x 14.9” de profundidad					
Presión máxima: 26 Psi (1.79 bar)					
Caudal de bombeo: 35 (132 litros) galones por minuto					
Última fecha de actualización:		Realizado por:			
Fecha de inventario:		Revisado por:			
Información adicional:		Firmado por:			

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.4.6. Ficha técnica del tablero eléctrico SD de 12E 110/220V del Área de Combustible

A continuación, se ilustra en la tabla 13-3 el código y la información del tablero eléctrico del Área de Combustible:

Tabla 13-3: Ficha técnica del tablero eléctrico del Área de Combustible GADMJS

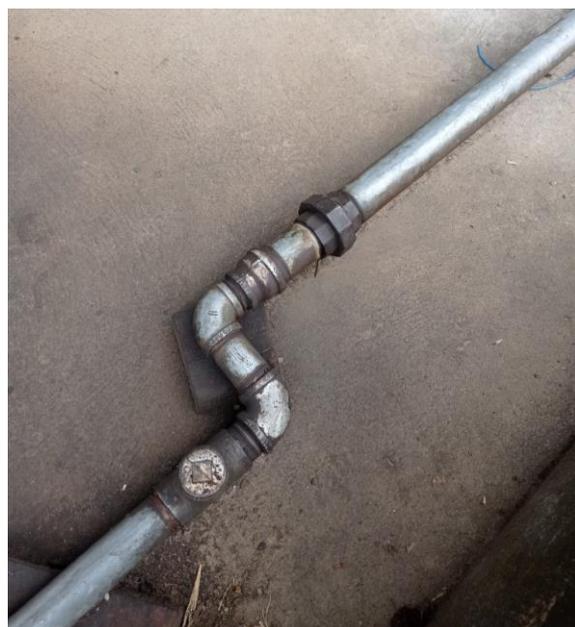
		FICHA DE INVENTARIO GADMJS			
Código del equipo:	SG-C-B-ETE15	Proveedor:			
Descripción:	Tablero eléctrico SD de 12E 110/220V	Valor de adquisición:		58,75 USD	
Fecha de adquisición:		Área:		Combustible	
Dirección/Ubicación:	Joya de los Sachas-Vía al relleno sanitario	Responsable:		Ing. Marco Criollo	
Vida útil:	No especifica	Teléfono:		0988349831	
					
Características principales:					
Numero de servicios: 12					
Voltajes de suministro: 110/220V					
Carga nominal: 125A					
Marca: Square D					
Dimensiones:					
Barra de puesta a tierra: Si					
Tipo de instalación: Caja para empotrar y sobreponer					
Hecho en: Colombia					
Última fecha de actualización:		Realizado por:			
Fecha de inventario:		Revisado por:			
Información adicional:		Firmado por:			

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.4.7. *Ficha técnica de líneas de tubería de los tanques y equipos de bombeo del Área de Combustible*

A continuación, se ilustra en la tabla 14-3 el código y la información de las líneas de tubería y válvulas del Área de Combustible:

Tabla 14-3: Ficha técnica de líneas de tuberías del Área de Combustible GADMJS

		FICHA DE INVENTARIO GADMJS			
Código del equipo:	SG-C-B-ITF20	Proveedor:			
Descripción:	Tubería de fluido del sistema de bombeo	Valor de adquisición:			
Fecha de adquisición:		Área:		Combustible	
Dirección/Ubicación:	Joya de los Sachas-Vía al relleno sanitario	Responsable:		Ing. Marco Criollo	
Vida útil:		Teléfono:		0988349831	
					
Características principales:					
Nominal Size Pipe: 2" (50mm) y 1" ½ (40mm)					
Material: Acero al carbono galvanizado					
Presión nominal de trabajo: Presión media					
Tipo de conexión: Roscado					
Tramo de tubería fabricada: 6 m					
Fluido que circula por la tubería: Gasolina extra y Diésel industrial					
Última fecha de actualización:		Realizado por:			
Fecha de inventario:		Revisado por:			
Información adicional:		Firmado por:			

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.4.8. Ficha técnica de válvulas del sistema de bombeo y tanques del Área de Combustible

A continuación, se ilustra en la tabla 15-3 el código y la información de las válvulas del Área de Combustible:

Tabla 15-3: Ficha técnica de válvulas del Área de Combustible GADMJS

		FICHA DE INVENTARIO GADMJS			
Código del equipo:	SG-C-B-IVV25	Proveedor:			
Descripción:	Válvulas de bola de paso y accesorios del sistema de bombeo y tanques	Valor de adquisición:	40 USD por cada unidad aproximadamente		
Fecha de adquisición:		Área:	Combustible		
Dirección/Ubicación:	Joya de los Sachas-Vía al relleno sanitario	Responsable:	Ing. Marco Criollo		
Vida útil:		Teléfono:	0988349831		
					
Características principales: Diámetro nominal de las válvulas: 2" (50 mm) y 1" ½ (40mm) Diámetro nominal de los accesorios y acoples: 2" (50 mm) y 1" ½ (40mm) Material de las válvulas: Acero inoxidable Presión: Presión media Estructura: Balón Body material: CF8M Tipo de conexión: Roscada Certificate: CE ISO 9001					
Última fecha de actualización:		Realizado por:			
Fecha de inventario:		Revisado por:			
Información adicional:		Firmado por:			

Realizado por: Ceballos, John, 2021

3.2.4.9. Ficha técnica de válvulas del cubeto anti derrames de hormigón del Área de Combustible

A continuación, se ilustra en la tabla 16-3 el código y la información del cubeto anti derrames del Área de Combustible:

Tabla 16-3: Ficha técnica del cubeto anti derrames del Área de Combustible GADMJS

		FICHA DE INVENTARIO GADMJS			
Código del equipo:	SG-C-B-CCA30	Constructor:			
Descripción:	Cubeto anti derrames de hormigón	Valor de construcción:			
Fecha de construcción:		Área:		Combustible	
Dirección/Ubicación:	Joya de los Sachas-Vía al relleno sanitario	Responsable:		Ing. Marco Criollo	
Vida útil:		Teléfono:		0988349831	
					
Características principales:					
Material de construcción: Hormigon					
Rutas de drenaje: Si					
Capacidad volumétrica: 110% y 125% del volumen total del almacenamiento del tanque principal					
Altura del dique: 0.6 m mínimo y máximo 2 m sobre el nivel del piso					
Cuenta con cubierta: Si					
Tipo de cubierta: Metálica					
Última fecha de actualización:		Realizado por:			
Fecha de inventario:		Revisado por:			
Información adicional:		Firmado por:			

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.4.10. *Ficha técnica de la caseta de estructura metálica del Área de Combustible*

A continuación, se ilustra en la tabla 17-3 el código y la información de la caseta del Área de Combustible:

Tabla 17-3: Ficha técnica de la caseta metálica del Área de Combustible GADMJS

	FICHA DE INVENTARIO GADMJS		
Código del equipo:	SG-C-B-CCM35	Constructor:	
Descripción:	Caseta de estructura metálica	Valor de construcción por cada caseta:	
Fecha de construcción:		Área:	Combustible
Dirección/Ubicación:	Joya de los Sachas-Vía al relleno sanitario	Responsable:	Ing. Marco Criollo
Vida útil:		Teléfono:	0988349831
			
Características principales:			
Numero de cubiertas: 3 cubiertas			
Material de construcción: Acero al carbono			
Tipo de cubierta: Cubierta de Zinc			
Cuenta con canales de agua: No			
Última fecha de actualización:		Realizado por:	
Fecha de inventario:		Revisado por:	
Información adicional:		Firmado por:	

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.5. Análisis de criticidad de los equipos del Área de Combustible

Para identificar los equipos críticos se realiza el análisis de criticidad, evaluando la frecuencia de la falla por su consecuencia, a través de un acercamiento realizado al jefe de la Unidad de Servicios Generales y Control de Bienes y el encargado del Área de Combustible.

Para evaluar el índice de criticidad se hace uso de la siguiente ecuación:

$$IC=FF \times CF \quad (4)$$

En donde:

IC = Índice de criticidad

FF = Frecuencia de fallas

CF = Consecuencia de falla.

(Gasca et al, 2017, p. 113)

Para evaluar FF se lo realiza a partir de la tasa estimada de incidencia de fallas, como se muestra en la tabla 18-3.

La CF se evalúa a partir de la suma de: el impacto en la producción IP, el impacto en la seguridad y salud SS, los costos de reparación CR, el tiempo de reparación TR, y el tiempo de operación TO. Estos criterios fueron elegidos para llevar a cabo las tablas de ponderaciones, considerando que son los más significativos en la evaluación de la consecuencia que puede ocasionar una falla en un equipo industrial. (Gasca et al, 2017, p. 113)

Tabla 18-3: Ponderación de FF

Frecuencia de fallas (FF)	Valor
¿Qué tan frecuente son las fallas ocurridas?	
Menos de 1 por año	1
Entre 2 y 12 por año	2
Entre 13 y 52 por año	3
Más de 52 por año (más de una por semana)	4

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 113)

Realizado por: Ceballos, John, 2021

Para finalizar, el IC se calcula utilizando la ecuación (5), siendo esta la ecuación final:

$$IC=FF \times (IP+SS+CR+TR+TO) \quad (5)$$

De donde:

IP = Impacto a la producción

SS = Impacto en la seguridad y salud

CR = Costos de reparación

TR = Tiempo de reparación

TO = Tiempo de operación

El IP registra porcentualmente la producción aproximada que se deja de obtener por día, debido a fallas ocurridas; el IP define la consecuencia inmediata de la ocurrencia de la falla, que puede representar un paro total o parcial de los quipos del sistema estudiado y al mismo tiempo el paro del proceso productivo de la unidad. (Gasca et al, 2017, p. 113)

La ponderación del IP se muestra en la tabla 19-3:

Tabla 19-3: Ponderación del IP

Impacto en la producción (IP)	Valor
¿Cuál es el impacto en la producción?	
Menor al 25%	1
25% de impacto	2
50% de impacto	3
75% de impacto	4

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 114)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

El SS registra la ocurrencia de eventos en los cuales alguna persona puede resultar lesionada, para este indicador se sugiere obtener la información y colaboración del personal de: recursos humanos, comités paritarios y salud ocupacional de la institución. La ponderación de SS se muestra en la tabla 20-3 (Gasca et al, 2017, p. 114):

Tabla 20-3: Ponderación del SS

Seguridad y salud (SS)	Valor
¿Cuál es la lesión más significativa que puede presentarse en la operación del equipo?	
No hay algún riesgo de lesión	1
Lesiones leves (son asistidas dentro de la institución, no hay incapacidad)	2
Lesiones significativas (incapacidad entre 1 y 30 días)	3
Lesiones de incapacidad parcial o permanente (mayor de 30 días)	4

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 114)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

El CR hace referencia al costo promedio por falla requerido para restituir el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento, incluye labor, materiales y transporte. La ponderación del CR se muestra en la tabla 21-3:

Tabla 21-3: Ponderación del CR

Costos de reparación (CR)	Valor
¿Cuál es el costo anual del mantenimiento del equipo?	
Menos de 1.000 dólares	1
Entre 1.000 y 5.000 dólares	2
Entre 5.001 y 10.000 dólares	3
Más de 10.000 dólares	4

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 114)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

El TR es el tiempo promedio por día empleado para reparar la falla, se considera desde que el equipo pierde su función hasta que esté disponible para cumplirla nuevamente. Se muestra en la tabla 22-3 (Gasca et al, 2017, p. 114):

Tabla 22-3: Ponderación del TR

Tiempo de reparación (TR)	Valor
¿Cuál es el tiempo promedio para reparar el equipo?	
Menor a 4 horas	1
Igual o mayor a 4 horas y menor a 6 horas	2
Igual o mayor a 6 horas y menos a 12 horas	3
Mayor a 12 horas	4

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 114)

El TO es el tiempo que dura el equipo en producción. La ponderación del TO se muestra en la tabla 23-3:

Tabla 23-3: Ponderación del TO

Tiempo de operación (TO)	Valor
¿Cuál es el tiempo de trabajo de este equipo?	
Opcionalmente	1
Un turno de trabajo	2
Dos turnos de trabajo	3
Totalmente	4

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 114)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

En la siguiente matriz de puede observar los niveles de criticidad, en donde se identifica el grado de criticidad por medio de puntajes y colores, ver tabla 24-3:

Tabla 24-3: Matriz de criticidad

Frecuencia	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		Consecuencia															

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 115)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Obtenido el valor del índice de criticidad de cada equipo, éstos se clasificaron como de alta criticidad entre (51-80), media criticidad (26-50) o baja criticidad (5-25), de acuerdo con la matriz de criticidad de la tabla 22-3. Los colores asignados en la matriz indican lo siguiente (Gasca et al, 2017, p. 114):

- Color rojo para equipos críticos (valores 51 y 80) 
- Color naranja para equipos semi-críticos (valores 26 y 50) 
- Color verde para equipos no críticos (valores entre 5 y 25) 

3.2.5.1. Análisis de criticidad del tanque TK01 4500 galones para gasolina del Área de Combustible

A continuación, se realiza el cálculo respectivo de análisis de criticidad para el tanque TK-01, ver tabla 25-3:

Tabla 25-3: Análisis de criticidad del tanque TK01 4500 galones GADMJS

ANÁLISIS DE CRITICIDAD	
Frecuencia de falla (FF)	Valor
¿Qué tan frecuente son las fallas ocurridas?	
Menos de 1 por año	1
Entre 2 y 12 por año	2
Entre 13 y 52 por año	3
Más de 52 por año (más de una por semana)	4
Impacto en la producción (IP)	Valor
¿Cuál es el impacto en la producción?	
Menor al 25%	1
25% de impacto	2
50% de impacto	3
75% de impacto	4
Seguridad y salud (SS)	Valor
¿Cuál es la lesión más significativa que puede presentarse en la operación del equipo?	
No hay algún riesgo de lesión	1
Lesiones leves (son asistidas dentro de la institución, no hay incapacidad)	2
Lesiones significativas (incapacidad entre 1 y 30 días)	3
Lesiones de incapacidad parcial o permanente (mayor de 30 días)	4
Costos de reparación (CR)	Valor
¿Cuál es el costo anual del mantenimiento del equipo?	
Menos de 1.000 dólares	1
Entre 1.000 y 5.000 dólares	2
Entre 5.001 y 10.000 dólares	3
Más de 10.000 dólares	4
Tiempo de reparación (TR)	Valor
¿Cuál es el tiempo promedio para reparar el equipo?	
Menor a 4 horas	1
Igual o mayor a 4 horas y menor a 6 horas	2
Igual o mayor a 6 horas y menos a 12 horas	3
Mayor a 12 horas	4
Tiempo de operación (TO)	Valor
¿Cuál es el tiempo de trabajo de este equipo?	
Opcionalmente	1
Un turno de trabajo	2
Dos turnos de trabajo	3
Totalmente	4

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 114)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Después a ver evaluado el equipo con cada uno de los parámetros antes indicados, se procede a calcular el IC con la ecuación (5), los resultados se muestran en la tabla 26-3:

Tabla 26-3: Determinación del índice de criticidad del tanque TK01 4500 galones GADMJS

Equipo	ÍNDICE DE CRITICIDAD $IC=FF \times (IP+SS+CR+TR+TO)$	Nivel de criticidad del equipo
TK01 4500 galones para gasolina	$IC = 2 \times (3+2+2+2+4)$ $IC = 26$	SEMI-CRÍTICO

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 115)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Este proceso es realizado para los dos tanques restantes, para caso de estudio se muestra directamente el resultado obtenido del índice de criticidad.

3.2.5.2. Análisis de criticidad del tanque TK03 6000 galones para diésel del Área de Combustible

El resultado del índice de criticidad se lo puede apreciar en la tabla 27-3:

Tabla 27-3: Determinación del índice de criticidad del tanque TK03 4500 galones GADMJS

Equipo	ÍNDICE DE CRITICIDAD $IC=FF \times (IP+SS+CR+TR+TO)$	Nivel de criticidad del equipo
TK03 6000 galones para diésel	$IC = 2 \times (3+2+2+2+4)$ $IC = 26$	SEMI-CRÍTICO

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 115)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.5.3. Análisis de criticidad del tanque TK04 500 barriles para diésel del Área de Combustible

El resultado del índice de criticidad se lo puede apreciar en la tabla 28-3:

Tabla 28-3: Determinación del índice de criticidad del tanque TK04 6000 barriles GADMJS

Equipo	ÍNDICE DE CRITICIDAD $IC=FF \times (IP+SS+CR+TR+TO)$	Nivel de criticidad del equipo
TK03 6000 galones para diésel	$IC = 2 \times (4+2+2+2+4)$ $IC = 28$	SEMI-CRÍTICO

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 115)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.5.4. Análisis de criticidad de la bomba BB05 para diésel del Área de Combustible

El resultado del índice de criticidad para el equipo de bombeo mencionado se lo puede apreciar en la tabla 29-3:

Tabla 29-3: Determinación del índice de criticidad de la bomba BB05 GADMJS

Equipo	ÍNDICE DE CRITICIDAD IC=FF x (IP+SS+CR+TR+TO)	Nivel de criticidad del equipo
Bomba BB05 para diésel	IC = 3 x (4+2+1+1+2) IC = 30	SEMI-CRÍTICO

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 115)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.5.5. Análisis de criticidad de la bomba BB10 para gasolina del Área de Combustible

El resultado del índice de criticidad para el equipo de bombeo mencionado se lo puede apreciar en la tabla 30-3:

Tabla 30-3: Determinación del índice de criticidad de la bomba BB10 GADMJS

Equipo	ÍNDICE DE CRITICIDAD IC=FF x (IP+SS+CR+TR+TO)	Nivel de criticidad del equipo
Bomba BB10 para gasolina	IC = 3 x (4+2+1+1+2) IC = 30	SEMI-CRÍTICO

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 115)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.5.6. Análisis de criticidad del tablero eléctrico TE15 del Área de Combustible

El resultado del índice de criticidad para el tablero eléctrico antes mencionado se indica en la tabla 31-3:

Tabla 31-3: Determinación del índice de criticidad del tablero eléctrico TE15 GADMJS

Equipo	ÍNDICE DE CRITICIDAD IC=FF x (IP+SS+CR+TR+TO)	Nivel de criticidad del equipo
Tablero eléctrico TE15	IC = 2 x (4+1+1+1+4) IC = 22	NO CRÍTICO

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 115)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.5.7. Análisis de criticidad de las líneas de tubería TF20 del Área de Combustible

El resultado del índice de criticidad de las líneas de tubería antes mencionadas se indica en la tabla 32-3:

Tabla 32-3: Determinación del índice de criticidad de líneas de tubería TF20 GADMJS

Equipo	ÍNDICE DE CRITICIDAD IC=FF x (IP+SS+CR+TR+TO)	Nivel de criticidad del equipo
Líneas de tubería TF20	IC = 1 x (3+1+1+1+4) IC = 10	NO CRÍTICO

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 115)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Para este caso se toma de manera general a todo el conjunto de tuberías del sistema de bombeo, con el fin de tenerlo como un solo equipo para poder asignar tareas.

3.2.5.8. Análisis de criticidad de las válvulas VV25 del Área de Combustible

El resultado del índice de criticidad de las válvulas antes mencionadas se indica en la tabla 33-3:

Tabla 33-3: Determinación del índice de criticidad de válvulas VV25 GADMJS

Equipo	ÍNDICE DE CRITICIDAD IC=FF x (IP+SS+CR+TR+TO)	Nivel de criticidad del equipo
Válvulas del sistema de bombeo VV25	IC = 2 x (4+1+1+1+4) IC = 22	NO CRÍTICO

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 115)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.5.9. Análisis de criticidad del cubeto anti derrames CA30 del Área de Combustible

El resultado del cálculo del índice de criticidad del cubeto anti derrames se indica en la tabla 34-3, pese a un equipo de naturaleza civil, es necesario realizar el cálculo para poder determinar qué tan crítico es este equipo en comparación a los demás:

Tabla 34-3: Determinación del índice de criticidad del cubeto CA30 GADMJS

Equipo	ÍNDICE DE CRITICIDAD IC=FF x (IP+SS+CR+TR+TO)	Nivel de criticidad del equipo
Cubeto anti derrames CA30	IC = 1 x (1+1+1+4+4) IC = 11	NO CRÍTICO

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 115)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.5.10. Análisis de criticidad de la caseta metálica CM35 del Área de Combustible

El resultado del índice de criticidad de la caseta metálica antes mencionado se indica en la tabla 35-3:

Tabla 35-3: Determinación del índice de criticidad de la caseta metálica CM35 GADMJS

Equipo	ÍNDICE DE CRITICIDAD IC=FF x (IP+SS+CR+TR+TO)	Nivel de criticidad del equipo
Caseta de estructura metálica CM35	IC = 1 x (1+2+2+4+4) IC = 13	NO CRÍTICO

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 115)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.5.11. Hoja resumen de análisis de criticidad de los equipos y tanques del Área de Combustible

Una vez que se ha establecido el índice de criticidad para todos los equipos que forman parte del sistema de bombeo del Área de Combustible del GADMJS, se elaboró una hoja resumen, en donde se indica de manera sintetizada el código del equipo, la descripción y el índice de criticidad en base a los cálculos realizados, de tal forma que facilite el acceso a la información de manera rápida y efectiva. Ver tabla 36-3:

Tabla 36-3: Hoja resumen de criticidad de los equipos del Área de Combustible GADMJS

Hoja resumen de criticidad de equipos del Área de Combustible GADMJS.			
Código de equipo	Descripción	Índice de criticidad	Nivel de criticidad
SG-C-B-MTK01	Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina	26	SEMI-CRÍTICO
SG-C-B-MTK03	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel	26	SEMI-CRÍTICO
SG-C-B-MTK04	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel	28	SEMI-CRÍTICO
SG-C-B-MBB05	Bomba 1 de paletas FILL-RITE 35GPM para diésel	30	SEMI-CRÍTICO
SG-C-B-MBB10	Bomba 2 de paletas FILL-RITE 35GPM para gasolina	30	SEMI-CRÍTICO
SG-C-B-ETE15	Tablero eléctrico SD de 12E 110/220V (centro de carga)	22	NO CRÍTICO
SG-C-B-ITF20	Líneas de tubería de los tanques y equipos de bombeo	10	NO CRÍTICO
SG-C-B-IVV25	Válvulas del sistema de bombeo y tanques	22	NO CRÍTICO
SG-C-B-CCA30	Cubeto anti derrames de hormigón	11	NO CRÍTICO
SG-C-B-CCM35	Caseta de estructura metálica	13	NO CRÍTICO

Fuente: (Gasca et al, 2017, p. 118)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.6. Definición de estrategias de mantenimiento

En base a los resultados obtenidos de la matriz de criticidad mostrada anteriormente, se determina el tipo de mantenimiento que se debe aplicar en cada caso. A continuación, se indican los modelos de mantenimientos posibles a ser aplicados y sus componentes.

3.2.6.1. Modelo de mantenimiento correctivo

Dicho modelo es el más conocido y básico, incluye además de las inspecciones visuales y la lubricación, las reparaciones de averías que surjan de manera no planificada o imprevista. Puede ser aplicado a equipos con el más bajo nivel de criticidad en donde sus averías no suponen ningún problema económico o técnico, está enfocado a equipos donde nos es rentable dedicar mayores esfuerzos o recursos.

En la tabla 37-3 se indica los elementos que constituyen a este modelo (Garrido, 2003, p. 19):

Tabla 37-3: Modelo correctivo

Modelo correctivo
Inspecciones visuales
Lubricación
Reparación de averías

Fuente: (Garrido, 2003, p. 20)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.6.2. *Modelo de mantenimiento basado en la condición*

Este modelo incluye las actividades del modelo anteriormente mencionado y, además, la realización de una serie de pruebas o ensayos que condicionarán una actuación posterior. Si después de las pruebas se descubre alguna anomalía, se procederá a programar una intervención; por el contrario, si todo es correcto, no actúa sobre el equipo. Este modelo de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso, o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo su probabilidad de fallo es baja. (Garrido, 2003, p. 20)

Tabla 38-3: Modelo condicional

Modelo condicional
Inspecciones visuales
Lubricación
Mantenimiento condicional
Reparación de averías

Fuente: (Garrido, 2003, p. 20)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.6.3. *Mantenimiento subcontratado a un especialista*

Cuando hablamos de un especialista, nos referimos a un individuo o empresa especializada en un equipo concreto. El especialista puede ser el fabricante del equipo, el servicio técnico del importador, o una empresa que se ha especializado en un tipo concreto de intervenciones. Como hemos dicho, debemos recurrir al especialista cuando:

- No se tiene los conocimientos suficientes.
- No se cuenta con los medios necesarios.
- No existe personal calificado en la empresa.
- Se necesita de alguna certificación.

3.2.7. *Selección del modelo de mantenimiento para los equipos del Área de Combustible del GADMJS.*

En la siguiente tabla se muestra el modelo de mantenimiento recomendable para cada equipo:

Tabla 39-3: Modelo de mantenimiento aplicado en el Área de Combustible

Hoja de resumen de criticidad de equipos del Área de Combustible GADMJS.			
Código de equipo	Descripción	Nivel de criticidad	Mantenimiento asignado
SG-C-B-MTK01	Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina	SEMI-CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN O SUBCONTRATADO A UN ESPECIALISTA
SG-C-B-MTK03	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel	SEMI-CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN O SUBCONTRATADO A UN ESPECIALISTA
SG-C-B-MTK04	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel	SEMI-CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN O SUBCONTRATADO A UN ESPECIALISTA
SG-C-B-MBB05	Bomba 1 de paletas FILL-RITE 35GPM para diésel	SEMI-CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN
SG-C-B-MBB10	Bomba 2 de paletas FILL-RITE 35GPM para gasolina	SEMI-CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN
SG-C-B-ETE15	Tablero eléctrico SD de 12E 110/220V (centro de carga)	NO CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN
SG-C-B-ITF20	Líneas de tubería de los tanques y equipos de bombeo	NO CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN
SG-C-B-IVV25	Válvulas del sistema de bombeo y tanques	NO CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN
SG-C-B-CCA30	Cubeto anti derrames de hormigón	NO CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN
SG-C-B-CCM35	Caseta de estructura metálica	NO CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN

Fuente: (Garrido, 2003, p. 27)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.8. Definición de tareas

Los protocolos de mantenimiento llevan tareas enfocadas a diversos aspectos como limpieza, pintura, inspecciones visuales, mediciones de parámetros eléctricos, verificaciones mecánicas, sustituciones de elementos en caso de ser necesario, entre otras actividades.

3.2.8.1. Tareas a ser realizadas para los tanques de almacenamiento de Combustibles

Plataforma metálica que soporta el cuerpo del tanque

- Inspeccionar visualmente que no exista algún tipo corrosión que pueda generar picaduras en la estructura metálica.
- Verificar que los cordones de suelda que unen la estructura metálica se encuentren en buen estado.
- Limpiar toda la estructura metálica, verificar que este nivelado y pintar de ser necesario.

(Naranjo, et al., 2018, pp. 128-149)

Cuerpo del tanque

- Observar el estado actual de la pared externa del tanque, si existen anomalías como abolladuras, hundimientos o deformaciones, reportar al encargado.
- Revisar y comprobar que no exista picaduras por causa de la corrosión y que la pintura este en buen estado.
- Inspeccionar y verificar que los cordones de suelda están en buenas condiciones de servicio.

Accesorios del cuerpo del tanque

- Verificar que las escaleras, pasamanos de acceso al tanque estén en buen estado (pintura, suelda, etc.).
- Revisar y comprobar que no exista ningún tipo de fallo mecánico en uniones soldadas como boquillas, manhole o placas de refuerzo que pudieran causar algún tipo de fuga del fluido contenido.
- Limpiar y pintar si es necesario los accesorios del tanque, dependiendo de su condición (Naranjo, et al., 2018, pp. 128-149)

3.2.8.2. Tareas a ser realizadas en los equipos de bombeo de Combustible

- Inspeccionar los pernos de anclaje de la base, revisar que estes ajustados y en buen estado.
- Revisar la condición actual del filtro de Combustible, no debe tener exceso de impurezas, cambiarlo de ser necesario.
- Verificar el estado técnico de la pistola de suministro, que este en buenas condiciones, así como las mangueras de Combustibles que no estén agrietadas, etc.
- Medir y verificar que los parámetros eléctricos del equipo de bombeo estén dentro de lo establecido.
- Revisar que los elementos mecánicos como paletas, empaques de sellado, estén en buenas condiciones de funcionamiento.
- Revisar que no exista fuga de Combustible en los elementos de sellado y accesorios.

(Tuthill, 2013, pp. 26-27)

3.2.8.3. Tareas a ser realizadas en el centro de carga o tablero eléctrico

Antes de realizar las actividades que se mencionan se recomienda desenergizar el tablero eléctrico por seguridad si es posible, si no es posible, utilizar las medidas de seguridad apropiadas:

- Limpiar el exterior e interior del tablero eléctrico, así como los dispositivos de maniobras, controles existentes en el mismo.
- Verificar que los contactos, terminales tanto del tablero como de los dispositivos eléctricos estén ajustados y en buen estado.
- Comprobar si los conductores eléctricos se encuentran en excelente condición, que no presenten fisuras, grietas, etc.
- Verificar que no exista filtración de líquidos, agua, Combustibles, otros, que pudieran ocasionar daños a los elementos internos.
- Medir los parámetros eléctricos del tablero, tensión, corriente, etc., tanto de entrada como de salida (Martínez Meneses, 2018, p. 20)

3.2.8.4. *Tareas a ser realizadas en las líneas de tuberías*

- Limpiar y pintar las tuberías, accesorios de transporte de Combustible, estas no deben presentar corrosión excesiva.
- Verificar que no existan fugas de Combustible en las juntas, accesorios de la tubería, si existen dar aviso y corregir
- Comprobar que las líneas de tubería no estén pandeadas o presenten presión excesiva en sus accesorios que pudieran causar deformaciones mecánicas (Naranjo, et al., 2018, p. 142)

3.2.8.5. *Tareas a ser realizadas en las válvulas*

- Verificar que los elementos mecánicos de las válvulas de operación y seguridad, estén en buenas condiciones técnicas.
- Revisar que los elementos de sellados como empaques estén en excelentes condiciones, de ser necesario reemplazar.
- Comprobar el buen funcionamiento de las válvulas, deben cerrar por completo y no permitir el paso del fluido, caso contrario reportar y tomar acciones.

3.2.8.6. *Tareas a ser realizadas en el cubeto anti derrame*

- Limpiar la vegetación, basura, etc., si existen en el cubeto anti derrame, pintar si fuera el caso.
- Verificar que la capa protectora del suelo, sea concreto o ripio si fuera el caso, se encuentre en buenas condiciones.

- Revisar que los drenajes de fluidos se encuentren limpios, no estén taponados, no presenten fugas, y que las válvulas operen de manera correcta.
- Comprobar que los muros de contención de concreto estén en buen estado, no presenten grietas, fisuras, etc. (Naranjo, et al., 2018, pp. 128-149)

3.2.8.7. Tareas a ser realizadas en las cubiertas metálicas

- Inspeccionar visualmente que los tubos de soporte de la cubierta no presenten corrosión en la base entre el cimiento y el tubo.
- Verificar que la estructura que soporta el techo de la cubierta no tenga elementos desoldados.
- Comprobar que bajo condiciones de lluvia no existan goteras en el techo de la cubierta metálica.
- Revisar que el recubrimiento de pintura de la caseta en general se encuentre en buenas condiciones, si es necesario limpiar y pintar.

3.2.9. Planificación de tareas

Durante el proceso de elaboración de un plan de mantenimiento preventivo hay aspectos fundamentales que son de mucha importancia y en algunos casos son los más complejos de determinar con precisión y son:

- Definir las tareas de mantenimiento para cada equipo de la planta industrial, estos equipos deben estar dentro del inventario.
- Determinar las frecuencias más óptimas para realizar estas tareas en los equipos.

3.2.9.1. Tipos de frecuencias para ejecución de tareas de mantenimiento preventivo

Existen dos tipos de frecuencias para ejecutar tareas de mantenimiento preventivo:

- **Frecuencias tipo calendario:** Estas pueden ser diarias, semanal, mensual, trimestral, semestral, anual.
- **Frecuencias en base al contexto operacional:** Se realizan en unidades de medida como kilómetros, horas, golpes, ciclos.

Con la información que se menciona anteriormente se estructura la siguiente tabla donde se indica la frecuencia y el código respectivo para cada una de ellas, el tipo de frecuencia que se utiliza es el de tipo calendario, ver tabla 40-3:

Tabla 40-3: Tipos de frecuencias y su código

Descripción de la frecuencia	Código para la frecuencia
Diarias	D
Semanal	S
Mensual	M
Trimestral	TM
Semestral	SM
Anual	A

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Una vez definidas los tipos de frecuencia y su respectivo código a ser usados, se elaboran las frecuencias de las actividades de mantenimiento de los equipos industriales que existen en el Área de Combustible.

3.2.9.2. Frecuencias para la ejecución de las tareas de mantenimiento en los tanques de almacenamiento de Combustibles

Las tareas de mantenimiento a ser aplicadas en los tanques de almacenamiento de Combustibles existentes en el Área de Combustible, están enfocadas a tres secciones o partes de los tanques, siendo la plataforma metálica que soporta al tanque, el cuerpo del tanque como tal y sus accesorios respectivos. Las tareas que se mencionan tienen el objetivo de prevenir fallos imprevistos a futuro, estas actividades deben ser ejecutadas por personal calificado teniendo en cuenta todas las medidas de seguridad para cada caso.

