

UNIVERSIDAD DE CUENCA



Facultad de Ciencias Químicas

Maestría en Seguridad e Higiene Industrial

Estudio exploratorio de la exposición a estrés térmico en trabajadores que desempeñan actividades de mantenimiento en interiores de tanques de almacenamiento de crudo

Tesis de grado previo a la obtención del título de Magister en Seguridad e Higiene Industrial

Autor

Ing. Juan Fredi Arias Ortiz

Director

Dr. Carlos Vázquez Zamora

**Cuenca -Ecuador
2016**



Resumen

Las actividades de mantenimiento en tanques de almacenamiento de crudo demandan un elevado gasto energético sumado las elevadas temperaturas de la zona originan sobrecarga térmica especialmente en el interior de estos espacios confinados, las condiciones ambientales en el interior de los tanques son extremas por los gases tóxicos, ruido, temperatura y humedad. El personal expuesto a estos parámetros sufren alteraciones cutáneas y sistémicas entre ellas la más peligrosa el golpe de calor debido al exceso de acumulación de calor por la carga elevada de trabajo especialmente en las actividades internas del tanque, son trabajos de alto consumo metabólico, siendo indispensable el cálculo del índice de sudoración requerida basado en la evaporación de sudor requerida y la humedad de la piel requerida para establecer el tiempo máximo de exposición en ese ambiente térmico agresivo. De la investigación realizada se ha identificado, evaluado y determinado procedimientos de prevención de peligros, antes y durante las actividades de mantenimiento, de la matriz general de riesgos se ha establecido algunos sub procesos críticos como el lavado y limpieza, el granallado y la pintura de las paredes internas del tanque. Del análisis del consumo metabólico se determina que existe un elevado gasto energético en dos actividades puntuales el granallado con 270 W/m² y la pintura con 193 W/m², a partir de estos resultados y mediante la obtención de variables ambientales de temperatura seca, temperatura humedad, temperatura radiante media, la humedad y la velocidad del aire obtenidas con el equipo Kestrel 4400 durante cinco días y utilizando el método de Índice de Sudoración Requerida se determinó el tiempo máximo de exposición de un trabajador en actividad en el interior del tanque para este tipo de actividades en condiciones extremas de 17 minutos para el granallado y 36 minutos en pintura, de igual manera para las actividades de mantenimiento externas del tanque se estableció un tiempo de 16 y 24 minutos respectivamente. Con estos resultados se puede establecer que una persona aclimatada y en condiciones físicas favorables no debe sobrepasar los tiempos establecidos para este tipo de actividades, con el peligro de sufrir daños considerables en la salud a causa de la sobrecarga térmica causado por el exceso de evaporación del sudor requerida y de la humedad de la piel, especialmente si no existe una supervisión apropiada durante todo el proceso de mantenimiento del tanque a cargo de un profesional de la salud o un técnico en seguridad industrial.

Palabras claves: Temperatura, matriz de riesgos, consumo metabólico, índice de sudoración requerida, evaporación requerida, humedad de la piel y tiempo de exposición.



Abstract

Maintenance activities in storage tanks crude demand a high added energy expenditure high temperature zone originate thermal overload especially within these confined spaces, the environmental conditions inside the tank are extreme by toxic gases, noise, temperature and humidity. The staff exposed to these parameters suffer cutaneous and systemic including alterations the most dangerous heat stroke due to excessive heat buildup due to the high workload especially in internal tank, are works of high metabolic consumption, being essential calculating the rate of sweating required, based on the evaporation of sweat required and humidity required to establish the maximum exposure time in this aggressive thermal environment skin. From conducted research has identified, evaluated and determined procedures hazard prevention before and during maintenance activities, the overall risk matrix has been established some sub-critical processes such as washing and cleaning, blasting and painting the inner walls of the tank. Analysis of metabolic consumption is determined that there is a high energy expenditure in two specific activities blasting with $270 \text{ W} / \text{m}^2$ and paint with $193 \text{ W} / \text{m}^2$, from these results and by obtaining environmental variables dry temperature, temperature humidity, mean radiant temperature, humidity and air velocity obtained with the Kestrel 4400 team for five days and using the method Index perspiration Required maximum exposure time of a worker in activity inside the tank for this was determined activities in extreme conditions of 17 minutes to 36 minutes blasting and painting, just as for maintenance activities external tank was set a time of 16 and 24 minutes respectively. With these results we can establish that a acclimatized and favorable physical conditions person shall not exceed the established times for these activities, with the risk of significant health damage due to thermal stress caused by excessive evaporation required sweat and moisture of skin, especially if there is no proper supervision throughout the process tank maintenance performed by a health professional or technician in industrial safety.

Keywords: Temperature, risk matrix, metabolic consumption, required sweat rate, evaporation required, skin moisture and exposure time.



