



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE
TECHO DE DOMO GEODÉSICO DE EP-
PETROECUADOR EN LA REFINERÍA ESTATAL
ESMERALDAS”**

MILTON GEOVANY NARANJO FLORES.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

**Riobamba – Ecuador
2017**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2017-03-08

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

NARANJO FLORES MILTON GEOVANY

Titulado:

**“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TANQUES
DE ALMACENAMIENTO DE TECHO DE DOMO GEODÉSICO DE
EP-PETROECUADOR EN LA REFINERÍA ESTATAL
ESMERALDAS”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE ING. MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Lenin Orozco Cantos

DIRECTOR

Ing. Luis Tierra Tingo

ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: NARANJO FLORES MILTON GEOVANY

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE TECHO DE DOMO GEODÉSICO DE EP-PETROECUADOR EN LA REFINERÍA ESTATAL ESMERALDAS”

Fecha de Examinación: 2017-03-08

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Geovanny Novillo PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Lenin Santiago Orozco Cantos DIRECTOR			
Ing. Luis Fernando Tierra Tingo ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Geovanny Novillo

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Naranjo Flores Milton Geovany

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, MILTON GEOVANY NARANJO FLORES, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y, que he consultado las referencias que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración autorizo la utilización de los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Naranjo Flores Milton Geovany

Cedula de Identidad: 0604383125

DEDICATORIA

El presente trabajo le dedico a mi Madre y Esposa, que son el motor de vida para alcanzar a realizarlo por su cariño, comprensión de noches de desvelo y apoyo tanto espiritual como económico, a mi Abuelito que me enseñó a ser responsable y a cumplir los sueños que desde el cielo junto a mis Tres Angelitos deben estar muy felices y orgullosos por los logros alcanzados y a ellos les dedico con todo el corazón a todas las personas que confiaron en mi e impulsaron a que este sueño se haga realidad.

Naranjo Flores Milton Geovany

Cedula de Identidad: 0604383125

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado las fuerzas y la sabiduría para culminar esta etapa importante de vida, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO por haberme acogido y brindado los conocimientos para la vida profesional, a mi madre, mi esposa, y a mis tres angelitos por su apoyo incondicional por la felicidad brindada para salir adelante juntos a pesar de las adversidades a todos muchas gracias.

Naranjo Flores Milton Geovany

Cedula de Identidad: 0604383125

CONTENIDOS

	Pág.
CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCION.	1
1.1 Antecedentes. 1	
1.2 Formulación del problema 2	
1.3 Justificación 3	
<i>1.3.1 Justificación teórica.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.2 Justificación metodológica.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.3 Justificación práctica.....</i>	<i>4</i>
1.4 Alcance. 5	
1.5 Objetivos. 5	
<i>1.5.1 Objetivo general.....</i>	<i>5</i>
<i>1.5.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>5</i>
CAPITULO II	7
2. MARCO REFERENCIAL	7
2.1 Revisión bibliográfica 7	
2.2 Marco conceptual 9	
<i>2.2.1 Definición y tipos de tanques de almacenamiento.....</i>	<i>9</i>
<i>2.2.2 Partes de un tanque de almacenamiento</i>	<i>9</i>
<i>2.2.3 Clasificación de los tanques de almacenamiento</i>	<i>11</i>
<i>2.2.4 Según la forma del tanque.....</i>	<i>13</i>
<i>2.2.5 Según el producto que almacena.....</i>	<i>15</i>
<i>2.2.6 Según su material.....</i>	<i>15</i>
<i>2.2.7 Según su uso.....</i>	<i>15</i>
<i>2.2.8 Tipos de techos de los tanques de almacenamiento.....</i>	<i>16</i>
<i>2.2.8.1 Techo fijo:.....</i>	<i>16</i>
<i>2.2.8.2 Cónico auto-soportado:.....</i>	<i>17</i>
<i>2.2.8.3 Domo auto-soportado.....</i>	<i>17</i>
<i>2.2.9 Techo Flotante</i>	<i>17</i>

2.2.10	<i>Techo flotante del tanque.</i>	18
2.2.11	<i>Techos flotantes internos</i>	18
2.2.12	<i>Techos de domo geodésico</i>	18
2.2.14	<i>Características generales para tanques</i>	20
2.2.15	<i>Normas aplicables y su alcance</i>	20
2.2.15.1	<i>API 653 descripción y alcance</i>	21
2.2.15.2	<i>API 650 descripción y alcance</i>	21
2.2.15.3	<i>Principales códigos y estándares</i>	22
2.3	Marco teórico	23
2.3.1	<i>Definición de mantenimiento</i>	23
2.3.2	<i>Objetivos del mantenimiento</i>	23
2.3.3	<i>Misión del mantenimiento</i>	24
2.3.4	<i>Clasificación del mantenimiento</i>	24
2.3.4.1	<i>Mantenimiento correctivo</i>	24
2.3.4.2	<i>Pasos para el mantenimiento correctivo</i>	25
2.3.4.3	<i>Mantenimiento preventivo</i>	25
2.3.5	<i>Estrategias de mantenimiento</i>	27
2.3.5.1	<i>Mantenimiento predictivo</i>	27
2.3.5.2	<i>Mantenimiento proactivo</i>	27
2.3.5.3	<i>Mantenimiento productivo total (TPM)</i>	27
2.3.5.4	<i>Mantenimiento cerrado en la confiabilidad</i>	27
2.3.6	<i>Peligros del mantenimiento de tanques</i>	28
2.3.7	<i>Adecuación para el servicio</i>	30
CAPITULO III		32
3.	ESTUDIO TÉCNICO	32
3.1	Localización	32
3.2	Ingeniería del proyecto	33
3.2.1	<i>Estado actual del tanque de EP-Petroecuador Y-T 8023</i>	35
3.2.2	<i>Fases del mantenimiento de tanques con la norma API 653</i>	36
3.2.2.1	<i>Planeación</i>	36
3.2.2.2	<i>Alistamiento</i>	37
3.2.2.3	<i>Aislamiento seguro</i>	37

3.2.2.4	<i>Descontaminación</i>	38
3.2.2.5	<i>Inspección</i>	38
3.2.2.6	<i>Reparación metalmecánica</i>	38
3.2.2.7	<i>Pruebas</i>	39
3.2.2.8	<i>Recubrimiento</i>	39
3.2.2.9	<i>Alistamiento de entrega</i>	39
3.2.2.10	<i>Puesta en servicio</i>	40
3.2.3	<i>Etapas del mantenimiento de tanques de domo geodésico</i>	40
3.2.3.1	<i>Elección del tipo de tanques</i>	40
3.2.3.2	<i>Listar componentes del tanque</i>	41
3.2.3.3	<i>Inspeccionar</i>	43
3.2.3.4	<i>Clasificación de inspecciones</i>	44
3.2.3.5	<i>Inspección Externa</i>	44
3.2.3.6	<i>Inspección de servicios rutinarios</i>	44
3.2.3.7	<i>Inspección interna</i>	45
3.2.3.8	<i>Inspecciones ultrasónicas de espesor</i>	45
3.2.3.9	<i>Inspección de protección catódica</i>	45
3.2.4	<i>Requisitos para aplicar el plan de mantenimiento.</i>	45
3.2.4.1	<i>Rutas para el mantenimiento preventivo</i>	49
3.2.4.2	<i>Planificación y lanzamiento de trabajos preventivos</i>	49
3.2.4.3	<i>Análisis de defectos, Estudios Técnicos y Económicos</i>	50
3.2.4.4	<i>Stocks y compras de repuestos</i>	50
3.2.5	<i>Análisis de fallos</i>	51
3.2.5.1	<i>Modos potenciales de fallo</i>	51
3.2.5.2	<i>Efecto potencial de fallo</i>	51
3.2.5.3	<i>Causas potenciales del fallo</i>	52
3.2.5.4	<i>Procedimiento al mantenimiento del tanque con fallas</i>	52
3.2.6	<i>Inspección Interna</i>	52
3.2.6.1	<i>Intervalos de inspección</i>	53
3.2.6.2	<i>Intervalo de inspección externa alternativa</i>	53
3.2.7	<i>Evaluación de techos de tanques</i>	53
3.2.7.1	<i>Techos fijos</i>	53
3.2.7.2	<i>Techos flotantes</i>	54

3.2.7.3	<i>Cambios de servicio</i>	60
3.2.8	<i>Evaluación del cuerpo del tanque</i>	60
3.2.9	<i>Evaluación del fondo del tanque</i>	61
3.2.9.1	<i>Clasificación de los fondos de tanques de domo</i>	61
3.2.9.2	<i>Peligros en el mantenimiento de tanque de almacenamiento de techo de domo geodésico fuera de servicio</i>	65
3.2.10	<i>Índice de análisis control y mantenimiento tanques de almacenamiento de techo de domo geodésico</i>	65
3.2.10.1	<i>Estimación del tiempo de duración de una actividad</i>	65
3.2.10.2	<i>Índice de control de gestión de mantenimiento</i>	66
3.2.11	<i>Tareas de mantenimiento tanques de almacenamiento de techo de domo geodésico</i>	68
3.2.11.1	<i>Tareas de mantenimiento para tanques de almacenamiento de techo de domo geodésico en servicio</i>	68
3.2.11.2	<i>Tareas de mantenimiento para liberación del tanque de almacenamiento de techo de domo geodésico</i>	69
3.2.11.3	<i>Tareas de mantenimiento para tanque de almacenamiento de techo de domo geodésico fuera de servicio</i>	70
3.2.12	<i>Procedimiento para las tareas de mantenimiento para tanque de almacenamiento de techo de domo geodésico</i>	71
3.3	Lista de actividades para el mantenimiento preventivo del tanque YT-8023	73
3.4	Análisis de Costos del proyecto.	107
3.4.1	<i>Equipo</i>	108
3.4.2	<i>Mano de obra calificada</i>	109
3.4.3	<i>Materiales</i>	112
3.5	Análisis financiero	113
3.5.1	<i>Equipo</i>	113
3.5.2	<i>Mano de obra calificada</i>	113
3.5.3	<i>Costo unitario equipo</i>	114
3.5.4	<i>Materiales adecuados y mano de obra</i>	114
3.5.5	<i>Costos indirectos</i>	114

3.5.6	<i>Costos del mantenimiento de los tanques</i>	115
3.5.7	<i>Presupuesto general para mantenimiento</i>	116
CAPÍTULO IV		136
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		136
4.1	Conclusiones	136
4.2	Recomendaciones	137
BIBLIOGRAFÍA		138
ANEXOS		¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Características generales de los tanques _____	20
Tabla 2.	Códigos y estándares aplicables en el mantenimiento de tanques de almacenamiento _____	22
Tabla 3.	Techos fijo _____	55
Tabla 4.	Clasificación de techos flotantes _____	57
Tabla 5.	Clasificación de los fondos de tanques _____	62
Tabla 6.	Tareas de mantenimiento generales de tanques en servicio _____	68
Tabla 7.	Tareas de mantenimiento generales de liberación de los tanques _____	70
Tabla 8.	Tareas de mantenimiento generales de tanques fuera de servicio _____	71
Tabla 9.	Formato actividades para la inspección externa de rutina de tanques atmosféricos. _____	73
Tabla 10.	Formato de procedimiento para mantenimiento semestral de tanques de domo geodésicos. _____	81
Tabla 11.	Formato de procedimiento para mantenimiento anual de tanques de domo geodésicos. _____	84
Tabla 12.	Formato de procedimiento para mantenimiento de cada dos años de tanques de domo geodésicos. _____	88
Tabla 13.	Formato de procedimiento para liberación de tanque de domo geodésicos cada cinco años. _____	91
Tabla 14.	Formato de procedimiento para mantenimiento de cada 5 años de tanques de domo geodésicos fuera de servicio. _____	94
Tabla 15.	Formato de procedimiento para mantenimiento de cada diez años de tanques de domo geodésicos. _____	102
Tabla 16.	Formato de procedimiento para mantenimiento de cada quince años de tanques de domo geodésicos. _____	103
Tabla 17.	Formato de procedimiento para certificación de tanques de domo geodésicos luego de ser reparados. _____	104
Tabla 18.	Costos directos de equipos _____	108
Tabla 19.	Remuneración mensual de mano la de obra calificada. _____	110
Tabla 20.	Costo unitario de los materiales. _____	112
Tabla 21.	Costos indirectos _____	114

Tabla 22.	Costos indirectos del plan de mantenimiento _____	115
Tabla 23.	Costo de implementación del plan de mantenimiento. _____	116
Tabla 24.	Costo por mano de obra del mantenimiento mensual. _____	117
Tabla 25.	Costo total del mantenimiento mensual. _____	117
Tabla 26.	Costo por mano de obra del mantenimiento semestral _____	117
Tabla 27.	Costo por materiales del mantenimiento semestral _____	117
Tabla 28.	Costo total del mantenimiento semestral _____	117
Tabla 29.	Costo de mano de obra del mantenimiento anual _____	118
Tabla 30.	Costo de mantenimiento anual de los equipos. _____	118
Tabla 31.	Costo de materiales del mantenimiento anual _____	118
Tabla 32.	Costo total del mantenimiento anual _____	118
Tabla 33.	Costo de mano de obra del mantenimiento de cada dos años _____	119
Tabla 34.	Costo de materiales del mantenimiento de cada dos años _____	119
Tabla 35.	Costo total del mantenimiento de cada dos años _____	119
Tabla 36.	Costo de mano de obra del mantenimiento de cada cinco años _____	119
Tabla 37.	Costo de materiales del mantenimiento de cada cinco años _____	120
Tabla 38.	Costo total del mantenimiento de cada cinco años _____	121
Tabla 39.	Costo de mano de obra del mantenimiento de cada diez años _____	121
Tabla 40.	Costo de materiales del mantenimiento de cada diez años _____	121
Tabla 41.	Costo total del mantenimiento de cada diez años. _____	122
Tabla 42.	Costo de mano de obra de cada quince años _____	122
Tabla 43.	Costo de materiales del mantenimiento de cada quince años _____	122
Tabla 44.	Costo total del mantenimiento de cada quince años. _____	122
Tabla 45.	Costo de mano de obra de la certificación del tanque luego de reparaciones _____	122
Tabla 46.	Costo de materiales del mantenimiento de certificación luego de reparación _____	123
Tabla 47.	Costo total del mantenimiento de certificación. _____	123
Tabla 48.	Costo de mantenimiento del primer año. _____	124
Tabla 49.	Costo de mantenimiento de todo el segundo año. _____	124
Tabla 50.	Costo de mantenimiento de todo el tercer año _____	125
Tabla 51.	Costo total de mantenimiento de todo el cuarto año. _____	126
Tabla 52.	Costo total de mantenimiento de todo el quinto año _____	126

Tabla 53.	Costo total de mantenimiento de todo el sexto año _____	127
Tabla 54.	Costo total de mantenimiento de todo el séptimo año. _____	128
Tabla 55.	Costo total de mantenimiento de todo el octavo año. _____	128
Tabla 56.	Costo total de mantenimiento de todo el noveno año. _____	129
Tabla 57.	Costo total de mantenimiento de todo el décimo año. _____	130
Tabla 58.	Costo total de mantenimiento de todo el décimo primero año. _____	130
Tabla 59.	Costo total d mantenimiento de todo el décimo segundo año _____	131
Tabla 60.	Costo total de mantenimiento de todo el décimo tercero año. _____	132
Tabla 61.	Costo total de mantenimiento de todo el décimo cuarto año. _____	132
Tabla 62.	Costo total de mantenimiento de todo el décimo quinto año _____	133
Tabla 63.	Costo total del plan de mantenimiento preventivo durante la vida útil. __	134

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tanques de almacenamiento	9
Figura 2. Partes de un tanque de almacenamiento	10
Figura 3. Clasificación de los tanques	11
Figura 4. Tanque atmosférico	11
Figura 5. Tanques de baja presión	12
Figura 6. Tanques de alta presión	13
Figura 7. Tanques de cilindro con techo fijo	13
Figura 8. Tanque de techo flotante cilíndrico	14
Figura 9. Cilindro de cono radial	14
Figura 10. Tanques esféricos y esferoidales	15
Figura 11. Techo fijo	17
Figura 12. Inspecciones de las áreas de corrosión	30
Figura 13. Localización de la Refinería Estatal Esmeraldas.	33
Figura 14. Fases de mantenimiento de los tanques	36
Figura 15. Tanque de domo geodésico	40
Figura 16. Manhole	41
Figura 17. Válvula de presión – vacío	41
Figura 18. Cámara de espuma	42
Figura 19. Escalera de acceso	42
Figura 20. Ventana de limpieza	43
Figura 21. Relación de los años respecto al costo de mantenimiento	135

LISTA DE ABREVIACIONES

REE	Refinería Estatal de Esmeraldas.
API	Instituto Americano del Petróleo
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.
ASTM	Asociación Americana de Ensayos y Materiales.
STD	Estándar
RP	Tómese
SNT – TC – 1A	Certificación de Personal en Ensayos No Destructivos.

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Especificaciones para el mantenimiento de tanques **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo B. Inspección visual de soldaduras amarres fondo del tanque Y-T 8023 .. **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo C. Inspección visual primer pase interior de soldadura de la junta fondo anillo.
..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo D. Inspección visual de la soldadura interior y exterior de la junta fondo cuerpo.
..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo E. Inspección visual de soldadura del cuerpo primer y segundo anillo. **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo F. Inspección mediante ultrasonido avanzado de cordones soldadura en tubería.
..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo G. Geomembrana fondo del tanque. **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo H. Pase de raíz entre fondo y el primer anillo del tanque. .. **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo I. Hoja de datos del tanque..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo J. Codificación de tanques..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo K. Hoja de datos de válvulas **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo L. Cuadros para detectar fallos en los tanques de almacenamiento **¡Error! Marcador no definido.**

RESUMEN

La Refinería Estatal Esmeraldas tiene planes de mantenimiento que se encuentran desactualizados, por tener más de 30 años de elaborados, por lo que se plantea un plan de mantenimiento acorde a las nuevas tecnologías de mantenimiento y que correspondan con los nuevos tipos de tanques de techo de domo geodésico que se instalan como parte de la modernización de la planta, este proyecto toma como referencia la norma API 653 la que se ha utilizado en la refinería para ejecutar el informe del mantenimiento, la reparación y reconstrucción estipulada en la norma y los cambios que se puedan presentar, existen varias normas importantes, pero se hará referencia a la normas encontradas y analizadas como es RP 579, Std 620, Std 650 RP 651, RP 652, Std 2000, RP 2003, STD 2015, RP 2016, Publ 2201, RP 2207, Publ 2217A, ASME 1, SNT-TC-1A, ASTM3, D1, STD 2610 que servirán en la realización del presente trabajo, obteniendo un plan de mantenimiento preventivo detallado en actividades, personal, tiempo y frecuencias de realización con costos aproximados a la actualidad de personal, equipos y materiales que se utilizaran en cada una de las actividades de mantenimiento, calculado para toda la vida útil del tanque, para realizar un diagnóstico preventivo para evitar o disminuir daños a largo y corto plazo, en base a sus necesidades y condiciones de operación donde la gran mayoría se debe a una falta de planificación del mantenimiento, brinda la facilidad de llevar a cabo un historial de las inspecciones de los fallos encontrados produciendo así el ahorro de los recursos destinados para el mantenimiento, evitando paros de planta no deseados y perjudiciales para la economía de la empresa y del estado, donde se recomienda que el personal debe ser capacitado de acuerdo a cada área específica de inspección y de ensayos no destructivos que se realiza en los tanques para evitar colapsos por la falta de conocimiento técnico.

PALABRAS CLAVE: < REFINERÍA ESTATAL ESMERALDAS>, < PLAN DE MANTENIMIENTO>, < INSTITUTO AMERICANO DEL PETROLEO (API 653)>, <VIDA ÚTIL>, < PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO>, < HISTORIAL DE LAS INSPECCIONES>, < AHORRO DE LOS RECURSOS>, < TECNOLOGIAS DE MANTENIMIENTO>.

ABSTRACT

The Governmental Refinery Esmeraldas has maintenance plans that are outdated, having more than 30 years of elaboration, so that correspond to the new types of roof tanks geodetic dome that are installed as part of the modernization of the plant, This project takes as reference the standard API 653 that has been used in the refinery to execute the report of maintenance, repair and reconstruction stipulated in the standard and the changes that may be presented, there are several important standards, but reference will be made to the standards found and analyzed as RP 579, Std 620, Std 650, RP 651, RP 652, Std 2000, RP 2003, STD 2015, RP 2016, Publ 2201, RP 2207, Publ 2217A, ASME 1, SNT-TC-1A, ASTM 3, D1, STD 2610 which will be used in the realization of this work, obtaining a preventive maintenance plan detailed in activities, staff, time and frequencies of realization with approximate costs to the present time of staff, equipment and materials To be used in each of the maintenance activities, calculated for the entire life of the tank, to carry out a preventive diagnosis to avoid or reduce damages over the long and short term, based on its needs and operating conditions where the large Most is due to a lack of maintenance planning, it provides the facility to carry out a history of inspections of the faults found, thus saving the resources destined for maintenance, avoiding unwanted plant stoppages and damaging to the economy The company and the state, where it is recommended that staff should be trained according to each specific area of inspection and non-destructive testing performed on the tanks to avoid collapses due to lack of technical knowledge.

KEY WORDS: <ESMERALDAS STATE REFINERY>, <MAINTENANCE PLAN>, <AMERICAN OIL INSTITUTE (API 653)>, <USEFUL LIFE>, <MAINTENANCE PLANNING>, <HISTORY OF INSPECTIONS>, <RESOURCE SAVINGS>, <MAINTENANCE TEGNOLOGIES>.

PRESENTACIÓN

Entendido como plan de mantenimiento al conjunto de tareas llevadas a cabo de manera organizada y sistemática, darán como resultado la limpieza o renovación de los equipos de una planta. Se puede realizar mantenimientos correctivos en el caso de presentar fallas los equipos o componentes operativos de una fábrica o refinería etc. Por otra parte, los mantenimientos preventivos como su nombre lo indica, su función es anteponerse a las fallas o los desgastes para tener los equipos en buenas condiciones operativas sin la necesidad de parar bruscamente las actividades de la misma debido a las fallas de los equipos.

Desarrollar un plan de mantenimiento para los tanques de almacenamiento de domo geodésico es primordial ya que en ellos se almacena petróleo que al momento es considerado la principal matriz productiva del Ecuador. Otro aspecto a tomar en cuenta es la seguridad que hoy por hoy los estándares de seguridad laboral son muy exigidos y cuanto más al tratarse de una empresa con una actividad económica tan complicada como la de almacenamiento de crudo para posteriormente su refinación.

A nivel mundial en la industria petrolera utilizan los tanques de almacenamiento para contener crudo y sus derivados del petróleo ya que son de sumo valor en la explotación de los hidrocarburos y actúan como un pulmón entre la producción y el transporte del petróleo y sus derivados, donde se absorbe las variaciones de consumo ayudando a la refinería a mantener un nivel constante entre la producción y el consumo del producto final.

En La Refinería Estatal Esmeraldas ubicada en la provincia de su mismo nombre, han utilizado tanques de almacenamiento de techo fijo y techo flotante a lo largo de sus años

de trabajo, por las características propias de los derivados del petróleo y de acuerdo a la producción de la planta de refinación tenemos: el área de almacenamiento y manejo de los hidrocarburos, en las cuales se comenzó a instalar techos de domo geodésicos que sirve para proteger de las influencias atmosféricas y ambientales, mientras que al mismo tiempo, se minimiza la emisión de vapores peligrosos y previniendo la entrada de agua en el tanque.

Por falta de mantenimiento se ha ido produciendo deterioro anticipado y que los techos flotantes tiendan a voltearse; los techos fijos se corroan y formen agujeros, las paredes presentan picaduras, fugas o filtraciones por los accesorios y corrosión externa del fondo de los tanques los mismos causan pérdidas económicas y materiales, debido a esto se producen paros en el proceso para el mantenimiento correctivo donde se detiene la planta para realizar los trabajos necesarios y cada día que no produzca la planta provoca pérdidas económicas, debido a estos inconvenientes, lo más perjudicial es la contaminación que se podrían producir al medio ambiente por los probables derrames y gases emitidos que dañan el ecosistema y afecta a la salud de los trabajadores y personas que viven cerca de la Refinería Estatal Esmeraldas. Dado el deterioro la planta está sustituyendo los tanques y a la fecha se han cambiado cuatro, con ello se ha empleado diferente tecnología de fabricación por lo cual los planes de mantenimiento existentes en la empresa de por si obsoletos, por más de 30 años de elaboración, y sin una actualización muestran la necesidad de elaborar o proponer el plan de mantenimiento a los nuevos tanques.

Con los códigos y normativas internacionales de mantenimiento de tanques de almacenamiento, estos están basados en las experiencias y conocimientos de fabricantes y usuarios de tanques de almacenamiento soldados de petróleo y sus derivados, de distintos tamaños que va relacionada con la capacidad necesaria de la empresa, con una presión manométrica máxima de 2,5 psi, ayudando en los procesos de mantenimiento adecuado para alcanzar la vida útil para la cual fueron diseñados.

CAPITULO I

1. INTRODUCCION.

1.1 Antecedentes.

A nivel mundial en la industria petrolera utilizan los tanques de almacenamiento para contener crudo y sus derivados del petróleo ya que son de sumo valor en la explotación de los hidrocarburos y actúan como un pulmón entre la producción y el transporte del petróleo y sus derivados, donde se absorbe las variaciones de consumo ayudando a la refinería a mantener un nivel constante entre la producción y el consumo del producto final y una de las operaciones que permite mantener esta constante es mediante un plan de mantenimiento.

Entendido como plan de mantenimiento al conjunto de tareas llevadas a cabo de manera organizada y sistemática, darán como resultado la limpieza o renovación de los equipos de una planta. Se puede realizar mantenimientos correctivos en el caso de presentar fallas los equipos o componentes operativos de una fábrica o refinería etc. Por otra parte, los mantenimientos preventivos como su nombre lo indica, su función es anteponerse a las fallas o los desgastes para tener los equipos en buenas condiciones operativas sin la necesidad de parar bruscamente las actividades de la misma debido a las fallas de los equipos.

Desarrollar un plan de mantenimiento para los tanques de almacenamiento de domo geodésico es primordial ya que en ellos se almacena petróleo que al momento es considerado la principal matriz productiva del Ecuador. Otro aspecto a tomar en cuenta es la seguridad que hoy por hoy los estándares de seguridad laboral son muy exigidos y cuanto más al tratarse de una empresa con una actividad económica tan complicada como la de almacenamiento de crudo para posteriormente su refinación.

En La Refinería Estatal Esmeraldas ubicada en la provincia de su mismo nombre, han utilizado tanques de almacenamiento de techo fijo y techo flotante a lo largo de sus años de trabajo, por las características propias de los derivados del petróleo y de acuerdo a la

producción de la planta de refinación tenemos: el área de almacenamiento y manejo de los hidrocarburos, en las cuales se comenzó a instalar techos de domo geodésicos que sirve para proteger de las influencias atmosféricas y ambientales, mientras que al mismo tiempo, se minimiza la emisión de vapores peligrosos y previniendo la entrada de agua en el tanque.