Las siguientes actividades de mantenimiento están consideradas para ser aplicables a los tres tanques de almacenamiento, TK01, TK03 y TK04, en la tabla 41-3 se indica el listado de actividades y la frecuencia de ejecución, ver tabla 41-3:

Tabla 41-3: Lista de actividades de mantenimiento en tanques de almacenamiento

Listado de actividades de mantenimiento		
Código del equipo:	SG-C-B-MTK01	
Descripción:	Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina	
Área:	Área de Combustible	
Plataforma metálica que soporta el cuerpo del tanque		
Ítem	Descripción de actividad	Frecuencia
1	Inspeccionar visualmente que no exista algún tipo corrosión que pueda generar picaduras en la estructura metálica.	TM
2	Verificar que los cordones de suelda que unen la estructura metálica se encuentren en buen estado.	A
3	Limpiar toda la estructura metálica, verificar que este nivelado y pintar de ser necesario.	A

Cuerpo del tanque		
4	Observar el estado actual de la pared externa del tanque, si existen anomalías como abolladuras, hundimientos o deformaciones, reportar al encargado.	S
5	Revisar y comprobar que no exista picaduras por causa de la corrosión y que la pintura este en buen estado.	S
6	Inspeccionar y verificar que los cordones de suelda están en buenas condiciones de servicio.	A
Accesorios del cuerpo del tanque		
7	Verificar que las escaleras, pasamanos de acceso al tanque estén en buen estado (pintura, suelda, etc.).	TM
8	Revisar y comprobar que no exista ningún tipo de fallo mecánico en uniones soldadas como boquillas, manhole o placas de refuerzo que pudieran causar algún tipo de fuga del fluido contenido.	S
9	Limpiar y pintar si es necesario los accesorios del tanque, dependiendo de su condición.	A

Fuente: (Naranjo, et al., 2018, pp. 128-149)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Las actividades mostradas en la tabla, comprenden el conjunto de tareas básicas que se deben realizar a los tanques de almacenamiento de Combustibles, TK01, TK03 y TK04, estas actividades deben ser llevadas a cabo por el técnico encargado de los equipos industriales del Área de Combustible.

Se consideran las mismas actividades debido a que el contexto operacional de los tanques de almacenamiento es muy similar, estos se encuentran en el mismo punto de ubicación y bajo condiciones de trabajo muy parecidas.

3.2.9.3. Frecuencias para la ejecución de las tareas de mantenimiento en los equipos de bombeo

Las frecuencias que se establecen para llevar a cabo las tareas de mantenimiento en los dos equipos de bombeo existentes, están consideradas bajo criterio técnico, siendo estas tareas las básicas para mantener los equipos en óptimas condiciones de operación.

En la tabla 42-3 se indican ciertas actividades de mantenimiento que se pueden aplicar los dos equipos de bombeo MBB05, MBB10 y son:

Tabla 42-3: Lista de actividades de mantenimiento en equipos de bombeo

Listado de actividades de mantenimiento		
Código del equipo:	MBB05	
Descripción:	Bomba 1 de paletas FILL-RITE 35GPM para diésel	
Área:	Área de Combustible	
Ítem	Descripción de actividad	Frecuencia
1	Inspeccionar los pernos de anclaje de la base, revisar que estes ajustados y en buen estado.	SM
2	Revisar la condición actual del filtro de Combustible, no debe tener exceso de impurezas, cambiarlo de ser necesario.	TM
3	Verificar el estado técnico de la pistola de suministro, que este en buenas condiciones, así como las mangueras de Combustibles que no estén agrietadas, etc.	S

4	Medir y verificar que los parámetros eléctricos del equipo de bombeo estén dentro de lo establecido.	SM
5	Revisar que los elementos mecánicos como paletas, empaques de sellado, estén en buenas condiciones de funcionamiento.	SM
6	Revisar que no exista fuga de Combustible en los elementos de sellado y accesorios.	S

Fuente: (Tuthill, 2013, pp. 26-27)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.9.4. Frecuencias para la ejecución de las tareas de mantenimiento en el tablero eléctrico

A continuación, se indican las actividades de mantenimiento que se deben realizar al tablero eléctrico del Área de Combustible, ver tabla 43-3:

Tabla 43-3: Lista de actividades de mantenimiento en el tablero eléctrico

Listado de actividades de mantenimiento		
Código del equipo	SG-C-B-ETE15	
Descripción:	Tablero eléctrico SD de 12E 110/220V (centro de carga)	
Área:	Área de Combustible	
Ítem	Descripción de actividad	Frecuencia
1	Limpiar el exterior e interior del tablero eléctrico, así como los dispositivos de maniobras y control existentes en el mismo.	SM
2	Verificar que los contactos, terminales tanto del tablero como de los dispositivos eléctricos estén ajustados y en buen estado.	SM
3	Comprobar si los conductores eléctricos se encuentran en excelente condición, que no presenten fisuras, grietas, etc.	SM
4	Verificar que no exista filtración de líquidos, agua, Combustibles, otros, que pudieran ocasionar daños a los elementos internos.	S
5	Medir los parámetros eléctricos del tablero, tensión, corriente, etc., tanto de entrada como de salida.	SM

Fuente: (Martínez Meneses, 2018, p. 20)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Las actividades indicadas en la tabla anterior deben ser realizadas por personal con conocimientos eléctricos, teniendo en cuenta todas las medidas de seguridad en lo referente a riesgos eléctricos.

Se recomienda desenergizar el tablero eléctrico para realizar las actividades, si no es posible, se deben usar los equipos de protección personal adecuados para el caso.

3.2.9.5. Frecuencias para la ejecución de las tareas de mantenimiento en las líneas de tubería de los tanques y equipos de bombeo

En la tabla 44-3 se muestran las actividades de mantenimiento que se deben realizar en las tuberías de todo el sistema de bombeo perteneciente al Área de Combustible:

Tabla 44-3: Lista de actividades de mantenimiento en líneas de tuberías

Listado de actividades de mantenimiento		
Código del equipo	SG-C-B-ITF20	
Descripción:	Líneas de tubería de los tanques y equipos de bombeo	
Área:	Área de Combustible	
Ítem	Descripción de actividad	Frecuencia
1	Limpiar y pintar las tuberías, accesorios de transporte de Combustible, estas no deben presentar corrosión excesiva.	SM
2	Verificar que no existan fugas de Combustible en las juntas, accesorios de la tubería, si existen dar aviso y corregir.	S
3	Comprobar que las líneas de tubería no estén pandeadas o presenten presión excesiva en sus accesorios que pudieran causar deformaciones mecánicas.	SM

Fuente: (Naranjo, et al., 2018, p. 142)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Se consideran todos los tramos de tuberías como un solo conjunto, de tal manera que se realicen las actividades de manera general a todo el sistema de bombeo.

3.2.9.6. Frecuencias para la ejecución de las tareas de mantenimiento en las válvulas de los equipos de bombeo y tanques

En la tabla 45-3 se muestran las actividades de mantenimiento que se deben realizar en las válvulas de todo el sistema de bombeo perteneciente al Área de Combustible:

Tabla 45-3: Lista de actividades de mantenimiento en válvulas

Listado de actividades de mantenimiento		
Código del equipo	SG-C-B-IVV25	
Descripción:	Válvulas del sistema de bombeo y tanques	
Área:	Área de Combustible	
Ítem	Descripción de actividad	Frecuencia
1	Verificar que los elementos mecánicos de las válvulas de operación y seguridad, estén en buenas condiciones técnicas.	TM
2	Revisar que los elementos de sellados como empaques estén en excelentes condiciones, de ser necesario reemplazar.	TM
3	Comprobar el buen funcionamiento de las válvulas, deben cerrar por completo y no permitir el paso del fluido, caso contrario reportar y tomar acciones.	TM

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.9.7. Frecuencias para la ejecución de las tareas de mantenimiento en el cubeto anti derrames

En la tabla 46-3 se muestran las actividades de mantenimiento que se deben realizar en el cubeto anti derrames del sistema de bombeo perteneciente al Área de Combustible:

Tabla 46-3: Lista de actividades de mantenimiento en el cubeto anti derrames

Listado de actividades de mantenimiento		
Código del equipo	SG-C-B-CCA30	
Descripción:	Cubeto anti derrames de hormigón	
Área:	Área de Combustible	
Ítem	Descripción de actividad	Frecuencia
1	Limpiar la vegetación, basura, etc., si existen en el cubeto anti derrame, pintar si fuera el caso.	S
2	Verificar que la capa protectora del suelo, sea concreto o ripio si fuera el caso, se encuentre en buenas condiciones.	TM
3	Revisar que los drenajes de fluidos se encuentren limpios, no estén taponados, no presenten fugas, y que las válvulas operen de manera correcta.	M
4	Comprobar que los muros de contención de concreto estén en buen estado, no presenten grietas, fisuras, etc.	M

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.9.8. Frecuencias para la ejecución de las tareas de mantenimiento en la cubierta metálica

En la tabla 47-3 se muestran las actividades de mantenimiento que se deben realizar en la cubierta metálica del sistema de bombeo perteneciente al Área de Combustible:

Tabla 47-3: Lista de actividades de mantenimiento en la cubierta metálica

Listado de actividades de mantenimiento		
Código del equipo	SG-C-B-CCM35	
Descripción:	Caseta de estructura metálica	
Área:	Área de Combustible	
Ítem	Descripción de actividad	Frecuencia
1	Inspeccionar visualmente que los tubos de soporte de la cubierta no presenten corrosión en la base entre el cimiento y el tubo.	A
2	Verificar que la estructura que soporta el techo de la cubierta no tenga elementos desoldados.	A
3	Comprobar que bajo condiciones de lluvia no existan goteras en el techo de la cubierta metálica	M
4	Revisar que el recubrimiento de pintura de la caseta en general se encuentre en buenas condiciones, si es necesario limpiar y pintar.	A

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Existen tres cubiertas metálicas, se las agrupa en un solo conjunto con el fin de realizar las actividades de mantenimiento de manera general, estas se encuentran cercanas la una de la otra.

3.2.10. Elaboración de rutinas (gamas) de mantenimiento

Para tener un plan de mantenimiento más eficiente es necesario agrupar las actividades de mantenimiento en un conjunto de tareas o gamas de mantenimiento llamado de forma técnica en función de las frecuencias, el propósito es realizar múltiples tareas a los diversos equipos industriales en determinados intervalos de tiempo.

Dicho esto, las tareas se agrupan acorde a las frecuencias establecidas previamente para las actividades de mantenimiento de cada equipo.

A continuación, se indican las gamas o rutinas de mantenimiento.

3.2.10.1. Tareas semanales

En la tabla 48-3 se indican las actividades de mantenimiento que se recomiendan realizar de manera semanal en los equipos existentes del Área de Combustible:

Tabla 48-3: Lista de actividades de mantenimiento semanales

Código de equipo	Descripción	Actividad	Frecuencia
SG-C-B-MTK01	Cuerpo del tanque Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina	Observar el estado actual de la pared externa del tanque, si existen anomalías como abolladuras, hundimientos o deformaciones, reportar al encargado.	S
SG-C-B-MTK03	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel	Revisar y comprobar que no exista picaduras por causa de la corrosión y que la pintura este en buen estado.	S
SG-C-B-MTK04	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel		
SG-C-B-MTK01	Accesorios Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina	Revisar y comprobar que no exista ningún tipo de fallo mecánico en uniones soldadas como boquillas, manhole o placas de refuerzo que pudieran causar algún tipo de fuga del fluido contenido.	S
SG-C-B-MTK03	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel		
SG-C-B-MTK04	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel		
SG-C-B-MBB05	Bomba 1 de paletas FILL-RITE 35GPM para diésel.	Verificar el estado técnico de la pistola de suministro, que este en buenas condiciones, así como las mangueras de Combustibles que no estén agrietadas, etc.	S
SG-C-B-MBB10	Bomba 2 de paletas FILL-RITE 35GPM para gasolina.	Revisar que no exista fuga de Combustible en los elementos de sellado y accesorios.	S
SG-C-B-ETE15	Tablero eléctrico SD de 12E 110/220V (centro de carga)	Verificar que no exista filtración de líquidos, agua, Combustibles, otros, que pudieran ocasionar daños a los elementos internos.	S
SG-C-B-ITF20	Líneas de tubería de los tanques y equipos de bombeo	Verificar que no existan fugas de Combustible en las juntas, accesorios de la tubería, si existen dar aviso y corregir.	S
SG-C-B-CCA30	Cubeto anti derrames de hormigón	Limpiar la vegetación, basura, etc., si existen en el cubeto anti derrame, pintar si fuera el caso.	S

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Las actividades en la tabla anterior, se las recomienda realizar de manera semanal, ya que están enfocadas a detectar posibles fugas del Combustible contenido en los tanques de almacenamiento y tuberías del sistema de bombeo.

3.2.10.2. Tareas mensuales

Tabla 49-3: Lista de actividades de mantenimiento mensuales

Código de equipo	Descripción	Actividad	Frecuencia
SG-C-B-CCA30	Cubeto anti derrames de hormigón	Revisar que los drenajes de fluidos se encuentren limpios, no estén taponados, no presenten fugas, y que las válvulas operen de manera correcta.	M
		Comprobar que los muros de contención de concreto estén en buen estado, no presenten grietas, fisuras, etc.	M
SG-C-B-CCM35	Caseta de estructura metálica	Comprobar que bajo condiciones de lluvia no existan goteras en el techo de la cubierta metálica	M

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.10.3. Tareas trimestrales

A continuación, en la tabla 50-3 se muestran las tareas de mantenimiento que pueden ser realizadas cada tres meses:

Tabla 50-3: Lista de actividades de mantenimiento trimestrales

Código de equipo	Descripción	Actividad	Frecuencia
SG-C-B-MTK01	Plataforma Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina	Inspeccionar visualmente que no exista algún tipo corrosión que pueda generar picaduras en la estructura metálica.	TM
SG-C-B-MTK03			
SG-C-B-MTK04			
SG-C-B-MTK01	Accesorios Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel	Verificar que las escaleras, pasamanos de acceso al tanque estén en buen estado (pintura, suelda, etc.).	TM
SG-C-B-MTK03			
SG-C-B-MTK04			
SG-C-B-MBB05	Bomba 1 de paletas FILL-RITE 35GPM para diésel. Bomba 2 de paletas FILL-RITE 35GPM para gasolina.	Revisar la condición actual del filtro de Combustible, no debe tener exceso de impurezas, cambiarlo de ser necesario.	TM
SG-C-B-MBB10			
SG-C-B-IVV25	Válvulas del sistema de bombeo y tanques	Verificar que los elementos mecánicos de las válvulas de operación y seguridad, estén en buenas condiciones técnicas.	TM
		Revisar que los elementos de sellados como empaques estén en excelentes condiciones, de ser necesario reemplazar.	TM
		Comprobar el buen funcionamiento de las válvulas, deben cerrar por completo y no permitir el paso del fluido, caso contrario reportar y tomar acciones.	TM
SG-C-B-CCA30	Cubeto anti derrames de hormigón	Verificar que la capa protectora del suelo, sea concreto o ripio si fuera el caso, se encuentre en buenas condiciones.	TM

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.10.4. *Tareas semestrales*

En la tabla 51-3 se indican las actividades a ser realizadas de manera semestral:

Tabla 51-3: Lista de actividades de mantenimiento semestrales

Código de equipo	Descripción	Actividad	Frecuencia
SG-C-B-MBB05	Bomba 1 de paletas FILL-RITE 35GPM para diésel.	Inspeccionar los pernos de anclaje de la base, revisar que estes ajustados y en buen estado.	SM
SG-C-B-MBB10	Bomba 2 de paletas FILL-RITE 35GPM para gasolina.	Revisar la condición actual del filtro de Combustible, no debe tener exceso de impurezas, cambiarlo de ser necesario.	SM
		Verificar el estado técnico de la pistola de suministro, que este en buenas condiciones, así como las mangueras de Combustibles que no estén agrietadas, etc.	SM
SG-C-B-ETE15	Tablero eléctrico SD de 12E 110/220V (centro de carga)	Limpiar el exterior e interior del tablero eléctrico, así como los dispositivos de maniobras y control existentes en el mismo.	SM
		Verificar que los contactos, terminales tanto del tablero como de los dispositivos eléctricos estén ajustados y en buen estado.	SM
		Comprobar si los conductores eléctricos se encuentran en excelente condición, que no presenten fisuras, grietas, etc.	SM
		Verificar que no exista filtración de líquidos, agua, Combustibles, otros, que pudieran ocasionar daños a los elementos internos.	SM
SG-C-B-ITF20	Líneas de tubería de los tanques y equipos de bombeo	Limpiar y pintar las tuberías, accesorios de transporte de Combustible, estas no deben presentar corrosión excesiva.	SM
		Verificar que no existan fugas de Combustible en las juntas, accesorios de la tubería, si existen dar aviso y corregir.	SM

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.10.5. Tareas anuales

Tabla 52-3: Lista de actividades de mantenimiento anuales

Código de equipo	Descripción	Actividad	Frecuencia
SG-C-B-MTK01	Plataforma Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina	Verificar que los cordones de suelda que unen la estructura metálica se encuentren en buen estado.	A
SG-C-B-MTK03	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel	Limpiar toda la estructura metálica, verificar que este nivelado y pintar de ser necesario.	A
SG-C-B-MTK04	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel		
SG-C-B-MTK01	Cuerpo del tanque Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina	Inspeccionar y verificar que los cordones de suelda están en buenas condiciones de servicio.	A
SG-C-B-MTK03	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel		
SG-C-B-MTK04	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel		
SG-C-B-MTK01	Accesorios del cuerpo del tanque Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina	Limpiar y pintar si es necesario los accesorios del tanque, dependiendo de su condición.	A
SG-C-B-MTK03	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel		
SG-C-B-MTK04	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel		
SG-C-B-CCM35	Caseta de estructura metálica	Inspeccionar visualmente que los tubos de soporte de la cubierta no presenten corrosión en la base entre el cimiento y el tubo.	A
		Verificar que la estructura que soporta el techo de la cubierta no tenga elementos desoldados.	A
		Comprobar que bajo condiciones de lluvia no existan goteras en el techo de la cubierta metálica.	A

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.11. Definición de documentos de mantenimiento

Para llevar a cabo un control y seguimiento sobre lo que se hace y no se hace en los equipos, hablando de las actividades de mantenimiento, es necesario tener una serie de documentos necesarios para realizar la gestión de mantenimiento, para ello se indican a continuación una serie de formatos modelos de mantenimiento que se recomiendan utilizar.

3.2.11.1. Modelo de inventario de equipos

En la tabla 53-3 se muestra un formato de ficha de inventario de equipos:

Tabla 53-3: Formato de inventario de equipos mantenibles

	GADMJS - ÁREA DE COMBUSTIBLE						
	INVENTARIO DE EQUIPOS, MÁQUINAS E INSTRUMENTOS						
ÁREA				ENCARGADO INVENTARIO			
CÓDIGO DE ÁREA				CÉDULA			
EQUIPOS MANTENIBLES							
NOMBRE EQUIPO	DETALLE TÉCNICO	PLACA	CANT.	FECHA DE ADQ.	COSTO	VIDA ÚTIL	MODELO
ELABORADO POR:				APROBADO POR:			
				CARGO:			

Fuente: (MOLINA, et al., 2019, p. 15)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

No se debe confundir la ficha de inventario con la ficha técnica de un equipo, en la ficha técnica de un equipo lleva en su estructura información más detallada e incluido algunas fichas llevan un anexo fotográfico del equipo que se menciona.

3.2.11.2. Modelo de ficha técnica de equipos

En la tabla 54-3 se ilustra el formato modelo de una ficha técnica de equipos:

Tabla 54-3: Ficha técnica de equipos

	FICHA TÉCNICA GADMJS			
	CÓDIGO:	EQUIPO:	PROVEEDOR:	
DESCRIPCIÓN:		VALOR DE ADQUISICIÓN:		
FECHA DE ADQUISICIÓN:		ÁREA:		
DIRECCIÓN/UBICACIÓN:		RESPONSABLE:		
VIDA ÚTIL:		TELÉFONO:		
FOTOGRAFÍA				
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:				
ÚLTIMA FECHA DE ACTUALIZACIÓN:		REALIZADO POR:		
FECHA DE INVENTARIO:		REVISADO POR:		
INFORMACIÓN ADICIONAL:		FIRMADO POR:		

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.11.3. *Modelo de bitácora de fallos*

Tabla 55-3: Bitácora de registro de fallos

	GADMJS - ÁREA DE COMBUSTIBLE					
	REGISTRO DE FALLAS					
ÁREA:			NÚMERO DE REGISTRO:			
CÓDIGO DE ÁREA:			FORMATO:			
FECHA	EQUIPO	CÓDIGO	CAUSA	TIPO DE FALLO	HORA DE FALLO	
REALIZADO POR:			APROBADO POR:			

Fuente: (MOLINA, et al., 2019, p. 20)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.11.4. *Modelo de bitácora de mantenimiento*

Tabla 56-3: Formato de mantenimiento

	GADMJS - ÁREA DE COMBUSTIBLE					
	REGISTRO DE MANTENIMIENTO					
ÁREA:			NÚMERO DE REGISTRO.			
CÓDIGO DE ÁREA:			FECHA:			
EQUIPO	CÓD.	TIPO DE MTTO	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN DEL MTTO	FECHA INICIO DE MTTO	FECHA DE FINALIZACIÓN DE MTTO
REALIZADO POR:				APROBADO POR:		

Fuente: (MOLINA, et al., 2019, p. 20)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.2.11.5. *Modelo de solicitud de mantenimiento*

A continuación, en la tabla 57-3 se ilustra un formato modelo para hacer la solicitud para realizar un trabajo de mantenimiento para un equipo determinado:

Tabla 57-3: Formato para solicitud de trabajo de mantenimiento

	GADMJS - ÁREA DE COMBUSTIBLE		
	SOLICITUD DE MANTENIMIENTO		
ÁREA:		NÚMERO DE REGISTRO:	
CÓDIGO DE ÁREA:		FECHA:	
EQUIPO:		CÓDIGO EQUIPO:	
TRABAJO A SER REALIZADOS			
REALIZADO POR:		APROBADO POR:	

Realizado por: Ceballos, John, 2022

En el formato mostrado se puede detallar las actividades que se requieren realizar a un equipo determinado.

3.2.11.6. *Modelo de orden de trabajo*

En la tabla 58-3 se indica el modelo de orden trabajo que se recomienda emplear para las actividades de mantenimiento en el Área de Combustible:

Tabla 58-3: Modelo de orden de trabajo

	GADMJS - ÁREA DE COMBUSTIBLE		
	ORDEN DE TRABAJO		
ÁREA:		NÚMERO DE OT:	
CÓDIGO DE EQUIPO:		MARCA EQUIPO:	
NOMBRE DE EQUIPO:		UBICACIÓN:	
PRIORIDAD DEL TRABAJO:	URGENCIA <input type="checkbox"/>	¿SE INTERRUMPE EL EQUIPO?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
	EMERGENCIA <input type="checkbox"/>		TIPO DE MANTENIMIENTO:
	PROGRAMADO <input type="checkbox"/>	ENCARGADO DEL ÁREA:	
TURNO:	MAÑANA <input type="checkbox"/> TARI <input type="checkbox"/>	HORA DE INICIO	
PERSONAL:	INTERNO <input type="checkbox"/> EXTERNO <input type="checkbox"/>	HORA DE TÉRMINO:	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO			

MANO DE OBRA		REPUESTOS, MATERIALES E INSUMOS		
TÉCNICO ENCARGADO	DURACIÓN DE ACTIVIDAD	DETALLE	CANTIDAD	COSTO
OBSERVACIONES				
REQUERIDO POR:		FECHA SOLICITUD:		
APROBADO POR:		FECHA DE APROBACIÓN:		

Fuente: (MOLINA, et al., 2019, p. 20)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Este modelo de orden de trabajo está sujeto a cambios en la estructura, depende de las necesidades del personal de mantenimiento, se pueden añadir o quitar campos de información, se debe tener en cuenta que la orden de trabajo es el corazón para una buena gestión de mantenimiento.

3.2.12. Definición de indicadores de mantenimiento

3.2.12.1. Fiabilidad de los equipos

Cuando se habla de fiabilidad se dice que es la capacidad de que un activo desempeñe las funciones para lo que fue diseñado y adquirido, durante un intervalo de tiempo especificado y bajo condiciones de operación dadas por el usuario.

3.2.12.2. Indicadores de fiabilidad de mantenimiento

Tiempo promedio entre fallas (TPEF)

Una maquina es fiable cuando no tiene eventos de fallos de manera consecutiva o a intervalos demasiados cortos de tiempo, para evaluar si una maquina es fiable se toma en cuenta la tasa de fallos, para esto se hace uso del tiempo promedio entre fallas (TPEF).

Este indicador evalúa el tiempo promedio que un equipo es capaz de operar de manera continua, sin sufrir algún tipo de interrupción dentro de un periodo de tiempo establecido.

En la ecuación (6) se indica como calcular el tiempo promedio entre fallas:

$$TPEF = \frac{HROP}{\Sigma NTFALLAS} \quad (6)$$

Donde:

- TPEF=Tiempo promedio entre fallas.
- HROP=Horas de operación.
- Σ NTFALLAS=Número total de fallas detectadas.

(Buelvas Díaz, 2014, pp. 27-29)

Tiempo promedio para reparar (TPPR)

Este indicador está ligado con la mantenibilidad de un equipo, en donde, se dice que un equipo es mantenible cuando al entrar en un estado de fallo, este puede ser reparado en un tiempo determinado para que pueda seguir cumpliendo su función.

Siendo así, este indicador mide el tiempo promedio para reparar un equipo que ha entrado en estado de fallo, ver ecuación (7):

$$TPPR = \frac{TTF}{\Sigma NTFALLAS} \quad (7)$$

Donde:

- TPPR=Tiempo promedio para reparar.
- TTF=Tiempo total de fallas.
- Σ NTFALLAS=Número total de fallas detectadas.

3.2.12.3. Indicadores secundarios

Indicadores de accidentabilidad

Este indicador mide el número de accidentes en función de las horas de operación o funcionamiento de una planta industrial, Área o equipo, ver ecuación (8):

$$INDICADOR DE ACCIDENTES = \frac{NÚMERO DE ACCIDENTES}{HORAS TRABAJADAS(DÍAS)} \times 100 \quad (8)$$

Indicador de mano de obra externa

La ecuación (9) muestra los gastos por contratación de mano obra de externa o tercerización para realizar ciertas actividades y la mano de obra por permanente, ver ecuación:

$$CMOE = \frac{(TOTALIDAD) CMOC}{(TOTALIDAD)(CMOC+CMOP)} \quad (9)$$

Donde:

- CMOE=Costo de mano de obra externa.
- CMOC=Costo de mano de obra contratada.
- CMOP=Costo de mano de obra permanente.

(Buelvas Díaz, 2014, pp. 27-29)

Este indicador puede ser empleado a futuro por los técnicos de mantenimiento encargados de llevar a cabo la gestión de mantenimiento, con este indicador se puede comparar que tanto se gasta en contratación de mano de obra externa y el uso de la mano de obra interna que posee el GADMJS.

Indicador de costos de mantenimientos preventivos por mantenimientos totales

Este indicador mide el grado de uso de técnicas preventivas frente a las correctivas, ver ecuación (10):

$$CPMT = \frac{CMP}{CTM} \quad (10)$$

Donde:

- CPMT=Costos de mantenimiento preventivo por mantenimiento totales.
- CMP=Costo de mantenimiento preventivo.
- CTM=Costo total de mantenimiento (Correctivo + Preventivo).

Indicador de costos de mantenimientos correctivos por mantenimientos totales

Este indicador mide el grado de uso mantenimiento correctivo frente a las técnicas de mantenimiento preventivo, ver ecuación (11):

$$CCMT = \frac{CMC}{CTM} \quad (11)$$

Donde:

- CCMT=Costos de mantenimiento correctivo por mantenimiento totales.
- CMC=Costo de mantenimiento correctivo.
- CTM=Costo total de mantenimiento (Correctivo + Preventivo).

(Buelvas Díaz, 2014, pp. 27-29)

3.3. Medición de espesores por ultrasonido

3.3.1. Medidor de espesores por ultrasonido HUATEG TG3000

El instrumento de medición HUATEG TG3000 es un equipo especializado para medir y realizar cálculos de manera eficiente en los diferentes materiales que existen en la industria como metales, plásticos, cerámica, entre otros. Está compuesto por una estructura liviana, ergonómica y de alta duración, permitiendo así su fácil uso y traslado, en muchos casos se lo utiliza con una sola mano. Este instrumento de mediciones es muy práctico a la hora de realizar medidas de espesores en metales, debido a su fácil manipulación (BLUE METRIC QUALITY & SERVICE, 2021, p. s.n.)

3.3.1.1. Partes principales del equipo HUATEG TG3000

En la figura 3-3 se indican las partes principales del equipo:

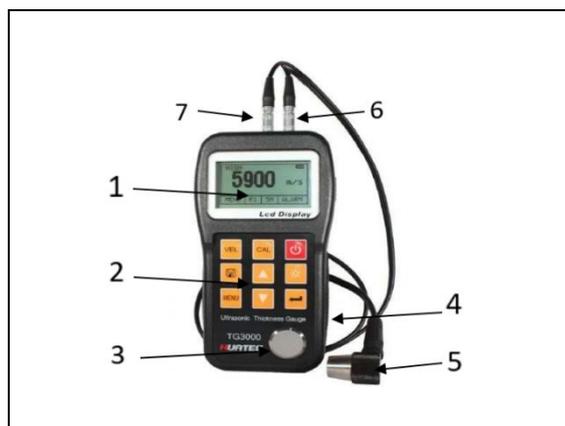


Ilustración 4-3: Medidor de espesores HUATEG TG3000

Fuente: (VALIOMETRO, 2021, p. 1)

En donde:

1. Pantalla LCD.
2. Conjunto de teclado.
3. Bloque de calibración.
4. Guarda batería.
5. Transductor o palpador.
6. Conector de emisión.
7. Conector de recepción. (Guaylla, 2019, p. 10)

3.3.1.2. Especificaciones técnicas

Al momento de realizar las mediciones de espesores por ultrasonido, es importante tener en cuentas las características del equipo que se emplea, datos técnicos como el rango de medición, velocidades del sonido que este maneja y su frecuencia, resolución y exactitud, entre otros.

En la tabla 59-3 se muestra las características más importantes del equipo:

Tabla 59-3: Especificaciones del equipo HUATEG TG3000

Pantalla	LCD de 4,5 dígitos con luz de fondo.
Rango de Medición (mm)	0.75-300 mm en acero.
Rango de Velocidad del Sonido	1000-9999 m/s
Resolución	0.1 mm
Exactitud	± (0,5% Espesor 0,04) mm, depende de los materiales y las condiciones
Unidades	Métrico / Imperial, unidades seleccionables por el usuario.
Lecturas	4 lecturas por segundo para la medición de un solo punto, y diez por segundo para el modo de escaneo.
Memorias	5 grupos, 100 lecturas por cada grupo.
Fuente de poder	2 baterías alcalinas "AA" de 1.5 volts. 100 horas de tiempo de operación típica (con luz de fondo apagada).
Dimensiones	150 × 74 × 32 mm.
Peso	254 g.

Fuente: (VALIOMETRO, 2021, p. 1)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.3.1.3. Calibración y modo de operación del equipo

Para la correcta calibración y operación del equipo se debe realizar como se indica en el manual del equipo, el cual menciona lo siguiente (Guaylla, 2019, p. 12):

- Para encender el equipo, mantenga el botón de encendido pulsado durante unos segundos hasta que se encienda la pantalla LCD.
- Luego de 5 segundos se ingresa el estado de medición de espesor el cual inicia desde 0,00 mm.

- Para seleccionar la velocidad del sonido se presiona el botón VEL/DEL dos veces para ingresar al modo de selección de velocidad, la pantalla mostrará el indicador VEL parpadeando; se debe presionar el botón hacia abajo para seleccionar la velocidad del sonido almacenada previamente y luego se presiona el botón ENTER/CALL para confirmar.
- Para ajustar la velocidad del sonido se debe presionar el botón VEL/DE LA una vez, para ingresar al modo de ajuste de velocidad del sonido, el número de la unidad de almacenamiento de la velocidad del sonido parpadeará y se ajustará el valor de la velocidad del sonido con los botones hacia arriba o abajo para ajustarlos al valor deseado.
- Se debe presionar el botón TED nuevamente para confirmar el número de la unidad de almacenamiento de la velocidad del sonido y al hacer esto dejará de parpadear. Este valor de velocidad de sonido se almacenará automáticamente en la unidad de almacenamiento de velocidad de sonido actual.
- Para la calibración automática, en el estado de encendido se deberá mantener presionado el botón ENTER/ CALL durante 3 segundos, luego la pantalla LCD mostrará la palabra CAL y en el Área de visualización de espesores aparecerá 4.00 mm y el Área de velocidad de sonido mostrará 5900 m/s el cual es el valor de la velocidad del sonido calibrado con el bloque de acero estándar de 4.00 mm que viene incorporado en el equipo, la palabra CALL desaparecerá y la calibración se completará.
- Como último paso se debe presionar la tecla de hacia arriba o abajo para ingresar el estado de medición (Guaylla, 2019, p. 13)

3.3.1.4. Velocidad del sonido

La velocidad del sonido varía en función del tipo de material y medio de propagación, los materiales pueden estar en estado sólido, líquido o gaseoso. En la tabla 60-3 se establecen los valores de la velocidad del sonido en materiales más comunes como se muestran a continuación:

Tabla 60-3: Velocidad del sonido en materiales

Nombre del material	Velocidad del sonido (m/s)
Aluminio	6320
Zinc	4170
Plata	3600
Oro	3240
Estaño	3320
Acero	5900
Latón	4430
Cobre	4700
Resina acrílica	2730
Glicerina	1920

Fuente: (Guaylla, 2019, p. 14)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Para caso de estudio la frecuencia de la velocidad del sonido que se emplea es de 5900 m/s, con esto se indica que los tanques son fabricados en aceros al carbono.