Tabla de contenido

Resumen 2

Abstract..... 3

Términos y abreviaturas 7

Capítulo 1 14

Generalidades14

1.1. Identificación del problema..... 14

1.2. Objetivo general 15

1.3. Objetivos específicos..... 15

1.4. Pregunta de investigación. 16

1.5. Metodología 16

1.6. Resultados..... 17

Capítulo 2 19

Introducción a la seguridad industrial en plataformas petroleras19

2.1. Introducción 19

2.2. Como determinar si se necesita un permiso de trabajo. 20

2.2.1. Elaboración del permiso de trabajo para espacio confinado tipo B. 20

2.3. Actividades de mantenimiento de tanques que requieren un análisis seguro de trabajo. 21

2.4. Medidas de control. 22

2.5. Registros de análisis seguros de tarea. 22

2.6. Trabajos en espacios confinados..... 23

2.6.1. Tipos de espacios confinados. 23

2.6.2. Definición de espacio confinado..... 23

2.6.3. Aspectos importantes cuando se trabaja en espacios confinados. 24

2.6.4. Riesgos en espacios confinados..... 25

2.6.5. Medidas preventivas para trabajar en un espacio confinado..... 26

2.7. Procedimiento seguro de trabajo en tanques de almacenamiento de crudo..... 27

2.7.1. Medidas antes del trabajo. 27

2.7.1.1. Preparación del personal 27

2.7.1.2. Preparación del tanque 27

2.7.1.3. Preparación del AST 27

2.7.1.4. Preparación de equipos..... 27

2.7.2. Medidas durante el trabajo..... 27

2.7.2.1 Responsabilidad de los trabajadores 27

2.7.2.2. Medidas de seguridad 28

2.7.2.3. Responsabilidad del supervisor 28

2.7.2.4. Medidas de emergencia 28

2.8. Trabajos en altura..... 28

2.8.1. Medidas de protección colectiva. 29

2.8.2. Ventajas de las medidas de protección colectiva. 29

2.8.3. Ventajas de los equipos de protección individual. 29

2.9. Andamios..... 29

2.9.1. Definición de andamio 30

2.9.2. Características de montaje de andamios. 30

2.10. Escaleras manuales 31

2.10.1. Definición de escalera manual 31

2.10.2. Características de montaje de escaleras manuales. 32



2.11. Discusión y análisis de los procedimientos de trabajo seguro 32

Capítulo 3..... 33

Procedimientos para la realización de las actividades de mantenimiento en tanques de almacenamiento de crudo y descripción del ambiente térmico y sus variables ..33

3.1. Componentes de un tanque de almacenamiento de crudo. 33

3.1.1. Vista de un corte frontal y superior de un tanque de almacenamiento de crudo. 33

3.1.2. Diagrama de proceso de las actividades de mantenimiento que se realizan en un tanque de almacenamiento de crudo. 35

3.1.3. Montaje y desmontaje de andamios..... 36

3.1.3.1. Montaje 36

3.1.3.2. Desmontaje. 36

3.2. Limpieza interior del tanque. 37

3.2.1. Preparación interna del tanque. 38

3.2.1.1. Colocación de aislamientos..... 38

3.2.1.2. Ventilación del tanque. 38

3.2.2. Proceso de limpieza 39

3.2.3. Lavado de accesorios y del tanque..... 40

3.2.4. Disposición final de los desechos. 41

3.2.5. Equipos..... 42

3.2.6. Inspecciones y pruebas..... 42

3.2.7. Seguridad industrial y medio ambiente para el proceso de lavado y limpieza. 42

3.2.8. Herramientas 42

3.2.9. Equipos de protección personal. 42

3.3. Preparación externa del tanque 43

3.3.1. Superficie exterior del tanque..... 43

3.3.2. Aplicación de recubrimiento (sistema tri-capa, interzinc 22, intergard 251, interthane 990)..... 44

3.3.3. Inspecciones y pruebas..... 46

3.3.4. Seguridad industrial y medio ambiente para el proceso de pintura. 47

3.3.5. Equipos y herramientas..... 47

3.3.6. Equipos de protección personal. 48

3.4. Discusión y análisis de los procedimientos de las actividades de mantenimiento de los tanques de crudo..... 48

3.5. Ambiente térmico..... 48

3.5.1. Características..... 48

3.5.2. Estrés térmico..... 49

3.5.3. Consecuencias del estrés térmico. 49

3.5.3.1. Alteraciones cutáneas 49

3.5.3.2. Alteraciones sistémicas..... 49

3.5.3.3. Golpe de calor 49

3.5.3.4. Agotamiento por calor 50

3.5.3.5. Déficit salino 50

3.5.3.6. Erupción por calor 50

3.5.3.7. Sincope por calor..... 50

3.6. Definición de las variables del ambiente térmico. 50

3.6.1. Velocidad del aire 51

3.6.2. Temperatura del aire seca..... 51

3.6.3. Humedad Relativa 51

3.6.4. Índice de calor térmico. 51

3.6.5. Temperatura del globo 52



3.6.6. Temperatura radiante media	52
3.6.7. Temperatura de bulbo húmedo de aspiración natural	52
3.6.8. Índice de temperatura de bulbo y globo húmedo (W.B.G.T).....	53
3.6.9. Límite de trabajo térmico.....	53
3.6.10. Temperatura de rocío.....	53
3.6.11. Punto de evaporación.....	53
3.7. Factores individuales de riesgo.....	53
3.7.1. La edad.....	54
3.7.2. Obesidad	54
3.7.3. Hidratación	54
3.7.4. El consumo de medicamentos y bebidas alcohólicas	54
3.7.5. Género.....	55
3.7.6. Aclimatación.	55
3.8. Datos personales de los trabajadores.....	55
3.9. Características del área de trabajo.	56
3.10. Equipo de medición de las variables ambientales.	56
3.11. Procedimiento para la recolección de datos	57
Capítulo 4.....	58
Identificación de peligros, evaluación de riesgos, determinación del consumo metabólico y evaluación del estrés térmico en actividades de mantenimiento de tanques de crudo.....	58
4.1. Identificación de peligros y enfermedades profesionales	58
4.1.1. Identificación de peligros	58
4.1.2. Identificación de enfermedades profesionales.....	59
4.1.3. Listas de chequeo.	60
4.2. Evaluación de riesgos.	61
4.2.1. Definición y objetivo.....	61
4.2.2. Métodos de evaluación.....	62
4.3. Identificación de peligros de las actividades de mantenimiento	67
4.3.1. Actividades de montaje y desmontaje de andamios.	67
4.3.2. Actividades de instalación de la ventilación.	68
4.3.3. Actividades de lavado y limpieza.	69
4.3.4. Actividades de Gritblasting.....	70
4.3.5. Actividades de pintura.	71
4.4. Matriz general de riesgos	72
4.4.1. Discusión de resultados encontrados en la matriz general de riesgos.....	76
4.5. Determinación del gasto energético.....	76
4.5.1. Definición.....	76
4.5.2. Consumo metabólico en función de los componentes de la actividad.	77
4.5.2.1. Metabolismo basal.....	77
4.5.2.2. Metabolismo de la postura corporal	77
4.5.2.3. Metabolismo del tipo de actividad	77
4.5.2.4. Metabolismo del desplazamiento realizado en función de su velocidad	78
4.6. Cuantificación del gasto metabólico.....	79
4.6.1. Consumo metabólico de un ciclo de trabajo	79
4.7. Determinación del consumo metabólico.	80
4.7.1. Discusión de resultados obtenidos de la matriz de consumo metabólico.....	82
4.8. Métodos de evaluación del estrés térmico.....	82
4.8.1. Método WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)	82
4.9. Índice de sudoración requerida (ISR).....	83