Por falta de mantenimiento se ha ido produciendo deterioro anticipado, que los techos flotantes tiendan a voltearse; los techos fijos se corroan y formen agujeros, las paredes presentan picaduras, fugas o filtraciones por los accesorios y corrosión externa del fondo de los tanques los mismos causan pérdidas económicas y materiales, debido a esto se producen paros en el proceso para el mantenimiento correctivo donde se detiene la planta para realizar los trabajos necesarios y cada día que no produzca la planta provoca pérdidas económicas, debido a estos inconvenientes, lo más perjudicial es la contaminación que se podrían producir al medio ambiente por los probables derrames y gases emitidos que dañan el ecosistema y afecta a la salud de los trabajadores y personas que viven cerca de la Refinería Estatal Esmeraldas. Dado el deterioro la planta está sustituyendo los tanques y a la fecha se han cambiado cuatro, con ello se ha empleado diferente tecnología de fabricación por lo cual los planes de mantenimiento existentes en la empresa de por si obsoletos, por más de 30 años de elaboración, y sin una actualización muestran la necesidad de elaborar o proponer el plan de mantenimiento a los nuevos tanques.

Con los códigos y normativas internacionales de mantenimiento de tanques de almacenamiento, estos están basados en las experiencias y conocimientos de fabricantes y usuarios de tanques de almacenamiento soldados de petróleo y sus derivados, de distintos tamaños que va relacionada con la capacidad necesaria de la empresa, con una presión manométrica máxima de 2,5 psi, ayudando en los procesos de mantenimiento adecuado para alcanzar la vida útil para la cual fueron diseñados.

1.2 Formulación del problema

La Refinería Estatal Esmeraldas posee planes de mantenimiento que se encuentran desactualizados, debido a que su elaboración supera los 30 años, por lo que no dispone de planes acordes a las nuevas tecnologías que hoy en día se están aplicando y con los

nuevos tipos de tanques que se instalan como parte de la modernización de la planta por tal motivo la refinería está comenzando a implementar estas tecnologías para su desarrollo y prevención de contaminación de tal manera conservar la integridad y el funcionamiento de los tanques atmosféricos de almacenamiento de crudo y sus derivados.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica.

Mediante el presente trabajo de titulación permite el desenvolvimiento de las directrices impartidas en el periodo académico basado en las necesidades de la empresa donde el ingeniero mecánico debe utilizar normas y protocolos del diseño y el mantenimiento mecánico de los tanques de almacenamiento de techo de domo geodésico asegurando su buen funcionamiento y disponibilidad operativa con el fin de demostrar el mejoramiento incesante y así reduciendo los costos por las pérdidas de producción y el manejo adecuado de los recursos asignados por el estado al mantenimiento de los tanques de almacenamiento.

1.3.2 Justificación metodológica.

Los tanques de domo geodésico carecen de una exploración adecuada debido a que la tecnología adquirida en la actualidad ha dado un gran paso a través del tiempo por lo que se ha hecho meritorio realizar una investigación exploratoria acerca de su infraestructura y diseño que contienen estos tanques para poder acoplar un plan de mantenimiento acorde al medio en el que se encuentra y de tal manera determinar las principales causas de fallo y deterioro.

Mediante la investigación documental de la información de los tanques de domo geodésico se podrá establecer un análisis de las etapas, posturas o estado actual del conocimiento respecto de dichos tanques.

Al analizar la factibilidad y conveniencia para realizar el mantenimiento preventivo de un tanque de almacenamiento, lo siguiente es determinar las variables físicas que se van a controlar, y que estas indiquen la condición del tanque. En esta parte se debe revisar

detalladamente las técnicas comúnmente usadas en el monitoreo e inspección según su condición, de manera que sirvan de guía para su elaboración teniendo como finalidad la obtención de las condiciones mecánicas o el estado de salud del tanque, de manera que pueda ser operada y mantenida en su totalidad con seguridad y economía.

El monitoreo es la medición de una variable física que se considera representativa de la condición de un tanque y su comparación con valores que indican si el tanque está en buen estado o deteriorado. De acuerdo a los objetivos que se pretende alcanzar con el monitoreo de la condición de un tanque debe distinguirse entre vigilancia, protección, diagnóstico y pronóstico.

1.3.3 Justificación práctica.

El plan de mantenimiento permitirá alcanzar o alargar la vida útil de los tanques y a la vez una producción continua de calidad, puesto que las condiciones climáticas que tiene Esmeraldas como es la temperatura, humedad y el tipo de suelo hace que los tanques de almacenamiento sean más vulnerables a daños en un menor tiempo.

Servirá como instrumento técnico para la Refinería Estatal Esmeraldas, para la detección de problemas y el estado de cada tanque, siendo los problemas los mismos, pero en diferente tiempo y diferente magnitud de daño, se podrá realizar el mantenimiento continuo de los tanques reparados y reconstruidos con nuevas tecnologías que se encuentren en continuo funcionamiento de trabajo.

Se espera determinar y eliminar las principales causas de los accidentes en tanques de almacenamiento que recolectan materiales combustibles, el potencial riesgo que se debe eliminar, como lo es el que produce fuego, la falsa operación de válvulas, uso inapropiado de técnicas de limpieza, grietas en las soldaduras, personal no capacitado, defectos de los equipos por vida útil, válvulas de alivio de presión de vacío que no funcionan adecuadamente y los sistemas de venteo diseñados incorrectamente, la rotura y pérdida de material por derrames del producto de los tanques y sus tuberías, la electricidad estática causante de incendios, explosiones, daños en la salud.

Todos los problemas antes descritos traen consigo riesgos eminentes, se deben prevenir los infortunios a propiedades adyacentes, al personal a considerables distancias y pérdidas económicas por el posible escape de materiales valiosos tanto de la sociedad como del estado, provocando la contaminación del medio ambiente que está rigurosamente protegida por la ley. Dentro de los beneficios es adquirir conocimientos con el desarrollo del proyecto de plan de mantenimiento, la disminución de los costos de reparación y ayudar al desarrollo y formación de los trabajadores para la detección temprana de averías de tal forma se beneficiará el Estado, la Refinería y el medio ambiente.

1.4 Alcance.

Este proyecto se podrá aplicar a los tanques de almacenamiento de productos de hidrocarburos que tengan techo de domo geodésico con membrana flotante interna de aluminio que están instalados y en el proceso de reconstrucción, que estén instalados en la Refinería Estatal Esmeraldas o que estén instalados en un ambiente húmedo y salino como lo tiene Esmeraldas, de esta manera se garantiza su adecuada disponibilidad y el alcance de su vida útil.

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo general

- Diseñar un plan de mantenimiento para tanques de almacenamiento de techo de domo geodésico de EP-Petroecuador en la Refinería Estatal Esmeraldas.

1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar el estudio del estado del arte sobre los tanques de almacenamiento, los tipos de falla que se pueden producir en las partes del tanque y que mantenimiento se pueden aplicar.
- Elaborar el plan de mantenimiento de los tanques de almacenamiento basado en las nuevas tecnologías de mantenimiento y las características de los tanques

instalados, estos se basan en el mantenimiento, reparación y reconstrucción de tanques.

- Recopilar los ensayos no destructivos del estado actual del tanque de almacenamiento para proponer un plan de mantenimiento preventivo, detallando actividades y frecuencia en tiempos de realización.

CAPITULO II

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Revisión bibliográfica

La capacidad y cantidad de tanques para almacenar los barriles de petróleo en China y Estados Unidos cubre las existencias récord que hoy registran ambos países en la extracción del producto almacenado. Al momento el bajo costo del crudo no ayuda a la comercialización del producto por lo que los operadores colman los depósitos en espera de un repunte en el precio y hay cada vez más demanda de tanques de almacenamiento de hidrocarburos.

En momentos en que el petróleo abunda en el mundo, los productores y operadores enfrentan un dilema de miles de millones de barriles, ese dilema es ¿dónde almacenarlos?

El inventario de crudo en Estados Unidos está en su mayor nivel en los últimos 80 años, según datos de la Administración de Información de Energía de los EEUU debido a esto se están construyendo tanques de almacenamiento, al tiempo que se están alquilando algunos buques cisterna de gran tamaño para guardar el petróleo.

Ecuador con sus tres refinерías, tiene una capacidad total de refinación de 175 mil barriles diarios, siendo la más grande la “Refinería de Esmeraldas” con 110 mil barriles diarios, seguida de “La Libertad” y “Amazonas” con 45 y 20 mil barriles diarios de capacidad respectivamente.

Venezuela, Colombia y Argentina, la demanda de derivados de petróleo supera a su producción interna, donde se destaca México, que a pesar de ser el segundo productor más importante de la Región de petróleo crudo, su producción de derivados, no alcanza para satisfacer su demanda interna y es por lo tanto un importador neto de estos productos.

Como es conocido los procesos del petróleo se han convertido en elementos fundamentales para el mundo actual ya que su aparición se ha convertido en el desarrollo de los países a nivel mundial. Como primer paso es la recolección del petróleo y su separación de componentes que vienen acompañados lo cual para su proceso no son necesarios, luego viene el proceso de almacenamiento que se lo lleva a cabo a través de tanques que deben cumplir ciertas normativas especificadas las cuales van a depender del tipo de propiedades que éstas contengan.

Con el pasar de los años y las necesidades que se presentan para garantizar la medición y propiedades de los hidrocarburos, se han modernizado y se encuentran diversos tipos de tanques que se acoplan a los requerimientos y parámetros establecidos en el momento de almacenar el producto, la propuesta que realiza este proyecto induce a comprender con mayor claridad los conceptos de diseño, plan y mantenimiento de tanques de almacenamiento de techo de domo geodésico, sujetos a normas internacionales de estandarización API que acreditan a los usuarios que son competentes en la fabricación de productos que se encuentran en estos estándares (GOMEZ, A, &CASTILLO, J, 2007, P. 13).

Las normativas API 653 son utilizadas para el desarrollo de este proyecto hacen referencia a los requisitos que se debe cumplir en las inspecciones, reparaciones, modificaciones y nuevos traslados de los tanques que han sido construidos por la normativa API 650 (TECNITANQUES INGENIEROS, 2009, P.1).

API 653 está pensado para condiciones de funcionamiento de los tanques, elimina las trabas que se puede aplicar para las labores de mantenimiento, es un código pensado para la fabricación de cada componente. Es considerada una norma autónoma ya que, en el caso de un aparente conflicto entre la norma API 653 y API 650 prevalece la norma API 653 durante la labor antes descrita (TECNITANQUES INGENIEROS, 2009, P.1).

De acuerdo a referencias anteriores los tanques de almacenamiento deben de contar con espacio suficiente, los accesos deben ser seguros y manejar bien la seguridad ya que son una parte fundamental para la compañía.

Un tanque es un depósito cerrado con cierta capacidad para líquidos o gases y son de gran tamaño que exceden los 277 litros estos no se utilizan para el proceso (GOMEZ, A, &CASTILLO, J, 2007, P. 14). Los crudos que se sacan y se refinan son de diferente tipo y por lo tanto cada uno de estos necesita tanques de almacenamiento de diferente tipo, y así dio a lugar a la fabricación de diferentes clases de tanques con su debida normativa y estandarización siempre dependiendo de las características del producto.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Definición y tipos de tanques de almacenamiento.

Es el conjunto de recintos y recipientes de todo tipo que contengan o puedan contener líquidos inflamables y/o combustibles, incluyendo los recipientes propiamente dichos (ver gráfico 2-1), sus cubetos de retención, las calles intermedias de circulación y separación, las tuberías de conexión y las zonas e instalaciones de carga, descarga y otras instalaciones necesarias para el almacenamiento, siempre que sean exclusivas del mismo (MAYORGA, M, 2013, P. 23).

Figura 1. Tanques de almacenamiento



Fuente: <http://www.aceral.com.co/photos/tanques-g6.jpg>

2.2.2 Partes de un tanque de almacenamiento

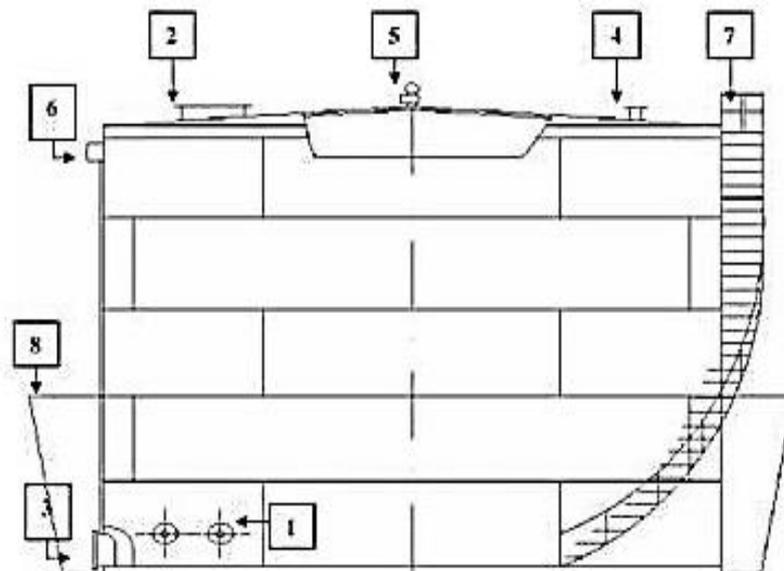
El tanque de almacenamiento está compuesto de base, cuerpo y techo adicional a esto tiene accesorios muy importantes para su correcto uso entre ellos se detallan a continuación:

1. Escalera: acceso
2. Indicadores de nivel: muestra la cantidad de producto
3. Válvulas: apertura parcial
4. Venteo: evacuar vapores
5. Orificio: medir con cinta
6. Manhole: acceso para el operador y dar mantenimiento
7. Entradas de crudo: tiene el fin de evitar flujo turbulento
8. Boca de salida: evacuar el fluido almacenado

Tomados de (GOMEZ, A, &CASTILLO, J, 2007, P. 15).

En la figura 2 muestra las partes del tanque de almacenamiento detalladamente

Figura 2. Partes de un tanque de almacenamiento



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos91/anteproyecto-manual-reductora/anteproyecto-manual-reductora.shtml>

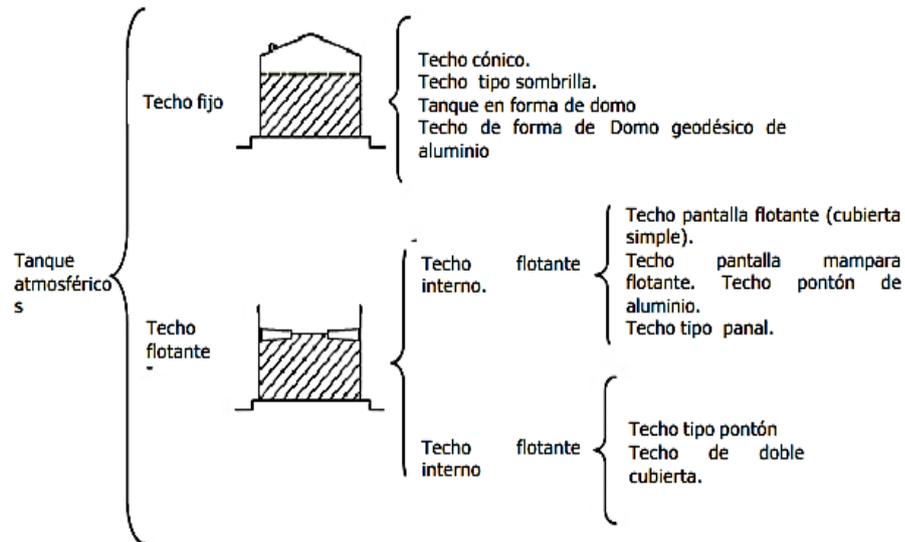
En donde se tiene:

1. Válvula de entrada y salida de producto o boquilla del cuerpo
2. Manhole
3. Puerta de limpieza a nivel
4. escotilla de aforo
5. Válvula de relevo
6. Cámara de espuma
7. Escalinata.
8. Dique

2.2.3 Clasificación de los tanques de almacenamiento

Para clasificar los tanques de almacenamiento existe diversidad de formas, pero se van a basar en los códigos normas y regulaciones de la presión del tanque ya que aquí depende de su propiedad física entre ellos tenemos.

Figura 3. Clasificación de los tanques



FUENTE: Ecopetrol, 2011

Tanques atmosféricos: Son operados ligeramente por encima de la presión atmosférica, opera entre los $\frac{1}{2}$ Psig (GOMEZ, A, &CASTILLO, J, 2007, P. 16).

Figura 4. Tanque atmosférico



FUENTE: <http://www.ingenieriadepetroleo.com/tipo-tanques-de-petroleo.html>

Tanques a bajas presiones: Son tanques que superan la presión atmosférica opera hasta los 15 Psig (GOMEZ, A, &CASTILLO, J, 2007, P. 16)

Figura 5. Tanques de baja presión



FUENTE: http://es.made-in-china.com/co_cnsefic/image_2015-Low-Pressure-Nitrogen-Gas-Storage-Tank-CFL-20-0-8-_ehsrgsog_UKYadHhsbFqQ.html

Tanques a altas presiones: Los tanques son usados para líquidos con presión de vapor igual o mayor a 0.914 Kg/cm abs (13 psia) a nivel del mar, los principales tipos de tanques a presión son recipientes cilíndricos y esferas.

Los recipientes cilíndricos son de acero, son utilizados para almacenar cualquier tipo de gas licuado a su temperatura crítica y presión requerida. Su construcción se lo realiza en posición horizontal sobre dos o más apoyos y si la construcción es en posición vertical se lo realiza sobre un fuste. Los almacenamientos económicos son aquellos que tienen dimensiones de hasta 4.50 metros de diámetro y capacidades de agua de hasta 800 metros cúbicos.

Las esferas son otra forma de almacenar líquidos, es un recipiente esférico formado por paredes gruesas de acero, con seis o más aportes o columnas. Las esferas económicas son aquellas que tienen una capacidad de agua a partir de los 800 metros cúbicos (OSORIO, R, 2013, P.1)

Figura 6. Tanques de alta presión

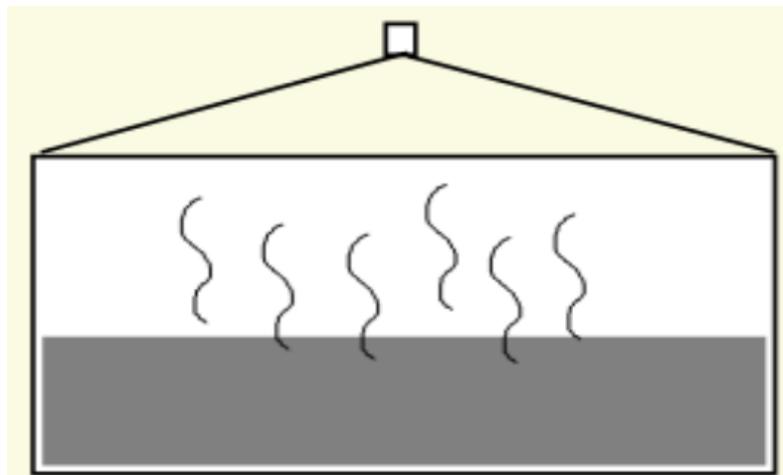


FUENTE: (<http://www.megaendustri.com/petro-kimya.asp>)

2.2.4 Según la forma del tanque

Cilindros con techo fijo: Estos tanques sirven para almacenar petróleo crudo o productos que tengan una presión de vapor relativamente baja, es decir, aquellos que no tiene una tendencia a producir vapores a la temperatura ambiente. El techo tiene una pendiente mínima del 6% y puede ser soportado o auto-soportado. Constan de un fondo plano, una pared cilíndrica y un techo fijo. Los venteos libres o cuellos de ganso, permiten la emisión de vapores, logrando de esta manera que el interior del tanque se mantenga aproximadamente a la presión atmosférica, aunque las pérdidas de vapores son inevitables (MAYORGA, M, 2013, P. 5)

Figura 7. Tanques de cilindro con techo fijo

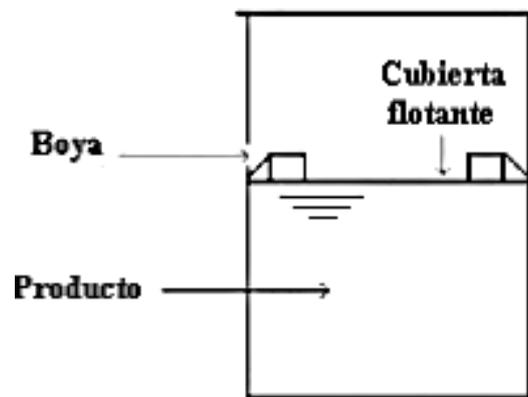


FUENTE: (http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5975/1/43601_1.pdf)

Cilíndrico con tapa cóncava: Se almacenan productos a temperatura ambiente emiten vapores, aptos para gasolina y GLP etc. (MAYORGA, M, 2013, P. 5)

Cilindros con techo flotante: Es similar al anterior con la diferencia que la tapa superior flota sobre el producto, este no deja espacio entre la cubierta y la superficie del fluido como la figura 2- 8 ya que la presión en el interior del tanque es similar a la atmosférica se lo utiliza para almacenar gasolina y crudo.

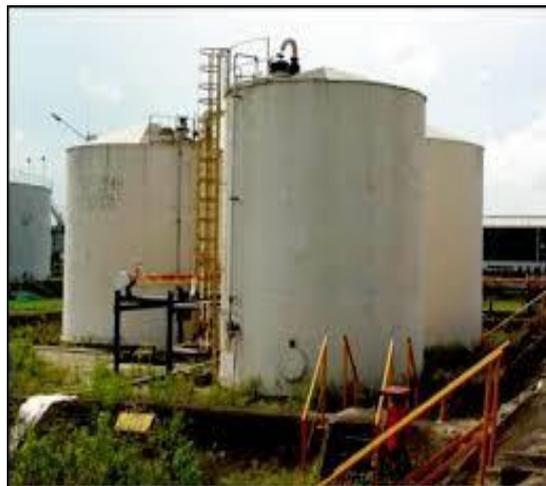
Figura 8. Tanque de techo flotante cilíndrico



FUENTE: (MAYORGA, M, 2013, P. 7)

Cilindro de cono radial: Su uso no es frecuente está diseñado para resistir presiones internas de alta presión hasta de 0.7 Kg/cm^2 con capacidad de 80000 barriles (MAYORGA, M, 2013, P. 7)

Figura 9. Cilindro de cono radial



FUENTE:

(https://www.google.com.ec/search?q=Cilindro+de+cono+radial+TANQUES+DE+DOMO+GEODESICOS&biw=1827&bih=1094&source=Inms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjT1r-s1rXOAhVJMhoKHXapChEQ_AUIBigB&dpr=0.67#imgrc=oMdIp0x4j8gq0M%3A)

Tanques esféricos y esferoidales: Son tanques que se utilizan para almacenar aceites muy volátiles que tienen alta presión de vapor, son capaces de resistir deformaciones (MAYORGA, M, 2013, P. 7)

Figura 10. Tanques esféricos y esferoidales



FUENTE: <http://thumbs.dreamstime.com/z/los-tanques-de-almacenamiento-de-combustible-43476828.jpg>

2.2.5 Según el producto que almacena

Se clasifica por almacenar

- crudo
- derivados o refinados
- residuos

2.2.6 Según su material

Ya que son construidos con diferentes materiales aquí influyen el costo, la materia, su facilidad de construcción, su resistencia se divide en:

- Tanques de acero
- Tanques de fibra de vidrio
- Tanques construidos en concreto

2.2.7 Según su uso

- Tanques de prueba
- Tanques de lavado
- Tanques de almacenamiento

2.2.8 Tipos de techos de los tanques de almacenamiento

Se conoce que existen dos tipos de tanque los horizontales y verticales anteriormente se observó las diferentes formas de los tanques en este ítem se hablara sobre los techos que tienen cada uno de los tanques tanto horizontal como vertical.

Tipo de techos en tanques verticales

- Techo fijo de los cuales se clasifican en:

Soportados

Auto-soportados

Cónico

Domo o paragua

- Techo flotante:

Cubierta interna

Doble cubierta externa

Cubierta simple externa

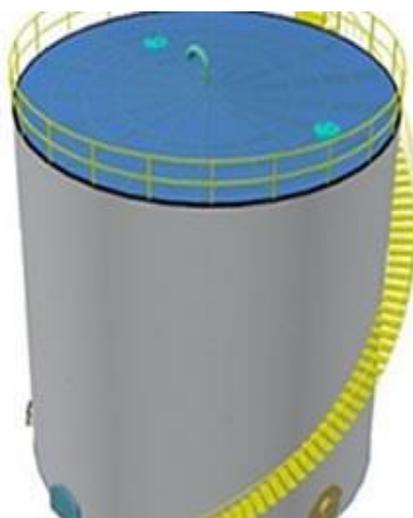
2.2.8.1 Techo fijo:

Contiene productos no volátiles ligeros no inflamables como: agua, diésel, asfalto, petróleo crudo se genera una cámara de aire que facilita la evaporación del fluido.

La aplicación de techos fijos es:

- Líquido combustible con punto de inflamación mayor o igual a 60°C (140°F)
- Líquidos combustibles con punto de inflamación mayor o igual a 93.3 °C (200°F)

Figura 11. Techo fijo



FUENTE: (<http://techcon.eng.br/tanques-e-vasos/>)

2.2.8.2 Cónico auto-soportado:

Superficie de un cono recto apoyado únicamente en el perímetro.

El ángulo de inclinación con respecto a la horizontal puede tener un máx. de 37° y un mín. de 9.5° .

El espesor máximo permitido para la cubierta es de 13 mm incluido el sobre espesor por corrosión, pero en ningún caso podrá ser $<$ de 5 mm.

2.2.8.3 Domo auto-soportado

Superficie de un casquete esférico apoyado únicamente en el perímetro.

El radio de curvatura del techo debe estar entre 0.8 y 1.2 veces el diámetro nominal del tanque.

El espesor máximo permitido para la cubierta es de 13 mm, incluido el sobre espesor por corrosión, pero en ningún caso podrá ser $<$ 5 mm.

2.2.9 Techo Flotante

Estos techos son empleados para almacenar productos con contenido inflamable como: alcohol, gasolinas y combustibles en general, para reducir o eliminar la cámara de aire,

o espacio libre entre la parte del espejo del techo y la superficie del material líquido y el techo se convierte en un impermeabilizador para la área del líquido y el ambiente, disminuye la velocidad de intercambio del calor al hidrocarburo guardado en el periodo en que la temperatura del medio ambiente sea más elevada, impide que se formen gases que se produce por su evaporación, consecuentemente ocasiona la contaminación del ambiente, al mismo tiempo se puede reducir casi en su totalidad los riesgos que ocasionan almacenar productos inflamables y con las actualizaciones, aplicaciones de las normas los nuevos techos internos flotantes se los construye en aluminio, y se coloca un domo geodésico.

2.2.10 Techo flotante del tanque.

Ventajas del techo flotante

- Elimina el espacio para los vapores.
- Cubierta simple con pontones.
- Cubierta doble con pontones.

2.2.11 Techos flotantes internos

Aplicación de los techos flotantes

- Líquidos combustibles: Combustibles clases II con su punto de combustión $> 0 = a$ 37.8°c (100°f) y menor que 60°c (140°f)
- Líquidos inflamables: Combustibles clase I con su punto de inflamación $< 37.8^{\circ}\text{c}$ (100°f)
- Productos propensos a “boil over” se deben almacenar en un tanque de un diámetro > 45 m.
- Los productos almacenados a temperaturas menores de 15°F para inflamación.