3.3.2. Lista de equipos a ser medidos

A continuación, se detallan los equipos que son evaluados mediante la medición de espesores por ultrasonido, en donde se indica el código designado y su descripción. Ver tabla 61-3:

Tabla 61-3: Lista de equipos a ser medidos

Ítem	Código	Descripción del equipo
1	SG-C-B-MTK01	Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina
2	SG-C-B-MTK03	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel
3	SG-C-B-MTK04	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.3.3. Información técnica de los tanques TK01, TK03 y TK04

Una vez seleccionados los equipos a ser evaluados, se presenta la siguiente tabla que contiene toda la información técnica más relevante de los tres tanques, ver tabla 62-3:

Tabla 62-3: Información técnica de los tanques

Código	Denominación	Año de adquisición	Material construcción	Dimensiones					
				Lado menor (m)	Lado mayor (m)	Longitud del cuerpo (m)	Tipo de casquete	Espesor de casquete (mm)	Espesor cuerpo cilíndrico (mm)
SG-C-B-MTK01	Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina	2009	Acero	1.510	2.810	6	Plano	6.500	4.00
SG-C-B-MTK03	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel	2008	Acero	1.662	2.510	7.382	Plano	4.00	4.00
SG-C-B-MTK04	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel	2018/	Acero	s.n.	3.258	10.770	Elipsoidal	6.00	6.00

Realizado por: Ceballos, John, 2022

En la tabla ilustrada, se indica de manera sintetizada los datos técnicos que son necesarios para llevar a cabo el proceso de análisis de datos una vez que se haya realizado la toma de lecturas mediante el equipo de ultrasonido.

Se toma en cuenta información relevante como el año en que fue fabricado o adquirido el tanque, longitud del cuerpo, espesor del cuerpo, espesor del casquete, altura de casquete, entre otros datos.

De los tanques antes mencionados hay que indicar que solo el tanque TK04 tiene una forma circular en el diseño del cuerpo y sus casquetes son elipsoidales, los dos tanques restantes, TK01 y TK03 son similares, contando con casquetes planos y una forma elíptica en su diseño del cuerpo.

3.3.4. Trazado geométrico de las zonas a ser medidas en los tanques

Antes de proceder a realizar las mediciones es importante definir las zonas y puntos a ser medidos, así mismo se definen cuantos y donde se encuentran localizados dichos puntos en los tanques, esto se lo hace mediante un trazado geométrico.

Para una mejor presentación de este apartado se hizo uso del software de dibujo asistido SolidWorks para obtener gráficos de buena calidad.

3.3.4.1. Trazado geométrico TK01-Gasolina 4500 galones

Para el trazado geométrico del tanque TK01 se procede a dividir los casquetes tanto frontal como posterior en 8 secciones enumeradas desde la sección “A” hasta la “H”.

Se tiene también un trazado horizontal en el cuerpo del tanque que permite seccionarlo en 20 anillos enumerados desde la letra “A” hasta el anillo “T” respectivamente.

A continuación, se ilustra mediante gráficos lo antes mencionado, también se incluye otro tipo de información adicional a la antes descrita como las medidas del manhole del tanque TK01 y las dimensiones del cuerpo cilíndrico del equipo en mención, ver tabla 63-3 en la página siguiente para mejor comprensión:

Tabla 63-3: Trazado geométrico del tanque TK01

CÓDIGO:	SG-C-B-MTK01		
DESCRIPCIÓN:	Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina		
<p>The diagram illustrates the geometric layout of a cylindrical tank. It includes a 3D perspective view with labels for 'Manhole', 'Casquete Frontal', 'Casquete Trasero', 'Anillo A', and 'Anillo T'. Below are four 2D views: 'Vista Frontal' (an oval), 'Vista Lateral Derecha' (a rectangle with 20 vertical lines representing rings, labeled A through T, with a height of 1.51m and a ring spacing of 0.285m), 'Vista Superior' (a rectangle with a width of 2.81m and a height of 6m, showing a manhole with a diameter of 0.50m and a distance of 1.405m from the center to the right edge), and two circular sections: 'CASQUETE FRONTAL' (with 8 sections labeled A-H and 5 measurement points) and 'ANILLO "A"' (with 8 sections labeled A1-A8 and 5 measurement points). A note at the bottom right of the circular sections states 'SE HICIERON 5 MEDICIONES POR CADA VERTICE'.</p>			
Anillos			
Anillos a ser medidos:	20	Número de mediciones tomadas por punto:	5
Longitud del cuerpo cilíndrico:	6 m	Distancia mínima entre puntos:	Diámetro de 10cm como mínimo
Distancia entre anillos:	0.285 m	Puntos medidos por anillo:	40
Número de puntos por anillo:	8	Puntos medidos en el cuerpo del tanque:	800
Casquetes			
Secciones a ser medidas por casquete:	8	Distancia mínima entre puntos:	Diámetro de 10cm como mínimo
Numero de casquetes:	2	Puntos tomados por sección:	5x5 = 25
Número de puntos por sección:	5	Puntos tomados por casquete:	25x8 = 200
Mediciones por cada punto:	5	Total, puntos medidos en los casquetes:	200x2 = 400
Número total de puntos a ser medidos en todo el tanque:			1200

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.3.4.2. Trazado geométrico TK03-Diésel 6000 galones

Tabla 64-3: Trazado geométrico del tanque TK03

Código:	SG-C-B-MTK03		
Descripción:	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel		
Anillos			
Anillos a ser medidos:	20	Número de mediciones tomadas por punto:	5
Longitud del cuerpo cilíndrico:	7.382 m	Distancia mínima entre puntos:	Diámetro de 10cm como mínimo
Distancia entre anillos:	0.351 m	Puntos medidos por anillo:	40
Número de puntos por anillo:	8	Puntos medidos en el cuerpo del tanque:	800
Casquetes			
Secciones a ser medidas por casquete:	8	Distancia mínima entre puntos:	Diámetro de 10cm como mínimo
Numero de casquetes:	2	Puntos tomados por sección:	5x5 = 25
Número de puntos por sección:	5	Puntos tomados por casquete:	25x8 = 200
Mediciones por cada punto:	5	Total, puntos medidos en los casquetes:	200x2 = 400
Número total de puntos a ser medidos en todo el tanque:			1200

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.3.4.3. Trazado geométrico TK04-Diésel 500 barriles

Tabla 65-3: Información técnica de los tanques

Trazado geométrico del tanque cilíndrico			
Código:	SG-C-B-MTK04		
Descripción:	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel		
<p>CASQUETE FRONTAL</p> <p>SECCIONES A SER MEDIDAS</p>		<p>ANILLO "A"</p> <p>VERTICES A SER MEDIDOS</p> <p>SE HICIERON 5 MEDICIONES POR CADA VÉRTICE</p>	
Anillos			
Anillos a ser medidos:	20	Número de mediciones tomadas por punto:	5
Longitud del cuerpo cilíndrico:	10.770 m	Distancia mínima entre puntos:	Diámetro de 10cm como mínimo
Distancia entre anillos:	0.512 m	Puntos medidos por anillo:	40
Número de puntos por anillo:	8	Puntos medidos en el cuerpo del tanque:	800
Casquetes			
Secciones a ser medidas por casquete:	8	Distancia mínima entre puntos:	Diámetro de 10cm como mínimo
Numero de casquetes:	2	Puntos tomados por sección:	5x5 = 25
Número de puntos por sección:	5	Puntos tomados por casquete:	25x8 = 200
Mediciones por cada punto:	5	Total, puntos medidos en los casquetes:	200x2 = 400
Número total de puntos a ser medidos en todo el tanque:			1200

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.3.4.4. Procedimiento para realizar el trazado geométrico

Casquetes:

- Se empieza realizando el trazado de los puntos a ser medidos en los casquetes, para lo cual se divide al casquete frontal en cuatro partes iguales, trazando los ejes “X” y “Y”, de tal forma que se obtienen 4 cuadrantes. Cada cuadrante tiene un ángulo de 90° (líneas de color rojo), tal como se indica en la imagen denominada CASQUETE FRONTAL, contenida en la tabla anterior.
- Luego se procede a dividir cada cuadrante en 2 partes iguales, dando como resultado las 8 secciones A, B, C, D, E, F G, H. Cada sección tiene un ángulo de trazado de 30° a partir de los ejes horizontales y verticales en cada cuadrante respectivamente.
- Una vez definidos los ejes, cuadrantes y secciones, el siguiente paso es dividir la distancia de cada sección en 5 partes iguales, obteniendo 5 puntos equidistantes entre ellos, para esto se mide la longitud de la sección y se la divide para 6 espacios, con ello se obtiene 5 puntos , dichos puntos son denominados en cada sección con el mismo nombre de la sección y un número, por ejemplo la sección A tiene los puntos A1, A2, A3, A4, A5; la sección B tiene los puntos B1, B2, B3, B4, B5, y así sucesivamente para el resto de secciones.
- Para culminar con el casquete frontal, por cada punto antes indicado se realizan 5 tomas de mediciones de forma aleatoria, teniendo en cuenta que dichas mediciones deben estar dentro del rango de una circunferencia imaginaria de 10cm de diámetro como mínimo, estas mediciones son realizadas de manera aleatoria con el fin de cubrir la mayor cantidad de zonas en el casquete frontal, este proceso se realiza de igual forma en el casquete posterior del tanque, teniendo 200 mediciones por casquete y un total de 400 puntos medidos en los dos casquetes por cada tanque.

Anillos:

- Una vez definidos los puntos a ser medidos en los casquetes, frontal y posterior, se procede a realizar el trazado geométrico de los anillos A, B, C, etc., hasta el anillo T, para ello se divide la longitud de cada tanque en 21 partes iguales, $L/21$, con el fin de obtener anillos con la misma distancia de separación entre ellos.
- Para determinar los vértices de cada anillo simplemente se proyectan las líneas de trazado del casquete frontal y el casquete posterior con la ayuda de mangueras de niveles, piolas, reglas largas, cintas métricas.

- Cada anillo tiene 8 puntos de mediciones, por ejemplo para el anillo A, tiene 8 vértices denominados A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7; A8; de igual manera para cada uno de los anillos restantes, en cada vértice se toman 5 medidas aleatorias tal como se hacen en los casquetes, teniendo como resultado 40 mediciones por cada anillo y 800 mediciones por todos los anillos, de esta manera se suman los 400 puntos de los dos casquetes y los 800 puntos del cuerpo del tanque, dando como resultado final 1200 mediciones que son tomadas por cada tanque.

Este proceso se realiza para cada tanque, tanto cilíndrico como elipsoidal, teniendo un total de 3600 puntos a ser medidos por todos los tanques del Área de Combustible.

3.3.5. *Lista de equipos, herramientas, insumos y materiales empleados para el trazado geométrico de los tanques*

En la tabla 66-3 se indica los costos empleados durante el desarrollo de este trabajo:

Tabla 66-3: Costos de recursos necesarios para realizar las mediciones

COSTOS ESTIMADOS				
EQUIPO DE MEDICIÓN	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	1	Medidor de espesores HUATEG TG300	\$ 350,00	\$ 350,00
EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	2	Cascos de protección contra impactos Tipo I, Clase G (2200V)	\$ 5,00	\$ 10,00
	2	Arnés de seguridad marca Deltaplus 3 Puntos de anclaje	\$ 120,00	\$ 240,00
	2	Absorbedor de impactos	\$ 75,00	\$ 150,00
	2	Pares de guantes de operador	\$ 2,00	\$ 4,00
	2	Gafas transparentes	\$ 1,50	\$ 3,00
	2	Pares de auditivos	\$ 1,50	\$ 3,00
	2	Mascarillas KN95	\$ 1,50	\$ 3,00
	HERRAMIENTAS	2	Escaleras tipo tijera dieléctricas 7 pisos	\$ 178,75
1		Escalera multifunción de aluminio	\$ 148,75	\$ 148,75
MATERIAL ESENCIALES	2	Imanes medianos	\$ 1,00	\$ 1,00

	1	Rollo de piola de algodón	\$ 0,80	\$ 0,80
	10	Metros de cabo	\$ 0,25	\$ 2,50
	4	Guaipes	\$ 0,80	\$ 3,20
	1	Galón de agua	\$ 1,00	\$ 1,00
	1	Tarrina porta herramientas	\$ 2,00	\$ 2,00
	1	Graduador de 360°	\$ 1,75	\$ 1,75
	4	Marcadores tiza líquida color azul y rojo	\$ 1,25	\$ 5,00
	2	Tizas industriales	\$ 0,25	\$ 0,50
	2	Esferos punta fina color azul	\$ 0,35	\$ 0,70
	1	Libreta de apuntes	\$ 1,50	\$ 1,50
	1	Cinta masking	\$ 1,25	\$ 1,25
	2	Cinta 3M color negro (Taípe)	\$ 1,50	\$ 3,00
	2	Canaleta plástica de pvc x 2metros	\$ 1,75	\$ 3,50
PERSONAL	1	Técnico en medición de espesores por ultrasonido	\$ 450,00	\$ 450,00
COSTO TOTAL EN USD				\$ 1.746,95

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Los costos del equipo de medición, equipos de protección personal, herramientas, materiales e insumos, costos de mano de obra de personal, se consideran para llevar a cabo la actividad de medición de espesores por ultrasonido en los tanques de Combustibles una sola vez.

Estos costos son estimaciones del presupuesto mínimo que una persona debe tener para llevar a cabo esta actividad, suponiendo que tiene que adquirir cada uno de los elementos de la tabla indicada, para caso de estudio se cuentan con ciertas herramientas, equipos de protección personal, por tanto, no son necesarios adquirirlos en el mercado, algunos equipos de seguridad son facilitados por el jefe de Seguridad del GADMJS. En el capítulo IV se hace una comparativa de los costos que se emplean para llevar a cabo la medición de espesores por ultrasonido por la persona encargada de llevar a cabo este estudio y se los compara con los costos que el GADMJS cancela a empresas externas para solicitar este servicio, también se hace un análisis para ver qué tan rentable es capacitar a un técnico de mantenimiento, perteneciente al GADMJS, a fin de realizar estas mediciones de espesores en los equipos de manera interna.

3.3.6. Formato para reporte de inspección en casquetes y anillos

A continuación, se indican los formatos para reporte de inspección por ultrasonido, tabla 67-3:

Tabla 67-3: Formato de reporte de inspección por ultrasonido en casquetes

		GADMJS ÁREA DE COMBUSTIBLE									
		REPORTE DE INSPECCIÓN DE CASQUETES									
Código de equipo:							Material:				
Descripción:							Frecuencia de sonido:				
Ubicación:							Datos técnicos del equipo para medir:				
Área:							Hora de inicio:				
Nombre del inspector:							Hora de finalización:				
Fecha de inspección:							Temperatura ambiente:				
FRONTAL <input type="checkbox"/> POSTERIOR <input type="checkbox"/>											
FOTOGRAFÍA											
Sección A	Puntos	N° Mediciones					Valor promedio final	Valor promedio sección	Valor mínimo	VC	VU
	A1	1	2	3	4	5					
	A2	1	2	3	4	5					
	A3	1	2	3	4	5					
	A4	1	2	3	4	5					
	A5	1	2	3	4	5					
Sección B	A1	1	2	3	4	5					
	A2	1	2	3	4	5					
	A3	1	2	3	4	5					
	A4	1	2	3	4	5					
	A5	1	2	3	4	5					
	Puntos totales medidos en el casquete:										
Valor inicial:											
Valor promedio medido del anillo:											
Valor mínimo promedio medido de todas las secciones:											
Año de adquisición:											
Tiempo de operación en años:											
Velocidad de corrosión en milímetros por año (mmy):											
Vida útil en años (y):											

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Dentro del formato indicado, se debe tener en cuenta que el número de secciones queda a criterio del inspector, para caso de estudio se tienen 8 secciones en total desde la sección A hasta la sección H, en el formato se muestran como ejemplo las secciones A y B, los términos VC se refiere a la velocidad de corrosión y VU vida útil por cada sección medida del casquete respectivo.

Tabla 68-3: Formato de reporte de inspección por ultrasonido para anillos

		GADMJS ÁREA DE COMBUSTIBLE							
		REPORTE DE INSPECCIÓN PARA ANILLOS							
Código de equipo:							Material:		
Descripción:							Frecuencia de sonido:		
Ubicación:							Datos técnicos del equipo para medir:		
Área:							Hora de inicio:		
Nombre del inspector:							Hora de finalización:		
Fecha de inspección:							Temperatura ambiente:		
FOTOGRAFÍA									
Anillo A	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio final	Valor promedio del anillo	Valor mínimo
	A1	1	2	3	4	5			
	A2	1	2	3	4	5			
	A3	1	2	3	4	5			
	A4	1	2	3	4	5			
	A5	1	2	3	4	5			
	A6	1	2	3	4	5			
	A7	1	2	3	4	5			
	A8	1	2	3	4	5			
	Puntos totales medidos en el casquete:								
Valor inicial:									
Valor promedio medido del anillo:									
Valor mínimo promedio medido de todas las secciones:									
Año de adquisición:									
Tiempo de operación en años:									
Velocidad de corrosión en milímetros por año (mmy):									
Vida útil en años (y):									

Realizado por: Ceballos, John, 2022

En la tabla de nombre Reporte de inspección por ultrasonido para anillos, la cantidad de anillos a ser evaluados queda a criterio del inspector respectivo, para este caso se hacen las mediciones

para un total de 20 anillos por cada tanque, en donde están designados desde la letra A hasta la letra T, los valores de velocidad de corrosión y tiempo de vida útil son para cada anillo analizado.

3.4. Plan de Manejo Ambiental

Se dice que un PMA es el conjunto de acciones combinadas que son necesarias realizar con el fin de prevenir, mitigar y monitorear aspectos ambientales negativos que puedan surgir como resultado de la realización de un proyecto, obra o ejecución de actividades dentro de un Área.

(RCOA, 2017, p. 87)

3.4.1. Estructura del Plan de Manejo Ambiental

El PMA está estructurado en base lo establecido en el Artículo 435 del Reglamento del Código Orgánico del Ambiente RCOA, en donde indica que el PMA se conforma por 7 planes, para caso de estudio se aplican solo 4 planes de los siete que menciona el RCOA, siendo los siguientes:

- Plan de prevención y mitigación de impactos.
- Plan de Capacitación.
- Plan de Manejo de Desechos.
- Plan de Monitoreo y Seguimiento (RCOA, 2017, p. 87)

Estos planes mencionados son los que están a fines para este trabajo de investigación, siendo los más idóneos y que se adaptan a las necesidades para el estudio ambiental de este estudio.

Se debe indicar que, para selección de las acciones y medidas propuestas, que conforman cada plan del PMA, se prioriza la factibilidad de ejecución y nivel cumplimiento. En otras palabras, se busca que las acciones planteadas sean susceptibles a su cumplimiento de manera efectiva.

Durante las actividades de mantenimiento se recomienda al personal encargado del Área de Combustible lo siguiente:

- Estar presente en el Área de Combustible de manera previa al comienzo de actividades de mantenimiento en los equipos industriales existentes.
- Llevar a cabo el proceso de levantamiento de información técnica del estado previo del Área de Combustible mediante documentos, antes de la intervención a los equipos.
- Llevar el respectivo registro sobre el cumplimiento del presente PMA, mediante formularios y otros procedimientos documentales acordes a la necesidad.

- Realizar inspecciones de rutina de manera periódica a las actividades de mantenimiento, así como brindar las facilidades de logística para mantenimiento, con el fin de garantizar el buen cumplimiento del PMA (CELEC EP, 2018, p. 2)

3.4.2. Plan de prevención y mitigación de impactos ambientales

3.4.2.1. Introducción

Los siguientes aspectos y medidas preventivas están fundamentas bajo el criterio de que es mejor evitar y reducir las ocurrencias de impactos significativos al medio ambiente, antes que corregirlos (CELEC EP, 2018, p. 3)

Impactos que puedan surgir al momento de realizar actividades de mantenimiento en los equipos industriales existentes en el Área de Combustible del GADMJS.

3.4.2.2. Fase de operación y mantenimiento

Cuando se operan equipos industriales como tanques, bombas, válvulas, tuberías, tableros eléctricos, entre otro tipo de maquinaria existente en el Área de Combustible, se tiene una serie de actividades de operación y mantenimiento que deben realizarse en los mismos, incluyendo inspecciones, correcciones, monitoreo, etc. De tal forma que es necesario describir medidas de prevención y mitigación que deben aplicarse a las actividades de mantenimiento que se lleven a cabo.

Medidas Generales

- Si las actividades de mantenimiento son llevadas a cabo por empresas externas a la institución, en el proceso de contratación y requerimiento del servicio se deben indicar en las especificaciones técnicas y los requerimientos relacionados al Plan de Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales.
- Es necesario llevar a cabo una planificación y ejecución adecuada de las actividades de mantenimiento preventivo en los equipos e instalaciones industriales del Área de Combustible.
- Se recomienda llevar un monitoreo continuo de las actividades de mantenimiento, mediante registro de fotografías y documentación de ser posible.

Maquinaria y equipos industriales

Cuando se realicen actividades de mantenimiento en los equipos industriales existentes en el Área de Combustible se deben considerar los siguientes aspectos:

- Los equipos industriales que almacenen, transporten o bombeen algún tipo de fluido, y que están sujetos a mantenimiento deben ser revisados de manera periódica, con el objeto de evitar posibles fugas del fluido hacia el medio ambiente.
- Los equipos industriales que generen alto ruido, deben ser revisados frecuentemente, con la finalidad de que dicho equipo esté en condiciones óptimas de funcionamiento evitando la proporcionar niveles de ruido demasiados altos que no sean normales o aceptables para el operario.
- Cualquier labor de mantenimiento en los equipos existentes en el Área de Combustible debe ser realizada o supervisada por personal técnico autorizado.

Limpieza de instalaciones y vegetación

A continuación, se dan una serie de pautas a tomar en cuenta para los aspectos de limpieza de instalaciones y vegetación:

- Mantener las instalaciones del Área de Combustible limpia, sin permitir el crecimiento de maleza en sus alrededores y con una correcta disposición de material pétreo para el piso.
- Para realizar mantenimiento forestal de la vegetación se deben emplear técnicas manuales de limpieza, sin embargo, como último recurso, en caso de ser necesario se pueden usar productos químicos contra maleza que no generen afectaciones al ambiente.
- Queda totalmente prohibido la quema de vegetación, material o desecho, que pudieran causar algún tipo de chispa cercana a los tanques de Combustible, esto se debe comunicar a el personal encargado del Área de Combustible.
- Ejecutar las actividades de mantenimiento con la frecuencia establecida por el departamento de mantenimiento encargado del Área de Combustible (CELEC EP, 2018, pp. 10-11)

Uso de Combustibles y químicos

En caso de usar algún tipo de Combustible y químico para actividades de mantenimiento se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda guardar los productos y materiales inflamables en lugares aislados, debidamente identificados con señalética, en superficies impermeables, y de ser posible deben existir elementos para su contención en caso de derrame.
- Se sugiere almacenar los productos en recipientes herméticamente sellados y señalizados de ser posible, estos deben tener su respectiva hoja de seguridad.

- Si es necesario adquirir algún tipo de Combustible o químico, de ser posible, comprar productos que no generen contaminación al medio ambiente.

Durante las tareas de mantenimiento donde se requiera utilizar pinturas, anticorrosivos, removedores de sales, etc., dependiendo de las actividades, tipos y cantidades manejadas se recomiendan los siguientes aspectos:

- Proteja la zona de trabajo con elementos impermeables y barreras absorbentes.
- Emplee mecanismos que no permitan que los productos químicos se dispersen sobre zonas ajenas al Área de trabajo.
- Utilice paños, barreras absorbentes, bombas u otros insumos para retener y limpiar el producto derramado accidentalmente sobre la superficie impermeable.
- En caso de derrames sobre el suelo, retire el suelo afectado y ejecute labores de remediación respectivas.

Durante actividades de mantenimiento en el Área de Combustible en los que se utilice maquinaria menor (motosierras, moto guadañas, etc.) que opere con Combustible se recomiendan los lineamientos siguientes: (CELEC EP, 2018, pp. 11-12)

- Realice la recarga de Combustible sobre superficies impermeables, empleando embudos para evitar derrame del producto, de ser posible en zonas donde no exista vegetación.
- Si se emplean recipientes portátiles para almacenar Combustible, estos deben estar autorizados por la autoridad competente.
- Realizar el encendido de maquinaria menor lo más alejado posible de los tanques de almacenamiento de Combustibles.
- En ningún caso se debe realizar recargas de Combustible cerca de fuentes de agua.
- Si se produce un derrame por accidente que alcance el suelo, se debe contener el mismo, retirar el suelo afectado, y ejecutar las actividades de remediación pertinentes.

Con respecto a los tanques de almacenamiento de Combustible, se debe disponer de un cubeto contra derrames de concreto, de al menos del 110% de volumen de capacidad tomando en cuenta al tanque de mayor capacidad como referencia.

Descarga de efluentes

- Realizar mantenimiento al sistema de drenaje en el Área de Combustible de agua lluvia (desagües, conductos, rejillas, etc.), se recomienda llevar un registro correspondiente de las actividades realizadas.

Carga y descarga de Combustibles

Para carga y descarga de combustibles se deben tomar en cuentas los siguientes criterios:

- Revisar y verificar que el vehículo de descarga cumpla con la identificación necesaria para el transporte de líquidos inflamables.
- Contar con los equipos de protección personal E.P.P necesarios, como cascos, guantes, botas, gafas de seguridad, arnés, etc.
- Para el proceso de descarga de Combustible, sea del tanquero a los tanques de almacenamiento o de los tanques hacía los vehículos del GADMJS, en cualquier caso, el vehículo debe estar completamente apagado.
- Revisar que las válvulas de seguridad de los tanques de almacenamiento estén completamente cerradas.
- Durante del proceso de descarga de Combustibles se deben ubicar cubetos o elementos impermeables debajo las zonas donde se encuentren las válvulas de llenado en caso de que se produzca algún derrame por accidente.
- En caso de producirse un derrame por accidente, se debe realizar el proceso respectivo para retirar el suelo afectado y ubicarlo en un lugar temporal para luego proceder a ser tratado por la autoridad pertinente.
- Se debe contar con un equipo contra incendios listo y operativo en caso de presentarse algún incendio.

Suelo

Si se producen fugas o liqueos de Combustibles que entren en contacto con el suelo, se debe proceder de la siguiente manera:

- Retire el material, almacénelo en recipientes herméticos, traslade el material afectado a sitios de acopio temporal para luego entregarlo a gestores autorizados para su tratamiento final o remediación.
- Devolver a su condición original las Áreas que hayan sido afectadas por obras de readecuación, ampliación, reemplazo de equipos u otras que impliquen movimiento de tierras.
- Se recomienda no dejar excavaciones sin rellenar, estas pueden ocasionar charcos o pozas de aguas estancadas.

3.4.3. Plan de capacitación

3.4.3.1. Introducción

El objetivo de este plan es capacitar al personal encargado del Área de Combustible en temas de medio ambiente, seguridad industrial y salud ocupacional, para que las actividades de mantenimiento sean llevadas a cabo de manera responsable.

3.4.3.2. Programa de Capacitación al Personal

Se sugiere llevar a cabo un evento anual de capacitación con el personal involucrado en el uso de los equipos industriales del Área de Combustible, en la siguiente tabla se indican temas tentativos que pueden ser aplicados en las capacitaciones:

Tabla 69-3: Programa de capacitación al personal del Área de Combustible

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN		
ACTIVIDAD	TEMA	ÁREA
Operación	<ul style="list-style-type: none">Riesgos laboralesManejo de herramientas y equiposEquipo de Protección PersonalSituaciones de Emergencia	Seguridad Industrial y Salud Ocupacional
	<ul style="list-style-type: none">Métodos de corte y desbroceManejo de DesechosManejo de Derrames	Socio ambiental
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none">Riesgos laboralesTrabajos en instalaciones energizadasTrabajos en alturasTrabajos en instalaciones desenergizadasManejo de herramientas y equiposEquipo de Protección PersonalSituaciones de Emergencia	Seguridad Industrial y Salud Ocupacional
	<ul style="list-style-type: none">Métodos de corte y desbroceManejo de DesechosManejo de DerramesManejo de Combustibles y químicos	Socio ambiental

Fuente: (CELEC EP, 2018, pp. 29-30)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Se recomienda llevar registros de los eventos de capacitación, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Lugar, fecha, hora y duración de la capacitación.
- Temas impartidos y nombres de los instructores.

- Datos de los asistentes: nombres, números de cédula, números telefónicos o direcciones de correos electrónicos, firmas.
- Se recomienda tener un registro en donde consten fotografías y documentos sobre la capacitación.

3.4.4. Plan de manejo de desechos

3.4.4.1. Introducción

El propósito de este plan es establecer medidas y procedimientos necesarios para el adecuado manejo de desechos, dependiendo su origen, para que estos sean manipulados de manera segura sin causar daños al medio ambiente, sin afectar a la calidad del aire, suelo, agua y a la seguridad del personal de operación y mantenimiento.

3.4.4.2. Programa de desechos comunes

Se tiene generalmente dos tipos de desechos comunes, desechos comunes orgánicos (desperdicios de alimentos, ramas, hojas), y desechos comunes inorgánicos (papel, vidrio, cartón, plástico), estos desechos pueden ser generados como resultado de la ejecución de actividades de operación y mantenimiento de los equipos existentes en el Área de Combustible, para efecto se muestra la siguiente tabla:

Tabla 70-3: Programa de manejo de desechos comunes

MANEJO DE DESECHOS COMUNES			
TIPO DE DESECHO	ORIGEN	MANEJO	REGISTRO
Común orgánico (Ramas, troncos, hojas)	Desbroce de vegetación. Limpieza interna del Área de Combustible	<ul style="list-style-type: none"> • Esta prohíbe quemar y abandonar. • Hacer un apilamiento ordenado. • Entrega al recolector municipal o utilización como abono en cultivos existentes dentro del Área de influencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos y cantidades • Fecha de generación • Lugar y fecha de entrega
Común inorgánico (Plástico, papel, cartón, vidrio, otros orgánicos)	Desechos comida, bebida, embalaje durante operación y mantenimiento de los equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Se prohíbe quema y abandono • Recolección de desechos orgánicos e inorgánicos en recipientes diferenciados por colores. • Ubicación de desechos en colectores metálicos para recolección de servicio municipal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos y cantidades • Fecha de generación • Método de recolección • Lugar y fecha de entrega

Fuente: (CELEC EP, 2018, p. 44)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Para efecto de un mejor control de los desechos comunes generados durante las actividades de operación y mantenimiento de los equipos en el Área de Combustible se recomienda lo usar contenedores con los colores indicados a continuación:

- Orgánicos: Recipiente(s) de color verde. 
- Plásticos: Recipiente(s) de color amarillo. 
- Papel y Cartón: Recipiente(s) de color azul. 
- Vidrio: Recipiente(s) color plomo. 

Estos recipientes deben estar ubicados en lugares estratégicos para el retiro por parte del recolector municipal.

3.4.4.3. Programa de desechos peligrosos

Dentro de desechos peligrosos se puede encontrar recipientes vacíos de productos químicos, paños absorbentes, guapes, aceites usados, residuos de lubricante y Combustible, entre otros.

Dicho esto, a continuación, se presenta una serie de lineamientos que se deben considerar para el adecuado manejo de este tipo de desechos:

(CELEC EP, 2018, p. 44)

- No está permitido depositarlos en el suelo, cursos de agua cercanas, mucho menos el dejar abandonado o quemar este tipo de desecho en las instalaciones del Área de Combustible.
- Almacenar los desechos de manera diferenciada, utilizando tanques metálicos o de plástico en buenas condiciones (sin corrosión, fisuras, etc.) y de acuerdo a la siguiente clasificación:
 - Contaminados con Hidrocarburos: Recipiente(s) de color negro. 
 - Químicos y otros peligrosos: Recipiente(s) de color rojo. 
- Los recipientes para almacenamiento temporal de este tipo de desecho serán ubicados en zonas adecuados y con su respectiva señalización., estos recipientes deben estar correctamente tapados y aislados del suelo.
- Cuando se culminen las actividades de mantenimiento, estos desechos deben ser entregados al encargado del sitio de acopio, definido por el GADMJS.
- Es posible volver a reutilizar cierto tipo de materiales como membranas impermeables, brochas, cubetos de plástico, entre otros, hasta que estos elementos cumplan su vida útil y sean desechados.

3.4.4.4. Programa de Desechos Especiales

Los desechos especiales están conformados por componentes o elementos metálicos tales como pernos, tuercas, perfiles metálicos, planchas metálicas, conductores eléctricos, aisladores, grapas metálicas, conectores y cualquier otro elemento de este tipo.

Por tal motivo, a continuación, se presentan de manera general los lineamientos para el manejo apropiado de este tipo de desechos:

- Queda prohibido arrojar este tipo de desechos especiales reemplazados al suelo o fuentes de agua cercanas a la zona de trabajo.
- Cuando se finalicen las actividades de mantenimiento, los elementos y equipos reemplazados deben ser transportados y entregados al encargado del sitio de acopio respectivo.
- Se recomienda que el personal encargado de ejecutar el mantenimiento a los equipos lleve un registro de los desechos generados, siguiendo los lineamientos de los formatos validados por el departamento encargado. (CELEC EP, 2018, pp. 45-46)

Cuando se tengan desechos sólidos especiales conformados por escombros y otros desechos algún tipo de obra civil, se recomienda realizar el siguiente proceso:

- Depositar este tipo de desecho en un centro de almacenamiento temporal, este debe estar colocado sobre una membrana impermeable y cubiertos con algún tipo de lona para evitar que se propague el polvo hacia los alrededores.
- Queda prohibido abandonar este tipo de desechos en zonas no autorizadas para su depósito.

3.4.4.5. Disposición final

En la tabla 71-3 se indican las disposiciones finales para el manejo de desechos:

Tabla 71-3: Disposición final de desechos

MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS	
TIPO DE DESECHO	DISPOSICIÓN
Aceites lubricantes, filtros de aceite.	Entrega a gestores autorizados por el GADMJS
Desechos contaminados con hidrocarburos.	Entrega a gestores autorizados por el GADMJS
Vidrio, papel, cartón, plásticos.	Entrega a gestores (recicladores) autorizados por el GADMJS
Chatarra metálica, varillas de hierro.	Entrega a gestores (charreras, recicladores)
Desechos orgánicos (domésticos).	Sistemas de Recolección Municipal
Escombros.	Escombreras autorizadas por la autoridad local

Fuente: (CELEC EP, 2018, pp. 46-47)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

3.4.5. Plan de seguimiento y monitoreo

3.4.5.1. Introducción

El plan de seguimiento y monitoreo cumple la función de asegurar que las actividades de mantenimiento se las ejecutan siguiendo las buenas prácticas ambientales mencionadas en los planes anteriores, de tal forma que se garantice el buen cuidado al medio ambiente y al personal de trabajo.