4.9.1. Fundamentos básicos del método.	83
4.9.2. Determinación de las variables.	84
4.9.2.1. Calculo de la evaporación requerida.....	84
4.9.2.2. Calculo de la evaporación máxima permitida por el ambiente (Emax).....	86
4.9.2.3. Calculo de la humedad requerida de la piel (Wreq) y de la sudoración requerida (SWreq).	87
4.9.2.4. Tiempo límite de exposición.	90
4.10. Análisis y evaluación del estrés térmico.....	91
4.11. Discusión de resultados encontrados en la matriz del cálculo del índice de sudoración requerida.....	111
Capítulo 5.....	114
Medidas de prevención, protección, conclusiones y recomendaciones.....	114
5.1. Control del personal contratado para las actividades de mantenimiento.	114
5.2. Control del personal antes de ingresar a los tanques de almacenamiento.	114
5.3. Control de equipos de protección del personal durante las actividades de mantenimiento en los tanques de almacenamiento.....	114
5.4. Control de las condiciones ambientales antes de realizar las actividades de mantenimiento en los tanques de almacenamiento.....	115
5.5. Control del personal durante las actividades de mantenimiento en los tanques de almacenamiento.	116
5.6. Control de las condiciones ambientales durante las actividades de mantenimiento en los tanques de almacenamiento.	116
5.7. Conclusiones.....	117
5.8. Recomendaciones.....	118
ANEXOS.....	120
Bibliografía.....	131

Términos y abreviaturas

Términos.

- **Gritblasting.**- Es la operación de propulsar a alta presión gravilla volcánica con una fuerza centrífuga y con fuerza abrasiva contra una superficie para alisar las rugosidades de la superficie o eliminar contaminantes de la misma.
- **Sandblasting.**- Es la misma operación que el gritblasting pero con arena en vez de gravilla volcánica.
- **Explosímetro.**- Es un instrumento que sirve para determinar los niveles de gases explosivos contenidos en el aire o en determinado ambiente.
- **Vessel.**- Es un recipiente de presión o depósito bajo presión diseñado para contener fluidos o gases a presiones mayores que la presión ambiental.
- **Rodapié.**- Es una banda horizontal de madera, plástico u otro material que se coloca en la parte inferior de un andamio a 15 cm de su base para evitar la caída de materiales y de personas.
- **Manhole.**- Es una pequeña abertura en la superficie del tanque de almacenamiento que permite el ingreso de una persona para la supervisión del interior.



- **Tyvek.**-Es un traje de protección contra agentes químicos que se utiliza durante el pintado de los tanques de almacenamiento de crudo.
- **Agua de formación.**- Es un subproducto indeseado de la producción de hidrocarburos.
- **Vacuum.**- Es un equipo de vacío diseñado para cargar sólidos, líquidos y lodos a través de las líneas de succión para la limpieza de tanques de almacenamiento de crudo y derrames.
- **Hidrolavadora.**- Es una maquina con una bomba de alta presión la cual es impulsada por un motor eléctrico o a gasolina.
- **Interzinc 22.**- Es un recubrimiento de pintura de silicato de etilo rico en zinc para un repintado y curado rápido.
- **Intergard 251.**- Es un recubrimiento anticorrosivo de fosfato de zinc de secado rápido y resistente a la abrasión reduciendo el daños en la superficie de los tanques de almacenamientos.
- **Interthane 990.**- Es un acabado acrílico de alto brillo que se utiliza como protector de los recubrimientos.
- **Holiday.**- Es un detector de defectos para inspeccionar revestimientos de superficies y tuberías de plataformas petroleras.
- **Airless.**- Es un sistema de atomización sin aire en la pistola, en que a alta presión se hace fluir la pintura por orificios diminutos para que por extrusión se abra un abanico uniforme para pintar.
- **Tolva.**-Es un recipiente en forma de pirámide o cono invertido con una abertura en su parte inferior para que su contenido pase poco a poco a otro lugar o recipiente de boca más estrecha.

Abreviaturas.

- **Bbls:** Barriles
- **SABA:** Líneas de Suministro de Aire Continuo
- **SCBA:** Equipos de Respiración de Autocontenido
- **Ppm:** Partes por millón
- **LEL:** Limite de Explosividad
- **AST:** Análisis Seguro de Tarea.
- **Mils:** Milímetros
- **Psi:** Libras por pulgada cuadrada
- **Lb:** Libras
- **Cm:** Centímetros
- **Gr:** Gramos
- **Kcal:** kilocalorías
- **W:** Watios
- **J:** Julios
- **°C:** Grados centígrados
- **m²:** Metro cuadrado



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de proceso para solicitar un permiso de trabajo..... 20
Figura 2. Matriz de proceso para elaborar un permiso de trabajo 21
Figura 3. Vista frontal y superior de un tanque de almacenamiento de crudo..... 33
Figura 4. Diagrama de proceso para las actividades de mantenimiento de tanques de crudo 35
Figura 5. Diagrama de proceso de montaje y desmontaje de andamios 37
Figura 6. Diagrama de proceso de ventilación del tanque de almacenamiento de crudo 39
Figura 7. Diagrama de proceso de limpieza del tanque de almacenamiento de crudo 41
Figura 8. Diagrama de proceso de granallado de paredes interiores y exteriores del tanque de crudo 44
Figura 9. Diagrama de proceso de pintura de paredes interiores y exteriores del tanque de crudo..... 46
Figura 10. Diagrama de la relación entre la probabilidad y la consecuencia de los riesgos 62
Figura 11. Matriz de identificación de peligros en la actividad de montaje de andamios 67
Figura 12. Matriz de identificación de peligros en la actividad de ventilación y extracción de aire 68
Figura 13. Matriz de identificación de peligros de lavado y limpieza del tanque de crudo 69
Figura 14. Matriz de identificación de peligros de la actividad de granallado 70
Figura 15. Matriz de identificación de peligros en la actividad de pintura..... 71
Figura 16. Matriz general de riesgos de la actividad de armado de andamios 72
Figura 17. Matriz general de riesgos en la actividad de ventilación del tanque 73
Figura 18. Matriz general de riesgos en la actividad de limpieza y lavado del tanque..... 74
Figura 19. Matriz general de riesgos en la actividad de gritblasting y pintura del tanque 75
Figura 20. Efectos derivados de la carga física **¡Error! Marcador no definido.**