La presión de vapor verdadera se los ha limitado a 11 psi para tanques de techo flotante

2.2.12 Techos de domo geodésico

Para evitar la dispersión de olores asociados a vapores de hidrocarburos, evitar la formación y la pérdida por evaporación hacia el exterior dando cumplimiento de normativas ambientales internacionales EP Petroecuador está en el proceso de

reconstrucción de los tanques de almacenamiento e instalación de domos geodésicos de aluminio con membrana flotante interna de aluminio en los tanques de almacenamiento de crudo, nafta y gasolinas de la rehabilitada Refinería Estatal Esmeraldas.

Hasta el momento la petrolera estatal ha realizado estos trabajos en 4 de sus tanques, realizándoles un mantenimiento integral correctivo por el deterioro y colapso que han presentado después de 39 años de funcionamiento. Los tanques reconstruidos y mejorados cuentan con techo de domo geodésico y características acorde con las nuevas tecnologías aplicadas en las normas y estándares internacionales vigentes.

La realización de los trabajos en estos tanques de acuerdo con los requerimientos de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) son, trabajos de mejora en el sistema de espuma contra incendio incluido sus accesorios para que estos sean adecuados al nuevo diseño del techo, se realizó el cambio a techo flotante interno de aluminio con la cubierta de domo geodésico, modificaciones en la pared y piso, reemplazo de válvulas de pie del tanque, mantenimiento del anillo de agua de enfriamiento, reemplazos en el mezclador, calentador y serpentines, y calibración volumétrica.

Cuando el producto está almacenado en los tanques permite el asentamiento de agua y barros del crudo para luego despacharlo por oleoducto o destilarlo, permite continua operatividad a las refinerías, efectúa la medición de despachos de producto y derivados, única medición aprobada actualmente por la ARCH.

Los tanques de la REE tienen una capacidad de almacenamiento de 4.724.767,47 barriles, en los que se recolecta crudo oriente y derivados como asfalto, gasolina súper, nafta y extra y fuel oíl entre otros. La sección de almacenaje y transferencia es el lugar donde se encuentran estos tanques y tiene un área de 650.643,65 metros cuadrados.

Este proceso forma parte de los trabajos de mejoramiento y optimización en la Refinería Estatal Esmeraldas, con el objetivo de aprovechar los recursos, mejorar procesos de transferencia y almacenamiento de acuerdo a normas y protocolos internacionales de operación y medio ambiente

2.2.14 Características generales para tanques

Tabla 1. Características generales de los tanques

	GASOLINA	CRUDO	FUEL OIL
CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE	Techo flotante	Techo flotante, agitadores, jet	Techo fijo, con o sin columnas serpientes
DIÁMETRO	10 - 40 m	50 - 100 m	10 - 50 m
TIPO DE RESIDUO	Lodos, óxido de hierro, espumas de sello, plomo	Parafinas, lodos, etc., lodos de alta viscosidad	Lodos parafinados, productos de alta viscosidad
VOLUMEN PROMEDIO DE RESIDUO	5 a 50 t	400 a 2000 t	100 a 600 t
RIESGO EN LIMPIEZA	Explosividad, toxicidad por presencia de plomo	H ₂ s, explosividad, toxicidad por los gases presentes en el crudo	Toxicidad por vía respiratoria deficiencia de oxígeno - h ₂ s en fuel oíl sin desulfurar
DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS	Inertización	Recuperación de hidrocarburos , y o inertización	Recuperación y o inertización
TIEMPO PROMEDIO EN LIMPIEZA CONVENCIONAL	3-10 días	20-60 días	2-28 días

FUENTE: (GOMEZ, A. &CASTILLO, J, 2007, P. 26)
REALIZADO: Autor

2.2.15 Normas aplicables y su alcance

Las normas que se aplicarán en este proyecto serán la API 653 que son requisitos que se deben cumplir en la instalación, reparación, modificación y mantenimiento de tanques que fueron construidos por la norma API 650.

Las normas API 650 Y 653 son simplemente complementarias y se necesitan de las dos, las normas API 653 es más idónea para tanques atmosféricos, según los estándares que se han basado en los conocimientos y experiencia de los dueños operadores y fabricantes y de los que dan mantenimiento a este tipo de tanques de almacenamiento

considerando lo expuesto, el objetivo de las normas API 653 son el proveer guías para su mantenimiento en la industria petrolera.

2.2.15.1 API 653 descripción y alcance

Abarca tanques de acero que sirven para almacenar y son construidos en base a la norma API 650 y API 12C que provee ciertos requisitos para mantener su estructura de forma íntegra de los tanques luego de que hayan entrado en servicio además abarca la observación, su reconstrucción y/o su reparación.

El alcance está limitado a la fundación del tanque, fondo, cuerpo, estructura, techo y aditamentos agregados a la cara de la primera brida, primera unión roscada o soldada.

Muchos de los diseños, soldaduras, inspección y los requerimientos de los materiales de acuerdo con API 650 pueden ser aplicados en la inspección de mantenimiento, toma de datos, reparaciones, y alteraciones de tanques en servicio.

En el caso de aparentes conflictos entre los requisitos de este estándar y API 650 o su predecesor API 2.2D, este estándar deberá predominar para tanques que han sido puestos en servicio de esta forma se obtendrá los resultados esperados, y este estándar no contiene reglas o pautas que cubran todas las condiciones variables que pueden ocurrir o existir en un tanque.

Cuando los detalles del diseño y de construcción no se conocen, y está disponible el estándar como construido, los detalles que proporcionan un nivel de integridad igual al nivel proporcionado por la edición actual de API Std. 650 deben ser utilizados.

2.2.15.2 API 650 descripción y alcance

Esta norma cubre los requerimientos para la fabricación, diseño, materiales, montaje y algunas pruebas ejecutadas para tanques verticales cilíndricos soldados, sobre la superficie con extremo superior abierto o cerrado en diversos volúmenes y tonelajes con presiones internas similares a la presión atmosférica (no deben exceder el peso de las láminas del techo), pero se permiten presiones internas más altas cuando se cumplen requerimientos adicionales

Aplica para tanques en los cuales la totalidad del fondo del tanque está soportado uniformemente y para tanques en servicio no refrigerado que tienen una temperatura máxima de diseño de 90°C o menos.

El API-650 sirve para aplicar técnicas estandarizadas para la fabricación de tanques con normas de seguridad adecuada y costos razonables para el almacenamiento de petróleo y sus derivados y otros productos líquidos comúnmente usados y almacenados por la industria.

Este código no establece dimensiones definidas de tanques se puede escoger cualquier tamaño que se necesite.

2.2.15.3 Principales códigos y estándares

Los códigos, publicaciones y especificaciones citados en el código API 653 se deben utilizar en base a su última edición publicada. La presente tabla es una lista de los principales códigos y estándares referenciados

Tabla 2. Códigos y estándares aplicables en el mantenimiento de tanques de almacenamiento

Principales códigos y estándares	
Código	Aplicación
RP 579	Apropiado para uso (Fitness-forservices).
Std 620	Diseño y construcción de tanques de almacenamiento grande, soldado y de baja presión.
Std 650	Tanques soldados de acero para almacenamiento de crudo.
RP 651	Proteccion catodica para tanques de almacenamiento sobre el suelo
RP 652	Recubrimiento de los fondos de tanques sobre el suelo para almacenamiento de petroleo
Std 2000	Venteo atmosferico y tanque de almacenamiento de baja presion. No refrigerados y refrigerados.
RP 2003	Proteccion contra ignicion surgiendo de estatica, rayos y corrientes extraviadas
STD 2015	Entrada segura y limpieza de tanques de almacenamiento de petroleo
RP 2016	Practica recomendada para el ingreso y limpieza de tanque de almacenamiento de petroleo
Publ 2201	Procedimiento para soldadura o hot tapping en equipos en servicio
RP 2207	Preparacion de fondos de tanques para trabajos en caliente

Tabla 2. (Continuación)	
Publ 2217A	Lineamientos para el trabajo en espacios confinados en la industria del petroleo
ASME 1	Codigo de calderas y recipientes a presion. Seccion V, ensayos no destructivos Seccion VIII, recipientes a presion Reglas alternativas division 2 Seccion IX, calificacion y soldadura fuerte (brazing)
SNT-TC-1A	Calificacion y certificacion de personal en ensayos no destructivos
ASTM3	A6 Requerimientos generales para laminas de acero rolado, moldes, laminas apiladas y barras para uso estructural A20 Requerimientos generales para laminas de acero en recipientes a presion A36 Acero estructural A370 metodo de prueba estandar y definicion para prueba mecanica de productos de acero A992 Acero para formas estructurales para uso en estructuras de construcciones
D1	1. Codigo de soldadura Estructural – Acero 2. Codigo de Soldadura Estructural – Acero inoxidable
STD 2610	Diseño, construccion, operación, mantenimiento e inspeccion de facilidades de tanques y terminales.

FUENTE: autor

2.3 Marco teórico

2.3.1 Definición de mantenimiento

Se define como la acción eficaz para el mejoramiento de aspectos operativos importantes de un establecimiento como lo son la seguridad, funcionalidad, productividad, confort, imagen corporativa, salubridad e higiene. Provisionando la posibilidad de un deseado manejo de costos de operación.

2.3.2 Objetivos del mantenimiento

- Perfeccionar la disponibilidad del producto
- Bajar costos de mantenimiento
- Mejorar recursos
- Elevar la vida útil del tanque de mantenimiento

2.3.3 Misión del mantenimiento

Su fin es garantizar el óptimo funcionamiento de los componentes industriales a través de procedimientos para prevenir fallas, reparar daños para un mejor desempeño que se basa en los tres puntos siguientes:

- Disponibilidad de activos
- Conservación de activos fijos
- Administración de recursos

2.3.4 Clasificación del mantenimiento

El mantenimiento se clasifica en dos partes esenciales en mantenimiento preventivo el cual se están implementando en las empresas para no tener contratiempos en sus producciones y el correctivo cuando ya se presentan daños.

2.3.4.1 Mantenimiento correctivo

Se lo lleva a cabo cuando se produce un daño en las partes más sensibles del tanque o al alcanzar su tiempo de vida útil esperado de la parte más vulnerable del tanque.

El cambio de elementos deteriorados del depósito, como también el equipo de transporte y el sistema de seguridad en todas las operaciones de corte soldadura por el peligro que éstas llevan consigo, tomándose en consideración el diseño inicial o normas de seguridad.

Actúa solo cuando tiene un error en el sistema, si no hay falla será un mantenimiento nulo y este tiene que esperar que presente un error para tomar las medidas correctivas, como consecuencia puede llegar a ocasionar:

- Disminuir las horas de producción
- Afectará la producción es decir si no corrigen el error inicial afectara a la producción posterior

- Presentará un costo económico no previsto y por lo tanto para la producción porque no se contará con los recursos para comprar repuestos o costo de mantenimiento
- El tiempo que estará fuera de servicio el equipo no es predecible

El mantenimiento correctivo presenta cuatro categorías que son:

- *Reparación de fallo* reemplazar piezas para continuar con su tarea
- *Salvataje* recuperar piezas de mantenimientos anteriores para hacer funcionar en otra
- *Reconstrucción* reintegrar las piezas salvadas y devolverles las propiedades que tenían anteriormente
- *Overhaul* inspección y reparación total.

2.3.4.2 Pasos para el mantenimiento correctivo

Son cinco pasos que se numera a continuación

1. Reconocer fallas
2. Localizar
3. Diagnosticar
4. Reparar
5. Revisar

2.3.4.3 Mantenimiento preventivo

Es una inspección programada en funcionamiento como lo es su seguridad, limpieza ajustes reparaciones, etc., que se debe realizar con planificaciones realizadas. El fin es proveer los daños que pueden ser sujetos por diferentes acontecimientos como medio ambiente, tiempo de uso etc.

Este tiene el propósito de hacer el control preventivo de un tanque para poder evitar el deterioro anticipado del mismo para que no presente una avería.

El potencial enemigo es la corrosión es por eso que deben tomar ciertas medidas especiales para impedir que siga deteriorando el material del tanque.

Con este mantenimiento se detectará fallos repetitivos, eliminará las paradas de producción, aumentar vida útil y disminuir costos de reparación.

Este tipo de mantenimiento tiene que seguir la siguiente condición

$$(NB)(ACPBD)(\alpha) > (CPMS) \quad (2.1)$$

Dónde:

NB: número total de fallas

ACPBD: costo promedio por falla

α : factor propuesto, 70% del costo total de las fallas

CPMS: costo del mantenimiento preventivo total

Para establecer un eficaz mantenimiento preventivo según (Cepeda, J, Morillo, A, 2010) se debe seguir seis pasos que se lo presenta a continuación como puntos principales a seguir para este tipo de mantenimiento:

1. Reconocer las áreas para poner en marcha el programa con el principal objetivo de obtener resultados positivos en alguna áreas de fácil acceso y una adecuada administración del programa
2. Identificar las necesidades de este programa estableciendo los requerimientos y horarios para las tareas diarias y las periódicas
3. Establecer la frecuencia de mantenimiento con base a la experiencia de los operadores, así como, también en las recomendaciones expuestas por los vendedores o fabricantes de los equipos.
4. Preparar el programa con actividades diarias y periódicas a realizar donde se debe describir en detalle las actividades y ponerlas a aprobación por parte de un supervisor de mantenimiento.
5. Establecer un cronograma de mantenimiento preventivo anual en donde deben escribirse las actividades a realizarse en un periodo base de 12 meses.
6. Finalmente exponer y aplicar el programa a otras áreas de la empresa

2.3.5 Estrategias de mantenimiento

Para realizar los mantenimientos expuestos anteriormente se debe buscar estrategias que ayudaran a dar un mejor mantenimiento de acuerdo a las necesidades como:

2.3.5.1 Mantenimiento predictivo

Es el mantenimiento que se da antes que ocurra la falla, o cuando el equipo está trabajando, pero no en sus mejores condiciones.

En este mantenimiento se debe contar con herramientas para que este monitoreando los equipos y detecten cualquier falla.

2.3.5.2 Mantenimiento proactivo

Es el mantenimiento que detecta y corrige fallas por la causa de desgaste, la durabilidad del equipo se basó en el parámetro de causa de fallos.

2.3.5.3 Mantenimiento productivo total (TPM)

Se presenta como una respuesta de mantenimiento frente al avance de las teorías de calidad que proponen una nueva modalidad con participación del operario. El mismo operario que atiende las máquinas, se ocupa del mantenimiento primario, es decir el más elemental, incluyendo limpieza a fondo y lubricación.

Con el tiempo va tomando más tareas y puede hacerse responsable del equipo lo que ha dado grandes resultados. Es un sistema orientado a lograr: cero accidentes, cero defectos y cero averías (Cepeda, J, Morillo, A, 2010).

2.3.5.4 Mantenimiento cerrado en la confiabilidad

Se caracteriza por:

- Considerar la fiabilidad inherente o propia del equipo/instalación.
- Asegurar la continuidad de desempeño de su función

- Mantener la calidad y capacidad productiva.
- Si se desea aumentar la capacidad, mejorar el rendimiento, incrementar la fiabilidad, mejorar la calidad de producción, se necesita un rediseño. También en el caso que se proponga bajar el comportamiento esperado.
- Tener en cuenta la condición operacional: dónde y cómo se está usando.

El Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad) RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente, es necesario saber qué tipo de elementos físicos existentes en la empresa, y decidir cuáles son las que deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM. En la 48 mayoría de los casos, esto significa que debe realizarse un registro de equipos completo si no existe ya uno (Cepeda, J, Morillo, A, 2010).

2.3.6 Peligros del mantenimiento de tanques

Los peligros que pueden surgir en el mantenimiento son

- **Deficiencia y enriquecimiento de oxígeno.** Aquí se detecta los niveles de oxígeno, se tomará en cuenta la deficiencia del oxígeno y el enriquecimiento del mismo.
- **Riesgos de fuego y explosión.** Se debe cuidar la fuga de gases para no causar incendios ni otros daños colaterales en este segmento se deben realizar pruebas con personas que realmente conozcan las normativas y prevenciones.
- **Sustancias tóxicas.** El Inspector es el encargado de comprobar y antes que el permiso de entrada se debe certificar que los niveles de exposición sean completamente confiables para su ingreso y que la indumentaria de protección, se debe verificar equipos respiratorios necesarios para que los trabajadores estén en los límites admisibles.
- **Estrés por exposición.** Riesgos físicos que se presentan en la distribución interna en estructuras de alta complejidad o áreas profunda con declive que impida una adecuada movilidad para los trabajadores:
 - a. Caídas, golpes o tropiezos con las mangueras, tuberías, herramientas, equipos en la limpieza de los tanques dentro fuera él y con algunos componentes del tanque.

- b. metal, soldaduras, etc. con bordes cortos punzantes dentro de la estructura que se puedan agarrar la ropa o la piel, cortar, romper, mangueras de seguridad., cubiertas, techos corredizos, andamios y escaleras inseguras para caminar, ejecutar trabajos sobre o debajo de ellos.
- c. Al ejecutar actividades dentro y en todo el perímetro de un tanque bajo situaciones de poca seguridad producen aumento a la exposición de atmósferas internas a tormentas eléctricas, las situaciones de emergencia, condiciones ambientales extremas y la recepción de producto en tanques cercanos, resbalones en superficies mojadas o aceitosas
- d. La utilización de forma rutinaria de linternas portátiles que no han sido sometidos a pruebas inflamables, y que no cumplen con los protocolos de clasificación eléctrica de Zona 1 o Clase I, División 1, Grupo D, o superiores.
- e. La falla en su estructura techo interno o externo, la pared del tanque, el swing, los elementos de soporte del techo, cables de elementos móviles, los apoyos, pontones y otros miembros del tanque.
- f. El vapor de aire de alta presión, agua o aceite, hacia el personal de trabajo sea este fuera o dentro del tanque.
- g. Impactos con herramientas u otros objetos.
- h. Tropezar o chocar con objetos en las áreas de trabajo con poca luz o iluminación inadecuada.
- i. No usar los elementos de protección personal o equipos de protección respiratoria requeridos
- j. Inapropiado, Insuficiente, contaminado, deteriorado y/o obsoleto Equipo de protección personal y ropa.
- k. Uso de herramientas inapropiadas o de mantenimiento inadecuado, específicamente herramientas y/o equipos eléctricos.
- l. Falta de desconexión, energía y/o realizar el aislamiento de equipo eléctrico, hidráulico, neumático y/o mecánico.
- m. Ruidos sobre lo aceptable.
- n. El tanque dejar atrapado a un trabajador, áreas restringidas o inadecuada.
- o. Las aberturas, huecos, sumideros, grietas en los pisos y las placas en desnivel o irregulares en el fondo del tanque.
- p. Acceso limitado.
- q. Falta de señalización

- r. Desplome y movilización de andamios sobre superficies irregulares.
- s. Tuberías con producto a altas temperaturas
- t. Lugares que no permiten utilizar posiciones adecuadas

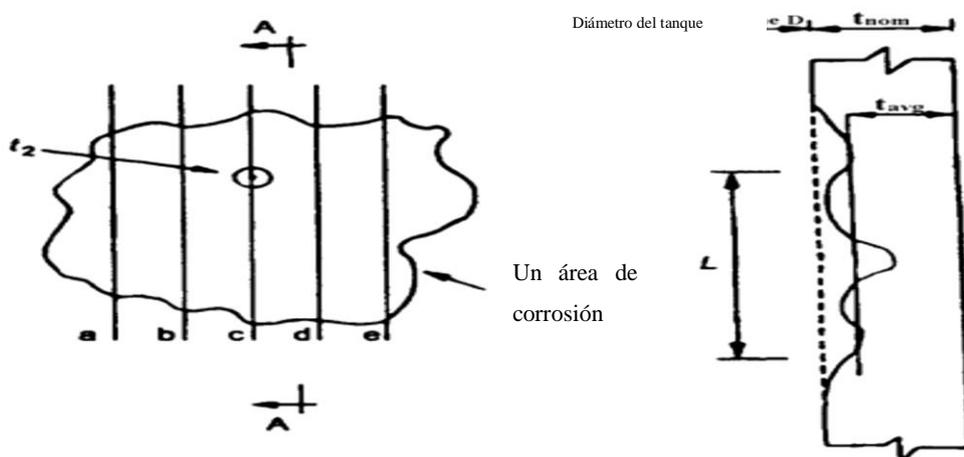
2.3.7 Adecuación para el servicio

En el momento que se realiza una inspección en los tanques se debe indicar y dar información que han existido cambios en la parte física, y se debe realizar valoraciones para que continúe su uso, o para tomar decisiones que indiquen si hay realizar reparaciones, cambio, reubicaciones o reconstrucción de un tanque existe.

Para realizar un mantenimiento de tanques se debe tomar en cuenta lo siguiente

- Desgaste interno
- Desgaste externo
- Niveles de esfuerzo
- Propiedades del producto que fue almacenado en el tanque
- Temperatura del producto del tanque
- Techos con cargas vivas
- La constitución de los tanques, suelo y condiciones de asentamiento
- Estudio de las propiedades mecánicas y químicas de los materiales del tanque
- Deformaciones del tanque
- Condiciones de operación

Figura 12. Inspecciones de las áreas de corrosión



Fuente: http://es.slideshare.net/darling_2013/api-653-espaol-adendum-2005

Las especificaciones para el mantenimiento de tanques están dados por todos los puntos antes mencionados se deben tomar en cuenta cuando se realiza un mantenimiento de tanques de almacenamiento de techo de domo geodésico. (Ver Anexo A)

CAPITULO III.

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización

La Refinería Estatal de Esmeraldas conocida como REE la más grande de Ecuador es una compañía que se dedica al procesamiento del petróleo es decir que convierte su producto natural en materiales derivados del mismo.

La REE está ubicada en la provincia de Esmeraldas ciudad de Esmeraldas en la región litoral de la república del Ecuador, posee una extensión amplia de terreno con un clima caluroso y con alto porcentaje de humedad esto implica que los tanques presenten más grado de corrosión en menor tiempo y la ventaja de la ubicación de la Refinería Estatal es que la circulación del crudo del oriente hacia la refinería se hace más fácil debido a que no presenta elevaciones montañosas y por estar en un lugar estratégico su distribución es adecuada y rápida hacia todo el país.

La REE se construyó en 1975 y entró en operación por primera vez en 1977 y luego inicio su operación en los años de 1978 con una capacidad de 55600 barriles diarios, en 1987 fue repotenciada de modo parcial, lo que permitió que alcance una producción de 90.000 barriles diarios se procesó crudo de 28°, en la actualidad la refinería luego de la repotenciación procesara 110.000 barriles diarios con una eficiencia de entre 95% y 97%.

Cuenta también con instrumentación electrónica de punta, funciona en base a un cerebro automatizado que se lo llama Sistema Distribuido Master (DCS) para el respectivo control y monitoreo automático de los procesos de refinería (BENITEZ, G, 2005, P. 1).

Figura 13. Localización de la Refinería Estatal Esmeraldas.



Fuente: Autor

3.2 Ingeniería del proyecto

El diseño del plan de mantenimiento tomó como referencia principal la norma API 653 la que se ha utilizado en la refinería para ejecutar el informe del mantenimiento, la reparación y reconstrucción estipulado según la norma y los cambios que se puedan presentar, existen varias normas importantes, pero haremos referencia a las normas RP 579, Std 620, Std 650 RP 651, RP 652, Std 2000, RP 2003, STD 2015, RP 2016, Publ 2201, RP 2207, Publ 2217^a, ASME 1, SNT-TC-1A, ASTM3, D1, STD 2610, encontradas y analizadas que servirán en la realización del presente trabajo. Las normas regulan el proceso de diseño, construcción, mantenimiento, inspección, entre otros, de tanques de almacenamiento de crudo y sus derivados, estos son construidos de planchas de acero soldado y el diseño debe ser de vanguardia basado en las más recientes ediciones y actualizaciones realizadas.

Se trata de equipos de grandes dimensiones destinados al almacenaje de líquidos, a presión atmosférica o ligeramente presurizados. Dependiendo del producto a almacenar pueden contar con techos fijos o flotantes.

Almacenar los hidrocarburos en la Refinería es un factor prioritario necesario en algunos tipos de recipientes que sirven para el adecuado almacenamiento de productos como el crudo y sus derivados, estos tanques destinados para el almacenamiento corresponden a la Unidad de SETRIA (Servicio de Transferencia y Almacenamiento.)

La norma API 653 son un conjunto de buenas prácticas que cubre especificaciones de material, diseño, fabricación y requerimientos de prueba de cilindros verticales instalados sobre tierra, cerrados y de tapa superior abierta, tanques de acero soldado para almacenamiento en varios tamaños y capacidades para presiones internas aproximadamente igual a la presión atmosférica (las presiones exteriores no exceden el peso de las planchas del techo), pero una presión alta puede ser permitida cuando se reúnen ciertos requerimiento adicionales.

Este estándar se aplica solo para tanques en donde su fondo esta uniformemente apoyado y a los tanques de servicio sin refrigeración que tiene una temperatura máxima de operación de 90°C (200°F), el código de construcción API y códigos relacionados describe aspectos de construcción tales como:

Seguridad

- Presión de vapor de los líquidos contenidos.
- Retención, mantenimiento y disposición final del tanque.
- Prevención de evaporación de líquidos con alta evaporación.

Operación del tanque

- Válvulas de control de sobrepresión interna.
- Dispositivos de protección y prevención de incendios.

Accesos y escapes de personal del tanque

- Protección anti caída del personal de operación y mantenimiento.
- Accesos y escapes de y al techo del tanque para inspección.

Sistemas de protección eléctrica e iluminación

- Protección contra rayos y tormentas.
- Iluminación nocturna.
- Protección catódica anticorrosión.

Pintura

- Pintura exterior.
- Carteles y/o letreros informativos del producto y capacidad.

Los productos que se almacenan son crudo sin procesar, Petróleo semipesado, Diésel, Naftalina, Aceites Pesados, Gasolina, Aceites Semipesados, y se pueden usar para el almacenamiento de ciertas clases de líquidos requeridos en sus procesos de funcionamiento tales como agua para el sistema de extinción de incendios, Leche, compuestos ácidos, Harinas Alimenticias, Grasas Alimenticias, Granos.

3.2.1 Estado actual del tanque de EP-Petroecuador Y-T 8023

El tanque antiguo Y-T 8023 por haber cumplido su vida útil fue reconstruido en su totalidad sobre su mismo espacio aplicando nuevas tecnologías en el desarrollo tecnológico de la empresa y de acuerdo a las actualizaciones en las normas API aplicadas en este tanque. El nuevo tanque tiene las mismas características del anterior en dimensiones y capacidad, pero muy diferente en cuanto a su proceso de construcción y basándose en estándares de seguridad industrial y medio ambiental que hoy por hoy se está controlando y aplicando en nuestro país.

Por ser nuevo el tanque se encuentra en las mejores condiciones y como control, protocolo y comprobación se le realiza los ensayos no destructivos (END) pertinentes en cada proceso de la construcción del tanque como es en las soldaduras, espesores de materiales de las paredes y fondo del tanque, etc.

La empresa EP-PETROECUADOR implanto políticas de privacidad en sus trabajadores y por lo tanto en sus archivos de documentos de los tanques, por lo que es complicado obtener toda la documentación del estado actual del tanque, haciendo las gestiones pertinentes y con la colaboración de ingenieros se obtuvo información básica y específica del estado actual del tanque como una pequeña muestra de que el tanque es entregado en sus mejores condiciones y cumpliendo estándares y normativas vigentes.