3.4.5.2. Aspectos ambientales a ser monitoreados

El plan de monitoreo controlara los siguientes aspectos ambientales:

- Monitoreo de las actividades comprendidas dentro del Plan de Prevención y Mitigación de Impactos.
- Monitoreo de las actividades comprendidas dentro del Plan de Capacitación al personal.
- Monitoreo de las actividades que comprenden al Plan de Manejo de Desechos.

En efecto, monitorear estos aspectos ambientales permite evaluar y controlar el cumplimiento de los elementos que conforman al PMA, esto se indica mediante una matriz modelo para cada caso en el Capítulo IV del presente documento.

Estas matrices pueden aplicarse si el departamento encargado de la parte ambiental considera pertinente, para caso de estudio se deja elaborado los formatos respectivos.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos sobre el desarrollo de la propuesta del plan de mantenimiento, así como los resultados de la medición de espesores por ultrasonido llevada a cabo en los tanques de almacenamiento de Combustibles, y finalmente las matrices resultantes del plan de manejo ambiental PMA.

4.1. Plan de mantenimiento

Entre los elementos que forman parte de los resultados del plan de mantenimiento se tiene los puntajes de análisis de criticidad, el tipo de mantenimiento que se recomienda aplicar para cada equipo, costos de mantenimiento y por último el cronograma de mantenimiento.

4.1.1. Puntajes obtenidos mediante el análisis de criticidad

Antes de proceder a indicar los puntajes obtenidos y el nivel de criticidad, es necesario mostrar los rangos de valores para que un equipo sea considerado crítico, semi crítico y no crítico, estos valores fueron planteados en el capítulo III, y se hará uso de mismos para mostrar los resultados de mejor manera.

A continuación, se indican los valores establecidos y sus colores indicativos:

- Color rojo para equipos críticos (valores entre 51 y 80) 
- Color naranja para equipos semi-críticos (valores entre 26 y 50) 
- Color verde para equipos no críticos (valores entre 5 y 25) 

Una vez indicada la información anterior se procede a elaborar una tabla en donde se muestran los puntajes alcanzados y el nivel de criticidad en cada equipo luego de haber sido analizados mediante una matriz en el capítulo III.

A continuación, se ilustra en la tabla la información mencionada:

Tabla 1-4: Puntajes y niveles alcanzados de índice de criticidad en equipos

Hoja de resumen de criticidad de equipos del Área de Combustible GADMJS.			
Código de equipo	Descripción	Puntaje de I.C.	Nivel de criticidad
SG-C-B-MTK01	Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina	26	SEMI-CRÍTICO
SG-C-B-MTK03	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel	26	SEMI-CRÍTICO
SG-C-B-MTK04	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel	28	SEMI-CRÍTICO
SG-C-B-MBB05	Bomba 1 de paletas FILL-RITE 35GPM para diésel	30	SEMI-CRÍTICO
SG-C-B-MBB10	Bomba 2 de paletas FILL-RITE 35GPM para gasolina	30	SEMI-CRÍTICO
SG-C-B-ETE15	Tablero eléctrico SD de 12E 110/220V (centro de carga)	22	NO CRÍTICO
SG-C-B-ITF20	Líneas de tubería de los tanques y equipos de bombeo	10	NO CRÍTICO
SG-C-B-IVV25	Válvulas del sistema de bombeo y tanques	22	NO CRÍTICO
SG-C-B-CCA30	Cubeto anti derrames de hormigón	11	NO CRÍTICO
SG-C-B-CCM35	Caseta de estructura metálica	13	NO CRÍTICO

Realizado por: Ceballos, John, 2022

4.1.2. Selección del modelo de mantenimiento para los equipos del Área de Combustible del GADMJS.

Tabla 2-4: Modelo de mantenimiento a ser aplicado en el Área de Combustible

Hoja de resumen de criticidad de equipos del Área de Combustible GADMJS.				
Código de equipo	Descripción	Puntaje de I.C.	Nivel de criticidad	Mantenimiento asignado
SG-C-B-MTK01	Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina	26	SEMI-CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN O SUBCONTRATADO A UN ESPECIALISTA
SG-C-B-MTK03	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel	26	SEMI-CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN O SUBCONTRATADO A UN ESPECIALISTA
SG-C-B-MTK04	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel	28	SEMI-CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN O SUBCONTRATADO A UN ESPECIALISTA
SG-C-B-MBB05	Bomba 1 de paletas FILL-RITE 35GPM para diésel	30	SEMI-CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN
SG-C-B-MBB10	Bomba 2 de paletas FILL-RITE 35GPM para gasolina	30	SEMI-CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN
SG-C-B-ETE15	Tablero eléctrico SD de 12E 110/220V (centro de carga)	22	NO CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN
SG-C-B-ITF20	Líneas de tubería de los tanques y equipos de bombeo	10	NO CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN
SG-C-B-IVV25	Válvulas del sistema de bombeo y tanques	22	NO CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN
SG-C-B-CCA30	Cubeto anti derrames de hormigón	11	NO CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN
SG-C-B-CCM35	Caseta de estructura metálica	13	NO CRÍTICO	BASADO EN LA CONDICIÓN

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Analizando los datos de la tabla 2-4 mostrada, se tiene que para caso de estudio solo existen equipos semi críticos y no críticos, por tanto, para equipos semi críticos y no críticos se les asigna el mantenimiento basado en la condición siendo el más acorde, si las actividades de mantenimiento no pueden ser realizadas por personal interno del GADMJS por algún tipo de limitación, se debe emplear el mantenimiento subcontratado a un especialista para el caso respectivo.

Cabe mencionar que haber realizado el análisis de criticidad permite conocer que equipos se deben intervenir de manera prioritaria en caso de algún fallo, en otras palabras, el esfuerzo del personal de mantenimiento debe estar enfocado y brindar prioridad a los equipos que son considerados semi críticos, siendo estos los que pueden causar mayores pérdidas económicas a la institución, riesgo a la seguridad de las personas y daños al medio ambiente.

4.1.3. Frecuencias del cronograma de mantenimiento

Como resultado del plan de mantenimiento se obtiene el cronograma de mantenimiento, dicho cronograma está constituido por el listado de los equipos del Área de Combustible, su código, las actividades que se recomiendan llevar a cabo, así como la frecuencia establecida para cada actividad.

Para efecto de una mejor ilustración del cronograma y las frecuencias de mantenimiento, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales, se le asigna un color a cada frecuencia para poder apreciar de mejor manera y poderlas diferenciar una de otra.

- Frecuencias semanales (S). 
- Frecuencias mensuales (M). 
- Frecuencias trimestrales (TM). 
- Frecuencias semestrales (SM). 
- Frecuencias anuales (A). 

Generalmente el cronograma de las actividades de mantenimiento para una planta industrial o empresa, se lo planifica para un año, en dicho cronograma se aprecian los equipos, las actividades a ser realizadas por parte del personal de mantenimiento y las frecuencias con que se las debe realizar. Se recomienda realizar las actividades que se mencionan en el cronograma de mantenimiento en los tiempos establecidos para que al finalizar el año de operación se tengan tareas retrasadas en lo posible.

CÓD.	DESCR.	TAREA	F	ENERO				FEB.				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPT.				OCT.				NOV.				DIC.			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
				SG-C-B-MBB05	Bomba 1 de paletas FILL-RITE 35GPM para diésel	Inspeccionar los pernos de anclaje de la base, revisar que estes ajustados y en buen estado.	SM																																												
SG-C-B-MBB10	Bomba 2 de paletas FILL-RITE 35GPM para gasolina	Revisar la condición actual del filtro de Combustible, no debe tener exceso de impurezas, cambiarlo de ser necesario.	TM																																																
		Verificar el estado técnico de la pistola de suministro, que este en buenas condiciones, así como las mangueras de Combustibles que no estén agrietadas, etc.	S																																																
		Medir y verificar que los parámetros eléctricos del equipo de bombeo estén dentro de lo establecido.	SM																																																

Realizado por: Ceballos, John, 2022

CÓD.	DESCR.	TAREA	F	ENERO				FEB.				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPT.				OCT.				NOV.				DIC.			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
				SG-C-B-IVV25	Válvulas del sistema de bombeo y tanques	Verificar que los elementos mecánicos de las válvulas de operación y seguridad, estén en buenas condiciones técnicas.	TM																																												
		Revisar que los elementos de sellados como empaques estén en excelentes condiciones, de ser necesario reemplazar.	TM																																																
		Comprobar el buen funcionamiento de las válvulas, deben cerrar por completo y no permitir el paso del fluido, caso contrario reportar y tomar acciones.	TM																																																

Realizado por: Ceballos, John, 2022

4.2. Resultados de la medición de espesores por ultrasonido

4.2.1. Medición de espesores por ultrasonido TK01

Para caso de estudio, se muestra a manera de ejemplo los datos obtenidos del casquete frontal y del primer anillo del TK01, producto de la medición de espesores por ultrasonido, los datos obtenidos del casquete posterior y los anillos restantes se ilustran en los anexos de la parte final de este documento.

4.2.1.1. Datos de espesores obtenidos en el casquete frontal TK01

En la tabla 4-4 se indican los datos obtenidos durante la medición de espesores por ultrasonido, en dicha tabla se muestran las secciones, número de mediciones y los valores promedios obtenidos tanto de espesores como velocidades de corrosión y tiempo de vida útil por secciones:

Tabla 4-4: Espesores y tiempo de vida restante por secciones del casquete frontal TK01

	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	1	2	3	4	5					
Sección A	A1	6,300	6,300	6,400	6,300	6,200	6,316	0,014	6,280	2,543
		6,200	6,300	6,300	6,200	6,400				
	A2	6,200	6,300	6,300	6,200	6,400				
		6,200	6,200	6,400	6,300	6,400				
	A3	6,200	6,200	6,400	6,300	6,400				
		6,400	6,300	6,300	6,400	6,400				
	A4	6,400	6,300	6,300	6,400	6,400				
		6,200	6,400	6,300	6,400	6,400				
	A5	6,200	6,400	6,300	6,400	6,400				
		6,400	6,400	6,300	6,400	6,400				
Sección B	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	B1	6,400	6,400	6,300	6,400	6,300	6,404	0,007	6,360	5,958
		6,500	6,300	6,300	6,300	6,400				
	B2	6,500	6,300	6,300	6,300	6,400				
		6,300	6,400	6,400	6,300	6,500				
	B3	6,300	6,400	6,400	6,300	6,500				
		6,500	6,600	6,400	6,400	6,500				
	B4	6,500	6,600	6,400	6,400	6,500				
		6,400	6,400	6,500	6,400	6,500				
	B5	6,400	6,400	6,500	6,400	6,500				
		6,400	6,400	6,500	6,400	6,500				

	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	Sección C	C1	1	2	3	4	5	6,420	6,384	0,009	6,320
6,400			6,500	6,400	6,400	6,400					
C2		1	2	3	4	5	6,380				
		6,300	6,500	6,400	6,300	6,400					
C3		1	2	3	4	5	6,320				
		6,300	6,300	6,300	6,400	6,300					
C4		1	2	3	4	5	6,400				
		6,400	6,400	6,400	6,400	6,400					
C5		1	2	3	4	5	6,400				
		6,400	6,400	6,400	6,400	6,400					
Sección D	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	D1	1	2	3	4	5	6,340	6,340	0,012	6,220	9,750
		6,300	6,400	6,300	6,400	6,300					
	D2	1	2	3	4	5	6,220				
		6,200	6,200	6,200	6,200	6,300					
	D3	1	2	3	4	5	6,320				
		6,400	6,300	6,300	6,300	6,300					
	D4	1	2	3	4	5	6,400				
		6,400	6,500	6,300	6,400	6,400					
	D5	1	2	3	4	5	6,420				
6,400		6,400	6,500	6,400	6,40						
Sección E	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	E1	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,480	6,372	0,010	6,320	5,281
		6,400	6,400	6,600	6,600	6,400					
	E2	1	2	3	4	5	6,360				
		6,400	6,300	6,400	6,400	6,300					
	E3	1	2	3	4	5	6,320				
		6,300	6,400	6,300	6,300	6,300					
	E4	1	2	3	4	5	6,340				
		6,400	6,400	6,300	6,300	6,300					
	E5	1	2	3	4	5	6,360				
6,300		6,300	6,400	6,500	6,300						
Sección F	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	F1	1	2	3	4	5	6,440	6,356	0,011	6,280	6,861
		6,500	6,400	6,300	6,400	6,600					
	F2	1	2	3	4	5	6,360				
		6,400	6,300	6,400	6,400	6,300					
F3	1	2	3	4	5	6,380					

		6,400	6,400	6,300	6,400	6,400					
	F4	1	2	3	4	5	6,280				
		6,200	6,300	6,400	6,300	6,200					
	F5	1	2	3	4	5	6,320				
		6,300	6,300	6,400	6,200	6,400					
Sección G	N° Mediciones						Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	G1	1	2	3	4	5	6,340	6,344	0,012	6,320	2,000
		6,300	6,400	6,300	6,400	6,300					
	G2	1	2	3	4	5	6,380				
		6,400	6,400	6,300	6,400	6,400					
	G3	1	2	3	4	5	6,340				
		6,300	6,400	6,300	6,400	6,300					
G4	1	2	3	4	5	6,320					
	6,300	6,400	6,400	6,300	6,200						
G5	1	2	3	4	5	6,340					
	6,300	6,400	6,400	6,300	6,300						
Sección H	N° Mediciones						Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	H1	1	2	3	4	5	6,300	6,332	0,013	6,300	2,476
		6,300	6,200	6,300	6,400	6,300					
	H2	1	2	3	4	5	6,300				
		6,200	6,400	6,200	6,400	6,300					
	H3	1	2	3	4	5	6,340				
		6,200	6,400	6,400	6,400	6,300					
H4	1	2	3	4	5	6,400					
	6,300	6,400	6,500	6,300	6,500						
H5	1	2	3	4	5	6,320					
	6,400	6,400	6,200	6,200	6,400						
Valor inicial o nominal del espesor del casquete (mm)									6,500		
Valor promedio medido del espesor del casquete (mm)									6,356		
Valor mínimo medido del del espesor del casquete (mm)									6,220		
Año de adquisición (años)									2009		
Tiempo de operación (años)									13		
Velocidad de corrosión (mmy)									0,011		
Vida útil (y)									12,278		

Realizado por: Ceballos, John, 2022

En la tabla mostrada se puede apreciar que el casquete frontal es dividido en 8 secciones, a cada sección se le asigna una letra del abecedario, por ejemplo, tenemos la sección A, B, C, D, etc., hasta la sección H.

Dentro de cada sección se observa que existen sub secciones como es el caso de la sección H, tiene 5 sub secciones siendo H1, H2, H3, H4, H5, se realizan 5 mediciones por cada sub sección.

Los valores obtenidos que tienen más relevancia durante la medición de espesores por ultrasonido son la velocidad de corrosión que viene dada en milímetros por año y la vida útil restante que tiene como unidad de tiempo el año. Estos datos sirven como referencia para realizar un análisis más detallado y así poder evaluar el estado actual del tanque.

4.2.1.2. Datos obtenidos del anillo "A" del tanque TK01

En la tabla 5-4 se muestran los valores de espesores obtenidos durante la medición:

Tabla 5-4: Medidas de espesores del anillo A-TK01

Vértices	N° Mediciones					Valor promedio	Valor promedio del anillo	Valor mínimo
	1	2	3	4	5			
A1	1	2	3	4	5	3,960	3,953	3,920
	3,900	4,000	4,100	4,000	3,800			
A2	1	2	3	4	5	3,960		
	4,000	3,900	4,000	3,900	4,000			
A3	1	2	3	4	5	3,920		
	4,000	3,900	3,900	3,800	4,000			
A4	1	2	3	4	5	3,960		
	3,900	3,900	4,000	4,100	3,900			
A5	1	2	3	4	5	3,960		
	4,100	3,800	4,000	3,900	4,000			
A6	1	2	3	4	5	3,940		
	4,000	3,900	3,900	3,800	4,100			
A7	1	2	3	4	5	3,960		
	4,000	3,900	3,900	4,000	4,000			
A8	1	2	3	4	5	3,960		
	3,900	3,900	4,000	4,000	4,000			
Valor inicial								4,000
Valor promedio medido del anillo								3,953
Valor mínimo medido								3,920
Año de adquisición								2009
Tiempo de operación								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004
Vida útil (y)								8,895

Realizado por: Ceballos, John, 2022

De la tabla mostrada los puntos A3, A4, A5 y A6, son los más críticos, estos puntos se encuentran localizados en el fondo del cuerpo del tanque, en donde se acumulan residuos, producto de la corrosión interna del equipo. Se puede apreciar que el anillo A esta dividido en 8 vértices o aristas, desde el vértice A1 hasta el vértice A8, para cada vértice se procede a realizar un total de 5 mediciones de manera aleatoria con el fin de cubrir una mayor Área del tanque.

Luego se procede a realizar un promedio de las 5 medidas tomadas, para obtener un valor promedio final por cada vértice, se puede observar que el vértice A3 cuenta con un valor promedio mínimo medido, teniendo como valor 3,920 mm, siendo este valor el más bajo de los otros valores obtenidos. De igual manera los datos que interesan saber y serán usados para cálculos más

adelante son los datos de velocidad de corrosión (mmy) y la vida útil restante (y) del tanque de almacenamiento de Combustible TK01.

4.2.1.3. Tabla resumen de casquetes y anillos del tanque TK01

En la tabla 6-4 se indican de manera sintetizada los datos obtenidos:

Tabla 6-4: Tabla resumen TK01

Espesor inicial casquete (mm)		6,500			
Espesor inicial anillos (mm)		4,000			
Año adquisición		2009			
Tiempo de operación (y)		13			
Ítem	Denominación	Espesor promedio medido (mm)	Espesor mínimo medido (mm)	Velocidad corrosión (mmy)	Vida útil restante(y)
1	Casquete Frontal	6,356	6,220	0,011	12,278
2	Casquete Posterior	6,349	6,220	0,012	11,066
3	Anillo A	3,953	3,920	0,004	8,895
4	Anillo B	3,940	3,900	0,005	8,667
5	Anillo C	3,890	3,800	0,008	10,636
6	Anillo D	3,945	3,900	0,004	10,636
7	Anillo E	3,898	3,800	0,008	12,366
8	Anillo F	3,920	3,860	0,006	9,750
9	Anillo G	3,945	3,900	0,004	10,636
10	Anillo H	3,918	3,840	0,006	12,212
11	Anillo I	3,915	3,840	0,007	11,471
12	Anillo J	3,913	3,840	0,007	10,771
13	Anillo K	3,940	3,900	0,005	8,667
14	Anillo L	3,948	3,900	0,004	11,762
15	Anillo M	3,943	3,900	0,004	9,609
16	Anillo N	3,925	3,860	0,006	11,267
17	Anillo O	3,928	3,860	0,006	12,103
18	Anillo P	3,943	3,900	0,004	9,609
19	Anillo Q	3,933	3,880	0,005	10,111
20	Anillo R	3,905	3,820	0,007	11,632
21	Anillo S	3,908	3,820	0,007	12,297
22	Anillo T	3,915	3,840	0,007	11,471

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Si se analizan los resultados obtenidos en el casquete posterior se puede observar una velocidad corrosión mayor que el casquete frontal, también se aprecia que su tiempo de vida útil es un poco menor, observar cuadros de color naranja.

Observando los valores obtenidos en los anillos del tanque, se puede apreciar que los anillos “C” y “E” tienen espesores mínimos en comparación a los demás, en consecuencia, estos anillos poseen una velocidad de corrosión mayor a los demás.

Por último, se aprecia que el anillo "K" tiene un tiempo de vida mucho menor que los anillos restantes, estos datos se deben tener en cuenta para programar la frecuencia de la siguiente inspección de mediciones de espesores por ultrasonido en el tanque TK01.

4.2.1.4. Valores mínimos y máximos de velocidad de corrosión en casquetes y anillos TK01

A continuación, en la tabla se indica los valores de velocidad de corrosión obtenidos en el tanque TK01:

Tabla 7-4: Valores de velocidad de corrosión TK01

Denominación	Valor mínimo de velocidad de corrosión (mmy)	Valor máximo de velocidad de corrosión (mmy)
Casquete Frontal	0,007	0,014
Casquete Posterior	0,006	0,016
Anillos A-T	0,004	0,008

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Tienen relevancia los valores de velocidad de corrosión que están pintados de color naranja, dichos valores son empleados para el cálculo de las frecuencias de inspección más adelante del tanque TK01.

Se puede observar que el casquete posterior tiene un mayor grado de corrosión en comparación al casquete frontal.

4.2.2. Medición de espesores por ultrasonido TK03

Para caso de estudio, se muestra a manera de ejemplo los datos obtenidos del casquete frontal y del primer anillo del TK03, producto de la medición de espesores por ultrasonido, los datos obtenidos del casquete posterior y los anillos restantes se ilustran en los anexos de la parte final de este documento.

4.2.2.1. Datos de espesores obtenidos en el casquete frontal TK03

La siguiente tabla se indica los valores obtenidos por secciones, en donde se puede apreciar los espesores, valores de velocidad de corrosión y la vida útil restante por cada sección del casquete en mención, ver tabla 8-4:

Tabla 8-4: Espesores y tiempo de vida restante por secciones del casquete frontal TK03

		N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
Sección A	A1	1	2	3	4	5	3,960	3,952	0,003	3,920	9,333
		3,900	4,000	4,100	4,000	3,800					
	A2	1	2	3	4	5	3,960				
		4,000	3,900	4,000	3,900	4,000					
	A3	1	2	3	4	5	3,920				
		4,000	3,900	3,900	3,800	4,000					
	A4	1	2	3	4	5	3,960				
		3,900	3,900	4,000	4,100	3,900					
	A5	1	2	3	4	5	3,960				
		4,100	3,800	4,000	3,900	4,000					
		N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
Sección B	B1	1	2	3	4	5	3,940	3,960	0,003	3,940	7,000
		4,000	3,900	4,000	3,900	3,900					
	B2	1	2	3	4	5	3,960				
		3,900	3,900	4,000	4,000	4,000					
	B3	1	2	3	4	5	3,980				
		4,000	3,900	4,000	4,000	4,000					
	B4	1	2	3	4	5	3,980				
		3,900	4,000	4,000	4,000	4,000					
	B5	1	2	3	4	5	3,940				
		3,900	3,800	4,000	4,000	4,000					
		N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
Sección C	C1	1	2	3	4	5	3,940	3,932	0,005	3,880	10,706
		4,000	4,000	4,000	3,900	3,800					
	C2	1	2	3	4	5	3,920				
		4,000	3,900	3,900	3,900	3,900					
	C3	1	2	3	4	5	3,880				
		3,900	3,900	3,900	3,800	3,900					
	C4	1	2	3	4	5	3,960				
		3,900	3,900	4,000	4,100	3,900					
	C5	1	2	3	4	5	3,960				
		4,100	3,800	4,000	3,900	4,000					

Sección D	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	D1	1	2	3	4	5	3,960	3,932	0,005	3,900	6,588
		3,900	4,000	4,100	3,900	3,900					
	D2	1	2	3	4	5	3,940				
		3,900	3,900	4,000	3,900	4,000					
	D3	1	2	3	4	5	3,920				
		3,900	4,000	3,900	3,800	4,000					
D4	1	2	3	4	5	3,900					
	3,800	3,800	3,900	4,000	4,000						
D5	1	2	3	4	5	3,940					
	4,000	4,000	3,900	3,900	3,900						
Sección E	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	E1	1	2	3	4	5	3,900	3,936	0,005	3,900	7,875
		3,900	3,900	3,900	3,900	3,900					
	E2	1	2	3	4	5	3,960				
		3,900	4,000	3,900	4,000	4,000					
	E3	1	2	3	4	5	3,920				
		4,000	3,900	3,900	3,900	3,900					
E4	1	2	3	4	5	3,920					
	3,900	3,900	3,900	3,900	4,000						
E5	1	2	3	4	5	3,980					
	3,900	4,000	4,000	4,000	4,000						
Sección F	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	F1	1	2	3	4	5	3,940	3,940	0,004	3,900	9,333
		3,800	3,900	4,000	4,000	4,000					
	F2	1	2	3	4	5	3,980				
		4,000	3,900	4,000	4,000	4,000					
	F3	1	2	3	4	5	3,960				
		3,900	4,000	4,000	3,900	4,000					
F4	1	2	3	4	5	3,900					
	4,000	4,000	3,800	3,800	3,900						
F5	1	2	3	4	5	3,920					
	4,000	3,800	3,900	3,900	4,000						
Sección G	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por	Vida útil restante por	

						sección (mm)		sección (mm)	sección (y)		
G1	1	2	3	4	5	3,860	3,900	0,007	3,860	5,600	
	3,600	4,000	3,900	3,900	3,900						
G2	1	2	3	4	5	3,940					
	4,000	3,900	3,900	4,000	3,900						
G3	1	2	3	4	5	3,880					
	3,800	3,900	3,800	4,000	3,900						
G4	1	2	3	4	5	3,920					
	3,900	3,800	4,000	3,900	4,000						
G5	1	2	3	4	5	3,900					
	3,900	4,000	3,900	3,900	3,800						
Sección H	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	H1	1	2	3	4	5	3,960	3,888	0,008	3,820	8,500
		4,000	4,000	3,900	3,900	4,000					
	H2	1	2	3	4	5	3,920				
		4,000	3,900	3,900	3,900	3,900					
	H3	1	2	3	4	5	3,880				
		3,900	3,900	3,900	3,800	3,900					
H4	1	2	3	4	5	3,860					
	3,900	3,900	3,800	3,800	3,900						
H5	1	2	3	4	5	3,820					
	3,800	3,800	3,800	3,800	3,900						
Valor inicial o nominal del espesor del casquete (mm)						4,000					
Valor promedio medido del espesor del casquete (mm)						3,930					
Valor mínimo medido del del espesor del casquete (mm)						3,820					
Año de adquisición (años)						2008					
Tiempo de operación (años)						14					
Velocidad de corrosión (mmy)						0,005					
Vida útil (y)						8,000					

Realizado por: Ceballos, John, 2022

En tabla mostrada se puede apreciar los valores de espesores, espesor inicial, espesores promedio y espesor mínimo medido de manera general en todas las secciones.

También se puede apreciar el grado de velocidad de corrosión que este tanque ha sufrido durante su tiempo de operación y adicional se indica el valor aproximado de vida útil restante.

4.2.2.2. Datos obtenidos del anillo "A" del tanque TK03

En la siguiente tabla se indican los valores obtenidos en el anillo "A", tanque TK03:

Tabla 9-4: Medida de espesores del anillo A-TK03

Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)	
	1	2	3	4	5				
Anillo A	A1	1	2	3	4	5	3,940	3,940	3,900
		4,000	3,900	4,000	3,900	3,900			
	A2	1	2	3	4	5	3,960		
		3,900	3,800	4,100	4,000	4,000			
	A3	1	2	3	4	5	3,900		
		3,900	3,900	3,800	3,900	4,000			
	A4	1	2	3	4	5	3,960		
		3,900	4,000	4,000	4,000	3,900			
	A5	1	2	3	4	5	3,940		
		3,900	3,800	4,000	4,000	4,000			
	A6	1	2	3	4	5	3,920		
		3,900	3,900	4,000	3,900	3,900			
	A7	1	2	3	4	5	3,960		
		4,000	4,000	3,900	3,900	4,000			
	A8	1	2	3	4	5	3,940		
		4,000	3,900	4,000	3,900	3,900			
Valor inicial (mm)								4	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,940	
Valor mínimo medido (mm)								3,900	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								9,333	

Realizado por: Ceballos, John, 2022

4.2.2.3. Tabla resumen de casquetes y anillos del tanque TK03

Tabla 10-4: Tabla resumen TK03

Espesor inicial casquete (mm)		4,000	Año de adquisición		2008
Espesor inicial anillos (mm)		4,000	Tiempo de operación		14
Ítem	Denominación	Espesor promedio medido (mm)	Espesor mínimo medido (mm)	Velocidad corrosión (mmy)	Vida útil restante(y)
1	Casquete Frontal	3,930	3,820	0,005	8,000
2	Casquete Posterior	3,931	3,840	0,005	7,812
3	Anillo A	3,940	3,900	0,004	9,333
4	Anillo B	3,948	3,900	0,004	12,667
5	Anillo C	3,943	3,900	0,004	10,348
6	Anillo D	3,925	3,860	0,005	12,133
7	Anillo E	3,928	3,860	0,005	13,034
8	Anillo F	3,943	3,900	0,004	10,348
9	Anillo G	3,933	3,880	0,005	10,889
10	Anillo H	3,905	3,820	0,007	12,526
11	Anillo I	3,908	3,820	0,007	13,243
12	Anillo J	3,913	3,840	0,006	11,600
13	Anillo K	3,953	3,800	0,003	9,579
14	Anillo L	3,940	3,900	0,004	9,333
15	Anillo M	3,890	3,800	0,008	11,455

16	Anillo N	3,945	3,900	0,004	11,455
17	Anillo O	3,898	3,800	0,007	13,317
18	Anillo P	3,920	3,860	0,006	10,500
19	Anillo Q	3,945	3,900	0,004	11,455
20	Anillo R	3,918	3,840	0,006	13,152
21	Anillo S	3,915	3,840	0,006	12,353
22	Anillo T	3,915	3,840	0,006	12,353

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Se tiene que los espesores mínimos medidos están localizados en los anillos “K”, “M” y “O”, con un valor de 3.800 mm, la máxima velocidad de corrosión para todo el tanque se tiene un valor de 0.008 mmy. Por último, se puede apreciar que el tiempo de vida restante mínimo es de 7.812y (años), para el casquete posterior y 9.333y para el anillo “L”.

4.2.2.4. Valores mínimos y máximos de velocidad de corrosión de casquetes y anillos TK03

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos de corrosión:

Tabla 11-4: Valores de tiempo de velocidad de corrosión TK03

Denominación	Valor mínimo de velocidad de corrosión (mmy)	Valor máximo de velocidad de corrosión (mmy)
Casquete Frontal	0,003	0,008
Casquete Posterior	0,003	0,008
Anillos A-T	0,003	0,008

Realizado por: Ceballos, John, 2022

4.2.3. Medición de espesores por ultrasonido TK04

4.2.3.1. Datos obtenidos en el casquete frontal TK04

En la tabla 12-4 se indican los valores obtenidos durante la medición:

Tabla 12-4: Espesores y tiempo de vida restante por secciones del casquete frontal TK04

Sección A	N° Mediciones					Valor final por punto medido (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil por sección (y)
	1	2	3	4	5					
A1	6,100	6,100	6,000	5,900	6,200	6,060				
A2	6,000	6,000	5,900	6,000	5,900	5,960				
A3	6,000	6,000	6,000	6,000	5,900	5,980	5,992	0,002	5,960	16,000
A4	6,000	5,900	5,900	6,100	5,900	5,960				
A5	6,200	5,900	5,800	6,100	6,0	6,000				

Sección B							Valor final por punto medido (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil por sección (y)				
N° Mediciones															
B1	1	2	3	4	5	6,080	5,964	0,009	5,800	18,222					
	6,000	6,000	6,100	6,100	6,200										
B2	1	2	3	4	5	5,980									
	6,000	6,100	5,900	5,900	6,000										
B3	1	2	3	4	5	5,940									
	5,800	6,000	5,900	5,900	6,100										
B4	1	2	3	4	5	5,800									
	5,700	5,800	5,900	5,900	5,700										
B5	1	2	3	4	5	6,020									
	6,000	6,000	6,000	6,100	6,000										
Sección C											Valor final por punto medido (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil por sección (y)
N° Mediciones															
C1	1	2	3	4	5	6,060	5,956	0,011	5,820	12,364					
	6,000	6,100	6,100	6,000	6,100										
C2	1	2	3	4	5	5,980									
	6,100	5,800	6,000	5,900	6,100										
C3	1	2	3	4	5	5,920									
	5,900	6,000	6,000	5,900	5,800										
C4	1	2	3	4	5	5,820									
	5,900	5,800	5,900	5,800	5,700										
C5	1	2	3	4	5	6,000									
	6,000	5,900	6,000	6,000	6,100										
Sección D											Valor final por punto medido (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil por sección (y)
N° Mediciones															
D1	1	2	3	4	5	6,000	5,972	0,007	5,900	10,286					
	6,100	6,000	6,000	5,900	6,000										
D2	1	2	3	4	5	6,000									
	6,100	6,000	6,000	6,000	5,900										
D3	1	2	3	4	5	5,900									
	5,900	5,900	5,900	5,800	6,000										
D4	1	2	3	4	5	5,900									
	5,800	6,000	5,900	5,800	6,000										
D5	1	2	3	4	5	6,060									
	6,100	6,200	6,100	6,000	5,900										
Sección E											Valor final por punto medido (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil por sección (y)
N° Mediciones															
E1	1	2	3	4	5	5,980	5,976	0,006	5,920	9,333					
	5,900	5,900	6,000	6,000	6,100										
E2	1	2	3	4	5	5,980									
	5,900	6,000	5,900	6,000	6,100										

E3	1	2	3	4	5	6,020						
	6,100	6,000	6,000	6,000	6,000							
	1	2	3	4	5							
E4	5,900	5,800	6,000	6,000	5,900	5,920						
	1	2	3	4	5							
E5	6,100	6,000	5,900	6,000	5,900	5,980						
	1	2	3	4	5							
Sección F	N° Mediciones					Valor final por punto medido (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil por sección (y)		
	F1	1	2	3	4	5	6,000					
		6,000	6,000	6,100	5,900	6,000						
	F2	1	2	3	4	5	6,000	5,972	0,007	5,920	7,429	
		6,000	5,900	5,900	6,100	6,100						
	F3	1	2	3	4	5	6,000					
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,100						
F4	1	2	3	4	5	5,920						
	6,000	6,000	5,800	6,000	5,800							
F5	1	2	3	4	5	5,940						
	5,900	6,000	5,900	6,000	5,900							
Sección G	N° Mediciones					Valor final por punto medido (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil por sección (y)		
	G1	1	2	3	4	5	5,960					
		5,900	6,000	5,900	6,000	6,000						
	G2	1	2	3	4	5	6,020	5,988	0,003	5,940	16,000	
		6,100	6,100	6,000	5,900	6,000						
	G3	1	2	3	4	5	5,940					
		6,000	6,000	6,100	5,600	6,000						
G4	1	2	3	4	5	6,000						
	6,100	6,100	5,900	6,000	5,900							
G5	1	2	3	4	5	6,020						
	5,900	6,000	6,100	6,100	6,000							

Sección H	N° Mediciones					Valor final por punto medido (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil por sección (y)	
	H5	1	2	3	4	5	6,020	5,988	0,003	5,920	22,667
		6,000	6,100	6,000	6,000	6,000					
	H4	1	2	3	4	5	5,980				
		6,000	6,100	6,000	5,900	5,900					
	H3	1	2	3	4	5	5,940				
		5,900	5,900	6,100	5,900	5,900					
H2	1	2	3	4	5	5,920					
	5,800	5,900	6,000	6,000	5,900						
H1	1	2	3	4	5	6,080					
	6,000	6,000	6,100	6,100	6,200						
Valor inicial o nominal del espesor del casquete (mm)							6,000				
Valor promedio medido del espesor del casquete (mm)							5,976				
Valor mínimo medido del del espesor del casquete (mm)							5,800				
Año de adquisición (años)							2018				
Tiempo de operación (años)							4				
Velocidad de corrosión (mmy)							0,006				
Vida útil (y)							29,333				

Realizado por: Ceballos, John, 2022

4.2.3.2. Datos obtenidos del anillo "A" del tanque TK04

A continuación, se indican los datos obtenidos mediante la medición de espesores del Anillo A, en la tabla 13-4 se indican la información obtenida del valor promedio de cada vértice, valor promedio del anillo en general y su valor mínimo:

Tabla 13-4: Medida de espesores del anillo A-TK04

Anillo A	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	A1	1	2	3	4	5	5,940	5,983	5,800
6,000		6,000	5,900	5,800	6,000				
A2	1	2	3	4	5	5,980			
	6,000	5,900	6,000	6,000	6,000				
A3	1	2	3	4	5	5,980			
	6,000	5,900	6,000	6,000	6,000				
A4	1	2	3	4	5	5,980			

		5,900	6,000	6,000	6,000	6,000		
A5	1	2	3	4	5	5,900		
	6,000	5,900	5,800	5,800	6,000			
A6	1	2	3	4	5	5,960		
	5,900	6,000	6,000	6,000	5,900			
A7	1	2	3	4	5	6,040		
	6,100	6,000	6,000	6,100	6,000			
A8	1	2	3	4	5	6,080		
	6,100	6,000	6,100	6,000	6,200			
Valor inicial								6,000
Valor promedio medido del anillo								5,983
Valor mínimo medido								5,800
Año de adquisición								2018
Tiempo de operación								4
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004
Vida útil (y)								41,714

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Se puede apreciar que el valor inicial es de 6,000 mm, luego se tiene un valor promedio medido de 5,983 mm y un valor mínimo medido de 5,800mm, mediante cálculos se obtiene que la velocidad de corrosión para este anillo es de 0,004 mmy.