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Relaciones entre las diferentes concentraciones de oxígeno y sus consecuencias* 26
Tabla 2. *Tipos de recubrimientos para exteriores del tanque de crudo* 45
Tabla 3. *Datos generales del personal que labora en las actividades de mantenimiento de tanques de crudo*..... 55
Tabla 4. *Ejemplo de lista de chequeo* 60
Tabla 5. *Valores para determinar el grado de peligrosidad*..... 63
Tabla 6. *Acciones sobre el grado de peligrosidad* 63
Tabla 7. *Severidad del daño* 64
Tabla 8. *Probabilidad de que ocurra el daño* 65
Tabla 9. *Estimación del nivel de riesgo* 65
Tabla 10. *Valorización del riesgo* 66
Tabla 11. *Gasto metabólico según la postura* 77
Tabla 12. *Consumo energético basado en el tipo de trabajo* 78
Tabla 13. *Consumo energético basado en la velocidad del trabajo* 78
Tabla 14. *Tabla de valores de consumo energético* 80
Tabla 15. *Tabla de valores de consumo energético* 81
Tabla 16. *Resistencia térmica de las prendas de vestir*..... 88
Tabla 17. *Criterios de valoración diferenciada* 89
Tabla 18. *Análisis de las variables ambientales con fecha 30 de mayo del 2015*..... 91
Tabla 19. *Calculo de parámetros ambientales con fecha 30 de mayo del 2015* 92



Tabla 20. <i>Cálculo del índice de sudoración requerida con fecha 30 de mayo del 2015</i>	93
Tabla 21. <i>Calculo del tiempo de exposición con fecha 30 de mayo del 2015</i>	94
Tabla 22. <i>Análisis de las variables ambientales con fecha 31 de mayo del 2015</i>	95
Tabla 23. <i>Calculo de parámetros ambientales con fecha 31 de mayo del 2015</i>	96
Tabla 24. <i>Cálculo del índice de sudoración requerida con fecha 31 de mayo del 2015</i>	97
Tabla 25. <i>Calculo del tiempo de exposición con fecha 31 de mayo del 2015</i>	98
Tabla 26. <i>Análisis de las variables ambientales con fecha 1 de junio del 2015</i>	99
Tabla 27. <i>Calculo de parámetros ambientales con fecha 1 de junio del 2015</i>	100
Tabla 28. <i>Cálculo del índice de sudoración requerida con fecha 1 de junio del 2015</i>	101
Tabla 29. <i>Calculo del tiempo de exposición con fecha 1 de junio del 2015</i>	102
Tabla 30. <i>Análisis de las variables ambientales con fecha 2 de junio del 2015</i>	103
Tabla 31. <i>Calculo de parámetros ambientales con fecha 2 de junio del 2015</i>	104
Tabla 32. <i>Cálculo del índice de sudoración requerida con fecha 2 de junio del 2015</i>	105
Tabla 33. <i>Calculo del tiempo de exposición con fecha 2 de junio del 2015</i>	106
Tabla 34. <i>Análisis de variables ambientales con fecha 3 de junio del 2015</i>	107
Tabla 35. <i>Calculo de parámetros ambientales con fecha 3 de junio del 2015</i>	108
Tabla 36. <i>Cálculo del índice de sudoración requerida con fecha 3 de junio del 2015</i>	109
Tabla 37. <i>Calculo del tiempo de exposición con fecha 3 de junio del 2015</i>	110
Tabla 38. <i>Resumen de los resultados internos</i>	111
Tabla 39. <i>Resumen de los resultados externos</i>	112



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Juan Fredi Arias Ortiz, autor de la tesis "Estudio exploratorio de la exposición a estrés térmico en trabajadores que desempeñan actividades de mantenimiento en interiores de tanques de almacenamiento de crudo", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magister en Seguridad e Higiene Industrial. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor

Cuenca, 13 de Octubre del 2016

Juan Fredi Arias Ortiz

C.I: 0102633948



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Juan Fredi Arias Ortiz, autor de la tesis “Estudio exploratorio de la exposición a estrés térmico en trabajadores que desempeñan actividades de mantenimiento en interiores de tanques de almacenamiento de crudo”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor

Cuenca , 13 de Octubre del 2016

Juan Fredi Arias Ortiz

C.I: 01202633948



Dedicatoria

Esta tesis es dedicada a todos los trabajadores del área petrolera quienes abandonan a sus familias para buscar el sustento diario en actividades peligrosas y largas jornadas de trabajo