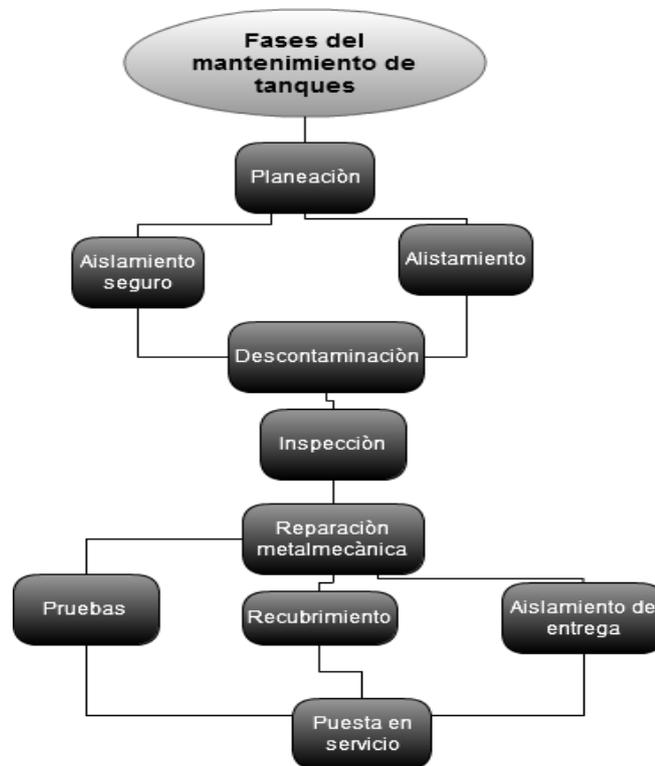
Con la información obtenida se realizara el cronograma de trabajos e inspecciones para mantener al tanque en un buen estado de funcionamiento, se determinó que el tanque cumple los rangos de aceptación y se puede poner en marcha el presente plan, en los documentos tenemos la información sobre la geomembrana del fondo del tanque que impide el ingreso o escape de fluidos, las soldaduras de las placas del fondo del tanque cumplen la inspección visual y el ensayo de ultra sonido (Phased Array) que es el

espesor y sellamiento, de igual manera las soldaduras entre el fondo y las paredes del tanque, y también de las placas que forman el cuerpo del tanque, y por último los espesores medidos por ultrasonido del material (Planchas) utilizado en el fondo y cuerpo del tanque.(Ver Anexo B al Anexo H)

Para esta investigación se ha considerado el siguiente plan de mantenimiento para tanques domo geodésico

3.2.2 Fases del mantenimiento de tanques con la norma API 653

Figura 14. Fases de mantenimiento de los tanques



Fuente: Ecopetrol, 2011

3.2.2.1 Planeación

Aquí identifica la necesidad hasta el inicio del aislamiento para su intervención siguiendo algo referente como:

- Alcance que tiene en los trabajos
- Adquisición de materiales
- Estimación de recursos y de cantidades de obra

- Elaboración de un cronograma además de un plan conciso de trabajo
- Descontaminación
- Técnicas de aislamiento seguro de procesos eléctricos
- Verificar la idoneidad de personal
- Evaluación de un plan de gestión de riesgos y manejo ambiental
- Elección del ejecutor.
- Plan de inspección y el manejo de emergencias
- Plan de HSE
- Plan de calidad

3.2.2.2 Alistamiento

En esta fase va desde la movilidad logística hasta la entrega al ejecutor siguiendo los siguientes pasos

- Movilización de contenedores
- Herramientas
- Equipos
- Instalación de Baños, subestaciones, carpas
- Llevar el tanque al remanente mínimo por parte de operaciones.
- Facilidades temporales para desocupación de la tubería.
- Instalación y operación de bombas portátiles para achique del producto remanente en el tanque
- Retiro de instrumentación, telemetría

3.2.2.3 Aislamiento seguro

Se da mantenimiento cuando existe un remanente cantidad de producto tomado como ayuda lo siguiente

- Instalación de platinas ciegas y/o bridas ciegas.
- Apertura de manholes de casco y techo.
- Ventilación natural del tanque.

- Instalación de extractores y ventiladores.
- Retiro de válvulas de compuerta y actuadores.
- Retiro de válvulas de presión de vacío.
- Instalación de aislamiento eléctrico (SAES).
- Retiro de agitadores y motores

3.2.2.4 Descontaminación

- Retiro de remanente mínimo con camión de vacío y/o bomba portátil.
- Actividades de fluidización y tratamiento de lodos.
- Apertura de puerta de barrido
- Retiro de sólidos remanente
- Lavado de paredes fondo y techo con productos biodegradables

3.2.2.5 Inspección

- Armado de andamios
- Limpieza de superficies con material abrasivo
- Inspección visual
- Movilización de andamios
- Ensayos destructivos y no destructivos
- Toma de datos topográficos
- Entrega de reportes de inspección

3.2.2.6 Reparación metalmecánica

- Reparaciones en techo.
- Reparaciones en fondo.
- Reparaciones en casco.
- Reparaciones de accesorios al tanque.

3.2.2.7 Pruebas

- Prueba de estanqueidad
- Estudios de asentamientos diferenciales
- Estudios de verticalidad
- Pruebas de calidad de soldadura (RX, phase array, caja de vacío, tintas penetrantes, prueba de cal, u otros ensayos no destructivos END)
- Pruebas de flotación (Membranas internas flotantes, techos externos flotantes)
- Pruebas de accesorios (Telemetrías, válvulas, instrumentos, etc.)
- Prueba de sistemas de contraincendios (sistemas de rociadores, cámaras de espuma, monitores, detectores etc.)
- Pruebas del sistema de puesta a tierra

3.2.2.8 Recubrimiento

- Armado y desarmado de andamios
- Limpieza y/o Preparación de superficie
- Aplicación de las diferentes capas que compone el recubrimiento
- Pruebas de calidad a cada capa aplicada.
- Marcación del tanque
- Identificación de líneas

3.2.2.9 Alistamiento de entrega

- Desmovilización de contenedores, herramientas, equipos e instalaciones temporales.
- Aforo del tanque
- Instalación de instrumentación, telemetría, válvulas, actuadores, etc.
- Cierre de manholes y puertas de barrido
- Retiro de SAS y SAES

3.2.2.10 Puesta en servicio

Va desde la firma del retiro de SAS hasta el primer llenado del tanque con producto de almacenamiento, en esta etapa el ejecutor acompaña a operaciones para corregir posibles fugas o fallas por las juntas bridadas, manholes o instrumentos.

3.2.3 Etapas del mantenimiento de tanques de domo geodésico

Para esta investigación se realizó un plan de mantenimiento de tanques de domo geodésicos lo cual se subdividió en etapas tomando las normativas API 653, se procederá de la siguiente manera:

3.2.3.1 Elección del tipo de tanques

Como primer punto tenemos que elegir el tipo de tanque se va a dar mantenimiento para seguir las normativas respectivas, es así que para esta investigación se selecciona los tanques atmosféricos de techo fijo de forma de domo geodésico de aluminio que está en servicio y sin servicio. Los formularios de Petroecuador que se requiere para el mantenimiento de tanques y la codificación de cada uno de ellos (ver anexo I y anexo J).

Figura 15. Tanque de domo geodésico



Fuente: Petroecuador

3.2.3.2 Listar componentes del tanque

Como siguiente paso es lista los componentes de los tanques geodésicos para su adecuado mantenimiento

- *Manhole*. Es un accesorio que va instalado en el techo del tanque para tener acceso al interior del tanque tiene un diámetro aproximado de 500mm (20in), 600mm (24in), 750mm (30in), de acuerdo a la normativa que se está siguiendo API 650 en los tanques de la Refinería Estatal Esmeraldas es el de 600mm.

Figura 16. Manhole



Fuente: Petroecuador

- *Válvula de presión – vacío (pv)*. Componente de protección que sirve para eliminar vapores de los productos que se encuentran dentro del tanque estos sean llenos o al vacío (Ver anexo K).

Figura 17. Válvula de presión – vacío



Fuente: Petroecuador

- *Cámara de espuma* Es un dispositivo instalado en todos los tanques que contengan productos inflamables, ya que lo que hace es generar espuma en el momento que se ocasione un incendio es decir es combatiente de incendio

Figura 18. Cámara de espuma



Fuente: Petroecuador

- *Escalera de acceso*. Es un elemento importante ya que debe ser diseñado para prevenir accidentes, además ayuda ante una emergencia y para realizar limpieza de los tanques

Figura 19. Escalera de acceso



Fuente: Petroecuador

- *Ventana de limpieza.* Es un elemento que sirve para tener acceso al tanque y realizar limpieza de lodo acumulado identificando el listado y codificación de los componentes de los tanques.

Figura 20. Ventana de limpieza



Fuente: http://tankinspectionsservices.com/?page_id=82

3.2.3.3 Inspeccionar

Luego de listar todos los accesorios y elementos que están conformados los tanques de domo geodésico se realiza la inspección que tiene como intención asegurar la integridad del tanque tomado (estándar API 653 ,2011)

Se debe resaltar la importancia de que esta clase de inspecciones son realizadas por un experto es decir un ingeniero capacitado y que tenga experiencia en el tema de mantenimiento de tanques.

Para realizar las inspecciones frecuentemente se deben tomar en cuenta ciertos elementos que interfieren en este proceso como se muestra a continuación

- El medio del producto almacenado
- Respuesta de los chequeos
- Tolerancia y ratas de corrosión
- Procedimientos de prevención de corrección

- Inspecciones previas
- Técnicas y materiales de construcción y reparación
- Localización de tanques
- Riesgos de contaminación
- Cambio de operación
- Imposiciones jurisdiccionales
- Cambios de servicio

Las inspecciones de un tanque de domo geodésico de acuerdo a la normativa API653 se lo deben realizar en intervalos del historial del servicio es decir que se lo debe realizar por lo menos una inspección prioritaria.

Las regulaciones jurisdiccionales tienen como objeto controlar frecuentemente los intervalos de la inspección, las regulaciones mencionadas anteriormente se deben incluir las perdidas existentes de vapor, condiciones de sellos de fuga, reparación etc.

3.2.3.4 Clasificación de inspecciones

Las inspecciones frecuentes que se deben realizar externas e internas

3.2.3.5 Inspección Externa

Las inspecciones externas de acuerdo a la normativa API 653 se lo hace en servicios rutinarios, inspección externa, inspección ultrasónica de espesor, inspección de protección catódica.

3.2.3.6 Inspección de servicios rutinarios

Hay que seguir los siguientes puntos

- La condición externa del tanque se debe monitorear por inspección visual cercana al suelo en una rutina básica
- El intervalo de tales inspecciones debe ser consistente con las condiciones del sitio en particular, pero no debe exceder un mes.
- Esta inspección de rutina en servicio debe incluir una inspección visual de las superficies exteriores del tanque

3.2.3.7 Inspección interna

Esta inspección se debe llamar la inspección interna y se debe conducir al menos cada 5 años

$$t = \frac{RCA}{4N} \quad (3.1)$$

Donde:

t = Es el intervalo de tiempo en años.

RCA = Es el resultado de la diferencia entre el espesor del cuerpo medido y el espesor mínimo requerido en milésimas de pulgada.

N = Es la rata de corrosión del cuerpo en milésimas de pulgada por año.

Los tanques aislados necesitan tener desconectado el aislamiento solo en la extensión necesaria para determinar la condición de la pared exterior del tanque o el techo.

Se deben chequear visualmente los componentes del sistema de conexiones a tierra del tanque tales como shunts o cables de conexión mecánica.

3.2.3.8 Inspecciones ultrasónicas de espesor

Son útiles para determinar el rango de corrosión mientras el tanque esta utilizado, cuando se utiliza estas medidas se lo debe realizar a intervalos específicos. La inspección interna del cuerpo del tanque se la realiza cuando el tanque esta fuera de servicio

3.2.3.9 Inspección de protección catódica

Es el control de la corrosión exterior del fondo del tanque, y se debe asegurar la competencia del personal que va a realizar la inspección.

3.2.4 *Requisitos para aplicar el plan de mantenimiento.*

Estos requisitos se desarrollaron por su importancia trascendental en las organizaciones debiendo estructurarse en forma eficiente, sólida y disciplinada impulsando la participación de sus trabajadores en la empresa.

Se esperan sean puestos en práctica por la Refinería, sin importar el tipo de organización, el tamaño, ni el tipo de servicio o producto.

El verdadero éxito se logrará de acuerdo a como la empresa vaya implementando el Plan de Mantenimiento, con la aplicación de estrategias y herramientas antes o durante el proceso que aporten al desarrollo de actitudes positivas en el personal de mantenimiento y en las funciones lo cual permitirá obtener un mejor beneficio de la organización y planificación de los trabajos, pero de manera especial en el desarrollo de la mano de obra.

Se tomó en consideración los elementos y maniobras más relevantes con la aplicación del plan de tal modo que la empresa tome el desafío de implementar la mejora en su sistema de mantenimiento y puedan contar con las referencias correspondientes para determinar el procedimiento de acciones y de determinadas estrategias de mantenimiento, priorizando el tipo de activos. Este plan se basa especialmente en el estudio de la confiabilidad de cada argumento operacional descrito, complementando la información y recomendaciones de los fabricantes.

En la actualidad, por las múltiples demandas que exige el mercado de la industria, por lo que está innovando continuamente para llegar a la Excelencia del producto que es el plan de Mantenimiento, su función es la de apoyo a la Producción, y la Organización Empresarial.

Todas las Empresas tienen el reto de mejorar sus planes de Mantenimiento para ser más competitivas y sustentables, la sostenibilidad asocia dos factores importantes la subsistencia de la Organización y el ambiente en el cual se implementado dicho plan.

El Mantenimiento es un centro de costos por el apoyo que el plan genera en los intereses de producción de la Empresa. Estos costos se justifican únicamente si perfecciona las condiciones que mejoren la productividad en el negocio, mediante la capacidad continúa de adaptación, desarrollo y conservación de los procedimientos descritos. La empresa se ha enfocado adecuadamente con la visión y la misión definiendo claramente las políticas, objetivos, valores, entre otros.

Con todos estos detalles la Empresa se juega su capacidad competitiva tanto en la calidad y cantidad, con los recursos que se destinan al área de Mantenimiento, generando la capacidad propuesta en la empresa y causando el éxito en el área de Producción.

Entonces se debe gestionar las necesidades prioritarias correctamente dentro de las funciones del Mantenimiento, procurando lograr adecuadamente los efectos requeridos en la mejora de la eficiencia y eficacia de los procesos de producción para alcanzar la Excelencia Operativa, todo esto se refiere para ofrecer mejores servicios o productos, siendo la idea principal brindar precios competitivos pero manteniendo el equilibrio entre la funcionalidad y la calidad.

La degradación que sufren los sistemas de producción donde son parte los tanques de almacenamiento en el transcurso de su vida útil por la cual se evidencia la necesidad de un plan de mantenimiento. Los causantes de estas degradaciones son producidos por factores externos o ambientales de acuerdo en donde se encuentren instalados, los planes se encuentran en la obsolescencia tecnológica producida por las condiciones emanadas y el tiempo transcurrido en operación del negocio, el que genera estas condiciones es el hombre por el uso y la mala práctica que se realiza a los tanques, además, existen los factores internos o implícitos como el desgaste físico de los materiales o componentes, debido a las condiciones que están sometidas como es el ambientales y al entorno de trabajo; ocasionando problemas en la satisfacción de los grupos de interés.

Debido a la excesiva influencia de estas condiciones, y otras afectaciones hacen que se puedan producir en el negocio una pérdida de productividad, lo que generaría una baja rentabilidad, de esta manera se hace necesaria la función mantenimiento en el campo de la Ingeniería como estructura de apoyo, por su gran interés económico producido por su insuficiencia o carencia que tiene en los beneficios empresariales, por lo que es necesario para mejorar las condiciones del negocio.

Dicho esto la empresa posee un sistema productivo que requiere de la elaboración de un plan de mantenimiento con el objetivo de mantener en buen estado los procesos productivos, se debe tener claro el funcionamiento operativo, económicos y los

aspectos técnicos de organización que son parte de los recursos estratégicos de este plan de Mantenimiento, mediante el cual se afrontará un conflicto destinado a la pérdida de productividad, para lograr la Excelencia productiva.

El mantenimiento de una empresa, se lo debe realizar en el momento de su formación, finalizando con la entrega del producto terminado correctamente lo que genera un especial valor.

Cuando se habla de Mantenimiento parece importante para ejecutar una medida, definiendo el estado de operación normal, y mantener las actividades productivas luego del almacenamiento de los hidrocarburos, bajo términos o condiciones adecuadas además de las normas de Protección Integral (Seguridad, Higiene y Ambiente), con el objetivo de una utilización equilibrada dentro de los criterios de control de calidad y así poder lograr lo siguiente:

- Reducen la frecuencia y gravedad de las averías en los equipos
- Incrementan la vida útil de los equipos productivos
- Permiten reducir el coste total de mantenimiento Incrementan las condiciones de seguridad e higiene en el entorno de trabajo
- Incrementan la calidad de los productos y servicios finales

Por lograr estos objetivos hoy en día las Empresas se encuentran saturadas por la amplia variedad de métodos de mantenimiento que se los usan para remediar todo tipo de desperfectos, y no quedarse rezagada y estar en boga dentro del mundo actual, y lograr mantenerse en auge y no como medio para lograr Perfección. Requiere de una amplia gama de conocimientos para emplear una metodología específica de acuerdo en donde se le vaya aplicar.

En tales casos, las empresas sufren importantes cambios de parámetros que evalúan su progreso con un aumento de capacidad y el fiel deseo de satisfacer las competencias en el negocio de los hidrocarburos y su crecimiento organizacional, para que la Implementación funcione segura y eficaz, es necesario plantear estrategias en el Mantenimiento, para seleccionar una táctica correcta de mantenimiento.

3.2.4.1 Rutas para el mantenimiento preventivo

Los planes de mantenimientos preventivos se los puede realizar con diferentes opciones, de forma que puedan efectuarse:

- Por activo a activo.
- Tipos de activos.
- Por identificación, para proporcionar un mantenimiento preventivo de acuerdo a la lista de los activos afectados descritos en los reportes.

Otros aspectos es de acuerdo a la frecuencia de ejecución, podemos optar por tener en cuenta la variable tiempo, o bien los contadores asociados a cada relación preventivo – activo.

La técnica de los preventivos se define como normas que agrupan operaciones similares, entonces proporciona la flexibilidad y agilidad al trabajo de mantenimiento.

Toda la información sobre los preventivos puede ser consultada, listada dentro de una tabla y copiada para otros preventivos.

3.2.4.2 Planificación y lanzamiento de trabajos preventivos

Es la primera función que lo realiza el encargado de mantenimiento el Plan de Mantenimiento nos ayudara diferenciar entre:

- Los trabajos obligatorios de los no obligatorios.
- Los trabajos del departamento de producción y del departamento de mantenimiento.
- Los trabajos del exterior y los trabajos subcontratados.

Realizar un análisis detallado de los trabajos para el periodo elegido:

- La información aportada se refiere tanto a horas de trabajo como a materiales o repuestos necesarios.

- Observando y listando el resultado de la planificación para un activo, conjunto de activos, tipo de activo, subcontrata, un oficio, etc., o bien, combinaciones de todos o algunos de estos anteriores criterios.
- Creando las órdenes de trabajo y su documentación a través de las planificaciones.

3.2.4.3 Análisis de defectos, Estudios Técnicos y Económicos

Análisis técnicos y económicos

- Realiza el control de daños y trabajos de mantenimiento sobre los activos, se va organizando el historial técnico y económico de los activos.

Sistema de análisis de defectos

- Realiza un estudio de los defectos por tipo de activo, permitiendo emitir el detalle de diagnóstico de la avería.
- Procede al diagnóstico de averías, donde se realiza una investigación de los grupos habituales, identificamos el lugar donde se produce y luego se valorara los resultados con la aplicación de las acciones específicas tomadas ante los defectos y causas.
- Registrados los defectos y las causas que han originado que los tanque se deterioren se tomaran acciones que se realizara para evitar el percance.
- Control y estudio de tiempos de mantenimiento

El Plan de Mantenimiento permite llevar el registro de información de las averías y trabajos, con el cual se podrá controlar y medir los tiempos de parada, los tiempos estándares de los mantenimientos preventivos y los tiempos estándares de los trabajos valorables.

3.2.4.4 Stocks y compras de repuestos

La empresa posee sus propios proveedores y una distribución completa de almacenes, se aplica a los repuestos de mantenimiento y la posibilidad de administrar recepción, la compra y control de la facturación de los mismos.

3.2.5 Análisis de fallos

El análisis de fallos hace referencia a herramientas que son utilizadas para identificar, evaluar y prevenir los posibles fallos que se puedan ocasionar en un tanque de almacenamiento de domo geodésico y determinar los efectos que puedan conllevar en un producto/ servicio o proceso. (Ver anexo L)

El análisis de evaluación se los hace de forma por datos históricos o modelos estadísticos matemáticos simulaciones de ingeniería los mismos que pueden ser identificados para definir las fallas que se presentan en el momento que se realizó la inspección del tanque estos fallos se presentan cuando no realiza los procesos de forma adecuada o satisfactoria con la que se espera, existen modos, efectos y causas potenciales de fallos

3.2.5.1 Modos potenciales de fallo

Se lo conoce como si un elemento o conjunto de elementos fallaran en el instante que se está ejecutando un proceso y no se obtenga las expectativas que la empresa desea obtener de ese producto.

Entre los modos potenciales de fallo se da es

- Falla total
- Falla parcial
- Falla intermitente
- Falla gradual
- Sobre-funcionamiento

3.2.5.2 Efecto potencial de fallo

Son consecuencias que adquieren cuando se gana un modo de fallo, trata de describir los efectos no deseados que ocasiona el fallo y se pueda observar o detectar Si se presenta un fallo producirá efectos en la evaluación, y se escogerá el que tenga mayor gravedad.

3.2.5.3 Causas potenciales del fallo

En el momento de la inspección se determina el fallo que puede ser causada por su mismo diseño inadecuado.

Las causas deben relacionarse de una forma sucinta y completa para corregirla de forma adecuada y en el menor tiempo posible, en ocasiones el fallo puede ser por algunas causas encadenadas a fallos de los otros componentes operativos de la máquina por lo que se debe tener en cuenta todas las partes del equipo y no solo donde se realizó el daño.

3.2.5.4 Procedimiento al mantenimiento del tanque con fallas

Los procedimientos que se siguen para el mantenimiento de tanques de domo geodésicos y para cualquier otro tanque son estándares de acuerdo a la política que sigue Petroecuador con la diferencia que se utilizan las normativas vigentes, en esta investigación se habló en utilizar normativas API 653.

En el anexo E se detalla todos los procedimientos que se deben llevar a cabo para un mantenimiento adecuado de los tanques estandarizados en la refinería de Esmeraldas

Para esta investigación se realizará un mantenimiento preventivo al tanque de domo geodésico basándonos en los procedimientos realizados en Petroecuador.

Se ha escogido el preventivo porque como finalidad es prevenir y corregir el daño existente en los tanques de almacenamiento con servicio.

3.2.6 Inspección Interna

La inspección interna siguiendo los pasos de la normativa para los tanques de almacenamiento se los debe realizar a través de intervalos de inspección, intervalos de inspección alternativa.

3.2.6.1 Intervalos de inspección

- Estos intervalos se los debe realizar a través de las ratas de corrosión que son las medidas que se las ha hecho previamente
- También cuando los rangos de corrosión no se conocen y no hay experiencia para determinar el espesor mínimo de la lámina del fondo del tanque

3.2.6.2 Intervalo de inspección externa alternativa

Propietario u operador puede establecer un intervalo de inspección interna usando el procedimiento de inspección basada en riesgos (RBI).

Algunos de los factores que se deben considerarse en la evaluación RBI de un tanque incluyen lo siguiente:

- El material de construcción, incluyendo recubrimientos y pinturas, relativos a la temperatura del producto y las condiciones del ambiente.
- El estándar como-construido (As-Built)
- Los métodos usados para la determinación del espesor de la lámina del fondo y el cuerpo.
- La confianza y efectividad de los métodos de inspección y calidad de la información recolectada.

3.2.7 Evaluación de techos de tanques

Cuando se evalúan los techos de los tanques se debe tomar en cuenta la integridad y los soportes del techo.

Los techos que van a ser evaluados en este trabajo son los de domo geodésico que están constituidos por aluminio con una estructura triangular diseñado como una bóveda auto portante el cual solo está conectado a un borde exterior a la pared del tanque.

3.2.7.1 Techos fijos

Los techos fijos son los que están conformados por elementos que soportan el techo como vigas, cerchas y estructura, estos deben ser inspeccionados para determinar su

salubridad y así con el análisis determinar si existe distorsiones como desgaste del soporte del techo, bigas en mal estado, estructuras corroídas o cualquier elemento que forme parte del techo este dañado, deberán ser evaluados reparados o reemplazados.

Se debe dar prioridad a la posibilidad de una corrosión en la parte interna del techo del tanque hay que ser cuidadoso y minucioso en la inspección de estos techos ya que en ocasiones las corrosiones de los techos no se pueden ver a simple vista es decir no es evidente en la inspección visual.