Por último, empleando el valor obtenido de la velocidad de corrosión se tiene una vida útil restante de 41 años aproximadamente para caso de estudio del anillo en mención.

4.2.3.3. Tabla resumen de casquetes y anillos del tanque TK04

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos durante la medición de tanque TK04:

Tabla 14-4: Tabla resumen TK04

Espesor inicial casquete (mm)		6,000			
Espesor inicial anillos (mm)		6,000			
Año adquisición (y)		2018			
Tiempo de operación (y)		4			
Ítem	Denominación	Espesor promedio medido (mm)	Espesor mínimo medido (mm)	Velocidad corrosión (mmy)	Vida útil restante(y)
1	C. FRONTAL	5,976	5,800	0,006	29,333
2	C. POSTERIOR	5,978	5,860	0,006	21,455
3	Anillo A	5,983	5,800	0,004	41,714
4	Anillo B	5,993	5,900	0,002	49,333
5	Anillo C	5,975	5,800	0,006	28,000
6	Anillo D	5,983	5,800	0,004	41,714
7	Anillo E	5,975	5,800	0,006	28,000
8	Anillo F	5,993	5,900	0,002	49,333
9	Anillo G	5,980	5,800	0,005	36,000
10	Anillo H	5,983	5,800	0,004	41,714
11	Anillo I	5,993	5,900	0,002	49,333
12	Anillo J	5,978	5,800	0,006	31,556
13	Anillo K	5,985	5,800	0,004	49,333
14	Anillo L	5,983	5,800	0,004	41,714
15	Anillo M	5,985	5,800	0,004	49,333

16	Anillo N	5,980	5,800	0,005	36,000
17	Anillo O	5,983	5,800	0,004	41,714
18	Anillo P	5,985	5,800	0,004	49,333
19	Anillo Q	5,983	5,800	0,004	41,714
20	Anillo R	5,983	5,800	0,004	41,714
21	Anillo S	5,980	5,800	0,005	36,000
22	Anillo T	5,985	5,800	0,004	49,333

Realizado por: Ceballos, John, 2022

4.2.3.4. Valores mínimos y máximos de velocidad de corrosión en casquetes y anillos TK04

En la tabla siguiente se indican los valores mínimos y máximos de velocidad de corrosión obtenidos mediante cálculos en el tanque TK04:

Tabla 15-4: Valores de velocidad de corrosión TK04

Denominación	Valor mínimo de velocidad de corrosión(mmy)	Valor máximo de velocidad de corrosión(mmy)
Casquete Frontal	0,002	0,011
Casquete Posterior	0,002	0,010
Anillos A-T	0,002	0,006

Realizado por: Ceballos, John, 2022

En la tabla mostrada se indican los valores mínimos y máximos de corrosión medidos en los casquetes y anillos del tanque mencionado, siendo de relevancia los valores máximos de corrosión, estos datos son empleados para el cálculo de la frecuencia para la siguiente inspección.

4.2.4. Determinación de la frecuencia para la siguiente inspección de medición de espesores por ultrasonido en los tanques TK01, TK03 y TK04

4.2.4.1. Frecuencia recomendada para la siguiente inspección TK01 según API 653

En la siguiente tabla se indican las frecuencias calculadas para los anillos y casquetes del tanque TK01 después de haber realizados los cálculos respectivos:

Tabla 16-4: Frecuencia de inspección TK01

TK01		
Denominación	Frecuencias calculadas (años)	Frecuencia para siguiente inspección (años)
Casquete Frontal	9	8
Casquete Posterior	8	
Anillos A-T	11	

Realizado por: Ceballos, John, 2022

En la tabla mostrada se puede observar que se tienen 3 valores para realizar las inspecciones de acuerdo a casquetes y anillos del tanque mencionado, por criterios de mantenimiento preventivo

se establece como valor general la mínima frecuencia dada, en este caso el tiempo máximo para llevar a cabo la siguiente medición de espesores por ultrasonido en tanque TK01 es después de 8 años. Este criterio se aplica para los dos tanques restantes, el procedimiento de cálculo de la frecuencia de inspección se indica en las páginas siguientes de este documento.

4.2.4.2. *Frecuencia recomendada para la siguiente inspección TK03 según API 653*

En la siguiente tabla se indican las frecuencias calculadas para los anillos y casquetes del tanque TK03 después de haber realizados los cálculos respectivos:

Tabla 17-4: Frecuencia de inspección TK03

TK03		
Denominación	Frecuencias calculadas (años)	Frecuencia para siguiente inspección (años)
Casquete Frontal	11	10
Casquete Posterior	10	
Anillos A-T	12	

Realizado por: Ceballos, John, 2022

4.2.4.3. *Frecuencia recomendada para la siguiente inspección TK03 según API 653*

En la siguiente tabla se indican las frecuencias calculadas para los anillos y casquetes del tanque TK03 después de haber realizados los cálculos respectivos:

Tabla 18-4: Frecuencia de inspección TK04

TK04		
Denominación	Frecuencias calculadas (años)	Frecuencia para siguiente inspección (años)
Casquete Frontal	9	6
Casquete Posterior	6	
Anillos A-T	15	

Realizado por: Ceballos, John, 2022

4.2.4.4. *Tabla resumen de frecuencia para la siguiente inspección TK01, TK03 y TK04*

En la siguiente tabla se indica la frecuencia recomendada para siguiente inspección en los tanques de manera general:

Tabla 19-4: Frecuencia para la siguiente inspección

Código Equipo	Descripción del equipo	Año de adquisición (años)	Tiempo de operación (años)	Espesor nominal (mm)		Espesor mínimo medido (mm)	Velocidad máxima de corrosión (mmy)	Frec. para siguiente inspección (años)		
				Anillos A-T	Casquete					
TK-01	Tanque cilíndrico de 4500 galones para almacenar gasolina	2009	13	Anillos A-T	4,000	3,800	0,008	8		
				Casquete Frontal	6,500				6,220	0,014
				Casquete Posterior	6,500				6,220	0,016
TK-03	Tanque cilíndrico de 6000 galones para almacenar diésel	2008	14	Anillos A-T	4,000	3,800	0,008	10		
				Casquete Frontal	4,000				3,820	0,008
				Casquete Posterior	4,000				3,840	0,008
TK-04	Tanque cilíndrico de 500 barriles para almacenar diésel	2018	4	Anillos A-T	6,000	5,800	0,006	6		
				Casquete Frontal	6,000				5,800	0,011
				Casquete Posterior	6,000				5,860	0,010

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Las frecuencias mostradas son los tiempos mínimos recomendados en que se debería evaluar los equipos de almacenamiento, siendo estos equipos los tanques TK01, TK03 y TK04.

4.2.5. Ejemplo de cómo aplicar las fórmulas para el cálculo en tanques

4.2.5.1. Cálculo de la velocidad de corrosión (VC)

En el Capítulo II del trabajo de investigación se indica la ecuación para cálculo de la Velocidad de Corrosión según indica la norma API 570:

$$Velocidad\ de\ corrosión\ (VC) = \frac{t\ nominal - t\ medido\ real\ (mm)}{tiempo\ entre\ t\ nominal\ y\ t\ medido\ (en\ años)} \quad (2)$$

Dónde:

- **t nominal.** El espesor, en pulgadas (milímetros), en el mismo lugar que el tacto medido en la instalación inicial o al inicio de un nuevo entorno de índice de corrosión.
- **t medida real.** El espesor real, en pulgadas (milímetros), medido en el momento de la inspección para una ubicación o componente dado.

Se usan los datos obtenidos del casquete frontal del TK01 a manera de ejemplo y son los siguientes:

Tabla 20-4: Medidas del casquete frontal TK01

Valor inicial o nominal del espesor del casquete (mm)	6,500
Valor promedio medido del espesor del casquete (mm)	6,356
Valor mínimo medido del espesor del casquete (mm)	6,220
Año de adquisición (años)	2009
Tiempo de operación (años)	13
Velocidad de corrosión (mmy)	0,011
Vida útil (y)	12,278

Realizado por: Ceballos, John, 2022.

Los datos que son necesarios para aplicar la ecuación son el espesor nominal del casquete, el espesor promedio medido y el tiempo de operación en años desde su adquisición hasta la fecha en que realiza la inspección:

$$Velocidad\ de\ corrosión\ (VC) = \frac{6.500mm - 6.356mm}{13\ años} \quad (2)$$

$$Velocidad\ de\ corrosión\ (VC) = \frac{0.144\ mm}{13\ años} \quad (2)$$

$$Velocidad\ de\ corrosión\ (VC) = 0.011\ mmy \quad (2)$$

El resultado de la velocidad de corrosión se muestra en las unidades (mmy), en donde esto indica que sus unidades están en milímetros por año, entonces se tiene que la velocidad de corrosión con la que se desgasta el material es de 0.011 milímetros por año para el tiempo de operación de 14 años.

4.2.5.2. Cálculo de vida remanente o vida útil restante

La vida remanente los tanques para caso de estudio, se calcula con la siguiente ecuación:

$$Vida\ útil\ restante\ (años) = \frac{t\ medido\ real - t\ mínimo\ medido\ (mm)}{velocidad\ de\ corrosión\ (pulgadas\ o\ milímetros\ por\ año)} \quad (3)$$

Donde:

- **t medido real:** es el espesor actual promedio en pulgadas o milímetros, medidos durante la inspección.

- **t mínimo medido:** es el espesor mínimo requerido, en pulgadas o milímetros en la misma ubicación o componente como el hecho por cálculo de diseño (por ejemplo, el de presión y estructural) antes de la corrosión permitida por la tolerancia añadida por el fabricante.

A continuación, se indica el cálculo respectivo para la vida útil en años del casquete frontal del TK01:

$$Vida\ útil\ (años) = \frac{6.356\ mm - 6.220\ mm}{0.011\ mmy} \quad (3)$$

$$Vida\ útil\ (años) = \frac{0.136\ mm}{0.011\ mmy} \quad (3)$$

$$Vida\ útil\ (años) = 12.278\ y \quad (3)$$

En este caso se tiene una vida útil de 12.278y (años) en el cálculo realizado en la hoja de Excel mediante computadora.

Resumiendo, el tiempo estimado de vida útil del casquete del TK01 es aproximadamente de 12 años, se toma este valor aproximando hacia abajo los decimales por cuestiones preventivas de mantenimiento. El cálculo se lo realiza de la misma manera para casquetes y anillos restantes de todos los tanques TK01, TK03 y TK04 respectivamente, el cálculo mostrado anteriormente se lo realiza a manera didáctica como ejemplo.

4.2.5.3. Cálculo de la frecuencia para la siguiente inspección

Para proceder a realizar el cálculo de frecuencia para llevar a cabo la siguiente inspección, se toma como referencia los datos obtenidos del tanque TK-03:

Tabla 21-4: Datos obtenidos en el tanque TK-03

Denominación	Valor minino de máxima de corrosión (mmy)	Espesor mínimo medido (mm)	Frecuencias calculadas (años)	Frecuencia recomendada (años)
Anillos A-T	0,008	3,800	12,000	10
Casquete Frontal	0,008	3,820	11,000	
Casquete Posterior	0,008	3,840	10,000	

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Para cálculo de la frecuencia de inspección se hace uso de la siguiente ecuación (1) mencionada en el capítulo III, y es la siguiente:

$$FI \text{ (años)} = \frac{RCA}{2N} \quad (1)$$

Donde:

- FI= Frecuencia recomendada para realizar la siguiente inspección, en años, desde el momento en que realiza la medición de espesores.
- RCA= Espesor del cuerpo medido o nominal menos el espesor mínimo requerido o medido durante la inspección del equipó, estos valores vienen dados en milímetros.
- N= Rata de corrosión o velocidad de corrosión calculada mediante la inspección, su valor viene dado en mmy (milímetros de corrosión por año).

Para efectos demostrativos se hará el cálculo de los anillos A-T del tanque TK-03.

$$FI \text{ (años)} = \frac{\text{Espesor cuerpo medido (nominal) mm} - \text{espesor minimo requerido (medido) mm}}{2 * \text{Rata de corrosión mmy}} \quad (1)$$

$$FI \text{ (años)} = \frac{4.00\text{mm} - 3.800\text{mm}}{2 * 0.008\text{mmy}} \quad (1)$$

$$FI \text{ (años)} = 12.50y \quad (1)$$

$$FI \text{ (años)} = 12y \quad (1)$$

Realizando los cálculos con los datos mencionados se obtiene un valor de 12.50y (años), por cuestiones preventivas y de seguridad se toma como valor los números enteros sin aproximar al inmediato superior, en este caso sería 12y (años) la frecuencia recomendada para la siguiente inspección de los anillos del tanque TK-03.

Se realiza el mismo proceso para los dos casquetes obteniendo los valores de 11y para el casquete frontal y 10y para el casquete frontal, aplicando el mismo criterio de prevención y seguridad, de las tres frecuencias calculadas se toma el valor mínimo de frecuencia, siendo el valor de 10y (años) la frecuencia recomendada para realizar la siguiente inspección de todo el cuerpo del tanque TK-03.

4.2.6. Comparación de velocidades de corrosión y vida útil restante entre tanques TK-01, TK-03 y TK-04 respectivamente

4.2.6.1. Valores máximos y mínimos de velocidad de corrosión en los tanques TK-01, TK-03 y TK-04

En el gráfico 1-4 se muestran los valores de tasa de corrosión obtenidos en el tanque TK-01 durante la medición de campo:

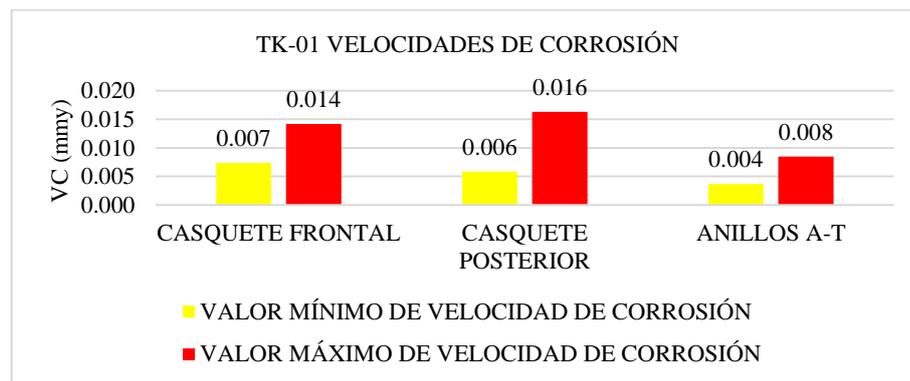


Ilustración 1-4: Velocidad de corrosión TK-01

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Estos valores de corrosión mostrados vienen dados en milímetros de corrosión por año (mmy).

De igual forma se indican los valores de tasa de corrosión obtenidos en el tanque TK-03 como y se ilustran en el gráfico 2-4 a continuación:

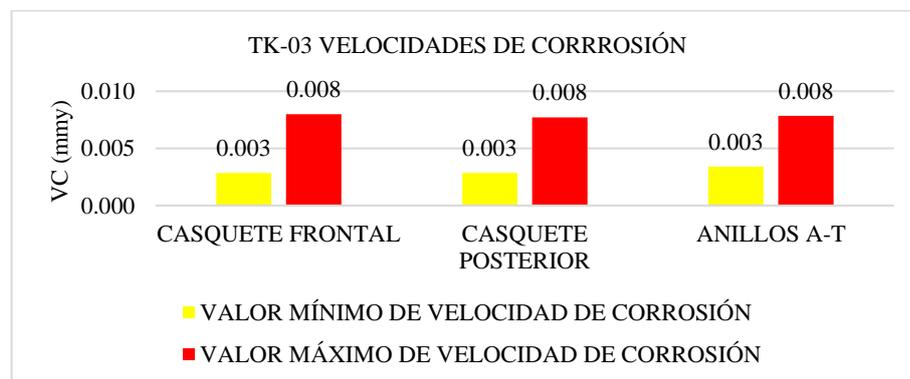


Ilustración 2-4: Velocidad de corrosión TK-03

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Por último, se tiene los valores de tasa de corrosión obtenidos en el tanque TK-04 y se indica en el gráfico 3-4:

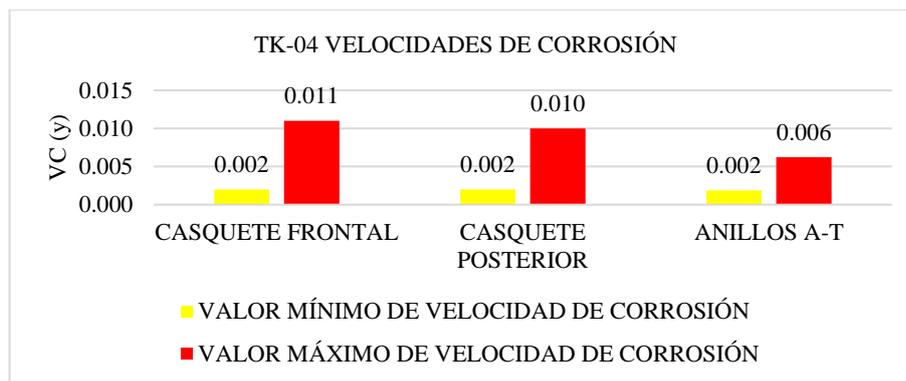


Ilustración 3-4: Velocidad de corrosión TK-04

Realizado por: Ceballos, John, 2022

De los tres gráficos mostrados se puede apreciar que el tanque TK-01 es el que posee una tasa de corrosión mayor en el casquete posterior en comparación a los dos tanques mencionados, TK-03 y TK-04, siendo este valor de 0.0016mm (milímetros de corrosión por año).

Este valor indica que este tanque ha sufrido mayor desgaste en sus paredes metálicas durante el tiempo de operación desde su adquisición hasta la fecha en que fue evaluado, lo cual es algo normal, siendo este equipo el más antiguo en comparación de los dos tanques en estudio.

Por otro lado, este valor de corrosión indica que el tanque TK-01 es a quien se debe dar mayor prioridad en los aspectos de mantenimiento, debido a que está más susceptible a sufrir un fallo mecánico a futuro.

4.2.6.2. Valores de vida útil restante de los tanques TK-01, TK-03 y TK-04

A continuación, se indican los valores de vida útil restante obtenidos durante la medición en el tanque TK-01, ver gráfico 4-4:

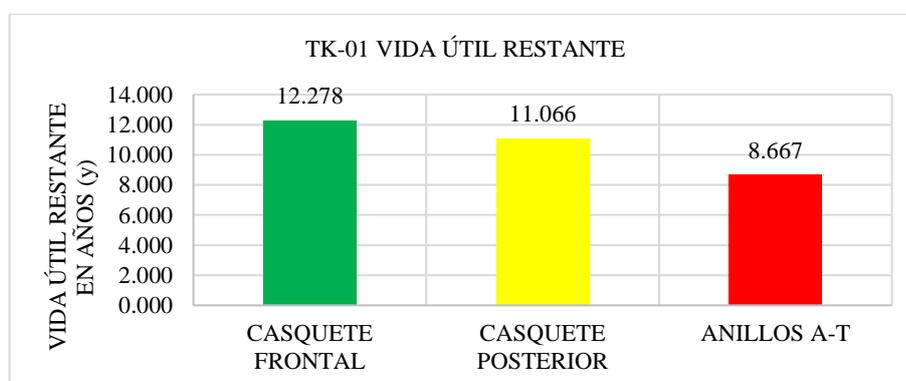


Ilustración 4-4: Vida útil restante TK-01

Realizado por: Ceballos, John, 2022

De igual manera se indican los valores de vida útil restante obtenidos en el tanque TK-03, observar el ilustración 5-4:

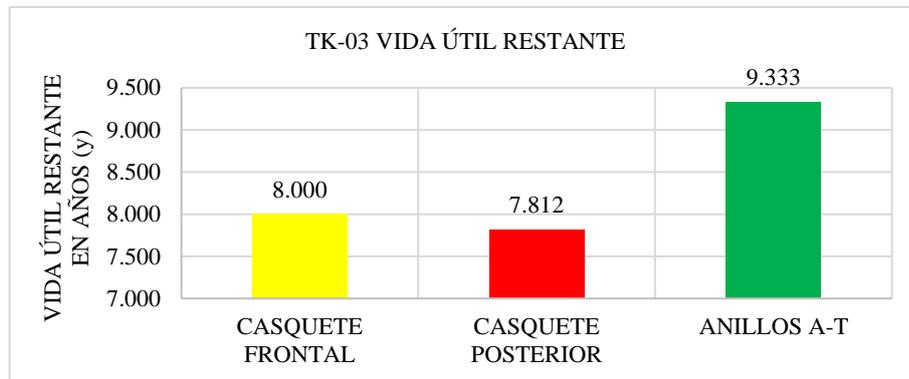


Ilustración 5-4: Vida útil restante TK-03

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Por último, en el ilustración 6-4 se indican los valores de vida útil restante obtenidos en el tanque TK-04 como se indica a continuación:

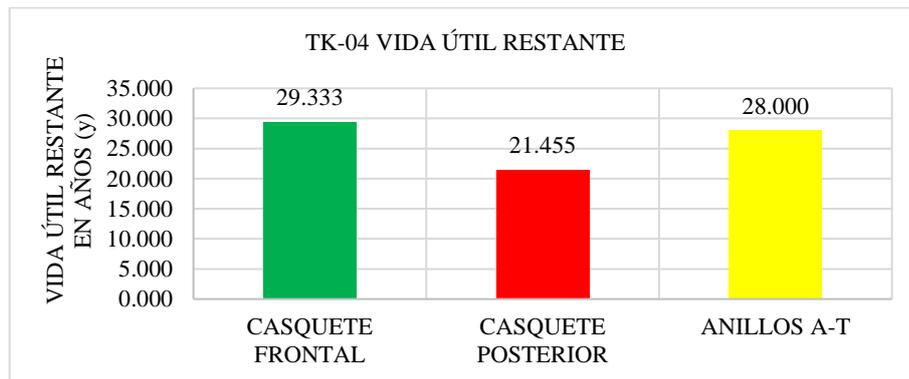


Ilustración 6-4: Vida útil restante TK-04

Realizado por: Ceballos, John, 2022

De los valores indicados en los gráficos, interesa para caso de estudio los valores que están en la barra de color rojo, pudiendo observar que el tanque TK-02 es el que tiene un valor de vida útil restante bajo en comparación de los otros dos tanques, dicho valor es de 7.812y (vida restante en años) en el casquete posterior.

Por cuestiones de seguridad se toma los valores mínimos obtenidos de vida útil restante para las futuras actividades de mantenimiento preventivo que se apliquen a los tanques mencionados.

También se debe considerar que dichos valores son aproximados, estos pueden variar en función de las medidas y acciones de mantenimiento preventivo que se ejecuten posteriormente a los

tanques de almacenamiento de combustible, pudiendo reducir o alargar su vida útil de operación en los mismos.

4.2.7. Costos ligados a la inspección de medición de espesores por ultrasonido

4.2.7.1. Costos empleados por el Área de Combustible del GADMJS

Para las actividades de mantenimiento como succión de sedimentos, calibración geométrica y medida de espesores en los tres tanques existentes, TK01, TK02 y TK03, a fin de dar cumplimiento a las Normas de Calidad Metrología y Procedimientos de Control, establecido por el Ministerio de Hidrocarburos publicado en el Registro Oficial N.621, segundo suplemento del 5 de noviembre del año 2015, el GADMJS contrata a la empresa Mr. Services, ubicada en la ciudad de Quito.

A continuación, en la siguiente tabla se indica en costo empleado y las actividades detalladas:

Tabla 22-4: Tabla de costos para realizar mantenimiento a los tanques de Combustibles

Ítem	Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	3	Succión y limpieza interna de sedimentos de tanques, calibración con agua utilizando seraphin de 50 galones de tanques, medida de espesores con el equipo de ultrasonido de tanques	\$ 1.019,20	\$ 3.057,60
Costos totales (incluye IVA)				\$ 3.057,60

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Esta actividad fue cotizada el día 23 de febrero del 2018, para ser ejecutada días posteriores. Hasta el momento es el único registro existente actual en donde se indica que se ha realizado actividades referentes a la medición de espesores por ultrasonido, hay que tener en cuenta que dichas mediciones solo fueron ejecutadas a fin de conocer los espesores nominales de los tanques como espesor de la pared metálica y espesores de ambos casquetes.

4.2.7.2. Costos estimados durante el desarrollo del trabajo de investigación

Esta información está indicada a más detalle en el capítulo III, en donde se dan a conocer los valores de manera desglosada. En la tabla 23-4 se indica de manera general el costo que implica llevar a cabo este trabajo de integración curricular,

Tabla 23-4: Tabla de costos empleados para el trabajo de investigación

Ítem	Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	1	Medición de espesores por ultrasonido realizado durante el desarrollo del presente trabajo, incluye equipo de medición Huatec TG300, E.P.P., herramientas, materiales e insumos y costo de personal para 1 inspección en los 3 tanques	\$ 1.746,95	\$ 1.746,95
Costos totales (incluye IVA)				\$ 1.746,95

Realizado por: Ceballos, John, 2022

4.2.7.3. Propuestas para futuras inspecciones de mediciones de espesores por ultrasonido

A manera de propuesta, se realizó un pequeño estudio en lo referente a medición de espesores por ultrasonido, para ello se tiene considerado hacer la adquisición de un equipo de medición de espesores por ultrasonido y capacitar a dos personas como mínimo en un curso de ultrasonido nivel III. Se debe tener en cuenta que para que la persona a ser capacitada en el curso nivel III de ultrasonido, este debe aprobar primero los cursos nivel I y II. En la tabla 24-4 se indica a manera de referencia los precios estimados para llevar a cabo la adquisición de un equipo de medición de espesores por ultrasonido gama media y el costo por el curso de capacitación nivel III:

Tabla 24-4: Propuesta número uno para inspección de ultrasonido

Ítem	Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	1	Curso de capacitación en ultrasonido nivel III, duración de 72 horas	\$ 1.643,24	\$ 1.643,24
2	1	Equipo de ultrasonido Olympus 38DL PLUS de Panametrics-NDT Medidor de espesor por ultrasonidos Detector de Defectos Gage	\$ 3.950,00	\$ 3.950,00
Costos totales (incluye IVA)				\$ 5.593,24

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Se tiene también como propuesta alternativa y la recomendada, la adquisición de un equipo de medición de espesores por ultrasonido gama alta, marca Olympus OmniScan MX phased array y el curso de capacitación nivel II:

Tabla 25-4: Propuesta numero dos para inspección de ultrasonido

Ítem	Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	1	Curso de capacitación en ultrasonido nivel III, duración de 72 horas	\$ 1.643,24	\$ 1.643,24
2	1	Equipo de ultrasonido Olympus OmniScan MX 16:128 phased array defecto detector-Zetec Ge Panametrics NDT	\$ 13.999,99	\$ 13.999,99
Costos totales (incluye IVA)				\$ 15.643,23

Realizado por: Ceballos, John, 2022

Se debe tomar en cuenta lo antes mencionado, la persona a ser capacitada en los cursos de ultrasonido debe aprobar los cursos nivel I y II para poder capacitarse en el curso nivel III.

La finalidad de capacitar a dos personas como mínimo, es para que esas dos personas puedan capacitar el resto del personal técnico, el curso nivel III da la facilidad de que el técnico capacitado pueda impartir los conocimientos adquiridos a los demás técnicos del Área de mantenimiento.

4.3. Resultados del plan de manejo ambiental

En el capítulo III, pagina 84 en adelante, se menciona que el plan de manejo ambiental o PMA está conformado por 7 planes, para caso de estudio se toman en cuenta 4 de los 7 planes mencionados. Dicho esto, a continuación, se indican los planes que fueron considerados y desarrollados en este trabajo de investigación:

- Plan de prevención y mitigación de impactos.
- Plan de Capacitación.
- Plan de Manejo de Desechos.
- Plan de Monitoreo y Seguimiento.

Estos planes fueron desarrollados en el capítulo anterior, en donde se toman en cuenta los aspectos ambientales más relevantes y que existen en el Área de Combustible del GADMJS. Como resultado final del trabajo de investigación en lo referente al aspecto ambiental se deja como

modelo de formato 4 matrices que pueden ser empleadas por el GADMJS en caso de ser necesario, dichas matrices están codificadas y se conforman por una serie de aspectos importantes a ser controlados y monitoreados. Para cada plan de manejo ambiental le corresponde una matriz de control, en estas matrices se debe llenar información relevante como es el aspecto ambiental, impacto identificado, las medidas propuestas para mitigar dichos impactos, indicadores para poder medir estos aspectos en caso de ser necesario, medios de verificación, tiempo en que se lleva a cabo este proceso y por último el presupuesto que conlleva esta actividad.

Se recuerda que el GADMJS cuenta con un departamento referente a la parte ambiental, es por ello que se deja criterio de los encargados del Área de Combustible el uso de estas matrices para actividades ambientales futuras, se tiene que tener en cuenta que actualmente no existe reglamento alguno en donde se indique el modelo de matriz a ser empleada, estas son desarrolladas de acuerdo a las actividades y necesidades de la empresa.