Capítulo 1

Generalidades

1.1. Identificación del problema.

La empresa China Petroleum Engineering & Construction Corporation es una compañía dedicada al diseño, construcción y mantenimiento preventivo y correctivo de tanques de crudo que se realizan en las plataformas petroleras ubicadas en los bloques 14 y 17 de la provincia de Orellana perteneciente a la empresa petrolera PetroOriental. Las altas temperaturas de la zona se encuentran entre 28 y 37 grados centígrados, acompañados del 70 y 80% de humedad la mayor parte del año, específicamente hay dos actividades puntuales que se destacan del resto de tareas: el gritblasting y la pintura. El mantenimiento de los tanques de crudo al ser espacios confinados los riesgos físicos, químicos, mecánicos y ergonómicos son altos, especialmente el riesgo de estrés térmico originado por las elevadas temperaturas en su interior, estos factores influyen de manera directa en la salud de los trabajadores debido al desgaste físico que realizan durante los trabajos de limpieza, montaje y desmontaje de andamios, gritblasting, pintura, soldadura, corte, transporte de materiales, armado de equipos, etc. Todo el desgaste físico que los trabajadores realizan se puede observar en su cuerpo y vestimenta a los pocos minutos de haber iniciado alguna actividad en el interior de los tanques, los fluidos corporales como el sudor se impregna completamente en su ropa a pesar de que las actividades son controladas es decir, tienen un tiempo de trabajo y un tiempo de descanso para su hidratación y relajación. Además hay control de sus signos vitales con un médico general que dispone la empresa pero esto no es suficiente ya que los líquidos y sales perdidas del cuerpo no se llegan a recuperar totalmente corriendo el riesgo de sufrir estrés térmico estos síntomas son palpables a simple observación por lo que se ha visto la necesidad de realizar un proyecto de investigación y analizar cada uno de los componentes ambientales que llevan al riesgo de una sobrecarga térmica, como la temperatura seca, humedad, temperatura de radiación, velocidad del aire, gasto metabólico o energético y carga física, relacionarlos con las diferentes actividades que se realizan en el exterior e interior de los tanques. Por esta razón surgen las siguientes interrogantes ¿Cual son las temperaturas en el interior y exterior de los tanques? ¿Cuál es el tiempo de exposición actual de los trabajadores? ¿Cada que tiempo se debe verificar la temperatura en el interior de los tanques? Y ¿cuál es el índice de estrés térmico de estas áreas? Mi pregunta de investigación: Si las actividades mantenimiento en los tanques de almacenamiento de crudo son las mismas y su ambiente



térmico variable, Cual será la cantidad de calor que eliminaran los trabajadores para mantener el equilibrio térmico dependiendo del tiempo de exposición.

La importancia de este tema radica en determinar la cantidad de calor eliminada por evaporación que se pierde durante sus actividades, el tiempo máximo de exposición, índice de sudoración requerida y el gasto metabólico. Una vez determinado estas variables podemos realizar un plan de prevención, control y reducción de los niveles térmicos mediante planes de acción que eliminen los riesgos desde la fuente en su medio de transmisión o reducirlos en la protección al personal.

Un estudio similar se realizó en una empresa metalmecánica en Carabobo- Venezuela, donde se evaluó las condiciones de estrés térmico del ambiente de trabajo en el área de fundición y los riesgos que se exponen los trabajadores en dicha área. Las mediciones se realizaron por tres días consecutivos, las variables fisiológicas fueron determinadas por un tensiómetro digital de muñeca, un termómetro digital oral y un estetoscopio marca littman classic. Para las variables ambientales se utilizó un medidor de laboratorio de la Quest para obtener la temperatura del aire, temperatura del globo, temperatura húmeda natural, velocidad del aire y humedad relativa y para la determinación del calor metabólico se utilizó el método “Utilización de tablas de estimación por actividad tipo”. Obteniendo la siguiente información de los puestos de trabajo: descripción de las actividades, tiempos, movimientos y posturas del trabajador, el consumo metabólico promedio. Para el análisis de las condiciones de estrés térmico del ambiente laboral se establecerá la comparación con parámetros reglamentados en las normas Covein e Internacionales.

1.2. Objetivo general

El objetivo general de esta tesis es determinar el estrés térmico mediante la cantidad de calor a evaporar por sudoración y el tiempo de exposición para mantener el equilibrio térmico de los trabajadores en el desarrollo de sus actividades

1.3. Objetivos específicos.

1. Definir las actividades y el proceso de mantenimiento de los tanques de crudo y elaborar formatos de recolección de datos de las condiciones ambientales y del personal.
2. Conocer los valores de las variables que determinan el ambiente térmico de las actividades de mantenimiento y diseñar un procedimiento de inspección del ambiente térmico en el interior y exterior de los tanques.



3. Determinar los peligros y verificar los riesgos durante las actividades de mantenimiento y evaluar el gasto energético de las mismas a través del cálculo de la tasa metabólica de los trabajadores.

1.4. Pregunta de investigación.

Si las actividades mantenimiento en los tanques de almacenamiento de crudo son las mismas y su ambiente térmico variable. ¿Cuál es la cantidad de calor que eliminarán los trabajadores para mantener el equilibrio térmico dependiendo del tiempo de exposición?

1.5. Metodología

Para la realización de esta investigación se tomara como objeto de estudio a trece personas las cuales están expuestas a condiciones ambientales críticas durante las actividades de mantenimiento de tanques de crudo, "Los tanques de crudo son recipientes de almacenamiento de gran volumen (Ver foto en anexo 1)" la capacidad de estos depósitos varía desde los 700 (bbls) hasta 20000 (bbls) de crudo y al ser espacios confinados los trabajos que se realizan son peligrosos sumado las altas temperaturas el riesgo es intolerable. Los trabajadores de esta investigación son de diferentes partes del país y su edad esta entre los 20 y 40 años de edad con un peso de 120 lb hasta 200 lb, su estatura de 150 cm hasta los 170 cm, su jornada es de 22 días de trabajo y 8 días de descanso, en horario de 07h30 hasta las 17h30, tienen un año de servicio en estas actividades por lo cual están aclimatados a las condiciones de la zona. El lugar donde se realizara el estudio estará comprendido en uno de los bloques 14 y 31 perteneciente a la empresa PetroOriental, dueña de los contratos de mantenimiento. Durante el proceso de investigación se describirá cada una de las actividades de mantenimiento que se realiza en los tanques de almacenamiento, los equipos y herramientas que se utilizan y las actividades de los trabajadores. Se diseñara los diagramas de procesos de cada actividad identificando sus peligros y valorando sus riesgos mediante una matriz propuesta para el caso. La medición y análisis de datos será mediante una medida de tendencia central, La recolección de información será diariamente durante 4 horas en la mañana y 4 horas en la tarde debido a las altas temperaturas solamente se puede trabajar por periodos de tiempo determinados dependiendo del permiso de trabajo que se haya realizado, esto se lo realizara durante 5 días, para ello se dispondrá de instrumentos que nos ayuden a medir los valores de las variables del ambiente térmico y los valores de las variables del índice de tensión térmica, gasto energético, documentaremos los datos personales de cada trabajador, su edad, estatura, peso, lugar de nacimiento, lugar de vivienda, enfermedades o lesiones recientes, tiempo de trabajo en la empresa, puesto de trabajo y actividades que