3.2.7.2 Techos flotantes

En este tipo de techos se debe evaluar de la siguiente manera:

- Las áreas que presenten deformaciones, grietas se debe realizar un mantenimiento o un reemplazo.
- Las áreas que se encuentran picadas se debe evaluar si no son pasantes y van a soportar a la próxima inspección, y si no es así cambiar inmediatamente.
- Sistemas de soporte del techo
- Guías de evaluación para el techo basadas en las normativas API 653

Tabla 3. Techos fijo

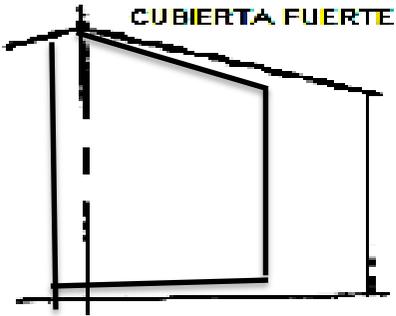
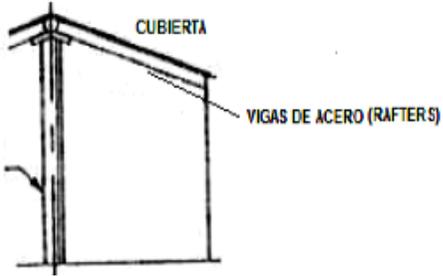
CLASE	VENTAJAS	DESVENTAJES
<p data-bbox="353 411 927 488" style="text-align: center;"><u>TECHO CONICO AUTO SOPORTADO</u></p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mínimas obstrucciones internas 2. Relativamente económico 3. Adecuado para proteger internamente 4. Fácil la transformación a tanques de techo flotante 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Puede requerir laminas fuertes 2. Solo es adecuado para tanques pequeños
<p data-bbox="315 911 927 951" style="text-align: center;"><u>TANQUE DE TECHO CONICO SOPORTADO</u></p> <p data-bbox="421 954 674 975" style="text-align: center;">TECHO SOPORTADO EN EL CENTRO</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño estructural simple 2. Mínimas obstrucciones internas 3. Relativamente económico 4. Fácil la transformación a tanques de techo flotante 	<ol style="list-style-type: none"> 1. No es ideal para proteger internamente 2. El diámetro del tanque es limitado

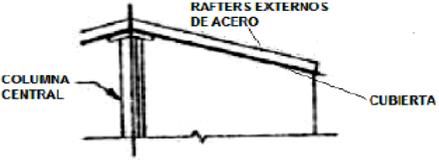
Tabla 3. (Continuación)		
<p>TECHO CONICO SOPORTADO EN VARIOS PUNTOS</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Iguales ventajas para el apoyo del centro como el apoyo del techo cónico 2. Mínimas obstrucciones internas <p>Buen recubrimiento interno</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mala protección interna 2. Demasiada obstrucción 3. Dificultad de inspección 4. Hace costoso la transformación
<p>TANQUE DE TECHO SOPORTADO EXTERNAMENTE</p>  <p>LAS COLUMNAS QUE SOPORTAN EL TECHO PUEDEN SER DISEÑADAS IGUAL QUE COMO SOPORTES DE TECHOS CÓNICOS.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Excelente recubrimiento interno 2. Excelente diseño para servicio de alta corrosión 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Iguales desventajas para el apoyo del centro cónico 2. más costoso 3. no es frágil

Tabla 4. Clasificación de techos flotantes

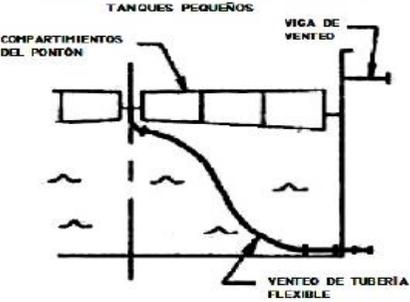
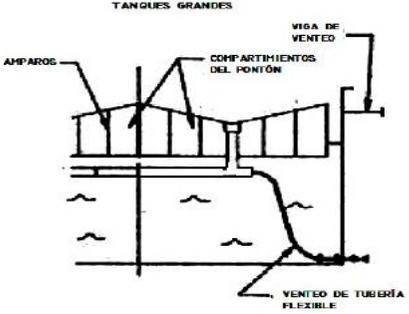
CLASE	VENTAJAS	DESVENTAJES
<p style="text-align: center;">TECHO FLOTANTE DE DOBLE</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Más económico de construir que el de techo de cubierta doble para diámetro de 20 y 170 pulgadas 2. Adecuado para altas presiones 3. Se prepara los accesorios cuando está operando 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Más costoso 2. Pérdida de capacidad del tanque
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fácil de cubrir 2. Estructura muy fuerte 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pierde su capacidad por su gran altura

Tabla 4. (Continuación)

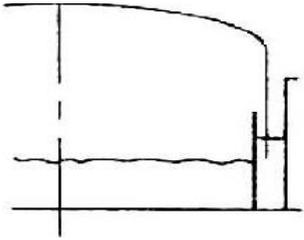
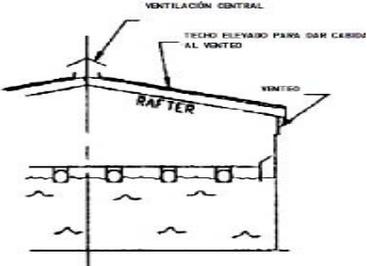
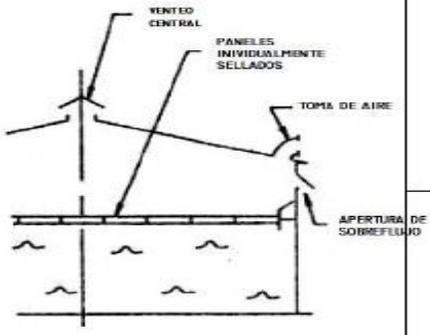
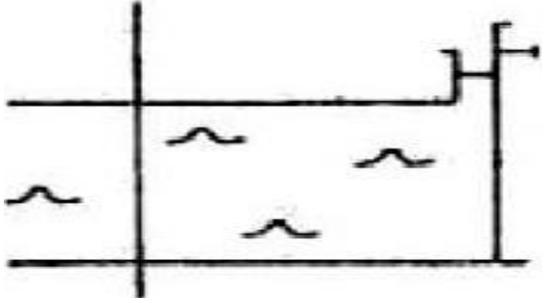
<p>TECHO FLOTANTE DOMO, PARA LA CONSERVACIÓN DE VAPOR</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reduce la necesidad de gas extra 2. Puede ser utilizado como soporte 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Costosa en la construcción y mantenimiento
	<ol style="list-style-type: none"> 1. buena ventilación 2. máxima capacidad del tanque 3. perfecto para adecuaciones 4. adecuado para instalar 	<ol style="list-style-type: none"> 1. vida corta 2. limitacio de servicio 3. no adecuado para viscosidad 4. estructura muy débil

Tabla 4. (Continuación)

 <p>Diagrama de un sistema de ventilación por casco. Muestra un casco con un ventilador central que aspira el aire desde una toma de aire ubicada en la parte superior del casco. El casco está dividido en paneles individualmente sellados. En la parte inferior del casco, hay una apertura de sobreflujo que permite que el líquido excedente escape. El diagrama está etiquetado con: VENTED CENTRAL, PANELES INDIVIDUALMENTE SELLADOS, TOMA DE AIRE y APERTURA DE SOBREFLUJO.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño interno económico 2. puede instalar registro en el casco 3. adecuado para altos vapores 4. instalación rápida sobre el terreno 	
 <p>Diagrama de un sistema de ventilación por casco simple. Muestra un casco con un ventilador central que aspira el aire desde una toma de aire ubicada en la parte superior del casco. El casco está dividido en paneles individualmente sellados. En la parte inferior del casco, hay una apertura de sobreflujo que permite que el líquido excedente escape.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. bajo costo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. vulnerable a hundirse

3.2.7.3 Cambios de servicio

Cuando se realiza un cambio de servicio se lo hace por varios factores como se numera a continuación:

- Presión interna tomando en cuenta la normativa API 653
- Presión externa
- Operación para temperatura elevada
- Operación para temperaturas bajas que la del diseño original
- Ventilación normal y de emergencia

3.2.8 Evaluación del cuerpo del tanque

De igual manera para realizar el mantenimiento es necesario evaluar las condiciones que se encuentran los tanques de almacenamiento de domos geodésicos.

Se toma en cuenta los defectos, deterioros de los tanques, desgaste mayor a la original, reubicación, cambio de uso, todo esto puede afectar el desempeño la integridad del tanque y por lo tanto se debe evaluar y determinar la adecuación para el servicio esperado, estas actividades de inspección evaluación análisis de los tanques deben ser dirigidos por un ingeniero de tanques.

La corrosión en el cuerpo ocurre en muchas formas y varios grados de severidad y puede resultar en una pérdida uniforme general de metal sobre una gran área de superficie o en áreas localizadas. También se pueden presentar picaduras.

Cada caso debe ser tratado como una situación única y una concienzuda inspección deberá ser realizada para determinar la naturaleza y la extensión para así desarrollar un procedimiento de reparación. Las picaduras normalmente no representan una amenaza significativa con respecto a la integridad de la estructura de un cuerpo a menos que esté presente en forma severa con picaduras cercanas unas a las otras. Los criterios para evaluación corrosión general y picaduras son definidos a continuación.

Los métodos para determinar el espesor mínimo aceptable del cuerpo para la continua operación.

Si los requisitos de soldado o remaches no pueden ser satisfechos, las áreas corroídas o dañadas deberán repararse, o reducir el nivel permitido de líquido, o el tanque retirado. El nivel de líquido permisible para el uso continuado de un tanque puede establecerse usando las fórmulas para un espesor mínimo aceptable considerando una altura H. El espesor actual, determinado por inspección, menos la corrosión permitida deberá ser usado para establecer el límite del nivel del líquido. El máximo nivel de líquido de diseño no deberá ser excedido.

3.2.9 Evaluación del fondo del tanque

Para evaluar el fondo de un tanque de almacenamiento lo primero que se debe realizar la búsqueda de tácticas para inspeccionarlos fondos de los tanques que deben proporcionar información eficaz para mantener la integridad del fondo del tanque ya que si se realiza una mala inspección se tendría una mala consecuencias con respecto a fugas que pueden llegar a existir en el tanque produciendo contaminación ambiental.

El análisis y evaluación periódica de los tanques sería una muy buena estrategia para así evitar que se presente corrosión y fugas potenciales. Las inspecciones deben ser frecuentes con evaluaciones periódicas e internas.

3.2.9.1 Clasificación de los fondos de tanques de domo

Tabla 5. Clasificación de los fondos de tanques

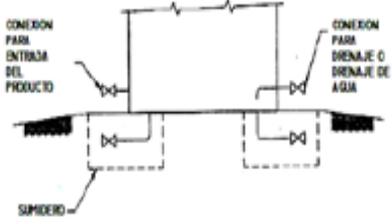
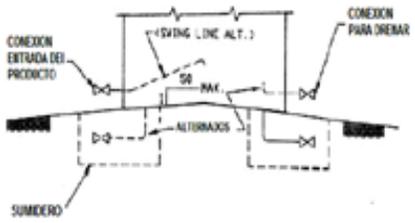
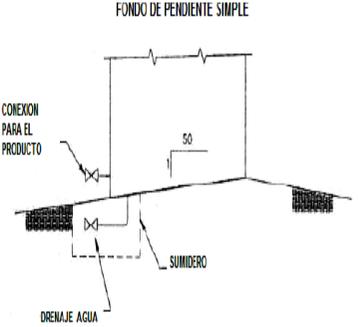
Tipo	APLICACION	VENTAJA	DESVENTAJA
<p style="text-align: center;">FONDO PLANO</p> 	<p>Se lo utiliza para tanques pequeños de diámetro menor de 20. Es útil para armar en campo tanques de medición, tanques de tratamiento y ampliamente usado en la química</p>	<p>simple y economico, instalaciones pequeñas</p>	<p>Dificultad de drenar</p>
<p style="text-align: center;">FONDO CON PENDIENTE HACIA AFUERA</p> 	<p>Es el más usado para tanques pequeños. Es utilizado en la industria del petróleo</p>	<p>Mejor drenaje que el de fondo plano</p>	<p>Menos capacidad de almacenamiento</p>

Tabla 5. (Continuación)

<p>FONDO CON PENDIENTE HACIA ABAJO (NO RECOMENDADO)</p> <p>CONEXION PARA EL PRODUCTO</p> <p>LAS TUBERIAS SUBTERRANEAS SON DE POCO USO YA QUE NO FACILITA LA INSPECCION Y ACELERA LA CORROSION.</p>	<p>Ideal para productos refinados donde tiene contacto mínimo el producto con el agua</p>	<p>Bueno cuando realiza con frecuencia cambios de producto</p>	<p>Atrae problemas de corrosión</p>
<p>FONDO CON PENDIENTE HACIA ABAJO CON SUMIDERO (ACEPTABLE)</p> <p>CONEXION PARA EL PRODUCTO</p> <p>DRENAJE (sumidero)</p> <p>DRENAJE DE AEREA</p> <p>SUCEDERO</p>		<p>El drenado es completo</p> <p>El sumidero reduce el área de contacto de agua</p>	<p>Requiere tuberías en el centro del tanque</p> <p>Reducción de capacidad de almacenamiento</p>

Tabla 5. (Continuación)			
 <p>FONDO DE PENDIENTE SIMPLE</p> <p>CONEXION PARA EL PRODUCTO</p> <p>50</p> <p>SUMIDERO</p> <p>DRENAJE AGUA</p>	<p>Ideal para tanques de menor diámetro a 100</p> <p>Apto para tanque que cambian frecuentemente de producto donde se requiere el drenaje completo del producto</p>	<p>Drenaje mejorado</p> <p>Conexiones del fondo accesibles</p>	<p>Instalación más costosa</p> <p>Problemas de sedimento</p>

3.2.9.2 Peligros en el mantenimiento de tanque de almacenamiento de techo de domo geodésico fuera de servicio

Para todos los tanques superficiales, atmosféricos y de baja presión que contienen petróleo crudo, productos derivados del petróleo, hidrocarburos líquidos, aditivos, lodos o residuos, tienen el potencial de presentar uno o más de los siguientes peligros en algunas de las fases de planeación, alistamiento, descontaminación, inspección, reparaciones metalmeccánicas, pruebas, recubrimiento, alistamiento de entrega y puesta en servicio:

- Deficiencia y enriquecimiento de oxígeno.
- Riesgos de fuego y explosión.
- Sustancias toxicas.
- Estrés por exposición.
- Riesgos físicos.
- Manejo de cargas manuales y mecánicas.
- Trabajos en alturas.
- Riesgos locativos.
- Estrés térmico

3.2.10 Índice de análisis control y mantenimiento tanques de almacenamiento de techo de domo geodésico

Estos índices son respecto al tiempo.

Recursos humanos y físicos.

3.2.10.1 Estimación del tiempo de duración de una actividad

$$Ta = \frac{OT+4(MT)+PT}{6} \quad (3.2)$$

Ta: Estimación del tiempo de la duración de la actividad.

OT: Tiempo mínimo u optimista para la realización de una actividad

PT: Tiempo máximo o pesimista para la realización de una actividad

MT: Tiempo más común deseado para la realización de una actividad

3.2.10.2 Índice de control de gestión de mantenimiento

Índices generales

$$I_1 = \frac{TMC}{TS} \quad (3.3)$$

TMC: Costo total de mantenimiento

TS: Ventas totales

$$I_2 = \frac{TMC}{TO} \quad (3.4)$$

TMC: Costo total de mantenimiento

TO: Producción total

$$I_3 = \frac{TMC}{TIPE} \quad (3.5)$$

TMC: Costo total de mantenimiento

TIPE: Inversión total en planta y equipo

Índices Específicos

$$I_4 = \frac{TIPM}{TIEM} \quad (3.6)$$

TIPM: Tiempo total de mantenimiento preventivo

TIEM: Tiempo total función mantenimiento

$$I_5 = \frac{TAMC}{TBMC} \quad (3.7)$$

TAMC: Costo real total mantenimiento

TBMC: Costo presupuesto total mantenimiento

$$I_6 = \frac{TMAC}{TMC} \quad (3.8)$$

TMAC: Costo total de administración de mantenimiento

TMC: Costo total de mantenimiento

$$I_7 = \frac{PJCED}{TPJ} \quad (3.9)$$

PJCED: Número total de trabajos planeados completados a tiempo

TPJ: Número de trabajos planeados

$$I_8 = \frac{TPJAM}{TPJ} \quad (3.10)$$

TPJAM: Numero de trabajos planeados esperando material

TPJ: Numero de trabajos planeados

$$I_9 = \frac{MHEUJ}{TMMH} \quad (3.11)$$

MHEUJ: Número de horas hombre en trabajos de emergencia y no planificado

TMMH: Número total de horas trabajadas en mantenimiento

$$I_{10} = \frac{DTCB}{TDT} \quad (3.12)$$

DTCB: Tiempo de parada ocasionada por fallas

TDT: Tiempo total de paradas

$$I_{11} = \frac{NJI}{TIC} \quad (3.13)$$

NJI: Número de trabajos que resultan inspecciones

TIC: Número total de inspecciones que se completaron

$$I_{12} = \frac{TMLC}{TMMC} \quad (3.14)$$

TMLC: Costo total de mano de obra de mantenimiento

TMMC: Costo total de materiales usados en mantenimiento

$$I_{13} = \frac{TMC}{TMFC} \quad (3.15)$$

TMC: Costo total de mantenimiento

TMFC: Costo total de manufactura

3.2.11 Tareas de mantenimiento tanques de almacenamiento de techo de domo geodésico

Para ejecutar el plan de mantenimiento se debe conocer con detalle las actividades y tareas a realizar donde estas se encuentren detalladas y que sean comprensivas para el operador a continuación se detallan de forma general estas tareas con cada una de sus partes del tanque a la cual pertenecen, y cuando este se encuentre en servicio, fuera de servicio operativo y la liberación del tanque.

3.2.11.1 Tareas de mantenimiento para tanques de almacenamiento de techo de domo geodésico en servicio

Son tareas que se realizan en el proceso de mantenimiento mientras el tanque se encuentra en operación, es necesario tomar en cuenta las medidas de seguridad. A continuación se muestran las tareas que se deben realizar en cada parte del tanque de almacenamiento las mismas que se enlistan de forma general y específicamente se encuentran detalladas a partir de la tabla 9.

Tabla 6. Tareas de mantenimiento generales de tanques en servicio

TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE TECHO DE DOMO GEODÉSICO EN SERVICIO	
COMPONENTE O ELEMENTO	TAREA
Cubeto	Inspección preliminar del cubeto.
Conexiones a Tierra	Inspección y limpieza de Conexiones a Tierra
Base	Medir el nivel de la base y asentamientos.
Vereda perimetral.	Inspección vereda perimetral de concreto
Protección catódica	Inspección y limpieza de protección catódica.

Tabla 6. (Continuación)	
Cuerpo	Inspección visual de las planchas de los anillos del cuerpo
	Inspección por ultrasonido de las planchas de las paredes del tanque.
	Inspección del sello (impermeabilizante) entre la plancha de fondo y vereda perimetral.
Escalera fija	Limpieza e inspección de escalera fija.
Manholes y boquillas	Inspección boquillas y manholes.
Tuberías de procesos dentro del cubeto	Inspección de tuberías
Sistema contra incendio	Inspección del sistema contra incendio desde el manifold del cabezal
Válvulas en la base del tanque	Inspección de válvulas
Planchas del Techo.	Inspección visual y con ultrasonido de las planchas del techo
Drenaje del techo	Inspección del sistema de drenaje de agua lluvias.

Fuente: Autor

3.2.11.2 Tareas de mantenimiento para liberación del tanque de almacenamiento de techo de domo geodésico

Se debe tener en claro que las tareas que se deben realizar para liberar a un tanque, se describe cada una de las tareas.

Tabla 7. Tareas de mantenimiento generales de liberación de los tanques

TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA LIBERACIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TECHO DE DOMO GEODÉSICO
1. Bombeo del producto hasta dejar en un nivel mínimo de succión.
2. Instalación de bridas siegas en tuberías conectada al tanque.
3. Apertura de manholes del tanque.
4. Desalojo de producto remanente con bombas portables.
5. Desalojo de lodos del tanque sin ingreso de personal.
6. Iluminación Interna del tanque con las normas de seguridad de instalación de acometidas eléctricas.
7. Lavado Interior del tanque con chorro de agua a presión Previa a la instalación de extractores.

Fuente: autor

3.2.11.3 Tareas de mantenimiento para tanque de almacenamiento de techo de domo geodésico fuera de servicio

Las tareas se deben realizar cuando se han realizado previamente las tareas de liberación del tanque y se las deben realizar tanto al interior como al exterior del tanque a continuación se citan dichas tareas.

Tabla 8. Tareas de mantenimiento generales de tanques fuera de servicio

TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TECHO DE DOMO GEODÉSICO FUERA DE SERVICIO	
Tanque	Inspección Preliminar del tanque.
Planchas del techo	Inspección visual del techo lado interior del tanque.
Sello	Inspección visual del sello lado interior del tanque.
Soportes del techo.	Inspección de soportes al interior del tanque.
Venteos automáticos.	Inspección del venteos automáticos al interior del tanque.
Sistema de drenaje del techo.	Inspección del sistema de drenaje del techo al interior del tanque.
Tuberías de drenajes colector del piso.	Inspección de tuberías de drenajes y colectores del piso
Soportaría de tubo guía	Inspección de soportaría tubo guía.

Fuente: autor

3.2.12 Procedimiento para las tareas de mantenimiento para tanque de almacenamiento de techo de domo geodésico.

Para lograr un excelente mantenimiento es necesario varios elementos que al fusionarlos armonicen y contribuyan a un funcionamiento continuo del tanque de almacenamiento. El manejo de los recursos está basado en la coordinación de acuerdo a los mantenimientos y en los principios básicos de la administración, dirección y el control. Para optimizar recursos se realizó un banco de tareas donde se encuentra la información necesaria del tanque para llevar a cabo grupos de tareas de los diferentes con diferentes frecuencias de tiempo de mantenimiento de tanques de almacenamiento, los mismos que está constituido de la siguiente manera.

- **Parte del Tanque:** Es el componente del tanque de almacenamiento de techo de domo geodésico en el cual se va a realizar la tarea.
- **Tarea:** Está relacionado con la actividad a desempeñarse en el tanque.
- **Frecuencia:** Indica el intervalo de tiempo dentro del cual debe llevarse a cabo cada una de las tareas.
- **Personal:** Él o las personas que deben realizar la respectiva tarea de mantenimiento.
- **Tiempo estimado:** Tiempo estimado de duración que requiere para llevar a cabo la tarea de mantenimiento correspondiente.
- **Descripción:** Indica el procedimiento a seguir para llevar a cabo cada una de las tareas.
- **Herramientas:** Indica los diferentes tipos de herramientas que se requieren para la realización de las tareas de mantenimiento.
- **Materiales:** Elementos fungibles que se requieren para la realización de una determinada tarea de mantenimiento.
- **Equipos:** componentes que se requieren para la realización de una determinada tarea de mantenimiento.

Los pasos a seguir para cada proceso del mantenimiento es cuándo debe realizarse cada una de las tareas planificadas, teniendo en cuenta las capacidades que tiene la empresa para almacenar y procesar el crudo.

La cantidad de los derivados, el material y equipos a utilizar, y la mano de obra disponible a continuación se describen actividades:

1. Revisar y analizar los reportes de inspección anteriores para tener un punto de referencia para realizar la inspección.
2. Llenar la solicitud de permiso de trabajo para luego presentarlo y que firme la aceptación.
3. Realizar las tareas establecidas para esa fecha o día de trabajo.
4. Luego acudir a la oficina donde fue aceptada la solicitud de trabajo para cerrar el permiso de trabajo.
5. Recopilar todos los datos e imágenes y realizar el reporte de inspección o trabajos.

3.3 Lista de actividades para el mantenimiento preventivo del tanque YT-8023.

Tabla 9. Formato actividades para la inspección externa de rutina de tanques atmosféricos.

<p style="text-align: center;">LISTA DE ACTIVIDADES PARA LA INSPECCIÓN EXTERNA DE</p>  <p style="text-align: center;">RUTINA PARA TANQUES ATMOSFÉRICOS.</p>  <p style="text-align: center;">ATP SETRIA</p>					
Tanque:	Capacidad:	Producto:	Especif. Material:	Diámetro:	Altura:
Y-T8023	14100 m ²	GASOLINA			
NOMBRE DEL REPRESENTANTE:				FRECUENCIA :	Mensual
LUGAR Y FECHA:			TIEMPO ESTIMADO:		2 horas.
DESCRIPCIÓN:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar y analizar los reportes de inspección anteriores para tener un punto de referencia para realizar la inspección. 2. Llenar la solicitud de permiso de trabajo para luego presentarlo y que firme la aceptación. 3. Realizar las tareas establecidas para esa fecha o día de trabajo. 4. Luego acudir a la oficina donde fue aceptada la solicitud de trabajo para cerrar el permiso de trabajo. 5. Recopilar todos los datos e imágenes y realizar el reporte de inspección o trabajos. 					
No.	Actividad	Cumple	No cumple	N/A	observaciones
1.	ANILLO DE CONCRETO				
a.	Base de concreto sin roturas, grietas, fugas, muestras de erosión.				
b.	No existencias de socavaciones bajo el cimiento y presencia de vegetación.				
c.	Verificar que el agua lluvia que escurre del cuerpo no se acumule en la periferia del tanque (perímetro)				
2.	SELLO DE BASE DEL TANQUE				
a.	Verificar que el sello entre la pestaña del fondo del tanque y anillo de concreto se encuentre en buen estado y no permita filtraciones.				

Tabla 9. (Continuación)				
3.	CUBETO Y DIQUE			
a.	Verificar que el drenaje del cubeto tenga la caída correcta y que el agua fluya libremente evitando acumulación en el perímetro del tanque.			
b.	Verificar que la válvula se encuentre operativa y en buen estado (debe estar cerrado mientras no tenga que drenarse).			
c.	Verificar que la rejilla de la válvula no esté obstruida y se encuentre libre de basura y maleza			
d.	Verificar que el área del cubeto se encuentre libre de basura, vegetación y otros materiales inflamables			
e.	Verificar que los cubetos y muros de contención o diques estén impermeabilizados.			
f.	Verificar que la impermeabilización del cubeto y diques o muros se encuentren en buen estado (sin roturas, y que no permita filtraciones de agua).			
g.	Verificar que las gradas de acceso al cubeto se encuentren en buen estado.			
h.	Para las tuberías que atraviesan los muros o diques verificar que el sello entre el tubo y el dique o muro de contención, se encuentre en buen estado y no permitan fugas.			
i.	Verificar que la rampa de acceso vehicular al cubeto no se encuentre por debajo del nivel de la parte superior del dique o muro de contención.			
j.	Verificar que la conexiones y cableado eléctrico, sean transportados y protegidos mediante el sistema de bandejas portables (bandejas y/o tubos).			

Tabla 9. (Continuación)					
k.	Verificar que todo el sistema de bandejas portables y sus accesorios (soportes, uniones, pernos, etc.), se encuentra en buen estado.				
l.	Verificar que el sistema de tuberías de entrada y salida al tanque, y tuberías del sistema contra incendios, se encuentre libres de corrosión, debidamente pintados, no presentan deflexiones ni pandeos, uniones bridadas sin fugas y estén debidamente anclados.				
m.	Verificar que el sistema de válvulas, pasos y escaleras sobre tuberías se encuentren libres de corrosión, debidamente pintados, uniones bridadas y fugas.				
n.	Verificar que el sistema de iluminación del cubeto se encuentre en buen estado, operativo y sea la adecuada.				
o.	Verificar que el cubeto tenga una capa de rípio como medio de protección.				
4.	CUERPO DEL TANQUE (ENVOLVENTE)				
a.	Verificar visualmente que no existan fallas de pinturas, picaduras y corrosión (focos de corrosión).				
b.	Verificar la limpieza de la unión cuerpo-fondo para detectar posible corrosión y anomalías en el cordón de soldadura.				
c.	Verificar el buen estado de la pared interna del cuerpo (tanque de techo flotante).				
d.	Verificar que no existan fugas en remache, pernos y sellos en los tanques empernados.				
e.	Verificar que en pernos y remaches no exista corrosión o desgaste, y que no existan pernos o remaches faltantes.				

Tabla 9. (Continuación)				
f.	Verificar que los cordones de soldaduras verticales y horizontales se encuentre en buen estado (el inspector debe especificar las áreas inspeccionadas dando prioridad a los dos primeros anillos).			
g.	Verificar que tenga en el cuerpo la codificación pertinente (identificación del tanque, logotipo, rombo de seguridad, etc.).			
h.	Verificar el buen estado de los refuerzos de bocas de entrada y salida de tubería, agitadores, manhole, etc.			
i.	Verificar que no existan deformaciones geométricas, abolladuras, hundimientos.			
j.	Verificar el adecuado montaje y funcionamiento, la no existencias de fugas, la no excesiva vibración, la existencia de la cubierta de protección (sombbrero chino), la buena condición de líneas de energía y conexiones al mezclador.			
5.	ACCESORIOS DEL CUERPO DEL TANQUE			
a.	Verificar la no existente de fracturas o signos de fugas en uniones soldadas de las boquillas, manhole y placas de refuerzo.			
b.	Verificar que no existan perforaciones, rasgaduras ni fisuras en el cuerpo del tanque alrededor de las boquillas, causados por reflexión excesiva de la tubería.			
c.	Verificar que no existan fugas en bridas y en sus pernos o espárragos.			
d.	Verificar el buen estado del aislamiento alrededor de las boquillas y manholes.			
e.	Verificar el buen funcionamiento de los agitadores o mezcladores, y que no presenten ningún tipo de fugas.			