4.3.1. Modelo de matriz del plan de prevención y mitigación de impactos GADMJS

A continuación, se indica la propuesta de modelo de matriz para controlar y monitorear los aspectos relacionados al plan de prevención y mitigación de impactos en la fase de operación y mantenimiento del Área de Combustible del GADMJS:

Tabla 26-4: Matriz de evaluación del plan de prevención y mitigación de impactos GADMJS

PMI: Plan de Prevención y Mitigación de Impactos						
FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO						
Objetivos:	<ul style="list-style-type: none"> Prevenir y controlar la contaminación producida por las actividades de mantenimiento en el Área de Combustible. Planificar acciones de mitigación que permitan el control, reducción o eliminación de los impactos más significativos ocasionados por las actividades de mantenimiento llevadas a cabo. 					PMI-01
Lugar de Aplicación:	Mini estación de servicios en el Área de Combustible.					
Responsables	Personal encargado del Área de Combustible.					
MEDIDAS GENERALES						
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de verificación	Plazo (meses)	Presupuesto (\$)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

4.3.2. Modelo de matriz para evaluar el plan de contingencias del GADMJS

Tabla 27-4: Matriz de evaluación del plan de capacitación del GADMJS

PCA: Plan de Capacitación Ambiental						
FASE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO						
Objetivos:	<ul style="list-style-type: none"> Proveer la capacitación durante la operación con la finalidad de que el personal conozca y aplique correctamente las medidas establecidas en el Plan de Manejo Ambiental. 					PC-02
Lugar de Aplicación:	Mini estación de servicios en el Área de Combustible.					
Responsables	Personal encargado del Área de Combustible.					
MEDIDAS GENERALES						
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de verificación	Plazo (meses)	Presupuesto (\$)
Aumento del riesgo de la accidentabilidad producto de la operación	Riesgo de Accidentes y enfermedades	Se indicará por lo menos lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> Está prohibido el consumo de bebidas alcohólicas durante las actividades ni llegar a laborar en estado etílico. Está prohibido fumar al interior de la estación de servicio y/o efectuar cualquier operación generadora de chispas o fuego. Está prohibido almacenar o despachar Combustible en recipientes no autorizados, ni despachar a vehículos con el motor encendido. Mantener orden y limpieza Prohibir de juegos y actividades de distracción Prohibido realiza trabajos que pongan en riesgo la seguridad del personal, instalaciones y medio ambiente. Prohibido realizar trabajos en un periodo de tiempo no autorizado 	(Número de personal nuevo que ha recibido inducción / total de personal nuevo) * 100	Registro de inducción de personal nuevo.	Cuando se requiera	Consultar valores a los encargados de brindar la capacitación

Realizado por: Ceballos, John, 2022

4.3.3. Modelo de matriz para evaluar el plan de manejo de desechos del GADMJS

A continuación, se indica la propuesta de modelo de matriz para controlar y monitorear los aspectos relacionados al plan de manejo de desechos en la fase de operación y mantenimiento del Área de Combustible del GADMJS:

Tabla 28-4: Matriz de evaluación del plan de capacitación del GADMJS

PD: Plan de Manejo de Desechos FASE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO							PD-03
Objetivos:	<ul style="list-style-type: none"> Determinar actividades que permitan eliminar, prevenir y minimizar los impactos ambientales vinculados con la generación de desechos y que estas permitan dar cumplimiento con la legislación ambiental vigente. Establecer un manejo adecuado para los desechos resultantes de las actividades. 						
Lugar de Aplicación:	Mini estación de servicios en el Área de Combustible.						
Responsables	Personal encargado del Área de Combustible.						
MEDIDAS GENERALES							
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de verificación	Plazo (meses)	Presupuesto (\$)	

Realizado por: Ceballos, John, 2022

4.3.4. Modelo de matriz para evaluar el plan de seguimiento y monitoreo del GADMJS

A continuación, se indica la propuesta de modelo de matriz para controlar y monitorear los aspectos relacionados al plan de seguimiento y monitoreo en la fase de operación y mantenimiento del Área de Combustible del GADMJS:

Tabla 29-4: Matriz de evaluación del plan de capacitación del GADMJS

PSM: Plan de Seguimiento y Monitoreo						PSM-04
FASE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO						
Objetivos:	<ul style="list-style-type: none"> Asegurar la correcta implantación del Plan de Manejo Ambiental durante el desarrollo de las actividades de mantenimiento. Verificar el cumplimiento de la reglamentación ambiental ecuatoriana vigente. 					
Lugar de Aplicación:	Mini estación de servicios en el Área de Combustible.					
Responsables	Personal encargado del Área de Combustible.					
MEDIDAS GENERALES						
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de verificación	Plazo (meses)	Presupuesto (\$)

Realizado por: Ceballos, John, 2022

CONCLUSIONES

Se investigó y describió los fundamentos técnicos de la planificación del plan de mantenimiento, plan de manejo ambiental y medición de espesores por ultrasonido con el fin de desarrollar el inventario, codificación y fichas técnicas de los tanques de almacenamiento TK01, TK03, TK04 y equipos de los sistemas de bombeo de Combustibles.

Se definió y aplicó la metodología de la planificación del mantenimiento, plan de manejo ambiental y medición de espesores por ultrasonido que permitió elaborar los documentos, formatos, matrices para llevar una correcta gestión de la información recabada durante este trabajo de investigación.

Se estableció y comparó el desgaste ocurrido en la pared entre los tanques TK01, TK03 Y TK04, desde su adquisición hasta la fecha de operación actual, pudiéndose observar una velocidad de corrosión mayor en el tanque TK01, con un valor de 0,016 mmy en uno de los puntos del casquete posterior, siendo un valor mayor que los otros dos tanques estudiados, tomando en cuenta criterios preventivos la, frecuencia más óptima para realizar la siguiente inspección por ultrasonido es dentro de 6 años.

Se determinó el estado técnico y el grado de importancia de los tanques de almacenamiento y equipos de bombeo con los puntajes obtenidos mediante la matriz de criticidad aplicada, esto permitió establecer las frecuencias más óptimas para la ejecución de las actividades que se contemplan dentro del plan de mantenimiento y los aspectos relevantes para el desarrollo del plan de manejo ambiental propuesto.

RECOMENDACIONES

Buscar fuentes de información actualizadas y confiables que permita describir de manera acertada los fundamentos teóricos para la planificación del plan de mantenimiento, plan de manejo ambiental y medición de espesores por ultrasonido.

Cuando se le asigne un código a un equipo, este debe aportar información útil que permita dar una idea al lector sobre el tipo máquina que es y donde se encuentra ubicado, el código debe ser lo más corto posible para no causar confusiones.

Los formatos elaborados en el trabajo de investigación como documentos para el mantenimiento, matrices para controlar y monitorear el aspecto ambiental, fichas de inspección para llevar a cabo la medición de espesores por ultrasonido, entre otros, deben contener ítems que aporten información útil a la gestión del mantenimiento para la toma de decisiones a futuro.

Emplear un detector de fallas Phased Array Synscan que permita verificar cordones de soldadura, mapeo de corrosión localizada y medir el desgaste ocurrido en los tanques para Combustibles según la frecuencia calculada para la siguiente inspección.

Direccionar la fuerza del mantenimiento hacia los equipos que fueron evaluados mediante la matriz de criticidad resultaron ser más críticos en comparación que los otros, estos pueden causar accidentes graves para el personal de mantenimiento, daños al medio ambiente y costos elevados para su reparación.

Analizar y optimizar periódicamente las actividades contempladas dentro del plan de mantenimiento y manejo ambiental, para que estas sean efectivas y permitan alargar la vida útil de los equipos, cuidar la integridad del personal técnico y el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

ACEBO, Carlos et al. Diseño e implementación del control de una válvula [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica del Ecuador, Ingeniería, Especialización Electrónica industrial. Guayaquil, Ecuador. 2004. pp. 2. [Consulta: 14 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/2bb79b32-d27b-427f-96b8-480a544ae324/D-84153.pdf>

API 570. *Inspección, reparación, alteración y revaloración de sistemas de tuberías en servicio.* Inspección, reparación, alteración y revaloración de sistemas de tuberías en servicio.

API 653. *Inspección, reparación, alteración y reconstrucción de tanques.* Inspección, reparación, alteración y reconstrucción de tanques.

API RP 575. *Inspección de tanques atmosféricos y de baja presión.* Inspección de tanques atmosféricos y de baja presión.

API-RP-580. *Inspección Basada en el Riesgo.* Inspección Basada en el Riesgo.

ASTM-E797. *Práctica estándar para medición de espesor mediante pulso-eco ultrasónico manual método por contacto 1.* Práctica estándar para medición de espesor mediante pulso-eco ultrasónico manual método por contacto 1.

BLUE METRIC QUALITY & SERVICE. *Medidor de espesor ultrasónico TG-3000 para metales, plástico y cerámica marca HUATEC* [blog]. [Consulta: 26 febrero 2022]. Disponible en: <https://bluemetric.mx/medidor-de-espesor-ultrasonico-tg-3000-para-metales-plastico-y-ceramica-marca-huatec/>

BUELVAS DÍAZ, Camilo Ernesto & MARTINEZ FIGUEROA, Kevin Jair. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Autónoma del Caribe, Ingeniería, Línea en gestión del mantenimiento. Barranquilla, Colombia. 2014. pp.76. [Consulta: 26 febrero 2022]. Disponible en: <https://1library.co/document/yrk96d7z-elaboracion-plan-mantenimiento-preventivo-maquinaria-pesada-empresa-l.html>

CADENILLAS, Jimmy Isaias. Implementación de la metodología de las 5S para optimizar la productividad en la fabricación de tableros eléctricos en la empresa EYLEEN Electric Sac, Lima-2020 [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Privada de Norte, Ingeniería, Carrera de ingeniería industrial. Lima, Perú. 2020. pp. 27. [Consulta: 14 02 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27786/Perez%20Cadenillas%2c%20Jimm%20Isaias.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAPOTE, Andy Azoy. *Evaluación de la gestión del mantenimiento y la reparación de los tractores mediante indicadores.* *Revista de ingeniería agrícola* [en línea]. 2018, (Cuba) 6(2), pp. 40-44 [Consulta: 22 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/817/850>

CELEC EP. Plan de Manejo Ambiental. [Consulta: 09 marzo 2022]. Disponible en: https://www.celec.gob.ec/transselectric/images/stories/noticias/2018%20WEB/Noticias%20WEB/Plan%20ambiente%202018/PLAN%20DE%20MANEJO_Taday_Bomboiza.pdf

COVENIN 3049-9. *Norma Venezolana. Mantenimiento Definiciones.* Norma Venezolana. Mantenimiento Definiciones.

GADMJS EQUIPO TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN. Plan estratégico institucional. [Consulta: 16 enero 2022].

GARCÍA, Pablo Fernando. Diseño, cálculo y construcción de un depósito industrial de chapa de acero para fluidos, Derivados del petróleo [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Politécnica de Valencia, Ingeniería. Valencia, España. 2017. pp. 131. [Consulta: 15 febrero 2022]. Disponible: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/74580/FERRANDO%20-%20Dise%C3%B1o,%20c%C3%A1culo%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20un%20dep%C3%B3sito%20industrial%20de%20chapa%20de%20acero%20para%20fluidos.pdf?sequence=3>

GARRIDO, Santiago García. *Organización y Gestión Integral del Mantenimiento* [en línea]. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. [Consulta: 05 enero 2022]. ISBN: 84-7978-548-9. Disponible en: https://www.academia.edu/41042547/Organizacion_y_gestion_integral_de_mante

GASCA, Maira C. et al. *Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial.* *SciELO Chile* [en línea], 2017, (Santa Marta-Colombia) 28 (4), pp. 111-124 [Consulta:

03 enero 2022]. ISSN 0718-0764. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000400014&script=sci_arttext&tlng=n

GÓMEZ DE LEÓN, E. *Ultrasonidos: nivel II* [en línea]. Madrid: FC Editorial, 2009. [Consulta: 09 enero 2022]. ISBN: 84-92735-06-8. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/114219?prev=bf>

GUAYLLA LÓPEZ, Jonatan Fabricio. Determinación del estado técnico de las tuberías de los tanques de almacenamiento de agua potable del GAD parroquial rural de Licán mediante ultrasonido [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, Chimborazo, Ecuador. 2019. pp. 10. [Consulta: 04 enero 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11569>

HERAS JIMÉNEZ, S.D.L. *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas* [en línea]. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2011. [Consulta: 15 enero 2022]. ISBN: 978-84-7653-893-7. Disponible en: https://elibro.net/es/ereader/epoch/52173?as_all=bombas__de__Combustibles&as_all_op=una_ccent__icontains&prev=as

ISO-14224. *Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural-recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.*

MACHADO VALLEJO, Luis Gonzalo. Selección y Aplicación Industriales de Bombas. Revista Polo del Conocimiento [en línea], 2020. (Manta, Ecuador) 5 (8), pp. 1309-1320. [Consulta: 20 enero 2022]. ISSN: 2550-682X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7554363>

MARTÍNES MENESES, Rafael. Manual de mantenimiento al tablero general eléctrico [En línea] (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Santa Cruz, México. 2018. pp. 20. [Consulta: 23 febrero 2022]. Disponible en: <http://reini.utcv.edu.mx:80/handle/123456789/444>

MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, Roberto. Análisis y evaluación de riesgos medioambientales [En línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría) Escuela de Negocios, Master en Ingeniería y Gestión Ambiental, Madrid, España. 2008. pp. 20. [Consulta: 22 febrero 2022]. Disponible en: <https://static.eoi.es/savia/documents/componente45567.pdf>

MARTÍNEZ PONCE DE LEÓN, Jesús G. *Introducción al análisis de Riesgos* [en línea]. México: Editorial Limusa, 2007. [Consulta: 22 febrero 2022]. ISBN 9681861531-9789681861537. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/463706043/Libro-Introduccion-al-Analisis-de-Riesgo-jesus-martinez-pdf>

MEDINA FABIAN, Andres Gelvis. Propuesta preliminar y diseño estructural academico de un elemento de una cubierta metálica para una cancha deportiva en el colegio Santa Isabel de Hungría. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, 2018. pp. 23. [Consulta: 14 febrero 2022.]. Disponible en: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5616/digital_37585.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

MEDRANO MÁRQUEZ, José et al. *Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales* [En línea]. México D.F: Grupo Editorial Patria, 2017. [Consulta: 18 enero 2022]. ISBN: 978-607-744-709-2. Disponible en: https://elibro.net/es/ereader/epoch/40508?as_all=programa__de__mantenimiento__industrial&as_all_op=unaccent__icontains&as_title_type=BOOK,THESIS,ARTICLE,BOOK,THESIS,MANUAL,ARTICLE&as_title_type_op=in&prev=as

MELÉNDEZ PERTUZ, Farid et al. Integridad Estructural de tuberías de transporte de hidrocarburos: Panorama actual. Revista Espacios [en línea], 2017. (Venezuela) 38 (17), pp. 10. [Consulta: 14 febrero 2022]. ISSN 07981015. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n17/a17v38n17p01.pdf>

MOLINA, Michael et al. Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los talleres de Soldadura, Automatismos Mecatrónicos, Hidraulica y Refrigeración del Centro CIES del SENA de Cúcuta, Norte de Santander. Metalnova [en línea], 2019, (Colombia) vol. 2, pp. 14-22. [Consulta: 25 febrero 2022]. Disponible en: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/metalnova/article/view/2474/2975>

NARANJO FLORES, Milton G. et al. *Proyecto de diseño de un Plan de Mantenimiento de tanques de almacenamiento: Techo de domo geodésico*. Polo del conocimiento [en línea], 2018, (Ecuador) 3(5), pp. 128-149. [Consulta: 11 febrero 2022]. ISSN: 2550-682X. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/491/pdf>

PEÑA RÍOS, Ludwig Homero. Plan de control, basado en lean thinking, para reduccion de tiempos de ejecución de un proyecto de mantenimiento de tanques de de almacenamiento de

hidrocarburos la Pampilla-Callao [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional del Callao, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Callao, Perú. 2018. [Consulta: 16 Marzo 2022.] Disponible en: <http://209.45.55.171/bitstream/handle/UNAC/4558/rios%20pe%c3%b1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

PEJERREY ZEGARRA, Gianfranco Emmanuel. Diseño y Cálculo de un Tanque de Almacenamiento Atmosférico de 60,000 Barriles para Almacejane de Gasolina de 90 Octanos en la Selva [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería Industrial y Mecánica, Lima, Perú. 2017. pp. 41-42. [Consulta: 03 enero 2022.] Disponible en: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/912/Giafranco%20Pejerrey_Tesis_Titulo%20Profesional_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

PILACUÁN JARAMILLO, J.C. Análisis de pérdidas por evaporación en el tanque de techo fijo de almacenamiento de gasolina súper TB-1012 del terminal de productos limpios el beaterio Petrocomercial [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Tecnológica Equinoccial, Tecnología, Carrera de Tecnología de Petroeos, Quito, Ecuador. 2009. [Consulta: 25 enero 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/espoch/85730?prev=bf>

RCOA. *Art. 435 Plan de Manejo Ambiental* Art. 435 Plan de Manejo Ambiental

ROJAS DEL AGUILA, Emerson. Diseño de sistema de tuberías para las instalaciones internas residenciales y comerciales de gas natural seco [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Trujillo, Ingeniería, Escuela Academico-Profesional de Ingeniería Mecánica. Lima, Trujillo, Perú. 2017. pp. 27. [Consulta: 14 febrero 2022]. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11216/rojas%20del%20aguila%20emerson.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TAVARES LOURIVAL, Augusto. *Administración Moderna del Mantenimiento* [En línea]. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicacion, 2000. [Consulta: 22 febrero 2022]. Disponible en: <https://soportec.files.wordpress.com/2010/06/administracion-moderna-de-mantenimiento.pdf>

TULSMA. Decreto ejecutivo 3516 [En línea]. 2017. pp.159. [Consulta: 04 enero 2022]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>

TUTHILL. Bomba de transferencia de Combustible serie 700V-115 y 230 voltios de CA. [Consulta: 26 febrero 2022]. Disponible en: https://www.equinix.com.mx/wp-content/uploads/2018/03/FinalSmallManualSmallIEN_...DE-rev-3-11-14-2013.pdf

UNE 150008. *Análisis y Evaluación del Riesgo Ambiental.*

UNE 60210. *Plantas satelites de gas natural licuado (GNL).* Plantas satelites de gas natural licuado (GNL).

UNE-EN 13306. *Terminología del mantenimiento.* Terminología del mantenimiento.

VALIOMETRO. *Instrumentos de medición portátil, medidor de espesores por ultrasonido Huateg TG3000* [pagina web]. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/525944283/Medidor-de-Espesor-Por-Ultrasonido-TG3000>

ANEXOS

ANEXO A: ESPESORES Y TIEMPO DE VIDA RESTANTE POR SECCIONES DEL CASQUETE FRONTAL TK01

		N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
		1	2	3	4	5					
Sección A	A1	1	2	3	4	5	6,300	6,316	0,014	6,280	2,543
		6,300	6,300	6,400	6,300	6,200					
	A2	1	2	3	4	5	6,280				
		6,200	6,300	6,300	6,200	6,400					
	A3	1	2	3	4	5	6,300				
		6,200	6,200	6,400	6,300	6,400					
	A4	1	2	3	4	5	6,360				
		6,400	6,300	6,300	6,400	6,400					
	A5	1	2	3	4	5	6,340				
		6,200	6,400	6,300	6,400	6,400					
		N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
Sección B	B1	1	2	3	4	5	6,360	6,404	0,007	6,360	5,958
		6,400	6,400	6,300	6,400	6,300					
	B2	1	2	3	4	5	6,360				
		6,500	6,300	6,300	6,300	6,400					
	B3	1	2	3	4	5	6,380				
		6,300	6,400	6,400	6,300	6,500					
	B4	1	2	3	4	5	6,480				
		6,500	6,600	6,400	6,400	6,500					
	B5	1	2	3	4	5	6,440				
		6,400	6,400	6,500	6,400	6,500					
		N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
Sección C	C1	1	2	3	4	5	6,420	6,384	0,009	6,320	7,172
		6,400	6,500	6,400	6,400	6,400					
	C2	1	2	3	4	5	6,380				
		6,300	6,500	6,400	6,300	6,400					
	C3	1	2	3	4	5	6,320				
		6,300	6,300	6,300	6,400	6,300					
	C4	1	2	3	4	5	6,400				
		6,400	6,400	6,400	6,400	6,400					
	C5	1	2	3	4	5	6,400				
		6,400	6,400	6,400	6,400	6,400					

Sección D	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	D1	1	2	3	4	5	6,340	6,340	0,012	6,220	9,750
		6,300	6,400	6,300	6,400	6,300					
	D2	1	2	3	4	5	6,220				
		6,200	6,200	6,200	6,200	6,300					
	D3	1	2	3	4	5	6,320				
		6,400	6,300	6,300	6,300	6,300					
D4	1	2	3	4	5	6,400					
	6,400	6,500	6,300	6,400	6,400						
D5	1	2	3	4	5	6,420					
	6,400	6,400	6,500	6,400	6,40						
Sección E	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	E1	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,480	6,372	0,010	6,320	5,281
		6,400	6,400	6,600	6,600	6,400					
	E2	1	2	3	4	5	6,360				
		6,400	6,300	6,400	6,400	6,300					
	E3	1	2	3	4	5	6,320				
		6,300	6,400	6,300	6,300	6,300					
E4	1	2	3	4	5	6,340					
	6,400	6,400	6,300	6,300	6,300						
E5	1	2	3	4	5	6,360					
	6,300	6,300	6,400	6,500	6,300						
Sección F	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	F1	1	2	3	4	5	6,440	6,356	0,011	6,280	6,861
		6,500	6,400	6,300	6,400	6,600					
	F2	1	2	3	4	5	6,360				
		6,400	6,300	6,400	6,400	6,300					
	F3	1	2	3	4	5	6,380				
		6,400	6,400	6,300	6,400	6,400					
F4	1	2	3	4	5	6,280					
	6,200	6,300	6,400	6,300	6,200						
F5	1	2	3	4	5	6,320					
	6,300	6,300	6,400	6,200	6,400						

Sección G	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	G1	1	2	3	4	5	6,340	6,344	0,012	6,320
	6,300	6,400	6,300	6,400	6,300					
G2	1	2	3	4	5	6,380				
	6,400	6,400	6,300	6,400	6,400					
G3	1	2	3	4	5	6,340				
	6,300	6,400	6,300	6,400	6,300					
G4	1	2	3	4	5	6,320				
	6,300	6,400	6,400	6,300	6,200					
G5	1	2	3	4	5	6,340				
	6,300	6,400	6,400	6,300	6,300					
Sección H	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	H1	1	2	3	4	5	6,300	6,332	0,013	6,300
	6,300	6,200	6,300	6,400	6,300					
H2	1	2	3	4	5	6,300				
	6,200	6,400	6,200	6,400	6,300					
H3	1	2	3	4	5	6,340				
	6,200	6,400	6,400	6,400	6,300					
H4	1	2	3	4	5	6,400				
	6,300	6,400	6,500	6,300	6,500					
H5	1	2	3	4	5	6,320				
	6,400	6,400	6,200	6,200	6,400					
Valor inicial o nominal del espesor del casquete (mm)							6,500			
Valor promedio medido del espesor del casquete (mm)							6,356			
Valor mínimo medido del del espesor del casquete (mm)							6,220			
Año de adquisición (años)							2009			
Tiempo de operación (años)							13			
Velocidad de corrosión (mmy)							0,011			
Vida útil (y)							12,278			

ANEXO B: ESPESORES Y TIEMPO DE VIDA RESTANTE POR SECCIONES DEL CASQUETE POSTERIOR TK01

		N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
Sección A	A1	1	2	3	4	5	6,420	6,410	0,007	6,360	7,222
		6,400	6,300	6,500	6,500	6,400					
	A2	1	2	3	4	5	6,360				
		6,400	6,400	6,300	6,300	6,400					
	A3	1	2	3	4	5	6,470				
		6,500	6,600	6,500	6,450	6,300					
	A4	1	2	3	4	5	6,400				
		6,400	6,500	6,400	6,300	6,400					
	A5	1	2	3	4	5	6,400				
		6,400	6,300	6,400	6,400	6,500					
		N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
Sección B	B1	1	2	3	4	5	6,420	6,416	0,006	6,380	5,571
		6,500	6,600	6,400	6,300	6,300					
	B2	1	2	3	4	5	6,380				
		6,300	6,400	6,400	6,400	6,400					
	B3	1	2	3	4	5	6,380				
		6,400	6,500	6,300	6,300	6,400					
	B4	1	2	3	4	5	6,440				
		6,600	6,500	6,400	6,300	6,400					
	B5	1	2	3	4	5	6,460				
		6,400	6,500	6,600	6,500	6,300					
		N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
Sección C	C1	1	2	3	4	5	6,460	6,424	0,006	6,400	4,105
		6,500	6,600	6,500	6,400	6,300					
	C2	1	2	3	4	5	6,400				
		6,400	6,400	6,400	6,400	6,400					
	C3	1	2	3	4	5	6,440				
		6,400	6,500	6,500	6,500	6,300					
	C4	1	2	3	4	5	6,400				
		6,400	6,400	6,400	6,400	6,400					
	C5	1	2	3	4	5	6,420				
		6,400	6,400	6,400	6,400	6,500					

Sección D	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	D1	1	2	3	4	5	6,320	6,324	0,014	6,260	4,727
		6,200	6,400	6,300	6,300	6,400					
	D2	1	2	3	4	5	6,360				
		6,400	6,300	6,400	6,400	6,300					
	D3	1	2	3	4	5	6,340				
		6,300	6,400	6,400	6,300	6,300					
D4	1	2	3	4	5	6,340					
	6,300	6,400	6,400	6,300	6,300						
D5	1	2	3	4	5	6,260					
	6,300	6,200	6,200	6,300	6,300						
Sección E	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	E1	1	2	3	4	5	6,380	6,316	0,014	6,280	2,543
		6,300	6,400	6,400	6,400	6,400					
	E2	1	2	3	4	5	6,280				
		6,300	6,200	6,300	6,300	6,300					
	E3	1	2	3	4	5	6,280				
		6,300	6,200	6,200	6,300	6,400					
E4	1	2	3	4	5	6,340					
	6,300	6,400	6,300	6,400	6,300						
E5	1	2	3	4	5	6,300					
	6,300	6,300	6,300	6,300	6,300						
Sección F	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	F1	1	2	3	4	5	6,300	6,320	0,014	6,300	1,444
		6,300	6,300	6,200	6,300	6,400					
	F2	1	2	3	4	5	6,300				
		6,200	6,300	6,400	6,300	6,300					
	F3	1	2	3	4	5	6,300				
		6,300	6,200	6,300	6,400	6,300					
F4	1	2	3	4	5	6,360					
	6,300	6,400	6,400	6,300	6,400						
F5	1	2	3	4	5	6,340					
	6,400	6,300	6,300	6,400	6,300						

Sección G	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	G1	1	2	3	4	5	6,260	6,292	0,016	6,260
	6,300	6,200	6,200	6,300	6,300					
G2	1	2	3	4	5	6,300				
	6,200	6,300	6,300	6,400	6,300					
G3	1	2	3	4	5	6,300				
	6,200	6,300	6,400	6,300	6,300					
G4	1	2	3	4	5	6,300				
	6,400	6,300	6,200	6,300	6,300					
G5	1	2	3	4	5	6,300				
	6,300	6,200	6,300	6,400	6,300					
Sección H	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	H1	1	2	3	4	5	6,300	6,288	0,016	6,220
	6,300	6,300	6,300	6,300	6,300					
H2	1	2	3	4	5	6,220				
	6,300	6,200	6,200	6,200	6,200					
H3	1	2	3	4	5	6,280				
	6,300	6,300	6,300	6,200	6,300					
H4	1	2	3	4	5	6,360				
	6,300	6,300	6,500	6,400	6,300					
H5	1	2	3	4	5	6,280				
	6,300	6,300	6,300	6,300	6,200					
Valor inicial o nominal del espesor del casquete (mm)							6,500			
Valor promedio medido del espesor del casquete (mm)							6,349			
Valor mínimo medido del del espesor del casquete (mm)							6,220			
Año de adquisición (años)							2009			
Tiempo de operación (años)							13			
Velocidad de corrosión (mmy)							0,012			
Vida útil (y)							11,066			

ANEXO C: MEDIDA DE ESPESORES DE ANILLOS A-T DEL TANQUE TK01

Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	1	2	3	4	5			
Anillo A	A1	3,900	4,000	4,100	4,000	3,800	3,953	3,920
	A2	4,000	3,900	4,000	3,900	4,000		
	A3	4,000	3,900	3,900	3,800	4,000		
	A4	3,900	3,900	4,000	4,100	3,900		
	A5	4,100	3,800	4,000	3,900	4,000		
	A6	4,000	3,900	3,900	3,800	4,100		
	A7	4,000	3,900	3,900	4,000	4,000		
	A8	3,900	3,900	4,000	4,000	4,000		
Valor inicial (mm)								4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,953
Valor mínimo medido (mm)								3,920
Año de adquisición (y)								2009
Tiempo de operación (y)								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004
Vida útil (y)								8,895
Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	1	2	3	4	5			
Anillo B	B1	4,000	3,900	4,000	3,900	3,900	3,940	3,900
	B2	3,900	3,800	4,100	4,000	4,000		
	B3	3,900	3,900	3,800	3,900	4,000		
	B4	3,900	4,000	4,000	4,000	3,900		
	B5	3,900	3,800	4,000	4,000	4,000		
	B6	4,000	3,800	4,000	3,900	3,900		
	B7	4,000	4,000	3,900	3,900	4,000		
	B8	4,000	3,900	4,000	3,900	3,900		
Valor inicial (mm)								4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,940
Valor mínimo medido (mm)								3,900
Año de adquisición (y)								2009
Tiempo de operación (y)								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,005
Vida útil (y)								8,667

Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	1	2	3	4	5			
C1	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,890	3,800
	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900			
C2	3,900	3,900	4,000	4,000	4,000	3,960		
	3,900	3,900	4,000	4,000	4,000			
C3	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900		
	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900			
C4	4,000	3,900	3,900	3,900	3,900	3,920		
	4,000	3,900	3,900	3,900	3,900			
C5	4,000	4,000	4,000	3,000	4,000	3,800		
	4,000	4,000	4,000	3,000	4,000			
C6	3,900	3,900	3,800	3,800	3,900	3,860		
	3,900	3,900	3,800	3,800	3,900			
C7	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900		
	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900			
C8	3,900	4,000	3,900	3,800	3,800	3,880		
	3,900	4,000	3,900	3,800	3,800			
Valor inicial (mm)								4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,890
Valor mínimo medido (mm)								3,800
Año de adquisición (y)								2009
Tiempo de operación (y)								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,008
Vida útil (y)								10,636
Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	1	2	3	4	5			
D1	3,800	3,900	4,000	4,000	4,000	3,940	3,945	3,900
	3,800	3,900	4,000	4,000	4,000			
D2	4,000	3,900	4,000	4,000	4,000	3,980		
	4,000	3,900	4,000	4,000	4,000			
D3	3,900	4,000	4,000	3,900	4,000	3,960		
	3,900	4,000	4,000	3,900	4,000			
D4	4,000	4,000	3,800	3,800	3,900	3,900		
	4,000	4,000	3,800	3,800	3,900			
D5	4,000	3,800	3,900	3,900	4,000	3,920		
	4,000	3,800	3,900	3,900	4,000			
D6	3,900	4,000	3,900	3,800	3,900	3,900		
	3,900	4,000	3,900	3,800	3,900			
D7	4,000	4,000	3,900	4,000	4,000	3,980		
	4,000	4,000	3,900	4,000	4,000			
D8	4,000	4,000	3,900	4,000	4,000	3,980		
	4,000	4,000	3,900	4,000	4,000			
Valor inicial (mm)								4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,945
Valor mínimo medido (mm)								3,900
Año de adquisición (y)								2009
Tiempo de operación (y)								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004
Vida útil (y)								10,636

Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	1	2	3	4	5			
E1	1	2	3	4	5	3,940	3,898	3,800
	4	4	3,9	3,9	3,9			
E2	1	2	3	4	5	3,940		
	4	3,9	3,9	3,9	4			
E3	1	2	3	4	5	3,860		
	3,9	3,8	3,9	3,8	3,9			
E4	1	2	3	4	5	3,900		
	4	3,9	3,9	3,8	3,9			
E5	1	2	3	4	5	3,860		
	3,8	3,9	3,9	3,8	3,9			
E6	1	2	3	4	5	3,860		
	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9			
E7	1	2	3	4	5	3,940		
	3,9	3,9	4	3,9	4			
E8	1	2	3	4	5	3,880		
	3,9	3,9	3,9	3,8	3,9			
Valor inicial (mm)								4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,898
Valor mínimo medido (mm)								3,800
Año de adquisición (y)								2009
Tiempo de operación (y)								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,008
Vida útil (y)								12,366
Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	1	2	3	4	5			
F1	1	2	3	4	5	3,860	3,920	3,860
	3,600	4,000	3,900	3,900	3,900			
F2	1	2	3	4	5	3,940		
	4,000	3,900	3,900	4,000	3,900			
F3	1	2	3	4	5	3,880		
	3,800	3,900	3,800	4,000	3,900			
F4	1	2	3	4	5	3,920		
	3,900	3,800	4,000	3,900	4,000			
F5	1	2	3	4	5	3,900		
	3,900	4,000	3,900	3,900	3,800			
F6	1	2	3	4	5	3,900		
	3,800	3,800	3,900	4,000	4,000			
F7	1	2	3	4	5	3,980		
	4,000	4,000	4,000	3,900	4,000			
F8	1	2	3	4	5	3,980		
	4,000	4,000	3,900	4,000	4,000			
Valor inicial (mm)								4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,920
Valor mínimo medido (mm)								3,860
Año de adquisición (y)								2009
Tiempo de operación (y)								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,006
Vida útil (y)								9,750

Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)														
	1	2	3	4	5																	
G1	4,000	4,000	4,000	3,900	3,900	3,960	3,945	3,900														
	1	2	3	4	5																	
G2	3,900	3,900	4,000	3,900	4,000	3,940			3,945	3,900												
	1	2	3	4	5																	
G3	3,900	3,900	3,900	3,800	4,000	3,900					3,945	3,900										
	1	2	3	4	5																	
G4	3,900	3,800	3,900	4,000	4,000	3,920							3,945	3,900								
	1	2	3	4	5																	
G5	4,000	4,000	3,900	3,900	3,900	3,940									3,945	3,900						
	1	2	3	4	5																	
G6	3,900	3,800	4,000	4,000	4,000	3,940											3,945	3,900				
	1	2	3	4	5																	
G7	4,000	4,000	3,900	4,000	4,000	3,980													3,945	3,900		
	1	2	3	4	5																	
G8	4,000	3,900	4,000	4,000	4,000	3,980															3,945	3,900
	1	2	3	4	5																	
Valor inicial (mm)								4,000														
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,945														
Valor mínimo medido (mm)								3,900														
Año de adquisición (y)								2009														
Tiempo de operación (y)								13														
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004														
Vida útil (y)								10,636														
Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)														
	1	2	3	4	5																	
H1	3,900	3,900	3,900	3,900	4,000	3,920	3,918	3,840														
	1	2	3	4	5																	
H2	3,900	4,000	4,000	4,100	3,900	3,980			3,918	3,840												
	1	2	3	4	5																	
H3	4,000	4,000	3,900	3,900	4,000	3,960					3,918	3,840										
	1	2	3	4	5																	
H4	3,800	3,900	4,000	3,900	4,000	3,920							3,918	3,840								
	1	2	3	4	5																	
H5	3,900	3,800	3,800	3,900	3,900	3,860									3,918	3,840						
	1	2	3	4	5																	
H6	3,900	3,800	3,900	3,800	3,800	3,840											3,918	3,840				
	1	2	3	4	5																	
H7	3,900	4,000	3,900	4,000	3,900	3,940													3,918	3,840		
	1	2	3	4	5																	
H8	3,900	4,000	3,900	4,000	3,800	3,920															3,918	3,840
	1	2	3	4	5																	
Valor inicial (mm)								4,000														
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,918														
Valor mínimo medido (mm)								3,840														
Año de adquisición (y)								2009														
Tiempo de operación (y)								13														
Velocidad de corrosión (mmy)								0,006														
Vida útil (y)								12,212														

Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)	
	1	2	3	4	5				
I1	1	2	3	4	5	3,940	3,915	3,840	
	3,9	4	4	3,9	3,9				
I2	1	2	3	4	5	3,920			
	3,9	3,9	3,9	4	3,9				
I3	1	2	3	4	5	3,840			
	3,8	3,9	3,8	3,8	3,9				
I4	1	2	3	4	5	3,900			
	3,9	3,9	3,8	3,9	4				
I5	1	2	3	4	5	3,920			
	3,9	3,9	3,9	3,9	4				
I6	1	2	3	4	5	3,900			
	3,9	3,8	3,8	4	4				
I7	1	2	3	4	5	3,940			
	3,9	3,9	3,9	4	4				
I8	1	2	3	4	5	3,960			
	4	4	4	3,9	3,9				
Valor inicial (mm)									4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)									3,915
Valor mínimo medido (mm)							3,840		
Año de adquisición (y)							2009		
Tiempo de operación (y)							13		
Velocidad de corrosión (mmy)							0,007		
Vida útil (y)							11,471		
Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)	
	1	2	3	4	5				
J1	1	2	3	4	5	3,960	3,913	3,840	
	3,900	4,000	3,900	4,000	4,000				
J2	1	2	3	4	5	3,960			
	3,900	4,000	4,000	4,000	3,900				
J3	1	2	3	4	5	3,880			
	3,900	3,900	3,900	3,800	3,900				
J4	1	2	3	4	5	3,880			
	3,900	3,900	3,800	3,900	3,900				
J5	1	2	3	4	5	3,840			
	3,900	3,800	3,800	3,800	3,900				
J6	1	2	3	4	5	3,940			
	3,900	3,900	4,000	3,900	4,000				
J7	1	2	3	4	5	3,900			
	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900				
J8	1	2	3	4	5	3,940			
	3,900	4,000	3,900	4,000	3,900				
Valor inicial (mm)							4,000		
Valor promedio medido del anillo (mm)							3,913		
Valor mínimo medido (mm)							3,840		
Año de adquisición (y)							2009		
Tiempo de operación (y)							13		
Velocidad de corrosión (mmy)							0,007		
Vida útil (y)							10,771		

Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	1	2	3	4	5			
Anillo K	K1	4,00 0	3,90 0	4,00 0	3,90 0	3,900	3,940	3,900
	K2	3,90 0	3,80 0	4,10 0	4,00 0	4,000		
	K3	3,90 0	3,90 0	3,80 0	3,90 0	4,000		
	K4	3,90 0	4,00 0	4,00 0	4,00 0	3,900		
	K5	3,90 0	3,80 0	4,00 0	4,00 0	4,000		
	K6	3,90 0	3,90 0	4,00 0	3,90 0	3,900		
	K7	4,00 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0	4,000		
	K8	4,00 0	3,90 0	4,00 0	3,90 0	3,900		
Valor inicial (mm)								4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,940
Valor mínimo medido (mm)								3,900
Año de adquisición (y)								2009
Tiempo de operación (y)								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,005
Vida útil (y)								8,667
Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	1	2	3	4	5			
Anillo I	L1	3,900	4,000	4,100	4,000	3,800	3,948	3,900
	L2	4,000	3,900	4,000	3,900	4,000		
	L3	3,900	3,900	3,900	3,800	4,000		
	L4	3,900	3,900	4,000	4,100	3,900		
	L5	4,100	3,800	4,000	3,900	4,000		
	L6	4,000	3,900	3,900	3,900	4,100		
	L7	3,900	3,900	3,900	3,900	4,000		
	L8	3,900	3,900	4,000	4,000	4,000		
Valor inicial (mm)								4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,948
Valor mínimo medido (mm)								3,900
Año de adquisición (y)								2009
Tiempo de operación (y)								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004
Vida útil (y)								11,762

Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	1	2	3	4	5			
Anillo M	M1	3,90 0	4,00 0	4,10 0	3,90 0	3,900	3,943	3,900
	M2	3,90 0	3,90 0	4,00 0	3,90 0	4,000		
	M3	3,90 0	3,90 0	3,90 0	3,80 0	4,000		
	M4	3,80 0	3,80 0	3,90 0	4,00 0	4,000		
	M5	4,00 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0	3,900		
	M6	3,90 0	3,80 0	4,00 0	4,00 0	4,000		
	M7	4,10 0	4,00 0	3,90 0	4,00 0	4,000		
	M8	3,90 0	3,90 0	4,00 0	4,00 0	4,000		
Valor inicial (mm)								4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,943
Valor mínimo medido (mm)								3,900
Año de adquisición (y)								2009
Tiempo de operación (y)								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004
Vida útil (y)								9,609
Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	1	2	3	4	5			
Anillo N	N1	4,000	3,900	3,900	3,900	3,900	3,925	3,860
	N2	3,900	3,900	4,000	4,000	4,000		
	N3	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900		
	N4	4,000	3,900	3,900	3,900	3,900		
	N5	4,000	3,900	4,000	4,000	4,000		
	N6	3,900	3,900	3,800	3,800	3,900		
	N7	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900		
	N8	4,000	4,000	3,900	4,000	3,900		
Valor inicial (mm)								4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,925
Valor mínimo medido (mm)								3,860
Año de adquisición (y)								2009
Tiempo de operación (y)								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,006
Vida útil (y)								11,267

Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)	
	1	2	3	4	5				
Anillo O	O1	3,60 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0	3,900	3,860	3,928	3,860
	O2	4,00 0	3,90 0	3,90 0	4,00 0	3,900	3,940		
	O3	3,80 0	3,90 0	3,80 0	4,00 0	3,900	3,880		
	O4	3,90 0	3,80 0	4,00 0	3,90 0	4,000	3,920		
	O5	3,90 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0	3,800	3,900		
	O6	3,90 0	4,00 0	3,90 0	4,00 0	4,000	3,960		
	O7	4,00 0	4,00 0	4,00 0	3,90 0	4,000	3,980		
	O8	4,00 0	4,00 0	3,90 0	4,00 0	4,000	3,980		
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,928	
Valor mínimo medido (mm)								3,860	
Año de adquisición (y)								2009	
Tiempo de operación (y)								13	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,006	
Vida útil (y)								12,103	
Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)	
	1	2	3	4	5				
Anillo P	P1	4,000	4,000	4,000	3,900	3,900	3,960	3,943	3,900
	P2	3,900	3,900	4,000	3,900	4,000	3,940		
	P3	3,900	3,900	3,900	3,800	4,000	3,900		
	P4	3,800	3,800	3,900	4,000	4,000	3,900		
	P5	4,000	4,000	3,900	3,900	3,900	3,940		
	P6	3,900	3,800	4,000	4,000	4,000	3,940		
	P7	4,100	4,000	3,900	4,000	4,000	4,000		
	P8	3,900	3,900	4,000	4,000	4,000	3,960		
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,943	
Valor mínimo medido (mm)								3,900	
Año de adquisición (y)								2009	
Tiempo de operación (y)								13	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								9,609	

Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	1	2	3	4	5			
Anillo C	Q1	4,00 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0	4,000	3,933	3,880
	Q2	4,00 0	3,90 0	3,90 0	3,90 0	4,000		
	Q3	3,90 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0	4,000		
	Q4	4,00 0	4,00 0	3,90 0	3,80 0	4,000		
	Q5	4,00 0	3,90 0	3,90 0	3,80 0	4,000		
	Q6	3,90 0	4,00 0	4,00 0	3,90 0	3,900		
	Q7	3,90 0	3,90 0	4,00 0	3,90 0	4,000		
	Q8	3,90 0	3,90 0	3,90 0	3,80 0	3,900		
Valor inicial (mm)								4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,933
Valor mínimo medido (mm)								3,880
Año de adquisición (y)								2009
Tiempo de operación (y)								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,005
Vida útil (y)								10,111
Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	1	2	3	4	5			
Anillo P	R1	4,000	4,000	3,900	3,900	4,000	3,905	3,820
	R2	4,000	3,900	3,900	3,900	3,900		
	R3	3,900	3,900	3,900	3,800	3,900		
	R4	3,900	3,900	3,800	3,800	3,900		
	R5	3,800	3,800	3,800	3,800	3,900		
	R6	3,900	3,900	4,000	3,800	4,000		
	R7	4,000	3,900	3,900	3,900	3,900		
	R8	4,000	4,000	3,900	4,000	3,900		
Valor inicial (mm)								4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,905
Valor mínimo medido (mm)								3,820
Año de adquisición (y)								2009
Tiempo de operación (y)								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,007
Vida útil (y)								11,632

Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	1	2	3	4	5			
S1	3,90	4,00	3,90	4,00	4,000	3,960	3,908	3,820
	0	0	0	0				
S2	3,90	4,00	4,00	4,00	3,900	3,960		
	0	0	0	0				
S3	3,90	3,90	3,90	3,80	3,900	3,880		
	0	0	0	0				
S4	3,90	3,90	3,80	3,80	3,900	3,860		
	0	0	0	0				
S5	3,80	3,80	3,80	3,80	3,900	3,820		
	0	0	0	0				
S6	3,90	3,90	4,00	3,80	4,000	3,920		
	0	0	0	0				
S7	4,00	3,90	3,90	3,90	3,900	3,920		
	0	0	0	0				
S8	3,90	4,00	3,90	4,00	3,900	3,940		
	0	0	0	0				
Valor inicial (mm)								4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,908
Valor mínimo medido (mm)								3,820
Año de adquisición (y)								2009
Tiempo de operación (y)								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,007
Vida útil (y)								12,297
Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	1	2	3	4	5			
T1	4,000	3,900	4,000	3,900	3,900	3,940	3,915	3,840
	3,900	3,900	3,900	4,000				
T2	3,900	3,900	3,900	4,000	3,900	3,920		
	3,900	3,900	3,800	3,800				
T3	3,800	3,900	3,800	3,800	3,900	3,840		
	3,900	3,900	3,800	3,800				
T4	3,900	3,900	3,800	3,800	4,000	3,880		
	3,900	3,900	3,900	3,900				
T5	3,900	3,900	3,900	3,900	4,000	3,920		
	3,900	3,800	3,800	4,000				
T6	3,900	3,800	3,800	4,000	4,000	3,900		
	3,900	3,900	3,900	4,000				
T7	4,000	3,900	3,900	4,000	4,000	3,960		
	3,900	4,000	4,000	3,900				
T8	3,900	4,000	4,000	4,000	3,900	3,960		
	3,900	4,000	4,000	4,000				
Valor inicial (mm)								4,000
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,915
Valor mínimo medido (mm)								3,840
Año de adquisición (y)								2009
Tiempo de operación (y)								13
Velocidad de corrosión (mmy)								0,007
Vida útil (y)								11,471

ANEXO D: ESPESORES Y TIEMPO DE VIDA RESTANTE POR SECCIONES DEL CASQUETE FRONTAL TK03

	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	1	2	3	4	5					
Sección A	A1	3,900	4,000	4,100	4,000	3,800	3,952	0,003	3,920	9,333
		3,900	4,000	4,100	4,000	3,800				
	A2	4,000	3,900	4,000	3,900	4,000				
		4,000	3,900	4,000	3,900	4,000				
	A3	4,000	3,900	3,900	3,800	4,000				
	4,000	3,900	3,900	3,800	4,000					
	A4	3,900	3,900	4,000	4,100	3,900				
		3,900	3,900	4,000	4,100	3,900				
	A5	4,100	3,800	4,000	3,900	4,000				
		4,100	3,800	4,000	3,900	4,000				
Sección B	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	B1	4,000	3,900	4,000	3,900	3,900	3,960	0,003	3,940	7,000
		4,000	3,900	4,000	3,900	3,900				
	B2	3,900	3,900	4,000	4,000	4,000				
		3,900	3,900	4,000	4,000	4,000				
	B3	4,000	3,900	4,000	4,000	4,000				
		4,000	3,900	4,000	4,000	4,000				
B4	3,900	4,000	4,000	4,000	4,000					
	3,900	4,000	4,000	4,000	4,000					
	B5	3,900	3,800	4,000	4,000	4,000				
		3,900	3,800	4,000	4,000	4,000				
Sección C	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	C1	4,000	4,000	4,000	3,900	3,800	3,932	0,005	3,880	10,706
		4,000	4,000	4,000	3,900	3,800				
	C2	4,000	3,900	3,900	3,900	3,900				
		4,000	3,900	3,900	3,900	3,900				
	C3	3,900	3,900	3,900	3,800	3,900				
		3,900	3,900	3,900	3,800	3,900				
C4	3,900	3,900	4,000	4,100	3,900					
	3,900	3,900	4,000	4,100	3,900					
	C5	4,100	3,800	4,000	3,900	4,000				
		4,100	3,800	4,000	3,900	4,000				

Sección D	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	D1	1	2	3	4	5					3,960
		3,900	4,000	4,100	3,900	3,900					
	D2	1	2	3	4	5					3,940
		3,900	3,900	4,000	3,900	4,000					
	D3	1	2	3	4	5					3,920
		3,900	4,000	3,900	3,800	4,000					
D4	1	2	3	4	5	3,900					
	3,800	3,800	3,900	4,000	4,000						
D5	1	2	3	4	5	3,940					
	4,000	4,000	3,900	3,900	3,900						
Sección E	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	E1	1	2	3	4	5					3,900
		3,900	3,900	3,900	3,900	3,900					
	E2	1	2	3	4	5					3,960
		3,900	4,000	3,900	4,000	4,000					
	E3	1	2	3	4	5					3,920
		4,000	3,900	3,900	3,900	3,900					
E4	1	2	3	4	5	3,920					
	3,900	3,900	3,900	3,900	4,000						
E5	1	2	3	4	5	3,980					
	3,900	4,000	4,000	4,000	4,000						
Sección F	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	F1	1	2	3	4	5					3,940
		3,800	3,900	4,000	4,000	4,000					
	F2	1	2	3	4	5					3,980
		4,000	3,900	4,000	4,000	4,000					
	F3	1	2	3	4	5					3,960
		3,900	4,000	4,000	3,900	4,000					
F4	1	2	3	4	5	3,900					
	4,000	4,000	3,800	3,800	3,900						
F5	1	2	3	4	5	3,920					
	4,000	3,800	3,900	3,900	4,000						

Sección G	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	1	2	3	4	5					
G1	3,600	4,000	3,900	3,900	3,900	3,860	3,900	0,007	3,860	5,600
G2	4,000	3,900	3,900	4,000	3,900	3,940				
G3	3,800	3,900	3,800	4,000	3,900	3,880				
G4	3,900	3,800	4,000	3,900	4,000	3,920				
G5	3,900	4,000	3,900	3,900	3,800	3,900				
Sección H	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	1	2	3	4	5					
H1	4,000	4,000	3,900	3,900	4,000	3,960	3,888	0,008	3,820	8,500
H2	4,000	3,900	3,900	3,900	3,900	3,920				
H3	3,900	3,900	3,900	3,800	3,900	3,880				
H4	3,900	3,900	3,800	3,800	3,900	3,860				
H5	3,800	3,800	3,800	3,800	3,900	3,820				
Valor inicial o nominal del espesor del casquete (mm)							4,000			
Valor promedio medido del espesor del casquete (mm)							3,930			
Valor mínimo medido del del espesor del casquete (mm)							3,820			
Año de adquisición (y)							2008			
Tiempo de operación (y)							14			
Velocidad de corrosión (mmy)							0,005			
Vida útil (y)							8,000			

**ANEXO E: ESPESORES Y TIEMPO DE VIDA RESTANTE POR SECCIONES DEL
CASQUETE POSTERIOR TK03**

	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	1	2	3	4	5						
Sección A	A1	1	2	3	4	5	3,980	3,956	0,003	3,920	11,455
		3,900	4,000	4,100	4,000	3,900					
	A2	1	2	3	4	5	3,960				
		3,900	4,000	4,000	4,000	3,900					
	A3	1	2	3	4	5	3,920				
4,000		3,900	3,900	3,800	4,000						
A4	1	2	3	4	5	3,960					
	4,100	3,900	4,000	3,900	3,900						
A5	1	2	3	4	5	3,960					
	3,900	3,800	4,000	4,100	4,000						
Sección B	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	B1	1	2	3	4	5	3,940	3,960	0,003	3,940	7,000
		3,900	3,900	4,000	4,000	3,900					
	B2	1	2	3	4	5	3,960				
		4,000	4,000	4,000	3,900	3,900					
	B3	1	2	3	4	5	3,980				
		4,000	3,900	4,000	4,000	4,000					
B4	1	2	3	4	5	3,980					
	3,900	4,000	4,000	4,000	4,000						
B5	1	2	3	4	5	3,940					
	3,900	3,800	4,000	4,000	4,000						
Sección C	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	C1	1	2	3	4	5	3,940	3,932	0,005	3,880	10,706
		4,000	4,000	4,000	3,900	3,800					
	C2	1	2	3	4	5	3,920				
		4,000	3,900	3,900	3,900	3,900					
	C3	1	2	3	4	5	3,880				
		3,900	3,900	3,900	3,800	3,900					
C4	1	2	3	4	5	3,960					
	3,900	3,900	4,000	4,100	3,900						
C5	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	3,960					
	4,100	3,800	4,000	3,900	4,000						

Sección D	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	D1	1	2	3	4	5					3,960
		3,900	4,000	4,100	3,900	3,900					
	D2	1	2	3	4	5					3,940
		3,900	3,900	4,000	3,900	4,000					
	D3	1	2	3	4	5					3,920
		3,900	4,000	3,900	3,800	4,000					
D4	1	2	3	4	5	3,900					
	3,800	3,800	3,900	4,000	4,000						
D5	1	2	3	4	5	3,940					
	4,000	4,000	3,900	3,900	3,900						
Sección E	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	E1	1	2	3	4	5					3,900
		3,900	3,900	3,900	3,900	3,900					
	E2	1	2	3	4	5					3,960
		3,900	4,000	3,900	4,000	4,000					
	E3	1	2	3	4	5					3,920
		4,000	3,900	3,900	3,900	3,900					
E4	1	2	3	4	5	3,920					
	3,900	3,900	3,900	3,900	4,000						
E5	1	2	3	4	5	3,980					
	3,900	4,000	4,000	4,000	4,000						
Sección F	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	F1	1	2	3	4	5					3,940
		4,000	3,900	4,000	4,000	3,800					
	F2	1	2	3	4	5					3,980
		3,900	4,000	4,000	4,000	4,000					
	F3	1	2	3	4	5					3,960
		4,000	4,000	3,900	3,900	4,000					
F4	1	2	3	4	5	3,900					
	4,000	4,000	3,800	3,800	3,900						
F5	1	2	3	4	5	3,920					
	3,800	4,000	3,900	4,000	3,900						

Sección G	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	G1	1	2	3	4	5	3,860	3,900	0,007	3,860	5,600
		3,600	4,000	3,900	3,900	3,900					
	G2	1	2	3	4	5					
		4,000	3,900	3,900	4,000	3,900					
	G3	1	2	3	4	5					
		3,800	3,900	3,800	4,000	3,900					
G4	1	2	3	4	5						
	3,900	3,800	4,000	3,900	4,000						
G5	1	2	3	4	5	3,900					
	3,900	4,000	3,900	3,900	3,800						
Sección H	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	H1	1	2	3	4	5	3,892	0,008	3,840	6,741	
		3,900	4,000	3,900	3,900	4,000					
	H2	1	2	3	4	5					
		3,900	3,900	4,000	3,900	3,900					
	H3	1	2	3	4	5					
		3,900	3,900	4,000	3,900	3,800					
H4	1	2	3	4	5	3,860					
	3,800	3,800	3,900	3,900	3,900						
H5	1	2	3	4	5	3,840					
	3,900	3,800	3,800	3,800	3,900						
Valor inicial o nominal del espesor del casquete (mm)							4,000				
Valor promedio medido del espesor del casquete (mm)							3,931				
Valor mínimo medido del del espesor del casquete (mm)							3,840				
Año de adquisición (y)							2008				
Tiempo de operación (y)							14				
Velocidad de corrosión (mmy)							0,005				
Vida útil (y)							7,812				

ANEXO F: MEDIDA DE ESPESORES DE ANILLOS A-T DEL TANQUE TK03

	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo A	A1	4,00 0	3,90 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0	3,940	3,940	3,900
	A2	3,90 0	3,80 0	4,10 0	4,00 0	4,00 0			
	A3	3,90 0	3,90 0	3,80 0	3,90 0	4,00 0			
	A4	3,90 0	4,00 0	4,00 0	4,00 0	3,90 0			
	A5	3,90 0	3,80 0	4,00 0	4,00 0	4,00 0			
	A6	3,90 0	3,90 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0			
	A7	4,00 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0	4,00 0			
	A8	4,00 0	3,90 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0			
	Valor inicial (mm)								
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,940	
Valor mínimo medido (mm)								3,900	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								9,333	
	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo B	B1	3,900	4,000	4,100	4,000	3,800	3,960	3,948	3,900
	B2	4,000	3,900	4,000	3,900	4,000			
	B3	3,900	3,900	3,900	3,800	4,000			
	B4	3,900	3,900	4,000	4,100	3,900			
	B5	4,100	3,800	4,000	3,900	4,000			
	B6	4,000	3,900	3,900	3,900	4,100			
	B7	3,900	3,900	3,900	3,900	4,000			
	B8	3,900	3,900	4,000	4,000	4,000			
	Valor inicial (mm)								
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,948	
Valor mínimo medido (mm)								3,900	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								12,667	

Anillo C	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	C1	1	2	3	4	5	3,960	3,943	3,900
		3,90 0	4,00 0	4,10 0	3,90 0	3,90 0			
	C2	1	2	3	4	5	3,940		
		3,90 0	3,90 0	4,00 0	3,90 0	4,00 0			
	C3	1	2	3	4	5	3,900		
		3,90 0	3,90 0	3,90 0	3,80 0	4,00 0			
	C4	1	2	3	4	5	3,900		
		3,80 0	3,80 0	3,90 0	4,00 0	4,00 0			
	C5	1	2	3	4	5	3,940		
4,00 0		4,00 0	3,90 0	3,90 0	3,90 0				
C6	1	2	3	4	5	3,940			
	3,90 0	3,80 0	4,00 0	4,00 0	4,00 0				
C7	1	2	3	4	5	4,000			
	4,10 0	4,00 0	3,90 0	4,00 0	4,00 0				
C8	1	2	3	4	5	3,960			
	3,90 0	3,90 0	4,00 0	4,00 0	4,00 0				
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,943	
Valor mínimo medido (mm)								3,900	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								10,348	
Anillo D	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	D1	1	2	3	4	5	3,920	3,925	3,860
		4,000	3,900	3,900	3,900	3,900			
	D2	1	2	3	4	5	3,960		
		3,900	3,900	4,000	4,000	4,000			
	D3	1	2	3	4	5	3,900		
		3,900	3,900	3,900	3,900	3,900			
	D4	1	2	3	4	5	3,920		
		4,000	3,900	3,900	3,900	3,900			
	D5	1	2	3	4	5	3,980		
4,000		3,900	4,000	4,000	4,000				
D6	1	2	3	4	5	3,860			
	3,900	3,900	3,800	3,800	3,900				
D7	1	2	3	4	5	3,900			
	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900				
D8	1	2	3	4	5	3,960			
	4,000	4,000	3,900	4,000	3,900				
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,925	
Valor mínimo medido (mm)								3,860	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,005	
Vida útil (y)								12,133	

	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo E	E1	3,60 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0	3,90 0	3,860	3,928	3,860
	E2	4,00 0	3,90 0	3,90 0	4,00 0	3,90 0			
	E3	3,80 0	3,90 0	3,80 0	4,00 0	3,90 0	3,880		
	E4	3,90 0	3,80 0	4,00 0	3,90 0	4,00 0			
	E5	3,90 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0	3,80 0	3,900		
	E6	3,90 0	4,00 0	3,90 0	4,00 0	4,00 0			
	E7	4,00 0	4,00 0	4,00 0	3,90 0	4,00 0	3,980		
	E8	4,00 0	4,00 0	3,90 0	4,00 0	4,00 0			
	Valor inicial (mm)								
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,928	
Valor mínimo medido (mm)								3,860	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,005	
Vida útil (y)								13,034	
	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo F	F1	4,000	4,000	4,000	3,900	3,900	3,960	3,943	3,900
	F2	3,900	3,900	4,000	3,900	4,000			
	F3	3,900	3,900	3,900	3,800	4,000	3,900		
	F4	3,800	3,800	3,900	4,000	4,000			
	F5	4,000	4,000	3,900	3,900	3,900	3,940		
	F6	3,900	3,800	4,000	4,000	4,000			
	F7	4,100	4,000	3,900	4,000	4,000	4,000		
	F8	3,900	3,900	4,000	4,000	4,000			
	Valor inicial (mm)								
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,943	
Valor mínimo medido (mm)								3,900	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								10,348	

	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo G	G1	1	2	3	4	5	3,960	3,933	3,880
		4,00 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0	4,00 0			
	G2	1	2	3	4	5	3,940		
		4,00 0	3,90 0	3,90 0	3,90 0	4,00 0			
	G3	1	2	3	4	5	3,940		
		3,90 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0	4,00 0			
	G4	1	2	3	4	5	3,940		
		4,00 0	4,00 0	3,90 0	3,80 0	4,00 0			
	G5	1	2	3	4	5	3,920		
4,00 0		3,90 0	3,90 0	3,80 0	4,00 0				
G6	1	2	3	4	5	3,940			
	3,90 0	4,00 0	4,00 0	3,90 0	3,90 0				
G7	1	2	3	4	5	3,940			
	3,90 0	3,90 0	4,00 0	3,90 0	4,00 0				
G8	1	2	3	4	5	3,880			
	3,90 0	3,90 0	3,90 0	3,80 0	3,90 0				
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,933	
Valor mínimo medido (mm)								3,880	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,005	
Vida útil (y)								10,889	
	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo H	H1	1	2	3	4	5	3,960	3,905	3,820
		4,000	4,000	3,900	3,900	4,000			
	H2	1	2	3	4	5	3,920		
		4,000	3,900	3,900	3,900	3,900			
	H3	1	2	3	4	5	3,880		
		3,900	3,900	3,900	3,800	3,900			
	H4	1	2	3	4	5	3,860		
		3,900	3,900	3,800	3,800	3,900			
	H5	1	2	3	4	5	3,820		
3,800		3,800	3,800	3,800	3,900				
H6	1	2	3	4	5	3,920			
	3,900	3,900	4,000	3,800	4,000				
H7	1	2	3	4	5	3,920			
	4,000	3,900	3,900	3,900	3,900				
H8	1	2	3	4	5	3,960			
	4,000	4,000	3,900	4,000	3,900				
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,905	
Valor mínimo medido (mm)								3,820	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,007	
Vida útil (y)								12,526	

	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)		
		1	2	3	4	5					
Anillo I	I1	3,90 0	4,00 0	3,90 0	4,00 0	4,00 0	3,960	3,908	3,820		
	I2	3,90 0	4,00 0	4,00 0	4,00 0	3,90 0				3,960	
	I3	3,90 0	3,90 0	3,90 0	3,80 0	3,90 0	3,880				
	I4	3,90 0	3,90 0	3,80 0	3,80 0	3,90 0	3,860				
	I5	3,80 0	3,80 0	3,80 0	3,80 0	3,90 0	3,820				
	I6	3,90 0	3,90 0	4,00 0	3,80 0	4,00 0	3,920				
	I7	4,00 0	3,90 0	3,90 0	3,90 0	3,90 0	3,920				
	I8	3,90 0	4,00 0	3,90 0	4,00 0	3,90 0	3,940				
	Valor inicial (mm)									4,000	
	Valor promedio medido del anillo (mm)									3,908	
Valor mínimo medido (mm)								3,820			
Año de adquisición (y)								2008			
Tiempo de operación (y)								14			
Velocidad de corrosión (mmy)								0,007			
Vida útil (y)								13,243			
Anillo J	J1	4,000	3,900	4,000	3,900	3,900	3,940	3,9125	3,840		
	J2	3,900	3,900	3,900	4,000	3,900				3,920	
	J3	3,800	3,900	3,800	3,800	3,900	3,840				
	J4	3,900	3,900	3,800	3,800	4,000	3,880				
	J5	3,900	3,900	3,900	3,900	4,000	3,920				
	J6	3,900	3,800	3,800	4,000	4,000	3,900				
	J7	3,900	3,900	3,900	4,000	4,000	3,940				
	J8	3,900	4,000	4,000	4,000	3,900	3,960				
	Valor inicial (mm)									4,000	
	Valor promedio medido del anillo (mm)									3,913	
Valor mínimo medido (mm)								3,840			
Año de adquisición (y)								2008			
Tiempo de operación (y)								14			
Velocidad de corrosión (mmy)								0,006			
Vida útil (y)								11,600			

Anillo K	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	K1	1	2	3	4	5	3,960	3,953	3,920
		3,900	4,000	4,100	4,000	3,800			
	K2	1	2	3	4	5	3,960		
		4,000	3,900	4,000	3,900	4,000			
	K3	1	2	3	4	5	3,920		
		4,000	3,900	3,900	3,800	4,000			
	K4	1	2	3	4	5	3,960		
		3,900	3,900	4,000	4,100	3,900			
	K5	1	2	3	4	5	3,960		
4,100		3,800	4,000	3,900	4,000				
K6	1	2	3	4	5	3,940			
	4,000	3,900	3,900	3,800	4,100				
K7	1	2	3	4	5	3,960			
	4,000	3,900	3,900	4,000	4,000				
K8	1	2	3	4	5	3,960			
	3,900	3,900	4,000	4,000	4,000				
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,953	
Valor mínimo medido (mm)								3,800	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,003	
Vida útil (y)								9,579	
Anillo L	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	L1	1	2	3	4	5	3,940	3,940	3,900
		4,000	3,900	4,000	3,900	3,900			
	L2	1	2	3	4	5	3,960		
		3,900	3,800	4,100	4,000	4,000			
	L3	1	2	3	4	5	3,900		
		3,900	3,900	3,800	3,900	4,000			
	L4	1	2	3	4	5	3,960		
		3,900	4,000	4,000	4,000	3,900			
	L5	1	2	3	4	5	3,940		
3,900		3,800	4,000	4,000	4,000				
L6	1	2	3	4	5	3,920			
	4,000	3,800	4,000	3,900	3,900				
L7	1	2	3	4	5	3,960			
	4,000	4,000	3,900	3,900	4,000				
L8	1	2	3	4	5	3,940			
	4,000	3,900	4,000	3,900	3,900				
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,940	
Valor mínimo medido (mm)								3,900	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								9,333	

	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo M	M1	1	2	3	4	5	3,900	3,890	3,800
		3,900	3,900	3,900	3,900	3,900			
	M2	1	2	3	4	5	3,960		
		3,900	3,900	4,000	4,000	4,000			
	M3	1	2	3	4	5	3,900		
		3,900	3,900	3,900	3,900	3,900			
	M4	1	2	3	4	5	3,920		
		4,000	3,900	3,900	3,900	3,900			
	M5	1	2	3	4	5	3,800		
		4,000	4,000	4,000	3,000	4,000			
M6	1	2	3	4	5	3,860			
	3,900	3,900	3,800	3,800	3,900				
M7	1	2	3	4	5	3,900			
	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900				
M8	1	2	3	4	5	3,880			
	3,900	4,000	3,900	3,800	3,800				
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,890	
Valor mínimo medido (mm)								3,800	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,008	
Vida útil (y)								11,455	
	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo N	N1	1	2	3	4	5	3,940	3,945	3,900
		3,800	3,900	4,000	4,000	4,000			
	N2	1	2	3	4	5	3,980		
		4,000	3,900	4,000	4,000	4,000			
	N3	1	2	3	4	5	3,960		
		3,900	4,000	4,000	3,900	4,000			
	N4	1	2	3	4	5	3,900		
		4,000	4,000	3,800	3,800	3,900			
	N5	1	2	3	4	5	3,920		
		4,000	3,800	3,900	3,900	4,000			
N6	1	2	3	4	5	3,900			
	3,900	4,000	3,900	3,800	3,900				
N7	1	2	3	4	5	3,980			
	4,000	4,000	3,900	4,000	4,000				
N8	1	2	3	4	5	3,980			
	4,000	4,000	3,900	4,000	4,000				
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,945	
Valor mínimo medido (mm)								3,900	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								11,455	

Anillo O	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	O1	1	2	3	4	5	3,940	3,898	3,800
		4,000	4,000	3,900	3,900	3,900			
	O2	1	2	3	4	5	3,940		
		4,000	3,900	3,900	3,900	4,000			
	O3	1	2	3	4	5	3,860		
		3,900	3,800	3,900	3,800	3,900			
	O4	1	2	3	4	5	3,900		
		4,000	3,900	3,900	3,800	3,900			
	O5	1	2	3	4	5	3,860		
3,800		3,900	3,900	3,800	3,900				
O6	1	2	3	4	5	3,860			
	3,800	3,800	3,900	3,900	3,900				
O7	1	2	3	4	5	3,940			
	3,900	3,900	4,000	3,900	4,000				
O8	1	2	3	4	5	3,880			
	3,900	3,900	3,900	3,800	3,900				
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,898	
Valor mínimo medido (mm)								3,800	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,007	
Vida útil (y)								13,317	
Anillo P	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	P1	1	2	3	4	5	3,860	3,920	3,860
		3,600	4,000	3,900	3,900	3,900			
	P2	1	2	3	4	5	3,940		
		4,000	3,900	3,900	4,000	3,900			
	P3	1	2	3	4	5	3,880		
		3,800	3,900	3,800	4,000	3,900			
	P4	1	2	3	4	5	3,920		
		3,900	3,800	4,000	3,900	4,000			
	P5	1	2	3	4	5	3,900		
3,900		4,000	3,900	3,900	3,800				
P6	1	2	3	4	5	3,900			
	3,800	3,800	3,900	4,000	4,000				
P7	1	2	3	4	5	3,980			
	4,000	4,000	4,000	3,900	4,000				
P8	1	2	3	4	5	3,980			
	4,000	4,000	3,900	4,000	4,000				
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,920	
Valor mínimo medido (mm)								3,860	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,006	
Vida útil (y)								10,500	