realiza. La investigación contara con la presencia un médico o una enfermera para chequeos oportunos de temperatura y presión sanguínea del personal con controles diarios antes y después de sus actividades. Se determinara valores que influyen el ambiente térmico como la temperatura del aire, la humedad, la temperatura de radiación y la velocidad del aire para cada uno de estas variables se dispondrá de los equipos específicos para su medición entre ellos, un termómetro, un psicrómetro, un termómetro de globo y un anemómetro pero también podremos utilizar aparatos electrónicos como higrómetros, medidores de estrés térmico, que nos darían la temperatura del ambiente y la humedad, las mediciones de estas variables serán a intervalos de una hora en su interior y exterior . Luego determinamos el método que vamos a utilizar para medir el ambiente térmico, el más apropiado a nuestros recursos que puede ser el de WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) las condiciones de medida vienen especificadas en la ISO 7243 “ Estimación del estrés térmico en el ambiente de trabajo basada en el índice WBGT” y la ISO 7726 “Ambientes térmicos; instrumentos y métodos para la cuantificación de magnitudes físicas”, con este método no necesitamos la velocidad del aire y nos sirve para periodos largos de trabajo, También se utilizara el método del Índice de Sudoración Requerida , útil para determinar la cantidad de calor eliminada por sudor y mantener el equilibrio térmico del cuerpo cuando realiza las actividades de mantenimiento además nos permite determinar el tiempo máximo de exposición al calor, un método útil que valoriza las situaciones críticas en periodos de tiempo corto. En esta etapa de la investigación para el cálculo del sudor eliminado se verificara el índice de evaporación requerida y el índice máximo de evaporación del sudor para determinar la humedad de la piel requerida para realizar dichas actividades

Para determinar la tasa metabólica y establecer el desgaste energético de los trabajadores se aplicara como método normalizado la Norma UNE-EN ISO 8996: 2005 Ergonomía del Ambiente Térmico.

1.6. Resultados

De esta investigación se obtendrá: procedimientos de trabajo seguro, diagramas de procesos, matriz de identificación de peligros, matriz general de riesgos, matriz de consumo metabólico, identificación de variables térmicas, ambiente térmico, índice de sudoración requerida, evaporación requerida, evaporación máxima permitida, humedad requerida de la piel, trabajadores capacitados y tiempo límite de exposición.

Una vez estructurado toda la investigación, documentado las actividades y analizado los factores ambientales se obtendrá como resultado la organización sistemática de todos los



procedimientos, tareas, actividades y permisos de trabajo para la realización de los mantenimientos de los tanques de crudo. Es indispensable la matriz de identificación de peligros, el análisis de los riesgos y evaluación de los mismos, para establecer la matriz general de riesgos, su utilidad es fundamental durante la estimación del ambiente térmico en espacios confinados ya que al existir sobrecarga térmica la probabilidad y consecuencia de los factores de riesgo se incrementa, la importancia de la matriz de consumo metabólico es fundamental para el cálculo del índice de sudoración requerida. Uno de los resultados esperados son los datos de las variables que intervienen en el ambiente térmico de los tanques estos valores son vitales para la determinación del estrés térmico y gasto energético para determinar la cantidad de sudoración, evaporación y humedad requerida por la piel que está eliminando el trabajador para mantener su equilibrio térmico con el ambiente y que su estrés no sea crítico.

El tiempo máximo de exposición es un resultado que no ayudara a minimizar el riesgo de estrés térmico y desgaste energético

Se determinara los tiempos de pausas para la recuperación de energía, las horas de mayor incidencia de calor, las actividades que demandan mayor gasto metabólico y las de mayor carga física.



Capítulo 2

Introducción a la seguridad industrial en plataformas petroleras

2.1. Introducción

Antes de iniciar cualquier actividad en las plataformas se requieren elaborar permisos de trabajo obligatorios, sin ellos no se puede realizar ninguna tarea en estas áreas, estos permisos son:

De acuerdo al Formato de Registro de Análisis Seguro de Tareas (AndesPetroleum, 2014) existen permisos de trabajo en frío (F), en caliente (C), eléctrico (E), en espacios confinados (tipo A y tipo B), ingreso de facilidades (I) y en perforación (W). Los permisos de trabajo son formatos de autorización para realizar alguna actividad (Ver foto en anexo 2).

En nuestro estudio nos basamos en permisos de trabajo en espacios confinados por los peligros y riesgos que involucran trabajar en el interior de tanques, para ello veamos la diferencia entre espacio confinado (tipo A) y (tipo B).

Espacio confinado tipo A.- Según Andes Petroleum (2014) se refiere a espacios donde no se necesita el uso de protección respiratoria y que tengan las siguientes características:

- Atmosfera apropiada para la respiración normal con niveles de oxígeno entre 19.5% y 23.5% .
- Contaminantes del aire por debajo de los límites de exposición permisibles TLV (Threshold Limit Value o Umbral del límite permitido).
- Concentración de hidrocarburos sea igual a 0% del LEL (Lower Explosion Limit o Limite de explosión mínimo)
- Concentración de hidróxido sulfuroso (H₂S) y que sea menor a 10ppm.

Espacio confinado tipo B.- Según Andes Petroleum (2014) se refiere a los espacios donde se necesita el uso de protección respiratoria “SABA” (líneas de suministro de aire continuo) o "SCBA" (equipos de respiración de auto contenido) y que tengan las siguientes características:

- Concentración de oxígeno sea menor a 19.5% o mayor a 23.5
- Contaminantes del aire se encuentren sobre los límites permisibles.
- Concentración de hidrocarburos sea mayor a 0% y menor que el 10% del LEL.
- Concentración de H₂S sea mayor o igual a 10 ppm y menor a 100 ppm.