Tabla 9. (Continuación)					
f.	Verificar que las conexiones de descarga a tierra se encuentren en buen estado y debidamente conectadas.				
g.	Verificar el buen estado de escaleras de acceso al techo (pernos, vinchas, arandelas, pasamanos, iluminación y separación al tanque según la normativa vigente).				
h.	Verificar que no existan tuberías anclada al tanque, la cual sería peligrosa para el cuerpo del tanque y para las conexiones del fondo durante un movimiento de tierra.				
i.	Verificar que la válvula de drenaje de fondo se encuentre cerrada.				
j.	Verificar que no existan fugas en la toma-muestras y la operación adecuada de sus válvulas.				
k.	Verificar que no existan daños y mal funcionamiento de los indicadores de nivel y temperatura (Analógicos o digitales).				
l.	Verificar que los agujeros de pruebas neumáticas se encuentren sellados.				
m.	Verificar el buen funcionamiento de las regletas de medición de nivel.				
n.	Verificar el buen estado de las botas de gas.				
o.	Verificar el buen estado del aislamiento térmico, que no existan roturas, desprendimiento o deterioro en general del recubrimiento.				
p.	Verificar que no existan fugas en el sistema de calentamiento de los tanques.				
6.	SISTEMA DE MEDICION O AFORO				
a.	Verificar el buen estado de la boca de aforo, la pestaña de referencia para la medición, plataforma de acceso, pasamanos, pernos, tuercas, rejillas y focos de corrosión.				

Tabla 9. (Continuación)					
b.	Verificar el buen estado del tubo de aforo				
c.	Verificar el buen estado y funcionamiento del sistema de radar				
7.	TECHOS FIJOS,CUPULAS O FLOTANTES				
A	Por seguridad antes de subirse a la cúpula, verificar, golpeando ligeramente con un martillo de bola, las condiciones de la placa perimetral del techo o cúpula (cerca de la orilla) en busca de adelgazamiento: (la corrosión normalmente ataca primero la placa de cubierta en la orilla de un techo fijo y en la estructura en el centro de la cúpula).				
b.	Verificar visualmente que no existan fallas en recubrimiento (pintura), perforaciones, picaduras y evidencia de corrosión externa en la cubierta del techo flotante, fijo o cúpula (focos de corrosión).				
c.	Verificar el buen funcionamiento del sistema de drenaje, que la válvula se encuentre abierta, que el paso de líquidos no se encuentre obstruido (que tenga rejilla).				
d.	Verificar que el sello mecánico entre el techo y el cuerpo se encuentre en buen estado, sin roturas, sin tensiones excesivas (separación excesiva entre el sello y la envolvente), libre de suciedades, desechos.				
e.	Verificar que no exista excesiva acumulación de agua en la superficie del techo (el techo debe tener una inclinación direccionada hacia el o los drenajes). Busque indicios de agua estancada. (Una deformación significativa en una cúpula fija que provoque estancamiento de agua indica la posible falla en la estructura interna. Grandes áreas de agua estancada sobre un techo flotante indican diseño de drenaje				

Tabla 9. (Continuación)					
	inadecuado, y, si se presentan en una zona específica, significa que la cúpula se encuentra desnivelada con posibles filtraciones en pontones).				
f.	Verificar que los drenajes se encuentren en buen estado, limpios, sin desechos, sin obstrucciones y permitan la libre circulación del agua lluvia.				
g.	Verificar que las válvulas del o los drenajes del techo se encuentren siempre abiertas, operativas y en buen funcionamiento.				
h.	Verificar que en pernos, tuercas, arandelas de los accesorios de techo, no exista corrosión o desgaste, y que no existan faltantes.				
i.	Verificar que los cordones de soldaduras se encuentren en buen estado y libres de corrosión.				
j.	Verificar el buen estado de los refuerzos de bocas, manholes, bocas de muestreo y demás accesorios de techo.				
k.	Verificar que no existan deformaciones geométricas, abolladuras, hundimientos.				
l.	Verificar el buen estado de la plataforma superior perimetral en la parte superior del tanque, los pasamanos y barrederas.				
8.	ACCESORIOS DEL TECHO DEL TANQUE				
a.	Verificar el buen estado del aislamiento alrededor de las boquillas y manjoles (para tanques con aislamiento térmico).				
b.	Verificar el buen estado de la escalera basculante o móvil de acceso al techo (pernos, vinchas, arandelas, pasamanos, rodillos y conexión a tierra).				

Tabla 9. (Continuación)					
c.	Verificar el buen estado del tubo guía, rodillos debidamente engrasados y sin signos de corrosión.				
d.	Verificar el buen estado de los sistemas de venteo.				
e.	Verificar la operatividad y buen estado de los drenajes de emergencia en techo.				
f.	Verificar el buen estado de los pontones.				
g.	Verificar el buen estado de los manholes, y verificar la no presencia de posibles filtraciones hacia el interior de los pontones. (Solicitar monitoreo de gases para ingresar a espacios confinados según norma de Seguridad Industrial).				
h.	Verificar el buen estado del aislamiento térmico, que no existan roturas, desprendimiento o deterioro en general del recubrimiento por donde el agua de lluvia pudiera penetrar.				
i.	Por seguridad antes de subirse a la cúpula, verificar las condiciones de la placa perimetral de la cúpula (cerca de la orilla del techo) en busca de adelgazamiento golpeando ligeramente con un martillo de bola,; (la corrosión normalmente ataca primero la placa de cubierta en la orilla de un techo fijo y en la estructura en el centro de la cúpula)(En caso de detectar adelgazamiento o mala condición de la placa perimetral el Inspector no deberá ingresar al techo.				
j.	Verificar la operación de los reguladores para tanques con sistemas de gas de purga				
	PROTECCION CATODICA				
	Revisión y lectura de potencial de protección catódica.				

Tabla 9. (Continuación)
PERSONAL :
-Inspector de planta -Inspector de campo

Fuente: Autor

Tabla 10. Formato de procedimiento para mantenimiento semestral de tanques de domo geodésicos.

		TAREAS PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN SERVICIO DE CADA SEMESTRE.					
Tanque:	Capacidad:	Producto:	Especific. Material :	Diámetro:	Altura:		
Y-T8023	14100 m²	GASOLINA					
PARTES DEL TANQUE:	-Cubeto. -Vereda perimetral. -Protección catódica. -Escalera fija. -Drenaje del techo. -Refuerzo de viento. -Sello. -Barrera de Espuma.		FRECUENCIA :	Semestral			
DESCRIPCIÓN:							
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar y analizar los reportes de inspección anteriores para tener un punto de referencia para realizar la inspección. 2. Llenar la solicitud de permiso de trabajo para luego presentarlo y que firme la aceptación. 3. Realizar las tareas establecidas para esa fecha o día de trabajo. 4. Luego acudir a la oficina donde fue aceptada la solicitud de trabajo para cerrar el permiso de trabajo. 5. Recopilar todos los datos e imágenes y realizar el reporte de inspección o trabajos. 							
TAREA :			MATERIALES Y EQUIPOS	CUMPLE	NO CUMPLE	N/A	OBSERVACIONES
Inspección y limpieza del cubeto. Revisar el cubeto a nivel del suelo y de la vereda perimetral. Limpieza de gradas y camino de acceso, también de			-Flexómetro. -Espátulas. -Nivel -Linterna				

Tabla 10. (Continuación)					
<p>canales y de toda el área del cubeto, dejar libre de basuras.</p> <p>Inspección de bases de soporte, sistema eléctrico del tanque, postes de iluminación y luminarias.</p> <p>Revisar la caja de revisión, colectores y drenaje no se encuentren rotas o fisuradas</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 1 hora.</p>	<p>-Voltímetro</p> <p>-Equipo de protección personal.</p> <p>-Cámara fotográfica</p>				
<p>Inspección de la vereda perimetral de concreto</p> <p>Observar si existen posibles grietas o fisuras bajo las placas de respaldo del tanque.</p> <p>Revisar que no existan cavidades en las juntas de hidratación.</p> <p>Examinar que el agua lluvia drene lejos del tanque o en caso de acumulación de agua tomar una muestra para el laboratorio</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 1 hora.</p>	<p>-Espátula.</p> <p>-Pica Sal.</p> <p>-Cepillo metálico.</p> <p>-Equipo de protección personal.</p> <p>-Cámara fotográfica.</p>				
<p>Inspección y limpieza de la protección catódica.</p> <p>Acudir donde se encuentra la caja de medición de potenciales y tomar datos.</p> <p>Revisar las cajas de los terminales de los ánodos de sacrificio y de las cavidades que van a los ánodos y humedecer si es necesario.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 3 horas.</p>	<p>-Equipo de protección personal.</p> <p>-CuSO₄ *5H₂O (Cobre II sulfato pentahidrato)</p> <p>-Agua destilada.</p> <p>-Cámara fotográfica.</p> <p>-Equipo de medición de protección catódica.</p>				

Tabla 10. (Continuación)

<p>Inspección y limpieza de escalera fija</p> <p>Limpiar toda la escalera para luego revisar los peldaños y pasamanos de algún desprendimiento de pintura, puntos de corrosión.</p> <p>En los cordones de soldadura revisar si no está deteriorado o con picaduras y con el espejo ayudarse donde no se pueda acceder.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 1 hora.</p>	<p>-Espejo -Espátula -Brocha -Equipo de protección personal - Wipe -Cámara fotográfica.</p>				
<p>Inspección y limpieza del sistema de drenaje de agua lluvias</p> <p>Limpiar las rejillas y colector observando anomalías de desgaste de pintura y corrosión.</p> <p>Desarmar y limpiar la válvula check sacando el tornillo de seguridad para luego inyectar agua en contra flujo y comprobar la hermeticidad.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 3 horas.</p>	<p>-Espátulas. -Brocha -Equipo de protección personal. - Agua -Diesel -Cámara fotográfica. -Bomba con manguera.</p>				
<p>Limpieza e inspección de refuerzo de viento y pasamanos.</p> <p>Limpiar y revisar si existe desgaste de pintura, focos de corrosión en el refuerzo de viento, pasarela y pasamanos.</p> <p>En los cordones de soldadura revisar que no exista deterioro, corrosión y picaduras.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 2 horas.</p>	<p>- Espátula -Cepillo metálico. -Espejo -Nivel -Equipo de protección personal - Wipe -Cámara fotográfica.</p>				

Tabla 10. (Continuación)					
Inspección del sello Revisar y levantar aleta deflectora y observar si no existen deformaciones y corrosión. Ver si existe desgaste en la superficie de contacto entre la planchas del sello primaril y cuerpo. Revisar el estado de los accesorios pernos, tuercas, pasadores y ganchos. TIEMPO ESTIMADO: 1 hora.	-Equipo de protección personal.				
	-Cámara fotográfica.				
Inspección y limpieza de la barrera de espuma. Limpiar y revisar la junta de barrera de espuma y techo de domo. Revisar la barrera de espuma de posibles desgaste de pintura y focos de corrosión o disminución de espesor. Revisar soportes y cordones de soldadura de la barrera de espuma de deterioro, corrosión y picadura. TIEMPO ESTIMADO: 30 min.	-Equipo de protección personal.				
	-Cámara fotográfica.				
PERSONAL :					
-Inspector de Planta					
-Inspector de campo					

Fuente: Autor

Tabla 11. Formato de procedimiento para mantenimiento anual de tanques de domo geodésicos.

 TAREAS PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO 						
<small>ATP- UNIDAD DE INSPECCION TECNICA</small> EN SERVICIO DE CADA AÑO.						
Tanque:	Capacidad:	Producto:	Específic. Material :	Diámetro:	Altura:	
Y-T8023	14100 m ²	GASOLINA				
PARTES DEL TANQUE:	Base				FRECUENCIA :	Anual.
	Cuerpo					
	Tuberías de procesos dentro del cubeto.					
	Sistema contra incendio.					
	Válvulas.					

Tabla 11. (Continuación)					
	Planchas del Techo. Domo Geodésico. Soportes.				
DESCRIPCIÓN:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar y analizar los reportes de inspección anteriores para tener un punto de referencia para realizar la inspección. 2. Llenar la solicitud de permiso de trabajo para luego presentarlo y que firme la aceptación. 3. Realizar las tareas establecidas para esa fecha o día de trabajo. 4. Luego acudir a la oficina donde fue aceptada la solicitud de trabajo para cerrar el permiso de trabajo. 5. Recopilar todos los datos e imágenes y realizar el reporte de inspección o trabajos. 					
TAREA :	MATERIALES Y HERRAMIENTAS:	CUMPLE:	NO CUMPLE:	N/A	OBSERVACIONES:
Medición del nivel de la base y asentamientos. Con un diagrama con posibles mediciones con un espacio máximo de los puntos de asentamiento de 32 pies alrededor de la circunferencia, los espacios deben ser iguales determinado el números de puntos de medición y tomar las alturas desde la vereda y la base del tanque. TIEMPO ESTIMADO: 1 hora.	-Cepillo de alambre -Espátula -Nivel -Flexómetro -Equipo de protección personal. -Cámara fotográfica.				
Inspección de cordón de soldaduras de las juntas entre peldaños de escalera y planchas del cuerpo. Limpiar e inspeccionar peldaños y cordones de soldadura de desgastes de pintura, picaduras y corrosión. Deformaciones de la plancha de pared y con el espejo observar entre peldaños y lugares inaccesibles. TIEMPO ESTIMADO: 2 horas.	- Espejos -Cepillo metálico. - Brocha -Equipo de protección personal. - Wipe -Cámara fotográfica.				

Tabla 11. (Continuación)					
<p>Limpiar e inspeccionar el sello (Geomembrana) entre la plancha de fondo y vereda perimetral.</p> <p>Limpiar la junta entre la plancha del fondo y la vereda perimetral.</p> <p>Observar alguna falla como desprendimiento del sello, presencia de producto y acumulación de agua.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 1 hora.</p>	<p>-Espátula</p> <p>-Cepillo metálico</p> <p>-Brocha</p> <p>-Equipo de protección personal</p> <p>-Cámara fotográfica.</p>				
<p>Inspección de las tuberías</p> <p>Revisar las tuberías dentro del cubeto como es la de drenaje de agua, producto llenado y descarga, las anomalías de desgaste de pintura y corrosión.</p> <p>Medir el pitting o picaduras producidas por la corrosión.</p> <p>Inspección de los cordones de soldadura de uniones, soporteria y el contacto entre la tubería y la soporteria.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 2 horas.</p>	<p>-Cepillo metálico</p> <p>-Brocha</p> <p>-Equipo de protección personal</p> <p>- Wipe</p> <p>-Cámara fotográfica.</p> <p>-Galga medidor de pitting</p>				
<p>Revisión del sistema contra incendio desde el manifold del cabezal</p> <p>Revisar las tuberías de agua y espuma de desgaste de pintura y de corrosión.</p> <p>Medir el pitting o picaduras producidas por la corrosión.</p> <p>Inspección de los cordones de soldadura de uniones, soporteria y el contacto entre la tubería y la soporteria.</p> <p>Verificar el funcionamiento con la apertura de válvulas del sistema contra incendios y evaluar su estado.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 2 horas.</p>	<p>-Equipo de protección personal.</p> <p>-Cámara fotográfica.</p> <p>-Galga medidor de pitting</p>				

Tabla 11. (Continuación)					
<p>Inspección de las válvulas en la base del tanque.</p> <p>Inspeccionar si existen desgastes de pintura, picaduras en las válvulas y ataques corrosivos.</p> <p>Revisar tuercas y tornillos sino presentan desgaste o corrosión.</p> <p>Revisar posibles fugas por prensa estopas.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 30 min.</p>	<p>-Pica sal</p> <p>-Espátula</p> <p>-Cepillo metálico</p> <p>-Brocha</p> <p>-Equipo de protección personal.</p> <p>-Cámara fotográfica.</p>				
<p>Inspección visual de las planchas del techo flotante de aluminio.</p> <p>Limpiar y revisar el techo de desgaste de pintura, fisuras, medir pitting o socavaciones que se producen por ataques corrosivos.</p> <p>Inspeccionar los cordones de soldadura y las planchas del techo flotante de posibles deformaciones y picaduras.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 2 horas.</p>	<p>-Brocha</p> <p>-Equipo de protección personal.</p> <p>-Cámara fotográfica.</p> <p>-Galgas de medición de soldaduras.</p>				
<p>Inspección de domo geodésico.</p> <p>Inspeccionar cada parte del domo y su respectivo manhole de corrosión y fisura. Revisar la junta entre el domo y la barrera de espuma. Inspeccionar visualmente la parte interna del domo de ataques corrosivos. Aplicar diésel en la parte interna de cada junta de las partes del domo para analizar si existen fugas.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 2 horas.</p>	<p>-Linterna</p> <p>-Cepillo metálico</p> <p>-Brocha</p> <p>-Equipo de protección personal.</p> <p>-Diesel</p> <p>-Cámara fotográfica.</p>				

Tabla 11. (Continuación)					
Inspección de los soportes en el techo. Inspeccionar los soportes en el techo, tubo y camisa del sistema de soportes si existe desgaste de pintura o ataque corrosivos si existe medir el pitting o socavaciones. Inspeccionar si existe desgaste en el diámetro de los pasadores y el pin de los seguros si no presentan corrosión. Inspeccionar alrededor de los soportes del techo para verificar la existencia de grietas en las placas de refuerzo. TIEMPO ESTIMADO: 1 hora 30 min.	-Brocha -Equipo de protección personal. - Wipe -Cámara fotográfica.				
		PERSONAL :			
-Inspector de Planta -Inspector de campo/ END					

Fuente: Autor

Tabla 12. Formato de procedimiento para mantenimiento de cada dos años de tanques de domo geodésicos.

 TAREAS PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO 					
EN SERVICIO CADA DOS AÑOS					
Tanque:	Capacidad:	Producto:	Especific. Material :	Diámetro:	Altura:
Y-T8023	14100 m ²	GASOLINA			
PARTES DEL TANQUE:	-Cuerpo. -Manholes y boquillas. -Planchas del Techo.	FRECUENCIA :	2 Años.		

Tabla 12. (Continuación)

DESCRIPCIÓN:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar y analizar los reportes de inspección anteriores para tener un punto de referencia para realizar la inspección. 2. Llenar la solicitud de permiso de trabajo para luego presentarlo y que firme la aceptación. 3. Realizar las tareas establecidas para esa fecha o día de trabajo. 4. Luego acudir a la oficina donde fue aceptada la solicitud de trabajo para cerrar el permiso de trabajo. 5. Recopilar todos los datos e imágenes y realizar el reporte de inspección o trabajos. 					
TAREA :	MATERIALES Y HERRAMIENTAS :	CUMPLE:	NO CUMPLE:	N/A	OBSERVACIONES:
<p>Inspección visual de las planchas de los anillos del cuerpo.</p> <p>Inspeccionar visualmente desgaste o desprendimientos de pintura así como también fisuras y áreas con ataques de corrosión tanto el cuerpo como en los cordones de soldadura.</p> <p>Y si existiera estos ataques de corrosión medir el pitting o socavaciones producidos.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 2 horas.</p>	<p>-Galga medidor de pitting</p> <p>-Medidor de espesor de pintura</p> <p>-Equipo de protección personal.</p> <p>-Cámara fotográfica.</p>				
<p>Inspección por ultrasonido de las planchas de la pared del tanque.</p> <p>Con un diagrama de puntos para medir en las planchas y la hoja de anotaciones de las mediciones.</p> <p>Solicitar andamios y preparar los puntos del tanque donde se va a medir los espesores.</p> <p>Verificar el buen funcionamiento y la calibración del equipo en el patrón del equipo, aplicar el gel acoplante y tomar las medidas y registrarlas para luego analizar el máximo, mínimo del material y establecer la velocidad de corrosión.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 72 horas.</p>	<p>-Lija</p> <p>-Brocha</p> <p>- Equipo de protección personal.</p> <p>-Gel acoplante.</p> <p>-Wiper.</p> <p>-Andamios</p> <p>-Ultrasonido DMS2</p> <p>-Cámara fotográfica.</p>				

Tabla 12. (Continuación)				
<p>Inspección por tintas penetrantes entre los cordones de soldadura de los refuerzos y boquillas</p> <p>Limpia manualmente luego con solvente la superficie que se va a examinar.</p> <p>Aplicar el penetrante de color rojo y dejar actuar los minutos requeridos para luego aplicar el revelador de color blanco.</p> <p>Identificar discontinuidades en caso de existir marcarlas caso contrario limpiar todo y pintar sino existe discontinuidades.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 4 horas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Lija -Cepillo metálico -Brocha -Equipo de protección personal - Kit tintas penetrantes -Paño -Cámara fotográfica. 			
<p>Inspección de boquillas y el manholes.</p> <p>Inspeccionar si existe desgaste de pintura, ataques corrosivos, picaduras en las paredes de las boquillas y de manholes.</p> <p>Inspeccionar los tornillos, tuercas y espárragos centrados de lado y lado.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 1 hora.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Cepillo metálico -Brocha - Equipo de protección personal -Cámara fotográfica. 			
<p>Inspección por ultrasonido de las planchas del techo flotante de aluminio y del domo geodésico.</p> <p>Con el diagrama de puntos de medición de cada plancha y la hoja de anotaciones de espesores, marcar y preparar las superficies.</p> <p>Revisar el buen funcionamiento y la calibración del equipo en el patrón del equipo, aplicar gel acoplante en el palpador y tomar las medidas de los espesores y registrarlos.</p> <p>Analizar el espesor máximo y mínimo,</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Lija -Brocha - Equipo de protección personal. - Acoplante - Wiper. -Ultrasonido DMS2 -Cámara fotográfica. 			

Tabla 12. (Continuación)					
así analizar la velocidad de corrosión.					
TIEMPO ESTIMADO: 10 horas.					
PERSONAL :					
-Inspector de planta					
-Inspector de campo					

Fuente: Autor

Tabla 13. Formato de procedimiento para liberación de tanque de domo geodésicos cada cinco años.

		TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA LA LIBERACIÓN					
		DEL TANQUE					
Tanque:	Capacidad:	Producto:	Especific. Material :	Diámetro:	Altura:		
Y-T8023	14100 m ²	GASOLINA					
FRECUENCIA :	5 Años.						
DESCRIPCIÓN:							
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar y analizar los reportes de inspección anteriores para tener un punto de referencia para realizar la inspección. 2. Llenar la solicitud de permiso de trabajo para luego presentarlo y que firme la aceptación. 3. Realizar las tareas establecidas para esa fecha o día de trabajo. 4. Luego acudir a la oficina donde fue aceptada la solicitud de trabajo para cerrar el permiso de trabajo. 5. Recopilar todos los datos e imágenes y realizar el reporte de inspección o trabajos. 							
TAREA :			MATERIALES Y HERRAMIENTAS:	CUMPLE:	NO CUMPLE:	N/A	OBSERVACIONES:
Delimitar área restringida para mantenimiento de tanque. Al departamento de seguridad industrial notificar la baja del servicio del tanque para que brinde apoyo y socializar la restricción del área del tanque con la adecuada señalización.			-Cintas de seguridad -Letreros de seguridad -Cámara fotográfica.				
TIEMPO ESTIMADO: 02h00							

Tabla 13. (Continuación)					
<p>Desalojo del producto.</p> <p>Encender la bomba de succión para desalojar el producto hasta dejar en un nivel mínimo.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 24 horas.</p>					
<p>Instalación de juntas ciegas en las válvulas de pie del tanque.</p> <p>Revisar que las válvulas estén cerradas, retirar tuercas y espárragos de entre la válvula y la boquilla, para luego colocar las juntas siegas con empaques del lado de la válvula. Colocar bien tuercas y espárragos.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 4 horas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Llave de golpe -Combo -Llave de punta - Caja de herramienta menor -Equipo de protección personal. -Wiper -Junta ciega -Empaques -Cámara fotográfica. 				
<p>Apertura de manholes del tanque.</p> <p>Tomar las medidas de seguridad pertinente.</p> <p>Revisar que todo el producto se haya desalojado.</p> <p>Retirar tuercas y espárragos de entre la tapa del manhole y la boquilla.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 2 horas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Llave de golpe -Combo -Llave de punta -Equipo de protección personal. -Wiper -Cámara fotográfica. 				
<p>Desalojo de producto remanente con bomba portable.</p> <p>Informar al departamento de seguridad industrial para que brinde el apoyo pertinente.</p> <p>Instalar la bomba con la manguera de succión para el lado del manhole y la manguera de descarga a un tanque</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Conjunto de herramientas menores. -Martillo de goma -Llave de tubo -Llave hexagonal 				

Tabla 13. (Continuación)					
<p>alternos o carro cisterna evitando fugas de producto.</p> <p>Encender la bomba hasta que evacue todo el producto y al terminar desinstalar el sistema de bombeo y limpiar el cubeto en caso de contaminación.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 24:00</p>	<p>-Equipo de protección personal.</p> <p>-Abrazadera.</p> <p>-Acople rápido.</p> <p>-Bomba portable.</p> <p>-Mangueras</p> <p>-Tanque alternativo o Carro cisterna.</p>				
<p>Iluminación interna del tanque.</p> <p>Notificar al departamento de seguridad industrial para la instalación eléctrica con sus respectivos accesorios de seguridad antiexplosion, cables blindados</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 3 horas.</p>	<p>-Juego de herramientas eléctricas</p> <p>- Equipo de protección personal</p> <p>- Cables blindados</p> <p>-Lámparas antiexplosivas</p> <p>-Accesorios industriales</p>				
<p>Extracción de gases del tanque</p> <p>Maholes de cuerpo Instalación de ventiladores en los manholes del tanque colocar tuercas y espárragos para brindar estabilidad a los ventiladores</p> <p>Manholes de techo: colocación de extractores en los manholes del techo. Al término de este proceso se retira lo anterior.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 4 horas.</p>	<p>- Juego de herramientas menores.</p> <p>-Equipo de protección personal</p> <p>-Mangueras</p> <p>-Abrazaderas</p> <p>-Pernos</p> <p>-Ventilador</p> <p>-Compresor</p>				

Tabla 13. (Continuación)					
Lavado interior del Tanque. Notificar al departamento contra incendios y de seguridad industrial para coordinar que el área de seguridad y medio ambiente de desalojo y destino del agua de lavado del interior del tanque sea de poca contaminación utilizar indumentaria de seguridad adecuadas para el proceso TIEMPO ESTIMADO: 8 horas.	-Conjunto de herramientas menores -Equipo de protección personal -Mangueras. -Acoples -Boquillas -Cámara fotográfica.				
	PERSONAL : -Técnico de Seguridad Industrial. -Inspector -Operador -Técnico Eléctrico -Ayudante Eléctrico -Técnico Especializado -Ayudante del Técnico				

Fuente: Autor

Tabla 14. Formato de procedimiento para mantenimiento de cada 5 años de tanques de domo geodésicos fuera de servicio.

 BANCO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA TANQUES  DE ALMACENAMIENTO FUERA DE SERVICIO <small>ATP. UNIDAD DE INSPECCION TECNICA</small> 					
Tanque:	Capacidad:	Producto:	Especific. Material :	Diámetro:	Altura:
Y-T8023	14100 m ²	GASOLINA			
PARTES DEL TANQUE:	-Boquillas, manholes. -Cordón de soldadura Pared /Piso. -Sistema de drenaje del piso. - Planchas de fondo. - Planchas del techo flotante. - Sello. - Soportes del techo - Sistema de drenaje del domo.			FRECUENCIA :	5 Años.