Anillo Q	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	Q1	1	2	3	4	5	3,960	3,945	3,900
		4,000	4,000	4,000	3,900	3,900			
	Q2	1	2	3	4	5	3,940		
		3,900	3,900	4,000	3,900	4,000			
	Q3	1	2	3	4	5	3,900		
		3,900	3,900	3,900	3,800	4,000			
	Q4	1	2	3	4	5	3,920		
		3,900	3,800	3,900	4,000	4,000			
	Q5	1	2	3	4	5	3,940		
4,000		4,000	3,900	3,900	3,900				
Q6	1	2	3	4	5	3,940			
	3,900	3,800	4,000	4,000	4,000				
Q7	1	2	3	4	5	3,980			
	4,000	4,000	3,900	4,000	4,000				
Q8	1	2	3	4	5	3,980			
	4,000	3,900	4,000	4,000	4,000				
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,945	
Valor mínimo medido (mm)								3,900	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								11,455	
Anillo R	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	R1	1	2	3	4	5	3,920	3,918	3,840
		3,900	3,900	3,900	3,900	4,000			
	R2	1	2	3	4	5	3,980		
		3,900	4,000	4,000	4,100	3,900			
	R3	1	2	3	4	5	3,960		
		4,000	4,000	3,900	3,900	4,000			
	R4	1	2	3	4	5	3,920		
		3,800	3,900	4,000	3,900	4,000			
	R5	1	2	3	4	5	3,860		
3,900		3,800	3,800	3,900	3,900				
R6	1	2	3	4	5	3,840			
	3,900	3,800	3,900	3,800	3,800				
R7	1	2	3	4	5	3,940			
	3,900	4,000	3,900	4,000	3,900				
R8	1	2	3	4	5	3,920			
	3,900	4,000	3,900	4,000	3,800				
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,918	
Valor mínimo medido (mm)								3,840	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,006	
Vida útil (y)								13,152	

Anillo S	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	S1	1	2	3	4	5	3,940	3,915	3,840
		3,900	4,000	4,000	3,900	3,900			
	S2	1	2	3	4	5	3,920		
		3,900	3,900	3,900	4,000	3,900			
	S3	1	2	3	4	5	3,840		
		3,800	3,900	3,800	3,800	3,900			
	S4	1	2	3	4	5	3,900		
		3,900	3,900	3,800	3,900	4,000			
	S5	1	2	3	4	5	3,920		
3,900		3,900	3,900	3,900	4,000				
S6	1	2	3	4	5	3,900			
	3,900	3,800	3,800	4,000	4,000				
S7	1	2	3	4	5	3,940			
	3,900	3,900	3,900	4,000	4,000				
S8	1	2	3	4	5	3,960			
	4,000	4,000	4,000	3,900	3,900				
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,915	
Valor mínimo medido (mm)								3,840	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,006	
Vida útil (y)								12,353	
Anillo T	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	T1	1	2	3	4	5	3,960	3,915	3,840
		3,900	4,000	3,900	4,000	4,000			
	T2	1	2	3	4	5	3,960		
		3,900	4,000	4,000	4,000	3,900			
	T3	1	2	3	4	5	3,880		
		3,900	3,900	3,900	3,800	3,900			
	T4	1	2	3	4	5	3,880		
		3,900	3,900	3,800	3,900	3,900			
	T5	1	2	3	4	5	3,840		
3,900		3,800	3,800	3,800	3,900				
T6	1	2	3	4	5	3,940			
	3,900	3,900	4,000	3,900	4,000				
T7	1	2	3	4	5	3,900			
	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900				
T8	1	2	3	4	5	3,960			
	4,000	4,000	3,900	4,000	3,900				
Valor inicial (mm)								4,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								3,915	
Valor mínimo medido (mm)								3,840	
Año de adquisición (y)								2008	
Tiempo de operación (y)								14	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,006	
Vida útil (y)								12,353	

ANEXO G: ESPESORES Y TIEMPO DE VIDA RESTANTE POR SECCIONES DEL CASQUETE FRONTAL TK04

		N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
Sección A	A1	1	2	3	4	5	6,060	5,992	0,002	5,960	16,000
		6,100	6,100	6,000	5,900	6,200					
	A2	1	2	3	4	5	5,960				
		6,000	6,000	5,900	6,000	5,900					
	A3	1	2	3	4	5	5,980				
		6,000	6,000	6,000	6,000	5,900					
	A4	1	2	3	4	5	5,960				
		6,000	5,900	5,900	6,100	5,900					
	A5	1	2	3	4	5	6,000				
		6,200	5,900	5,800	6,100	6,0					
		N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
Sección B	B1	1	2	3	4	5	6,080	5,964	0,009	5,800	18,222
		6,000	6,000	6,100	6,100	6,200					
	B2	1	2	3	4	5	5,980				
		6,000	6,100	5,900	5,900	6,000					
	B3	1	2	3	4	5	5,940				
		5,800	6,000	5,900	5,900	6,100					
	B4	1	2	3	4	5	5,800				
		5,700	5,800	5,900	5,900	5,700					
	B5	1	2	3	4	5	6,020				
		6,000	6,000	6,000	6,100	6,000					
		N° Mediciones					Valor final por punto medido (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil por sección (y)
Sección C	C1	1	2	3	4	5	6,060	5,956	0,011	5,820	12,364
		6,000	6,100	6,100	6,000	6,100					
	C2	1	2	3	4	5	5,980				
		6,100	5,800	6,000	5,900	6,100					
	C3	1	2	3	4	5	5,920				
		5,900	6,000	6,000	5,900	5,800					
	C4	1	2	3	4	5	5,820				
		5,900	5,800	5,900	5,800	5,700					
	C5	1	2	3	4	5	6,000				
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,100					

Sección D	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	D1	1	2	3	4	5	6,000	5,972	0,007	5,900	10,286
		6,100	6,000	6,000	5,900	6,000					
	D2	1	2	3	4	5	6,000				
		6,100	6,000	6,000	6,000	5,900					
	D3	1	2	3	4	5	5,900				
		5,900	5,900	5,900	5,800	6,000					
D4	1	2	3	4	5	5,900					
	5,800	6,000	5,900	5,800	6,000						
D5	1	2	3	4	5	6,060					
	6,100	6,200	6,100	6,000	5,900						
Sección E	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	E1	1	2	3	4	5	5,980	5,976	0,006	5,920	9,333
		5,900	5,900	6,000	6,000	6,100					
	E2	1	2	3	4	5	5,980				
		5,900	6,000	5,900	6,000	6,100					
	E3	1	2	3	4	5	6,020				
		6,100	6,000	6,000	6,000	6,000					
E4	1	2	3	4	5	5,920					
	5,900	5,800	6,000	6,000	5,900						
E5	1	2	3	4	5	5,980					
	6,100	6,000	5,900	6,000	5,900						
Sección F	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	F1	1	2	3	4	5	6,000	5,972	0,007	5,920	7,429
		6,000	6,000	6,100	5,900	6,000					
	F2	1	2	3	4	5	6,000				
		6,000	5,900	5,900	6,100	6,100					
	F3	1	2	3	4	5	6,000				
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,100					
F4	1	2	3	4	5	5,920					
	6,000	6,000	5,800	6,000	5,800						
F5	1	2	3	4	5	5,940					
	5,900	6,000	5,900	6,000	5,900						

Sección G	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	G1	1	2	3	4	5	5,960	5,988	0,003	5,940	16,000
		5,900	6,000	5,900	6,000	6,000					
	G2	1	2	3	4	5	6,020				
		6,100	6,100	6,000	5,900	6,000					
	G3	1	2	3	4	5	5,940				
		6,000	6,000	6,100	5,600	6,000					
G4	1	2	3	4	5	6,000					
	6,100	6,100	5,900	6,000	5,900						
G5	1	2	3	4	5	6,020					
	5,900	6,000	6,100	6,100	6,000						
Sección H	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	H1	1	2	3	4	5	6,020	5,988	0,003	5,920	22,667
		6,000	6,100	6,000	6,000	6,000					
	H2	1	2	3	4	5	5,980				
		6,000	6,100	6,000	5,900	5,900					
	H3	1	2	3	4	5	5,940				
		5,900	5,900	6,100	5,900	5,900					
H4	1	2	3	4	5	5,920					
	5,800	5,900	6,000	6,000	5,900						
H5	1	2	3	4	5	6,080					
	6,000	6,000	6,100	6,100	6,200						
Valor inicial o nominal del espesor del casquete (mm)							6,000				
Valor promedio medido del espesor del casquete (mm)							5,976				
Valor mínimo medido del del espesor del casquete (mm)							5,800				
Año de adquisición (y)							2018				
Tiempo de operación (y)							4				
Velocidad de corrosión (mmy)							0,006				
Vida útil (y)							29,333				

ANEXO H: ESPESORES Y TIEMPO DE VIDA RESTANTE POR SECCIONES DEL CASQUETE POSTERIOR TK04

		N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
Sección A	A1	1	2	3	4	5	6,040	5,964	0,009	5,920	4,889
		6,100	6,100	6,000	6,000	6,000					
	A2	1	2	3	4	5	5,940				
		6,000	5,900	6,000	5,900	5,900					
	A3	1	2	3	4	5	5,920				
		5,900	6,000	6,000	6,000	5,700					
	A4	1	2	3	4	5	5,960				
		6,100	5,800	5,800	6,100	6,000					
	A5	1	2	3	4	5	5,960				
		6,000	6,000	5,900	5,900	6,000					
Sección B	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	B1	1	2	3	4	5	5,980	5,992	0,002	5,960	16,000
		5,900	6,100	5,900	6,000	6,000					
	B2	1	2	3	4	5	6,000				
		6,100	6,000	5,900	5,900	6,100					
	B3	1	2	3	4	5	5,960				
		6,000	5,900	6,000	6,000	5,900					
	B4	1	2	3	4	5	6,020				
		6,000	6,000	6,000	6,100	6,000					
	B5	1	2	3	4	5	6,000				
6,000		6,000	5,900	6,000	6,100						
Sección C	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	C1	1	2	3	4	5	6,040	5,976	0,006	5,940	6,000
		6,100	6,000	6,000	6,100	6,000					
	C2	1	2	3	4	5	5,940				
		6,000	6,000	5,900	5,900	5,900					
	C3	1	2	3	4	5	5,940				
		6,000	5,800	6,000	5,900	6,000					
	C4	1	2	3	4	5	5,980				
		6,000	6,100	6,100	5,800	5,900					
	C5	1	2	3	4	5	5,980				
6,100		5,900	5,900	6,000	6,000						

	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	1	2	3	4	5						
Sección D	D1	1	2	3	4	5	6,000	5,960	0,010	5,860	10,000
		6,000	6,100	6,000	6,000	5,900					
	D2	1	2	3	4	5	5,960				
		6,000	6,100	5,900	5,800	6,000					
	D3	1	2	3	4	5	6,000				
		6,200	6,100	5,900	5,800	6,000					
	D4	1	2	3	4	5	5,980				
		6,000	6,000	5,900	6,100	5,900					
	D5	1	2	3	4	5	5,860				
		5,700	6,000	5,900	5,700	6,000					
	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	1	2	3	4	5						
Sección E	E1	1	2	3	4	5	6,020	5,988	0,003	5,920	22,667
		6,200	6,000	5,900	6,000	6,000					
	E2	1	2	3	4	5	5,920				
		5,900	6,000	5,900	5,900	5,900					
	E3	1	2	3	4	5	5,980				
		5,900	6,100	5,900	6,000	6,000					
	E4	1	2	3	4	5	6,020				
		6,100	6,000	6,000	6,000	6,000					
	E5	1	2	3	4	5	6,000				
		6,000	6,000	5,900	6,000	6,100					
	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)	
	1	2	3	4	5						
Sección F	F1	1	2	3	4	5	5,980	5,976	0,006	5,900	12,667
		6,000	6,000	6,000	5,900	6,000					
	F2	1	2	3	4	5	5,960				
		5,900	6,000	6,000	6,000	5,900					
	F3	1	2	3	4	5	5,900				
		6,000	5,900	5,900	5,900	5,800					
	F4	1	2	3	4	5	6,040				
		6,100	6,200	6,000	5,900	6,000					
	F5	1	2	3	4	5	6,000				
		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000					

Sección G	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	G1	1	2	3	4	5	6,020	5,980	0,005	5,920
	6,000	6,000	6,100	6,000	6,000					
G2	1	2	3	4	5	5,980				
	6,000	5,900	6,100	5,900	6,000					
G3	1	2	3	4	5	6,000				
	5,900	6,000	6,000	6,000	6,100					
G4	1	2	3	4	5	5,920				
	6,000	5,900	5,800	6,000	5,900					
G5	1	2	3	4	5	5,980				
	6,000	5,900	6,000	5,900	6,100					
Sección H	N° Mediciones					Valor final por cada punto (mm)	Valor final promedio por sección (mm)	Velocidad de corrosión por sección (mmy)	Valor mínimo por sección (mm)	Vida útil restante por sección (y)
	H1	1	2	3	4	5	6,020	5,988	0,003	5,960
	6,100	6,100	6,000	5,900	6,000					
H2	1	2	3	4	5	6,000				
	6,200	6,000	5,900	5,900	6,000					
H3	1	2	3	4	5	5,980				
	5,900	6,000	6,000	6,000	6,000					
H4	1	2	3	4	5	5,980				
	6,100	5,900	6,000	6,000	5,900					
H5	1	2	3	4	5	5,960				
	6,000	6,000	5,900	5,900	6,000					
Valor inicial o nominal del espesor del casquete (mm)							6,000			
Valor promedio medido del espesor del casquete (mm)							5,978			
Valor mínimo medido del del espesor del casquete (mm)							5,860			
Año de adquisición (y)							2018			
Tiempo de operación (y)							4			
Velocidad de corrosión (mmy)							0,006			
Vida útil (y)							21,455			

ANEXO I: MEDIDA DE ESPESORES DE ANILLOS A-T DEL TANQUE TK04

	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo A	A1	1	2	3	4	5	5,940	5,983	5,800
		6,000	6,000	5,900	5,800	6,000			
	A2	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,000			
	A3	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,000			
	A4	1	2	3	4	5	5,980		
		5,900	6,000	6,000	6,000	6,000			
	A5	1	2	3	4	5	5,900		
		6,000	5,900	5,800	5,800	6,000			
A6	1	2	3	4	5	5,960			
	5,900	6,000	6,000	6,000	5,900				
A7	1	2	3	4	5	6,040			
	6,100	6,000	6,000	6,100	6,000				
A8	1	2	3	4	5	6,080			
	6,100	6,000	6,100	6,000	6,200				
Valor inicial (mm)								6,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								5,983	
Valor mínimo medido (mm)								5,800	
Año de adquisición (y)								2018	
Tiempo de operación (y)								4	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								41,714	
	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo B	B1	1	2	3	4	5	5,960	5,9925	5,900
		6,000	6,000	5,900	6,000	5,900			
	B2	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	6,000	6,000	5,900	6,000			
	B3	1	2	3	4	5	5,960		
		6,000	5,900	6,000	5,900	6,000			
	B4	1	2	3	4	5	5,980		
		5,900	6,000	6,000	6,000	6,000			
	B5	1	2	3	4	5	6,000		
		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000			
B6	1	2	3	4	5	5,960			
	5,900	6,000	6,000	5,900	6,000				
B7	1	2	3	4	5	6,000			
	6,100	5,900	6,000	5,900	6,100				
B8	1	2	3	4	5	6,100			
	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100				
Valor inicial (mm)								6,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								5,993	
Valor mínimo medido (mm)								5,900	
Año de adquisición (y)								2018	
Tiempo de operación (y)								4	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,002	
Vida útil (y)								49,333	

	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo C	C1	1	2	3	4	5	6,100	5,975	5,800
		6,100	6,100	6,100	6,100	6,100			
	C2	1	2	3	4	5	5,940		
		6,100	5,900	6,000	5,900	5,800			
	C3	1	2	3	4	5	5,960		
		6,000	5,900	6,000	5,900	6,000			
	C4	1	2	3	4	5	5,940		
		5,900	6,000	5,900	5,900	6,000			
	C5	1	2	3	4	5	6,000		
		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000			
C6	1	2	3	4	5	5,980			
	5,900	6,000	6,000	6,000	6,000				
C7	1	2	3	4	5	5,980			
	6,000	6,000	6,000	5,900	6,000				
C8	1	2	3	4	5	5,900			
	6,000	6,000	5,800	5,900	5,800				
Valor inicial (mm)									6,000
Valor promedio medido del anillo (mm)									5,975
Valor mínimo medido (mm)									5,800
Año de adquisición (y)									2018
Tiempo de operación (y)									4
Velocidad de corrosión (mmy)									0,006
Vida útil (y)									28,000
	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo D	D1	1	2	3	4	5	6,020	5,983	5,800
		6,100	5,900	6,100	5,900	6,100			
	D2	1	2	3	4	5	6,040		
		6,100	6,100	5,800	6,100	6,100			
	D3	1	2	3	4	5	5,940		
		6,000	5,800	6,000	5,900	6,000			
	D4	1	2	3	4	5	5,940		
		5,900	6,000	6,000	5,800	6,000			
	D5	1	2	3	4	5	6,000		
		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000			
D6	1	2	3	4	5	6,040			
	6,100	6,000	6,100	6,000	6,000				
D7	1	2	3	4	5	5,980			
	6,000	6,000	6,000	5,900	6,000				
D8	1	2	3	4	5	5,900			
	5,900	5,800	5,800	6,000	6,000				
Valor inicial (mm)									6,000
Valor promedio medido del anillo (mm)									5,983
Valor mínimo medido (mm)									5,800
Año de adquisición (y)									2018
Tiempo de operación (y)									4
Velocidad de corrosión (mmy)									0,004
Vida útil (y)									41,714

	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo E	E1	1	2	3	4	5	6,120	5,975	5,800
		6,100	6,200	6,100	6,100	6,100			
	E2	1	2	3	4	5	6,040		
		6,100	6,100	5,800	6,100	6,100			
	E3	1	2	3	4	5	5,940		
		5,900	5,800	6,000	6,000	6,000			
	E4	1	2	3	4	5	5,900		
		5,800	5,900	5,900	5,900	6,000			
	E5	1	2	3	4	5	5,900		
		6,000	5,800	5,800	6,000	5,900			
	E6	1	2	3	4	5	5,940		
		6,100	5,900	5,800	6,000	5,900			
	E7	1	2	3	4	5	6,000		
		6,000	6,000	6,100	5,900	6,000			
	E8	1	2	3	4	5	5,960		
		6,000	6,000	5,900	6,000	5,900			
Valor inicial (mm)									6,000
Valor promedio medido del anillo (mm)									5,975
Valor mínimo medido (mm)									5,800
Año de adquisición (y)									2018
Tiempo de operación (y)									4
Velocidad de corrosión (mmy)									0,006
Vida útil (y)									28,000
	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo F	F1	1	2	3	4	5	5,960	5,993	5,900
		6,000	6,000	5,900	6,000	5,900			
	F2	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	6,000	6,000	5,900	6,000			
	F3	1	2	3	4	5	5,960		
		6,000	5,900	6,000	5,900	6,000			
	F4	1	2	3	4	5	5,980		
		5,900	6,000	6,000	6,000	6,000			
	F5	1	2	3	4	5	6,000		
		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000			
	F6	1	2	3	4	5	5,960		
		5,900	6,000	5,900	6,000	6,000			
	F7	1	2	3	4	5	6,000		
		6,100	5,900	6,000	5,900	6,100			
	F8	1	2	3	4	5	6,100		
		6,100	6,100	6,100	6,100	6,100			
Valor inicial (mm)									6,000
Valor promedio medido del anillo (mm)									5,993
Valor mínimo medido (mm)									5,900
Año de adquisición (y)									2018
Tiempo de operación (y)									4
Velocidad de corrosión (mmy)									0,002
Vida útil (y)									49,333

	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo G	G1	1	2	3	4	5	5,940	5,980	5,800
		6,000	6,000	5,900	5,800	6,000			
	G2	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,000			
	G3	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,000			
	G4	1	2	3	4	5	5,940		
		5,900	6,000	6,000	5,800	6,000			
	G5	1	2	3	4	5	5,920		
		6,000	6,000	5,800	5,800	6,000			
	G6	1	2	3	4	5	5,960		
		5,900	6,000	6,000	6,000	5,900			
	G7	1	2	3	4	5	6,040		
		6,100	6,000	6,000	6,100	6,000			
	G8	1	2	3	4	5	6,080		
		6,100	6,000	6,100	6,000	6,200			
Valor inicial (mm)									6,000
Valor promedio medido del anillo (mm)									5,980
Valor mínimo medido (mm)									5,800
Año de adquisición (y)									2018
Tiempo de operación (y)									4
Velocidad de corrosión (mmy)									0,005
Vida útil (y)									36,000
	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo H	H1	1	2	3	4	5	5,940	5,983	5,800
		6,000	6,000	6,000	5,800	5,900			
	H2	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,000			
	H3	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,000			
	H4	1	2	3	4	5	5,980		
		5,900	6,000	6,000	6,000	6,000			
	H5	1	2	3	4	5	5,900		
		6,000	5,900	5,800	5,800	6,000			
	H6	1	2	3	4	5	5,960		
		5,900	6,000	6,000	6,000	5,900			
	H7	1	2	3	4	5	6,040		
		6,100	6,000	6,000	6,100	6,000			
	H8	1	2	3	4	5	6,080		
		6,100	6,000	6,100	6,000	6,200			
Valor inicial (mm)									6,000
Valor promedio medido del anillo (mm)									5,983
Valor mínimo medido (mm)									5,800
Año de adquisición (y)									2018
Tiempo de operación (y)									4
Velocidad de corrosión (mmy)									0,004
Vida útil (y)									41,714

	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)			
		1	2	3	4	5						
Anillo I	I1	1	2	3	4	5	5,960	5,993	5,900			
		6,000	6,000	5,900	6,000	5,900						
	I2	1	2	3	4	5	5,980					
		6,000	6,000	6,000	5,900	6,000						
	I3	1	2	3	4	5	5,960					
		6,000	5,900	6,000	5,900	6,000						
	I4	1	2	3	4	5	5,980					
		5,900	6,000	6,000	6,000	6,000						
	I5	1	2	3	4	5	6,000					
		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000						
	I6	1	2	3	4	5	5,960					
		5,900	6,000	6,000	5,900	6,000						
	I7	1	2	3	4	5	6,000					
		6,100	5,900	6,000	5,900	6,100						
	I8	1	2	3	4	5	6,100					
		6,100	6,100	6,100	6,100	6,100						
	Valor inicial (mm)									6,000		
	Valor promedio medido del anillo (mm)									5,993		
Valor mínimo medido (mm)									5,900			
Año de adquisición (y)									2018			
Tiempo de operación (y)									4			
Velocidad de corrosión (mmy)									0,002			
Vida útil (y)									49,333			
	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)			
		1	2	3	4	5						
Anillo J	J1	1	2	3	4	5	5,940	5,978	5,800			
		5,800	6,000	5,900	6,000	6,000						
	J2	1	2	3	4	5	5,980					
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,000						
	J3	1	2	3	4	5	5,980					
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,000						
	J4	1	2	3	4	5	5,940					
		5,900	6,000	6,000	5,800	6,000						
	J5	1	2	3	4	5	5,900					
		5,800	6,000	5,900	5,800	6,000						
	J6	1	2	3	4	5	5,960					
		5,900	6,000	6,000	5,900	6,000						
	J7	1	2	3	4	5	6,040					
		6,100	6,100	6,000	6,000	6,000						
	J8	1	2	3	4	5	6,080					
		6,200	6,000	6,100	6,000	6,100						
	Valor inicial (mm)									6,000		
	Valor promedio medido del anillo (mm)									5,978		
Valor mínimo medido (mm)									5,800			
Año de adquisición (y)									2018			
Tiempo de operación (y)									4			
Velocidad de corrosión (mmy)									0,006			
Vida útil (y)									31,556			

Anillo K	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	K1	1	2	3	4	5	5,940	5,985	5,800
		5,800	6,000	5,900	6,000	6,000			
	K2	1	2	3	4	5	5,980		
		5,900	6,000	6,000	6,000	6,000			
	K3	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	6,000	6,000	6,000	5,900			
	K4	1	2	3	4	5	5,980		
		6,100	6,000	5,900	5,900	6,000			
	K5	1	2	3	4	5	5,920		
5,900		6,000	5,900	5,800	6,000				
K6	1	2	3	4	5	5,960			
	5,900	5,900	6,000	6,000	6,000				
K7	1	2	3	4	5	6,040			
	6,000	6,100	6,000	6,100	6,000				
K8	1	2	3	4	5	6,080			
	6,100	6,000	6,100	6,000	6,200				
Valor inicial (mm)								6,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								5,985	
Valor mínimo medido (mm)								5,800	
Año de adquisición (y)								2018	
Tiempo de operación (y)								4	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								49,333	
Anillo L	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
	L1	1	2	3	4	5	5,980	5,983	5,800
		6,200	5,800	5,900	6,000	6,000			
	L2	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	6,000	6,000	5,900	6,000			
	L3	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,000			
	L4	1	2	3	4	5	5,940		
		5,900	6,000	6,000	6,000	5,800			
	L5	1	2	3	4	5	5,900		
5,800		5,800	5,900	6,000	6,000				
L6	1	2	3	4	5	5,960			
	5,900	5,900	6,000	6,000	6,000				
L7	1	2	3	4	5	6,040			
	6,000	6,000	6,100	6,100	6,000				
L8	1	2	3	4	5	6,080			
	6,200	6,100	6,100	6,000	6,000				
Valor inicial (mm)								6,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								5,983	
Valor mínimo medido (mm)								5,800	
Año de adquisición (y)								2018	
Tiempo de operación (y)								4	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								41,714	

	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo M	M1	1	2	3	4	5	5,960	5,985	5,800
		5,900	6,000	5,900	6,000	6,000			
	M2	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	6,000	5,900	6,000	6,000			
	M3	1	2	3	4	5	5,980		
		5,900	6,000	6,000	6,000	6,000			
	M4	1	2	3	4	5	5,960		
		5,900	6,000	6,000	5,900	6,000			
	M5	1	2	3	4	5	5,920		
		6,000	6,000	5,900	5,900	5,800			
M6	1	2	3	4	5	5,960			
	5,900	6,000	5,900	6,000	6,000				
M7	1	2	3	4	5	6,040			
	6,000	6,100	6,000	6,000	6,100				
M8	1	2	3	4	5	6,080			
	6,100	6,000	6,100	6,000	6,200				
Valor inicial (mm)									6,000
Valor promedio medido del anillo (mm)									5,985
Valor mínimo medido (mm)									5,800
Año de adquisición (y)									2018
Tiempo de operación (y)									4
Velocidad de corrosión (mmy)									0,004
Vida útil (y)									49,333
	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo N	N1	1	2	3	4	5	5,940	5,980	5,800
		5,800	5,900	6,000	6,000	6,000			
	N2	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	6,000	6,000	5,900	6,000			
	N3	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,000			
	N4	1	2	3	4	5	5,940		
		6,000	6,000	5,900	5,800	6,000			
	N5	1	2	3	4	5	5,900		
		5,800	5,800	6,000	5,900	6,000			
N6	1	2	3	4	5	5,980			
	6,000	6,000	6,000	5,900	6,000				
N7	1	2	3	4	5	6,040			
	6,100	6,100	6,000	6,000	6,000				
N8	1	2	3	4	5	6,080			
	6,000	6,200	6,100	6,000	6,100				
Valor inicial (mm)									6,000
Valor promedio medido del anillo (mm)									5,980
Valor mínimo medido (mm)									5,800
Año de adquisición (y)									2018
Tiempo de operación (y)									4
Velocidad de corrosión (mmy)									0,005
Vida útil (y)									36,000

	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo O	O1	1	2	3	4	5	5,980	5,983	5,800
		5,900	6,000	6,000	6,000	6,000			
	O2	1	2	3	4	5	6,000		
		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000			
	O3	1	2	3	4	5	6,000		
		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000			
	O4	1	2	3	4	5	5,940		
		5,900	6,000	6,000	5,800	6,000			
	O5	1	2	3	4	5	5,900		
		6,000	6,000	5,900	5,800	5,800			
O6	1	2	3	4	5	5,960			
	5,900	6,000	6,000	5,900	6,000				
O7	1	2	3	4	5	6,020			
	6,000	6,100	5,900	6,000	6,100				
O8	1	2	3	4	5	6,060			
	6,200	6,000	6,100	6,000	6,000				
Valor inicial (mm)								6,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								5,983	
Valor mínimo medido (mm)								5,800	
Año de adquisición (y)								2018	
Tiempo de operación (y)								4	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								41,714	
	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo P	P1	1	2	3	4	5	6,000	5,985	5,800
		5,800	6,000	6,000	6,000	6,200			
	P2	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,000			
	P3	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,000			
	P4	1	2	3	4	5	5,900		
		5,900	5,800	6,000	5,800	6,000			
	P5	1	2	3	4	5	5,940		
		6,000	6,000	5,900	5,800	6,000			
P6	1	2	3	4	5	6,000			
	6,100	6,000	6,000	5,900	6,000				
P7	1	2	3	4	5	6,040			
	6,000	6,100	6,000	6,000	6,100				
P8	1	2	3	4	5	6,040			
	6,000	6,000	6,100	6,000	6,100				
Valor inicial (mm)								6,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								5,985	
Valor mínimo medido (mm)								5,800	
Año de adquisición (y)								2018	
Tiempo de operación (y)								4	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								49,333	

	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo Q	Q1	1	2	3	4	5	5,980	5,983	5,800
		6,000	6,000	5,900	6,000	6,000			
	Q2	1	2	3	4	5	5,960		
		6,000	5,800	6,000	6,000	6,000			
	Q3	1	2	3	4	5	5,960		
		6,000	5,900	6,000	5,900	6,000			
	Q4	1	2	3	4	5	5,940		
		5,900	6,000	6,000	5,800	6,000			
	Q5	1	2	3	4	5	5,900		
		5,800	6,000	5,900	5,800	6,000			
Q6	1	2	3	4	5	5,960			
	5,900	6,000	6,000	5,900	6,000				
Q7	1	2	3	4	5	6,040			
	6,100	6,100	6,000	6,000	6,000				
Q8	1	2	3	4	5	6,120			
	6,200	6,000	6,100	6,200	6,100				
Valor inicial (mm)									6,000
Valor promedio medido del anillo (mm)									5,983
Valor mínimo medido (mm)									5,800
Año de adquisición (y)									2018
Tiempo de operación (y)									4
Velocidad de corrosión (mmy)									0,004
Vida útil (y)									41,714
	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo R	R1	1	2	3	4	5	5,960	5,983	5,800
		5,900	6,000	5,900	6,000	6,000			
	R2	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,000			
	R3	1	2	3	4	5	6,000		
		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000			
	R4	1	2	3	4	5	5,920		
		5,800	6,000	6,000	5,800	6,000			
	R5	1	2	3	4	5	5,940		
		5,900	6,000	5,900	5,900	6,000			
R6	1	2	3	4	5	5,960			
	5,900	6,000	6,000	5,900	6,000				
R7	1	2	3	4	5	6,040			
	6,100	6,000	6,000	6,000	6,100				
R8	1	2	3	4	5	6,060			
	6,100	6,000	6,100	6,000	6,100				
Valor inicial (mm)									6,000
Valor promedio medido del anillo (mm)									5,983
Valor mínimo medido (mm)									5,800
Año de adquisición (y)									2018
Tiempo de operación (y)									4
Velocidad de corrosión (mmy)									0,004
Vida útil (y)									41,714

	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo S	S1	1	2	3	4	5	5,940	5,980	5,800
		5,800	6,000	5,900	6,000	6,000			
	S2	1	2	3	4	5	5,960		
		5,900	5,900	6,000	6,000	6,000			
	S3	1	2	3	4	5	6,000		
		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000			
	S4	1	2	3	4	5	5,940		
		5,900	6,000	6,000	5,800	6,000			
	S5	1	2	3	4	5	5,900		
		5,800	6,000	5,900	5,800	6,000			
S6	1	2	3	4	5	6,000			
	5,900	6,000	6,000	6,100	6,000				
S7	1	2	3	4	5	6,020			
	6,100	5,900	6,100	6,000	6,000				
S8	1	2	3	4	5	6,080			
	6,200	6,000	6,100	6,000	6,100				
Valor inicial (mm)								6,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								5,980	
Valor mínimo medido (mm)								5,800	
Año de adquisición (y)								2018	
Tiempo de operación (y)								4	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,005	
Vida útil (y)								36,000	
	Vértices	N° Mediciones					Valor promedio (mm)	Valor promedio del anillo (mm)	Valor mínimo (mm)
		1	2	3	4	5			
Anillo T	T1	1	2	3	4	5	6,000	5,985	5,800
		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000			
	T2	1	2	3	4	5	5,960		
		6,000	5,800	6,000	6,000	6,000			
	T3	1	2	3	4	5	5,980		
		6,000	5,900	6,000	6,000	6,000			
	T4	1	2	3	4	5	5,940		
		5,800	6,000	6,000	5,900	6,000			
	T5	1	2	3	4	5	5,920		
		6,000	6,000	5,900	5,900	5,800			
T6	1	2	3	4	5	5,960			
	5,900	5,900	6,000	6,000	6,000				
T7	1	2	3	4	5	6,040			
	6,100	6,100	6,000	6,000	6,000				
T8	1	2	3	4	5	6,080			
	6,200	6,000	6,100	6,000	6,100				
Valor inicial (mm)								6,000	
Valor promedio medido del anillo (mm)								5,985	
Valor mínimo medido (mm)								5,800	
Año de adquisición (y)								2018	
Tiempo de operación (y)								4	
Velocidad de corrosión (mmy)								0,004	
Vida útil (y)								49,333	