2.2. Como determinar si se necesita un permiso de trabajo.

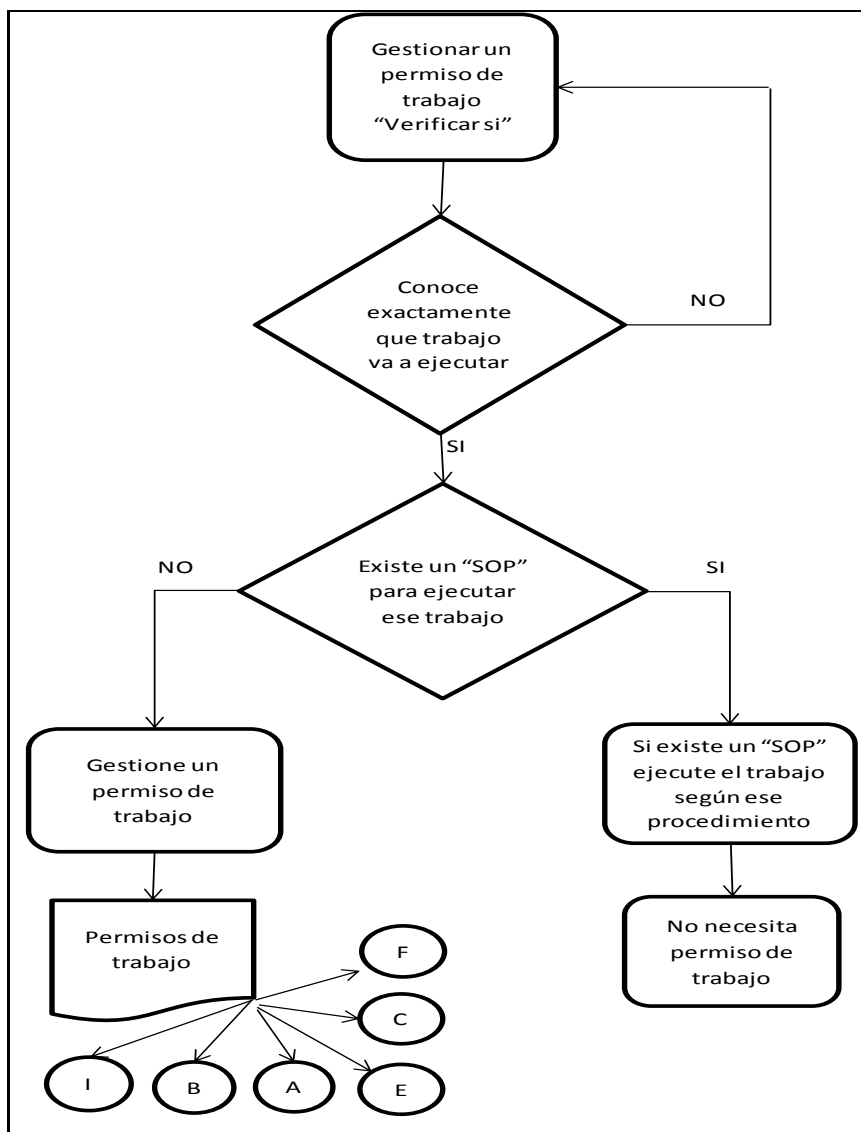


Figura 1. Diagrama de proceso para solicitar un permiso de trabajo

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (Andes Petroleum, 2014)

2.2.1. Elaboración del permiso de trabajo para espacio confinado tipo B.

El permiso de trabajo es requisito indispensable para la realización de cualquier actividad en las plataformas, para ello deducimos del punto anterior el siguiente diagrama de proceso donde se detalla específicamente los pasos para la obtención y aprobación del permiso.