Tabla 14. (Continuación)

	<ul style="list-style-type: none"> - Tuberías de drenajes sumideros del fondo. - Soporte de tubo guía. - Válvulas. - Cuerpo. -Escalera fija, escalera móvil y pasamanos. 				
DESCRIPCIÓN:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar y analizar los reportes de inspección anteriores para tener un punto de referencia para realizar la inspección. 2. Llenar la solicitud de permiso de trabajo para luego presentarlo y que firme la aceptación. 3. Realizar las tareas establecidas para esa fecha o día de trabajo. 4. Luego acudir a la oficina donde fue aceptada la solicitud de trabajo para cerrar el permiso de trabajo. 5. Recopilar todos los datos e imágenes y realizar el reporte de inspección o trabajos. 					
TAREA :	MATERIALES Y HERRAMIENTAS:	CUMPLE :	NO CUMPLE:	N/A	OBSERVACIONES:
Inspección Preliminar del tanque Identificar las tareas para la liberación del tanque revisando que se encuentre limpio libre de gas y seguro para la entrada revisar que se encuentre sin líneas de electricidad TIEMPO ESTIMADO: 30 min.	-Cámara fotográfica.				
Inspeccion accesorios abiertos. Verificación de forma visual de la corrosión de las boquillas inspección por ultrasonido TIEMPO ESTIMADO: 30 min.	-Lija -Brocha - Equipo de protección personal. -Gel acoplante -Wiper. - Ultrasonido DMS2 -Cámara fotográfica.				
Limpieza con chorro abrasivo al interior del tanque. Se lo realiza con chorro abrasivo (Sandblasting) grado SSPC SP5 (Metal Blanco) TIEMPO ESTIMADO: 30 min.	-Equipo de protección personal -Sandblasting				

Tabla 14. (Continuación)					
<p>Limpieza e inspección de cordón se soldadura en la unión de Pared y Piso</p> <p>Inspección de anomalías en cordones de soldadura por ataque corrosivo y si existe medir el Pitting o socavaciones</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 30 min.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Galga medidor de pitting -Pica sal -Flexómetro -Cepillo metálico -Brocha -Equipo de protección personal. -Cámara fotográfica. 				
<p>Inspección del sistema del drenaje del piso.</p> <p>Verificar ciertas fallas en tubo y colector ya sea desgaste fisuras y corrosión</p> <p>Medir el piting o socavados en caso de corrosión</p> <p>El método de ultrasonido en la tubería</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 30 min.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Lija -Brocha - Equipo de protección personal. -Gel acoplante -Wiper. - Ultrasonido DMS2 -Cámara fotográfica. 				
<p>Inspección visual del fondo del tanque</p> <p>Verificar ciertas fallas en tubo y colector ya sea desgaste fisuras y corrosión</p> <p>Medir el piting o socavaciones en caso de corrosión</p> <p>El método de ultrasonido en la tubería</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 30 min.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Equipo de protección personal -Cámara fotográfica. 				
<p>Inspección por ultrasonido de las planchas del fondo.</p> <p>Con una hoja de reporte de mediciones se debe visualizar el equipo de ultrasonido y verificar su funcionamiento y si amerita calibrarlo</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Cepillo metálico - Wiper. -Equipo de protección personal. 				

Tabla 14. (Continuación)					
limpiar la suciedad de las planchas y colocar en la superficie el equipo y el acoplante, realizar un barrido del 60% del piso TIEMPO ESTIMADO: 12 horas.	- Diagramas -Hoja de reporte -Acoplante. -Floormap -Cámara fotográfica.				
Inspección visual del techo al interior tanque. Verificar ciertas fallas en tubo y colector ya sea desgaste fisuras y corrosión Medir el piting o socavaciones en caso de corrosión El método de ultrasonido en la tubería TIEMPO ESTIMADO: 30 min.	-Equipo de protección personal -Cámara fotográfica.				
Inspección visual del sello al interior del tanque Verificación de sello secundario galvanizado Accesorios pernos tuercas pasadores ganchos TIEMPO ESTIMADO: 30 min.	-Linterna -Equipo de protección personal -Cámara fotográfica.				
Inspección de soportes al interior del tanque. Verificar ciertas fallas en tubo y colector ya sea desgaste fisuras y corrosión Medir el piting o socavaciones en caso de corrosión El método de ultrasonido en la tubería TIEMPO ESTIMADO: 30 min.	-Equipo de protección personal -Cámara fotográfica.				
Inspección del sistema de drenaje del domo. Verificar ciertas fallas en tubo y colector ya sea desgaste fisuras y corrosión Medir el piting o socavaciones en caso de corrosión El método de ultrasonido en la tubería TIEMPO ESTIMADO: 30 min.	-Equipo de protección personal -Cámara fotográfica.				

Tabla 14. (Continuación)					
<p>Inspección de tuberías de drenajes sumideros.</p> <p>Verificar ciertas fallas en tubo y colector ya sea desgaste fisuras y corrosión</p> <p>Medir el piting o socavaciones en caso de corrosión</p> <p>El método de ultrasonido en la tubería</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 30 min.</p>	<p>-Equipo de protección personal</p> <p>-Cámara fotográfica.</p>				
<p>Inspección de soporte de tubo guía.</p> <p>Verificar ciertas fallas en tubo y colector ya sea desgaste fisuras y corrosión</p> <p>Medir el piting o socavaciones en caso de corrosión</p> <p>El método de ultrasonido en la tubería</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 30 min.</p>	<p>-Equipo de protección personal</p> <p>-Cámara fotográfica.</p>				
<p>Limpieza de válvulas pie del tanque.</p> <p>Ubicar señales de protección para personal no autorizado, retirar tuercas y espárragos entre las válvulas/ boquillas, válvulas/tubería luego desmontar las válvulas y trasladar al taller de mantenimiento. Eliminar el óxido suciedad, pintura, arena y cualquier tipo de suciedad de las válvulas, y en el vástago</p> <p>Poner aceite en el vástago para evitar el óxido para luego llevar la válvula a el lugar de funcionamiento</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 06:00h</p>	<p>-Cepillo metálico</p> <p>- Brocha</p> <p>-Caja de herramientas</p> <p>-Equipo de protección personal</p> <p>-Aceite</p> <p>-Wiper</p> <p>-Cámara fotográfica.</p>				

Tabla 14. (Continuación)

<p>Preparación de la superficie y aplicación de pintura en la pared, techo, domo, soportes, barrera de espuma y refuerzo de vientos</p> <p>Retirar la pintura por el método abrasivo hasta obtener metal blanco grado SSPC-SP5.</p> <p>Unas vez preparada la pared se aplica la pintura en el techo cuerpo pontones soportes de utilizando la hoja técnica del fabricante.</p> <p>Aplicar la primera capa: Zinc orgánico con espesor de 50 μ de Espesor de película en seco. Pintura Epóxico Hempadur 17360 Color: Gris.</p> <p>Capa intermedia: Pintura de dos componentes con un ducto de poliamida y elevado contenido en sólidos. Espesor recomendado 150 μ EPS.</p> <p>Pintura: Epóxico tipo Hempadur 45880. Color: Gris/Blanco.</p> <p>De pintura para franjas de identificación en el cuerpo. Franja superior del tanque: 11. Pintar 0,40 m desde el borde superior.</p> <p>Pintura : Esmalte poliuretano Color: Café</p> <p>Franja inferior del tanque: Pintar 1 m desde el piso. Pintura : Esmalte poliuretano Color: Café</p> <p>Colocar las letras de distinción del tanque : Pintura : Esmalte poliuretano</p> <p>El tanque debe contener lo siguiente el Logotipo: EP PETROECUADOR.</p> <p>Identificación del tanque. Capacidad en volumen. Nombre del producto que</p>	<p>-Caja de herramientas menor.</p> <p>-Equipo de protección personal para aplicación de pintura</p> <p>- Pintura (sistema epóxico)</p> <p>-Línea de vida Especifica para Sandblasting</p> <p>- Arena o granalla</p> <p>-Pintura (sistema epoxico</p> <p>-Tiñer Sandblasting</p> <p>-Compresor</p> <p>-Pulmón de aire. -Tolva de arena o granalla.</p> <p>-Sistema de mangueras y boquillas.</p> <p>-Medidor ultrasónico de pintura en húmedo.</p> <p>-Medidor ultrasónico de</p>				
--	---	--	--	--	--

Tabla 14. (Continuación)					
almacena el tanque. Y una vez que se haya secado la pintura medicon de espesores. TIEMPO ESTIMADO: 60 días....5di	pintura en seco. -Equipo de pintura neumático				
Preparación de la superficie y aplicación de pintura en escalera fija, escalera móvil y pasamanos Retirar la pintura por el método abrasivo hasta obtener metal blanco grado SSPC-SP5. Unas ver preparada la pared se aplica la pintura en el techo cuerpo pontones soportes de utilizando la hoja técnica del fabricante. Aplicar la primera capa: Zinc orgánico con espesor de 50 μ de Espesor de película en seco. Pintura Epóxico Hempadur 17360 Color: Gris. Capa intermedia: Pintura de dos componentes con un ducto de poliamida y elevado contenido en sólidos. Espesor recomendado 150 μ EPS. Pintura: Epóxico tipo Hempadur 45880. Color: Gris/Blanco. De pintura para franjas de identificación en el cuerpo. Franja superior del tanque: 11. Pintar 0,40 m desde el borde superior. Pintura : Esmalte poliuretano Color: Café Franja inferior del tanque: Pintar 1 m desde el piso. Pintura : Esmalte poliuretano Color: Café Colocar las letras de distinción del tanque : Pintura : Esmalte poliuretano	-Caja de herramientas menor. -Equipo de protección personal para aplicación de pintura - Pintura (sistema epóxico) -Línea de vida Especifica para Sandblasting - Arena o granalla -Pintura (sistema epoxico -Tiñer Sandblasting -Compresor -Pulmón de aire. -Tolva de arena o granalla. -Sistema de mangueras y boquillas. -Medidor ultrasónico de pintura en				

Tabla 14. (Continuación)					
<p>El tanque debe contener lo siguiente el Logotipo: EP PETROECUADOR.</p> <p>Identificación del tanque. Capacidad en volumen. Nombre del producto que almacena el tanque.</p> <p>Y una vez que se haya secado la pintura medicón de espesores.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 72 horaas</p>	<p>Húmedo.</p> <p>-Medidor ultrasónico de pintura en seco.</p> <p>-Equipo de pintura neumático</p>				
<p>Preparación de la superficie y aplicación de pintura al interior del tanque.</p> <p>Colocar señales de acceso a personal no autorizado.</p> <p>Retirar la pintura por el método SSPC-SP5 en el metal blanco.</p> <p>La preparación de la superficie de las planchas del piso, planchas lado interior del techo, paredes internas, accesorios internos se aplica el recubrimiento de acuerdo a la hoja técnica. Aplicación de dos capas de Zinc orgánico con espesor de 150 μ EPS en total de espesor de 300 μ EPS.</p> <p>Pintura: Epóxico tipo fenólica Hempadur 85671 o similar.</p> <p>Color: Primera capa Rojo óxido</p> <p>Color: Segunda capa Blanco.</p> <p>Medición de espesores del sistema total aplicado una vez secada la pintura.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 72 horas.</p>	<p>-Caja de herramientas menor.</p> <p>-Equipo de protección personal para aplicación de pintura</p> <p>- Pintura (sistema epóxico)</p> <p>-Línea de vida Específica para Sandblasting</p> <p>- Arena o granalla -</p> <p>Pintura (sistema epóxico</p> <p>-Sandblasting</p> <p>-Compresor</p> <p>-Pulmón de aire.</p> <p>-Tolva de arena o granalla.</p> <p>-Sistema de mangueras y boquillas.</p>				

Tabla 14. (Continuación)					
	-Tiñer				
	-Medidor ultrasónico de pintura en húmedo.				
	-Medidor ultrasónico de pintura en seco.				
	-Equipo de pintura neumático				
PERSONAL :					
-Inspector líder					
-Inspector de campo					
-Técnico Especializado					
-Equipo de trabajo					
-Técnico Nivel II END.					
-Operador					
-Ayunante del técnico mecánico					

Fuente: Autor

Tabla 15. Formato de procedimiento para mantenimiento de cada diez años de tanques de domo geodésicos.

 BANCO DE TAREAS PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO <small>ATP- UNIDAD DE INSPECCION TECNICA</small>						
EN SERVICIO.						
Tanque:	Capacidad:	Producto:	Especif. Material :	Diámetro:	Altura:	
Y-T8023	14100 m ²	GASOLINA				
PARTES DEL TANQUE:			-Protección catódica.	FRECUENCIA :	10 Años.	
DESCRIPCIÓN:						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Llenar la solicitud de permiso de trabajo para luego presentarlo y que firme la aceptación. 2. Realizar las tareas establecidas para esa fecha o día de trabajo. 3. Luego acudir a la oficina donde fue aceptada la solicitud de trabajo para cerrar el permiso de trabajo. 4. Recopilar todos los datos e imágenes y realizar el reporte de inspección o trabajos. 						

Tabla 15. (Continuación)					
TAREA :	MATERIALES Y HERRAMIENTAS:	CUMPLE :	NO CUMPLE :	N/A	OBSERVACIONES:
<p>Cambio de ánodos profundos de la protección catódica.</p> <p>Desconectar la corriente inducida luego sacar los cables con los ánodos de sacrificio deteriorados y reemplazarlos.</p> <p>Conectar a la corriente y verificar el amperaje y voltios que están llegando al tanque para protegerlo.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 10 horas.</p>	<p>-Espátula</p> <p>-Cepillo metálico</p> <p>-Equipo de protección personal.</p> <p>- CuSO4 *5H2O (Cobre II sulfato pentahidrato.)</p> <p>-Agua destilada.</p> <p>-Cámara fotográfica.</p> <p>-Equipo de medición de protección catódica</p> <p>-Ánodos de sacrificio</p>				
PERSONAL :					
<p>-Personal especializado.</p> <p>-Inspector de planta</p> <p>-Inspector de campo</p>					

Fuente: Autor

Tabla 16. Formato de procedimiento para mantenimiento de cada quince años de tanques de domo geodésicos.

 BANCO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA TANQUES  DE ALMACENAMIENTO FUERA DE SERVICIO 					
Tanque:	Capacidad:	Producto:	Específ. Material :	Diámetro:	Altura:
Y-T8023	14100 m ²	GASOLINA			
PARTES DEL TANQUE:		- Válvulas.		FRECUENCIA :	15 Años.

DESCRIPCIÓN:					
1. Revisar y analizar los reportes de inspección anteriores para tener un punto de referencia para realizar la inspección. 2. Llenar la solicitud de permiso de trabajo para luego presentarlo y que firme la aceptación. 3. Realizar las tareas establecidas para esa fecha o día de trabajo. 4. Luego acudir a la oficina donde fue aceptada la solicitud de trabajo para cerrar el permiso de trabajo. 5. Recopilar todos los datos e imágenes y realizar el reporte de inspección o trabajos.					
TAREA :	MATERIALES Y HERRAMIENTAS:	CUMPLE:	NO CUMPLE:	N/A	OBSERVACIONES:
Cambio de válvulas pie del tanque. Notificar trabajo a operación, y al departamento de seguridad industrial. Señalar el area del tanque aislándolo del acceso de personal no autorizado. Solicitar el desvió de producto a otro tanque. Condiciones seguras las válvulas deben estar cerradas. Retirar las tuercas y espárragos de la válvula y la boquilla, como también de entre la tubería y la boquilla y colocar la nueva válvula, y por ultimo volver a colocar las tuercas y espárragos. TIEMPO ESTIMADO: 4 horas.	-Válvula de compuerta				
PERSONAL :					
-Operador -2 Ayunantes					

Fuente: Autor

Tabla 17. Formato de procedimiento para certificación de tanques de domo geodésicos luego de ser reparados.

 TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA CERTIFICACION DEL TANQUE LUEGO DE LAS REPARACIONES 					
Tanque:	Capacidad:	Producto:	Especific. Material:	Diámetro:	Altura:
Y-T8023	14100 m²	GASOLINA			
PARTES DEL	-Cordones de soldaduras. -Planchas del techo y fondo.				

Tabla 17. (Continuación.)					
TANQUE:		-Planchas de pared del tanque. -Tanque			
DESCRIPCIÓN:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar y analizar los reportes de inspección anteriores para tener un punto de referencia para realizar la inspección. 2. Llenar la solicitud de permiso de trabajo para luego presentarlo y que firme la aceptación. 3. Realizar las tareas establecidas para esa fecha o día de trabajo. 4. Luego acudir a la oficina donde fue aceptada la solicitud de trabajo para cerrar el permiso de trabajo. 5. Recopilar todos los datos e imágenes y realizar el reporte de inspección o trabajos. 					
TAREA :	MATERIALES Y HERRAMIENTAS:	CUMPLE:	NO CUMPLE:	N/A	OBSERVACIONES:
<p>Tintas penetrantes</p> <p>Limpiar manualmente luego con solvente la superficie que se va a examinar.</p> <p>Aplicar el penetrante de color rojo y dejar actuar los minutos requeridos para luego aplicar el revelador de color blanco.</p> <p>Identificar discontinuidades en caso de existir marcarlas caso contrario limpiar todo y pintar sino existe discontinuidades.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 10 horas.</p>	<p>-Cepillo metálico</p> <p>-Equipo de protección personal</p> <p>-Kit de tintas penetrantes</p> <p>-wiper</p> <p>- Paño</p> <p>-Cámara fotográfica</p>				
<p>Prueba de vacío.</p> <p>Notificar al departamento de seguridad industrial.</p> <p>Señalizar el area para aislarlo de acceso de personal no autorizado.</p> <p>Revisar y conectar la caja de vacío, para luego hacer vacío a través de un eyector conectado a la caja y pared del tanque.</p> <p>Limpiar el cordón de soldadura y se la moja unos 900 mm el cordón de soldadura con la sustancia jabonosa.</p> <p>Hacer vacío abriendo la válvula que están conectadas a un compresor, evaluar los resultados observando si</p>	<p>-Equipo de protección personal</p> <p>- Sustancia jabonosa</p> <p>-Cámara Fotográfica</p> <p>-Caja de vacío</p> <p>-Compresor</p>				

Tabla 17. (Continuación.)					
<p>existe burbujas o espuma en caso que existiera porosidades en los cordones de soldadura.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 12 horas.</p>					
<p>Prueba radiográfica</p> <p>Solicitar al personal especializado que realice la prueba y realice su informe de inspección.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 10 horas.</p>	<p>-Equipo de protección personal</p> <p>-Cámara radiográfica</p>				
<p>Calibración volumétrica.</p> <p>Con el servicio especializado se registrará en la norma ISO 7507, que es para la calibración de tanques bajo el método Seco Universal Óptico.</p> <p>Tomar las medidas de los diámetros internos, alturas del tanque con un equipo optico.</p> <p>Tomar los datos de los volúmenes de, fondo cónico del tanque, también el volumen muerto del producto mediante medición óptica de los desniveles del cono truncado.</p> <p>Los datos obtenidos en campo se procederá al análisis mediante un propio software para calibración.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 24 horas.</p>	<p>-Equipo de protección personal</p> <p>-Equipo de medición óptica</p>				
<p>-Prueba hidrostática.</p> <p>-Prueba de flotabilidad.</p> <p>-Prueba verticalidad.</p> <p>-Prueba redondez.</p> <p>Notificar al departamento de seguridad, salud y ambiente para comunicarse por radio en caso de requerirlo actuar de forma inmediata.</p> <p>Señalizar el area aislándolo de posible ingreso de personal no autorizado manteniendo vigilancia constante de las instalaciones.</p>	<p>- Caja de herramientas menor.</p> <p>-Equipo de protección personal</p> <p>- Agua</p> <p>-Cámara Fotográfica</p> <p>-Mangueras</p> <p>-Tuberías</p> <p>-Teodolito</p>				

Tabla 17. (Continuación.)				
<p>Aprobar las pruebas hidrostática, longitud, ubicaciones de llenado y descargo.</p> <p>Revisar que se haya terminado de reparar el tanque, con los instrumentos calibrados y certificados también la provisión de agua y la calidad para la prueba, ver la ubicación para desalojar adecuadamente el agua y observar que las tuberías estén libres de objetos que puedan destruir las entradas y salidas.</p> <p>Y para el desalojo del agua a través de la boquilla de drenaje del piso e instalar tuberías para la conducción del agua a canales autorizados.</p> <p>Revisar la correcta apertura de válvulas en el proceso de llamado y descarga del agua y verificar la hermeticidad del tanque y sus accesorios.</p> <p>TIEMPO ESTIMADO: 24 horas.</p>				
PERSONAL :				
<ul style="list-style-type: none"> -Inspector líder. -Inspector líder Nivel II -Técnico especializado. -Ayudante de Inspector -Ingeniero Civil -Operador -Ayudante 				

Fuente: Autor

3.4 Análisis de Costos del proyecto.

Según los logros de aprendizaje corresponde a requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria y en relación de costos de mano de obra y los precios por unidad de equipos, materiales y herramientas y se deben considerar lo siguiente:

3.4.1 Equipo

Se debe considerar las especificidades de cada uno de los equipos y herramientas que se utilizan para el mantenimiento adecuado de las estructuras de los tanques con los equipos adecuados para revisar las condiciones de integridad y para dejar constancia de los trabajos.

Tabla 18. Costos directos de equipos

Número	Equipos	Cant.	V. Unitario	V. Total
1	Cámara fotográfica.	2	529	1058
2	Flexómetro.	2	35	70
3	Espátulas.	2	5,5	11
4	Nivel.	2	80	160
5	Linterna.	2	24,99	49,98
6	Voltímetro.	1	37,99	37,99
7	Cepillo de alambre	2	5	10
8	Pica Sal.	2	5,27	10,54
9	Brocha	2	7	14
10	Equipo de medición de protección catódica.	1	37,99	37,99
11	Galga medidor de pitting	1	75,5	75,5
12	Medidor de espesor de pintura	1	279,99	279,99
13	Lámparas antiexplosivas	4	81,67	326,68
14	Andamios	20	80	1600
15	Ultrasonido DMS2	1	1000	1000
16	Espejo	2	160	320
17	Bomba con manguera.	1	115	115
18	Llave de golpe	2	5,5	11
19	Combo	2	16	32
20	Llave de punta	2	120	240
21	Tanque alterno o Carro cisterna.	1	622	622
22	Martillo de goma	2	3,04	6,08
23	Llave de tubo	2	47	94

Tabla 18. (Continuación)				
24	Llave hexagonal	2	15	30
25	Ventilador	1	189	189
26	Compresor	1	297	297
27	Sandblasting	1	291,11	291,11
28	Floormap	1	65.000	65000
29	Pulmón de aire.	1	5.500	5500
30	Tolva de arena o granalla.	1	120	120
31	Sistema de mangueras y boquillas.	2	34,5	69
32	Medidor ultrasónico de pintura en húmedo.	1	52,99	52,99
33	Medidor ultrasónico de pintura en seco.	1	300	300
34	Equipo de pintura neumático	1	459	459
35	Equipo de protección personal.	28	150	4200
36	Línea de vida Especifica para Sandblasting	28	10	280
			Total (+IVA)	83280,83

Fuente: Autor

3.4.2 *Mano de obra calificada*

Considerando la importancia de la contratación del personal para el mantenimiento se debe considerar la cantidad de personas para el trabajo, el salario básico y los tiempos de trabajo establecido, como:

Estos se obtuvieron de la página web de la empresa EP-Petroecuador

Tabla 19. Remuneración mensual de mano la de obra calificada.

Denominación del cargo	Grado jerárquico	Rem. Mensual	Rem. Anual	Décima tercera	Decima cuarta	Horas suplementarias	Encargos y sobrecargos	Total ingresos adicionales	Total mensual
Inspector de Planta.	14	2.229	26.748	260	29,5	482,16	171,3	942,96	3.172
Inspector de campo.	10	1.479,00	17.748,00	193,61	29,5	541,45	0	764,56	2.244
Inspector Nivel II Ultrasonido	20	4.125,00	49.500,00	374,9	29,5	373,83	0	778,23	4.903
Técnico mecánico especializado.	8	1.204,00	14.448,00	144,96	29,5	269,58	55,3	499,34	1.703
Ayudante de Inspector	6	885,00	10.620,00	101,28	29,5	258,48	20,04	409,3	1.294
Ingeniero Civil	14	2.229,00	26.728,00	0	0	0	0	0	2.229
Operador	7	1.087,00	13.044,00	0	0	0	0	0	1.087
Ayudante Mecánico	2	531,00	6.372,00	44,74	29,5	0	0	0	531
Equipo Mecánico de trabajo	15	2.470,00	29.640,00	237,81	29,5	383,71	0	0	2.470
Inspector Nivel II END.	10	1.479,00	17.748,00	231,87	29,5	906,72	0	1.168,09	2.647
Técnico de Seguridad Industrial	14	2.229,00	26.748,00	207,43	29,5	0	0	0	2.229

Tabla 19. (Continuación)

Técnico Eléctrico	8	1.204,00	14.448,00	165,33	29,5	518,97	33,94	747,74	1.952
Ayudante Eléctrico	2	531,00	6.372,00	44,74	29,5	0	0	0	531
Ayudante del Técnico Mecánico	2	531,00	6.372,00	44,74	29,5	0	0	0	531
TOTAL									27.523

Fuente: Autor

3.4.3 Materiales

La importancia de los materiales que se utilice en cada uno de los procesos de mantenimientos de los tanques deben estar establecidos en cantidad, proveedores y calidad del producto, considerando lo siguiente:

Tabla 20. Costo unitario de los materiales.

Número	Materiales	Cant	Unidades	V. Unitario	V. Total
1	CuSO ₄ *5H ₂ O (Cobre II sulfato pentahidrato)	1	galones	4,55	4,55
2	Ánodos de sacrificio.	1	ánodos	37,50	37,50
3	Agua destilada.	1	galones	2,60	2,60
4	Gel acoplante.	1	galones	8,71	8,71
5	Wipe.	1	Sacos	22,39	22,39
6	Kit tintas penetrantes	1	Kits	30,00	30,00
7	Paño	1	retasos	9,99	9,99
8	Diesel	1	tanques	103,00	103,00
9	Agua	1	tanqueros	8,00	8,00
10	Cintas de seguridad	1	Rollos	4,80	4,80
11	Letreros de seguridad	1	señales	5,70	5,70
12	Junta ciega	1	repuestos	10,37	10,37
13	Empaques	1	repuestos	7,50	7,50
14	Abrazadera.	1	repuestos	3,82	3,82
15	Acople rápido	1	repuestos	8,75	8,75
16	Cables blindados	1	metros	29,36	29,36
17	Lija	1	pliegos	0,80	0,80
18	Accesorios industriales	1	juegos	20,00	20,00
19	Mangueras	1	metros	1,30	1,30
20	Boquillas	1	repuestos	0,75	0,75
21	Pernos	1	repuestos	0,50	0,50
22	Diagramas para floormap	1	documento	10,00	10,00
23	Hoja de reporte de floormap	1	documento	1,50	1,50
24	Aceite	1	galones	17,50	17,50

25	Pintura (sistema epóxico)	1	galones	36,00	36,00
26	Arena o granalla	1	toneladas	250,00	250,00
27	Tiñer	1	galones	1,50	1,50
28	Válvula de compuerta	1	repuestos	55,00	55,00
29	Sustancia jabonosa	1	galones	2,50	2,50
				Total (+IVA)	691,89

Fuente: Autor.

3.5 Análisis financiero

Considerando los precios existentes en el Ecuador se realiza el cálculo para poder considerar los costos del mantenimiento considerando lo siguiente:

3.5.1 *Equipo*

Aquí se considera cada uno de los equipos y herramientas que se utilizarán y se deberá realizar el rubro y los costos de los mismos considerando todo lo necesario para poder cubrir todas las necesidades, aquí se realizará de forma específica los costos por unidad, los equipos serán adquiridos como un solo costo inicial o de implementación para toda la vida útil de los tanques de almacenamiento.

3.5.2 *Mano de obra calificada*

Se considera la relación utilizando la siguiente fórmula:

$$FSR = \frac{SNU+RA+OP}{SNU} \quad (3.16)$$

Dónde:

FSR: salario nominal por hora de trabajo

SNU: salario o jornal nominal unificado

RA: remuneraciones adicionales

OP: obligaciones patronales

3.5.3 Costo unitario equipo

Se debe considerar todos los equipos a utilizar en cada uno de las frecuencias de mantenimiento.

3.5.4 Materiales adecuados y mano de obra

Son aquellos que se van a necesitar para el proceso de mantenimiento, aquí se debe relacionar con los rubros de acuerdo al personal requerido y a la cantidad requerida.

Los costos se relacionan con la cantidad y la calidad de los productos que se vayan a utilizar para el correcto funcionamiento de los tanques considerando todos los procesos de calidad.

3.5.5 Costos indirectos

Los costos indirectos se los asume como ingeniería del proyecto (del 10 al 15% del costo directo del proyecto), herramientas utilizadas (se estima el 5% del costo total de las herramientas utilizadas), imprevistos y utilidades.

Se debe tener en cuenta lo siguiente:

Tabla 21. Costos indirectos

FIJOS	VARIABLES
Impuesto	Gastos administrativos
Tributos	Transporte
Contribuciones	Servicios públicos
Póliza	Garantías
Otros gravamen	Financiamiento
Garantías precontractuales y contractuales	Imprevistos
Asesoramiento legal	Regalías patentes

Tabla 22. Costos indirectos del plan de mantenimiento

Número	Denominación	V. Total
1	Costos por ingeniería	11149,59
2	Costos por herramientas utilizadas	4164,04
3	Costo por imprevisto	500
4	Utilidades	0
	Total de costos indirectos	15813,63

Fuente: Autor

3.5.6 Costos del mantenimiento de los tanques

“También conocidos como costos de operación, son gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. En una compañía estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el costo de producción indica el beneficio bruto.

Esto significa que el destino económico de una empresa está asociado con: el ingreso (por ej., los bienes vendidos en el mercado y el precio obtenido) y el costo de producción de los bienes vendidos. Mientras que el ingreso, particularmente el ingreso por ventas, está asociado al sector de comercialización de la empresa, el costo de producción está estrechamente relacionado con el sector tecnológico; en consecuencia, es esencial que el tecnólogo pesquero conozca de costos de producción.

El costo de producción tiene dos características opuestas, que algunas veces no están bien entendidas en los países en vías de desarrollo. La primera es que para producir bienes uno debe gastar; esto significa generar un costo. La segunda característica es que los costos deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible y eliminados los innecesarios. Esto no significa el corte o la eliminación de los costos indiscriminadamente”. (<http://www.fao.org/docrep/003/v8490s/v8490s06.htm>, 2015). En cuanto a los costos por el mantenimiento y en relación a la variabilidad que se encuentra entre 2 a 20 veces el costo de adquisición se debe considerar los siguientes literales especificando 4 áreas importantes como:

- Costos directos
- Costos de pérdida de producción

- Costos de depreciación
- Costos de para

Costos directos son aquellos que pueden ser identificados y atribuibles directamente a una actividad, departamento o producto; por ejemplo la materia prima es directa para el producto, el sueldo del gerente de administración de la empresa es un costo directo para el departamento de administración.

Los costos indirectos pueden ser identificables fácilmente con un departamento, actividad o producto costos de depreciación al utilizar un activo, este con el tiempo se hace necesario reemplazarlo, y reemplazarlo genera un derogación, la que no puede ser cargada a los ingresos del periodo en que se reemplace el activo, puesto que ese activo genero ingresos y significo un gasto en más de un periodo, por lo que mediante la depreciación se distribuye en varios periodos el gasto inherente al uso del activo, de esta forma sol se imputan a los ingresos los gastos en que efectivamente se incurrieron para generarlo en sus respectivos periodos y los Costos Para son los que se asocian con la operatividad y el mantenimiento de los equipos considerando los primarios es decir los que son sin remplazo.

3.5.7 *Presupuesto general para mantenimiento*

El costo de implementación del plan de mantenimiento lo detallamos en la tabla 23.

Tabla 23. Costo de implementación del plan de mantenimiento.

Número	Denominación	V. Total
1	Costo directo de equipos	83280,83
2	Costo directo de materiales	691,89
3	Costos indirectos	15813,63
Costo de implementación del plan de mantenimiento		99.786,35

Fuente: Autor

A continuación se detalla los costos de mantenimiento por frecuencia de tiempos.

Tabla 24. Costo por mano de obra del mantenimiento mensual.

Número	Personal	Tiempo estimado en horas	V. Hora hombre	Total
1	Inspector de Planta.	2	18,02	36,04
2	Inspector de campo.	2	12,74	25,49
Total de mano de obra Mensual				61,54

Fuente: Autor

Tabla 25. Costo total del mantenimiento mensual.

Costo total del mantenimiento mensual	61,54
---------------------------------------	-------

Fuente: Autor

Tabla 26. Costo por mano de obra del mantenimiento semestral

Número	Personal	Tiempo estimado en horas	V. Hora hombre	Total
1	Inspector de Planta.	14,5	18,02	261,32
2	Inspector de campo.	14,5	12,74	184,83
Total de mano de obra semestral				446,16

Fuente: Autor

Tabla 27. Costo por materiales del mantenimiento semestral

Número	Materiales	Cant.	V. Unitario	V. Total
1	CuSO ₄ *5H ₂ O(Cobre II sulfato pentahidrato)	0,2	0,91	0,18
2	Agua destilada.	0,2	0,52	0,10
3	Wipe.	0,3	22,39	6,71
4	Agua	1	8	8
5	Diesel	0,2	103	20,6
Total de materiales semestral				35,60

Fuente: Autor

Tabla 28. Costo total del mantenimiento semestral

Total de mano de obra semestral	446,16
Total de materiales semestral	35,60
Costo total del mantenimiento semestral	481,76

Fuente: Autor

Tabla 29. Costo de mano de obra del mantenimiento anual

Número	Personal	Tiempo estimado en horas	V. Hora hombre	Total
1	Inspector de Planta.	17	18,0225	306,38
2	Inspector de campo.	17	12,7475	216,70
Total de mano de obra de cada año				523,09

Fuente: Autor

Tabla 30. Costo de mantenimiento anual de los equipos.

Número	Equipo	Cantidad	Total
1	Floormap	1	6500
2	Equipo de medición de protección catódica.	1	3,79
3	Sandblasting	1	29,11
4	Ultrasonido DMS2	1	100
5	Voltímetro	1	3,79
6	Compresor	1	29,7
7	Medidor de espesor de pintura	1	27,99
8	Medidor ultrasónico de pintura en húmedo.	1	5,29
9	Medidor ultrasónico de pintura en seco.	1	30
Total mantenimiento y calibración anual de equipos			6729,70

Fuente: Autor

Tabla 31. Costo de materiales del mantenimiento anual

Número	Materiales	Cant.	V. Unitario	V. Total
1	Wiper.	0,4	22,39	8,95
Total de materiales de cada año				8,95

Fuente: Autor

Tabla 32. Costo total del mantenimiento anual

Total de mano de obra de cada año	523,09
Total mantenimiento y calibración anual de equipos	6729,70
Total de materiales de cada año	8,95
Costo total del mantenimiento anual	7261,75

Fuente: Autor

Tabla 33. Costo de mano de obra del mantenimiento de cada dos años

Número	Personal	Tiem. estimado horas	V. Hora hombre	Total
1	Inspector de Planta.	3	18,02	54,06
2	Inspector de campo.	93	12,74	1185,51
3	Inspector Nivel II Ultrasonido	82	27,85	2284,45
4	Inspector Nivel II END.	8	15,04	120,32
Total de mano de obra de cada dos Años				2404,78

Fuente: Autor

Tabla 34. Costo de materiales del mantenimiento de cada dos años

Número	Materiales	Cant.	V. Unitario	V. Total
1	Gel acoplante.	0,3	8,71	2,61
2	Wipe.	0,2	22,39	4,47
3	Lija	7	0,8	5,6
4	Kit tintas penetrantes	0,5	30	15
5	Paño	0,2	9,99	1,99
6	Diesel	0,12	103	12,36
Total de materiales de cada dos años				42,05

Fuente: Autor

Tabla 35. Costo total del mantenimiento de cada dos años

Total de mano de obra de cada dos Años	2404,78
Total de materiales de cada dos años	42,05
Costo total del mantenimiento de cada dos años	2446,8307

Fuente: Autor

Tabla 36. Costo de mano de obra del mantenimiento de cada cinco años

Número	Personal	Tiem. estimado horas	V. Hora hombre	Total
1	Técnico de Seguridad Industrial	26	12,66	329,28
2	Inspector de campo.	56	12,74	713,86
3	Operador	68	6,17	419,97

Tabla 36. (Continuación)				
4	Ayudante Mecánico	15,5	3,01	46,76
5	Ayudante de Inspector	24	7,35	176,49
6	Técnico Eléctrico	3	11,08	33,26
7	Ayudante Eléctrico	3	3,01	9,05
8	Técnico mecánicoespecializado.	532,5	9,67	5153,57
9	Ayudante del Técnico Mecánico	532,5	3,01	1606,57
10	Inspector de Planta.	5,5	18,02	99,12
11	Equipo Mecánico de trabajo	0,5	14,03	7,01
12	Inspector Nivel II END.	12,5	15,04	188,00
Total de mano de obra de cada quinto Año				8782,99

Fuente: Autor

Tabla 37. Costo de materiales del mantenimiento de cada cinco años

Número	Materiales	Cant.	V. Unitario	V. Total
1	Citas de seguridad	0,3	4,8	1,44
2	Letreros de seguridad	4	5,7	22,8
3	Wiper.	0,7	22,39	15,67
4	Junta ciega	4	10,37	41,48
5	Empaques	4	7,5	30
6	Abrazadera.	8	3,82	30,56
7	Acople rápido	4	8,75	35
8	Cables blindados	20	29,36	587,2
9	Accesorios industriales	2	20	40
10	Mangueras	20	1,3	26
11	Pernos	16	0,5	8
12	Boquillas	1	0,75	0,75
13	Gel acoplante.	0,5	8,71	4,35
14	Lija	2	0,8	1,6
15	Diagramas para floormap	1	10	10
16	Hoja de reporte de floormap	1	1,5	1,5
17	Aceite	1	17,5	17,5

18	Pintura (sistema epóxico)	25	36	900
19	Arena o granalla	0,3	250	75
20	Tiñer	10	1,5	15
Total de materiales de cada quinto año				1863,85

Fuente: Autor

Tabla 39. Costo total del mantenimiento de cada cinco años

Total de mano de obra de cada quinto Año	8782,99
Total de materiales de cada quinto año	1863,85
Costo total del mantenimiento de cada cinco años	10646,85

Fuente: Autor

Tabla 40. Costo de mano de obra del mantenimiento de cada diez años

Número	Personal	Tiempo estimado en horas	V.Hora hombre	Total
1	Técnico mecánico especializado.	10	9,67	96,78
2	Inspector de Planta.	10	18,02	180,22
Total de mano de obra de cada décimo año				277,00

Fuente: Autor

Tabla 41. Costo de materiales del mantenimiento de cada diez años

Número	Materiales	Cant.	V. Unitario	V. Total
1	CuSO ₄ *5H ₂ O (Cobre II sulfato pentahidrato)	0,2	4,55	0,91
2	Agua destilada.	0,2	2,6	0,52
3	Ánodos de sacrificio.	8	37,5	300
Total de materiales de cada décimo año				301,43

Fuente: Autor

Tabla 42. Costo total del mantenimiento de cada diez años.

Total de mano de obra de cada décimo año	277,00
Total de materiales de cada décimo año	301,43
Costo total del mantenimiento de cada diez años	578,43

Fuente: Autor

Tabla 43. Costo de mano de obra de cada quince años

Número	Personal	Tiempo estimado en horas	V. Hora hombre	Total
1	Operador	4	6,17	24,70
2	Ayudante Mecánico	4	3,01	12,06
Total mano de obra del décimo quinto año				36,77

Fuente: Autor

Tabla 44. Costo de materiales del mantenimiento de cada quince años

Número	Materiales	Cant.	V. Unitario	V. Total
1	Válvula de compuerta	2	55	110
Total de materiales de cada décimo quinto año				110

Fuente: Autor

Tabla 45. Costo total del mantenimiento de cada quince años.

Total mano de obra del décimo quinto año	36,77
Total de materiales de cada décimo quinto año	110
Costo total del mantenimiento de cada décimo quinto año	146,77

Fuente: Autor

Tabla 46. Costo de mano de obra de la certificación del tanque luego de reparaciones

Número	Personal	Tiem. estimado horas	V. Hora hombre	Total
1	Inspector de Planta.	46	18,02	829,03
2	Inspector Nivel II Ultrasonido	10	27,85	278,59
3	Inspector de campo.	56	12,74	713,86
4	Técnico mecánico especializado.	24	10	232,27

Tabla 47. (Continuación)				
5	Ingeniero Civil	24	13	303,95
6	Operador	24	6	148,22
7	Ayudante Mecánico	24	3	72,40
Total de mano de obra de la certificación				2578,35

Fuente: autor

Tabla 48. Costo de materiales del mantenimiento de certificación luego de reparación

Número	Materiales	Cant.	V. Unitario	V. Total
1	Kit tintas penetrantes	1	30	30
2	Wiper.	0,2	22,39	4,47
3	Paño	0,2	9,99	1,99
4	Sustancia jabonosa	1	2,5	2,5
5	Agua	1	8	8
Total de materiales de la certificación				46,97

Fuente: Autor

Tabla 49. Costo total del mantenimiento de certificación.

Total de mano de obra de la certificación	2578,35
Total de materiales de la certificación	46,97
Costo total del mantenimiento de certificación	2625,32

Fuente: Autor

Tabla 50. Costo de mantenimiento del primer año.

Costo de mantenimiento del primer año													
Mantenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Mensual	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	738,48
Semestral						481,76						481,76	963,53
Anual												7261,75	7261,75
Dos Años													0
Cinco Años													0
Diez Años													0
Quince Años													0
Total de costo de mantenimiento del primer año													8963,76

124

Fuente: Autor

Tabla 51. Costo de mantenimiento de todo el segundo año.

Costo de mantenimiento del segundo año													
Mantenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Mensual	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	738,48
Semestral						481,76						481,76	963,53
Anual												7261,75	7261,75
Dos Años												2446,83	2446,83

Tabla 49. (Continuación)													
Cinco Años													0
Diez Años													0
Quince Años													0
Total de costo de mantenimiento del segundo año													11410,5

Fuente: Autor

Tabla 52. Costo de mantenimiento de todo el tercer año

Costo de mantenimiento del tercer año													
Mantenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Mensual	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	738,48
Semestral						481,76						481,76	963,53
Anual												7261,75	7261,75
Dos Años													0
Cinco Años													0
Diez Años													0
Quince Años													0
Total de costo de mantenimiento del tercer año													8963,76

Fuente: Autor

Tabla 52. (Continuación)														
Cinco Años													13272,2	13272,2
Diez Años														0
Quince Años														0
Total de costo de mantenimiento del quinto año													22235,9	

Fuente: Autor

Tabla 55. Costo total de mantenimiento de todo el sexto año

Costo de mantenimiento del sexto año													
Mantenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Mensual	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	738,48
Semestral						481,76						481,76	963,53
Anual												7261,75	7261,75
Dos Años												2446,83	2446,83
Cinco Años													0
Diez Años													0
Quince Años													0
Total de costo de mantenimiento del sexto año													11410,5

Fuente: Autor

Tabla 56. Costo total de mantenimiento de todo el séptimo año.

Costo de mantenimiento del séptimo año													
Mantenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Mensual	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	738,48
Semestral						481,76						481,76	963,53
Anual												7261,75	7261,75
Dos Años													0
Cinco Años													0
Diez Años													0
Quince Años													0
Total de costo de mantenimiento del séptimo año													8963,76

Fuente: Autor

Tabla 57. Costo total de mantenimiento de todo el octavo año.

Costo de mantenimiento del octavo año													
Mantenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Mensual	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	738,48
Semestral						481,76						481,76	963,53
Anual												7261,75	7261,75
Dos Años												2446,83	2446,83

Tabla 55. (Continuación)														
Cinco Años														0
Diez Años														0
Quince Años														0
Total de costo de mantenimiento del octavo año													11410,5	

Fuente: Autor

Tabla 58. Costo total de mantenimiento de todo el noveno año.

Costo de mantenimiento del noveno año													
Mantenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Mensual	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	738,48
Semestral						481,76						481,76	963,53
Anual												7261,75	7261,75
Dos Años													0
Cinco Años													0
Diez Años													0
Quince Años													0
Total de costo de mantenimiento del noveno año													8963,76

Fuente: Autor

Tabla 58. (Continuación)														
Cinco Años														0
Diez Años														0
Quince Años														0
Total de costo de mantenimiento del décimo primero año													8963,76	

Fuente: Autor

Tabla 61. Costo total de mantenimiento de todo el décimo segundo año

Costo de mantenimiento del décimo segundo año													
Mantenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Mensual	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	738,48
Semestral						481,76						481,76	963,53
Anual												7261,75	7261,75
Dos Años												2446,83	2446,83
Cinco Años													0
Diez Años													0
Quince Años													0
Total de costo de mantenimiento del décimo segundo año													11410,5

Fuente: Autor

Tabla 62. Costo total de mantenimiento de todo el décimo tercero año.

Costo de mantenimiento del décimo tercero año													
Mantenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Mensual	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	738,48
Semestral						481,76						481,76	963,53
Anual												7261,75	7261,75
Dos Años													0
Cinco Años													0
Diez Años													0
Quince Años													0
Total de costo de mantenimiento del décimo tercero año													8963,76

132

Fuente: Autor

Tabla 63. Costo total de mantenimiento de todo el décimo cuarto año.

Costo de mantenimiento del décimo cuarto año													
Mantenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Mensual	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	738,48
Semestral						481,76						481,76	963,53
Anual												7261,75	7261,75
Dos Años												2446,83	2446,83

Tabla 61. (Continuación)														
Cinco Años														0
Diez Años														0
Quince Años														0
Total de costo de mantenimiento del décimo cuarto año													11410,5	

Fuente: Autor

Tabla 64. Costo total de mantenimiento de todo el décimo quinto año

Costo de mantenimiento del décimo quinto año													
Mantenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Mensual	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	61,54	738,48
Semestral						481,76						481,76	963,53
Anual												7261,75	7261,75
Dos Años													0
Cinco Años												13272,2	13272,2
Diez Años													0
Quince Años												146,77	146,77
Total de costo de mantenimiento del décimo quinto año													22382,7

Fuente: Autor

La presente tabla representa la suma de los mantenimientos mensuales anuales, de cada dos años, de cada cinco años, de cada diez años y de cada quince años donde se multiplica por 2, sumando también un mantenimiento más de diez años para cumplir el costo total de mantenimiento durante toda su vida útil para la cual está programado este plan de manteniendo.

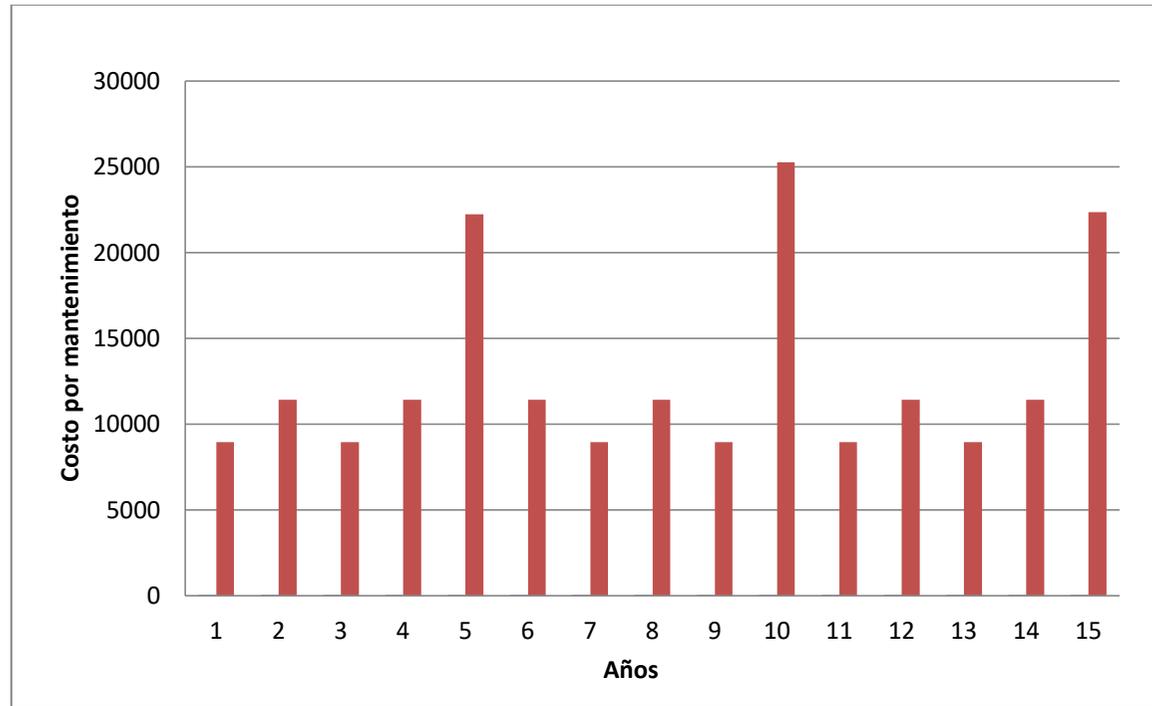
El costo total del plan de mantenimiento preventivo para toda su vida útil tabla 63.

Tabla 65. Costo total del plan de mantenimiento preventivo durante la vida útil.

Número	Descripción	Valor
1	Costo de mano de obra y materiales	434774,61
2	Equipos y Herramientas	83280,83
3	Costos indirectos	15813,63
	Total del mantenimiento preventivo	533869,08

Fuente: Autor

Figura 21. Relación de los años respecto al costo de mantenimiento



Fuente: Autor

CAPÍTULO IV.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Mediante este plan de mantenimiento basado en normas que nos guían a la reparación, mantenimiento e inspección de tanques de almacenamiento podemos realizar un diagnóstico preventivo para evitar o disminuir daños a largo y corto plazo, en base a sus necesidades y condiciones de operación donde la gran mayoría se debe a una falta de planificación del mantenimiento.

Este plan esta acoplado a la demanda de las nuevas tecnologías de los tanques con el fin de reducir el tiempo en el proceso de ejecución de mantenimiento y los costos de mano de obra de personal capacitado, produciendo así el ahorro de los recursos destinados para el mantenimiento, evitando paros de planta no deseados y perjudiciales para la economía de la empresa y del estado.

Brinda la facilidad de llevar a cabo un historial de las inspecciones de los fallos encontrados durante su vida útil donde podemos analizar detalladamente los puntos críticos del tanque donde más se producen desgaste, en base a las actividades respectivas para que de esa manera la integridad del tanque se encuentre en las mejores condiciones de servicio.

Con el listado de actividades desarrolladas se podrá preservar a los tanques instalados en continua operación evitando siniestros y el rápido desgaste del mismo donde estos trabajos se deben realizar por personal calificado por el riesgo que conlleva su inspección y trabajos de mantenimiento, las mismas que se debe realizar con periodicidad detalladas en las tablas.

De acuerdo al tipo de producto almacenado tienen sus particularidades, proporcionando que el tanque pueda cumplir su vida útil llevando un control y mantenimiento riguroso, sin embargo la alteración de las características de un producto a otro diferente al de diseño también varía el rango de aceleración de corrosión

Insertar el plan de mantenimiento de forma integral en la empresa gestionando la utilización de las tablas de actividades que contienen, frecuencia de tiempo, personal, herramientas, materiales y equipos, el mismo que proporciona la seguridad y calidad para el desarrollo y mejoramiento de sus tanques

4.2 Recomendaciones

Llevar un historial de los mantenimientos detallados en las tablas para mejorar las características de los tanques y saber que parte del tanque es la que más sufre daños y cada que tiempo se debe reemplazar las pieza por el desgaste o vida útil.

Capacitar al personal de acuerdo a cada área específica de inspección y de ensayos no destructivos que se realiza en los tanques para evitar colapsos por la falta de conocimiento técnico de medición e inspección de los techos de domo geodésico y del fondo que son las partes más sensibles y en la cual se basa este trabajo

Educar al personal y crear conciencia de la importancia que tiene el mantenimiento de forma planeada y de forma correcta cumpliendo cada punto, cada tarea del mantenimiento ya que de esto depende el desarrollo adecuado de la empresa.

Realizar trabajos de suma importancia para las empresas estatales por su aporte a la conservación de su planta y equipos, debe haber convenios entre empresa y universidad dando facilidad al estudiante sobre los archivos de información y datos estadísticos sobre el tanque para tener más detallado el punto de partida del mismo.

El presente trabajo de titulación es el punto de partida para otros trabajos ya que el mismo se basa solo en el plan de mantenimiento preventivo de tanques de almacenamiento de techo de domo geodésico, pudiendo así que en caso de cualquier anomalía se realice otros planes de mantenimiento como es el correctivo y así seguir incrementando los conocimientos de este amplio campo laboral.

BIBLIOGRAFÍA

BETUN, Carlos & MORILLO, Alfonso., *Desarrollo de un plan de mantenimiento para tanques de almacenamiento de petróleo de PETROECUADOR en el Terminal Marítimo de Bilba*, Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Escuela Ingeniería Mecánica, Quito-Ecuador 2010. pp 52-130

COATS, W. L., *Calibration of the ends of cylindrical and elliptical barrels with axis horizontal and combined*, July-September 1989, 22 marzo 2016, #iso:std:iso:12917:-1:ed-2:v1:en

GRANDA, G. Vicente., *Diseño e implementación de un plan de mantenimiento de petróleo para EP-PETROECUADOR, estación de bombeo N° 1 Lago Agrio según la norma API 653* Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Ejercito, Escuela Ingeniería Mecánica, Sangolquí-Ecuador. 2014. pp 41-46

KINGTHS, Peter & MORALES, Emilio., *Gestión moderna de mantenimiento: oportunidades para el Ejército de Chile.* - nro. 8 (2004), pp. 6-10

MAYORGA, Milton., *Inspección física y análisis estructural para determinar operatividad de un tanque cilíndrico vertical para almacenamiento de Fuel Oil de acuerdo a la norma API 653 luego de un siniestro*, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil-Ecuador 2013. pp: 160-192

MURRAY W, Jhon, *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*, Segunda Edición 1997. 44 Regent Street, Lutterworth, Leicestershire LE 17 4BD, United Kingdom pp 48-96

PEREZ, Carlos, *Confiabilidad: conceptos y tendencia, Estrategias para el ciclo de vida* pp 2-11

SANAGUANO, Erika., *Mantenimiento de Tanques de Almacenamiento en la Refinería Estatal de Esmeraldas*, Ingeniera de Mantenimiento, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, Riobamba-Ecuador 2012. pp: 66-145