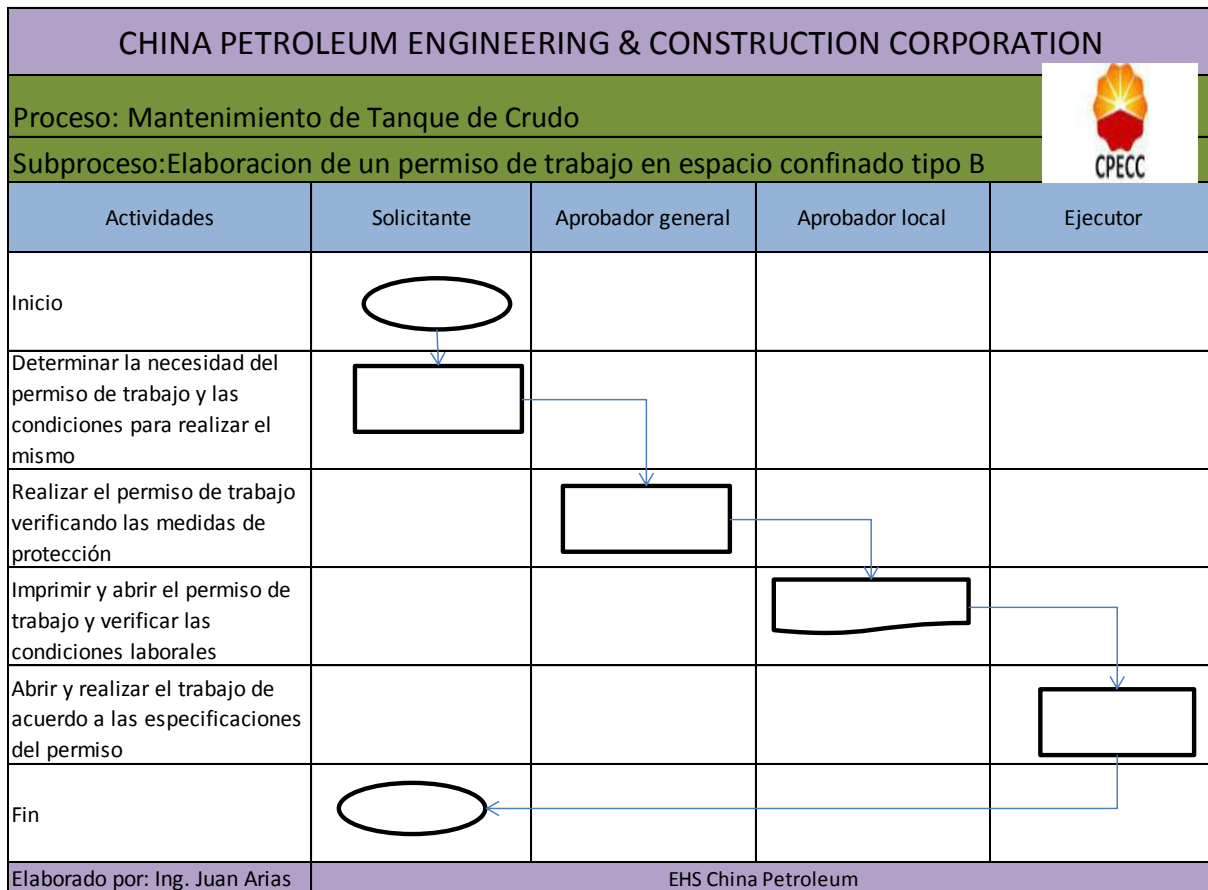


Figura 2. Matriz de proceso para elaborar un permiso de trabajo
 Elaborado por: Ing. Juan Arias
 Fuente: (El autor, 2015)

2.3. Actividades de mantenimiento de tanques que requieren un análisis seguro de trabajo.

Según el Formato de Registro de Análisis Seguro de Tareas (AndesPetroleum, 2014) estas son:

- Trabajos en el interior de espacios confinados.
- Trabajos en altura superiores a 1.80 metros.
- Trabajos o servicios de mantenimiento en líneas de alta tensión o equipos energizados.
- Condiciones inusuales de temperatura a presión.
- Uso de equipo pesado y actividades de izaje.
- Actividades de gritblasting.
- Aislamiento eléctrico, mecánico e hidráulico.
- Trabajos de soldadura y oxicorte.
- Carga y descarga de combustibles.



2.4. Medidas de control.

Según el Formato de registro de Análisis Seguro de Tareas (AndesPetroleum, 2014) las medidas de control son desarrolladas una vez que se tenga una visión general de la tarea, de los peligros y sus consecuencias. Si el trabajo involucra muchos peligros hay que buscar una nueva metodología de realizarlo para una mejor solución hay que tratar de controlar cada peligro individualmente.

De no presentarse ninguna solución cada peligro debe ser examinado y evaluado identificando las medidas de control.

Por ejemplo detallamos posibles soluciones que deben ser consideradas.

- Eliminar el peligro
- Sustituir un proceso peligroso.
- Reducir la frecuencia de un trabajo peligroso.
- Encapsular el peligro.
- Mayor supervisión de las personas o separar las personas del área de riesgo.
- Elaborar procedimientos adicionales.
- Supervisión adicional.
- Instrucciones o información.
- Equipos de protección personal adicional.

Además hay que identificar los controles y medidas de mitigación para considerar la posibilidad de fallas de dichas medidas. Las medidas de mitigación que deben ser consideradas son:

- Instalación de guardas
- Contención secundaria.
- Dispositivos de detección y alarmas.
- Equipos de escape y rescate.
- Procedimientos de emergencia.
- Equipos de protección personal o colectiva adicionales, entre otros.

2.5. Registros de análisis seguros de tarea.

Según el Formato de Registro de Análisis Seguro de Tareas (AndesPetroleum, 2014) "Un análisis seguro de tarea es un formato donde se identifican los peligros y riesgos (Ver foto en anexo 3)".



El registro de análisis seguro de tareas debe contar con las firmas de responsabilidad del ejecutor, equipos AST, y los responsables de implementar las acciones preventivas de control y mitigación.

Cada registro deberá estar disponible en el lugar de trabajo para ser utilizado como referencia en sitio. Todos los registros deben ser archivados junto con los permisos de trabajo relacionados y aquellos AST que no se encuentren asociados a un permiso de trabajo deberán ser entregados al supervisor de área responsable de la ejecución del trabajo.

El aprobador local o supervisor de área responsable de la ejecución del trabajo entregara mensualmente al personal de seguridad y salud ocupacional de la compañía los AST elaborados para su archivo por un mínimo de cinco años.

2.6. Trabajos en espacios confinados

2.6.1. Tipos de espacios confinados.

Existen varios tipos de espacios confinados especialmente en nuestra área de estudio correspondiente a plataformas petroleras, entre los que podemos destacar son:

- Los tanques de crudo.
- Los tanques de agua de formación.
- Tanques de agua para incendios
- Los vessel o separadores de agua, gas y crudo.
- Esferas.
- Tambores, torres y ductos.
- Hornos y sumideros.

Los tanques de almacenamiento de crudo son de diferentes capacidades desde los 700 (bbls) hasta los 20000 (bbls), estos recipientes son espacios confinados de gran volumen de hasta 5565 m³, por consiguiente existe una gran variedad de peligros durante las actividades de mantenimiento que se realizan en el interior y exterior del mismo.

2.6.2. Definición de espacio confinado.

"Un espacio confinado es un recinto con aberturas limitadas de entrada y salida y con insuficiente ventilación natural donde se acumulan contaminantes tóxicos e inflamables y tienen una atmosfera deficiente de oxígeno no adecuada para las actividades de trabajo" (García, 2012, p.13). (Ver foto en anexo 4).

Según el Seguro General de Riesgos del Trabajo (2013) " previamente a la iniciación de los trabajos en el interior de tanques deberán ser eliminados los residuos combustibles y comprobados los niveles de explosividad, cantidad de oxígeno en la atmosfera y la ausencia



de sustancias tóxicas en concentraciones superiores a las permisibles". (p.79). Es importante mencionar los riesgos a los que están expuestos como sustancias tóxicas e inflamables, escasez de oxígeno y posturas incómodas de trabajo además en estos recintos existe amplificación del ruido debido a la transmisión de las vibraciones (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1988). "Es fundamental disponer de información sobre los trabajos en espacios confinados en la empresa mediante la elaboración de registro, verificación del historial de incidentes, accidentes o trabajos realizados en las plataformas con las mismas condiciones similares a las actuales" (García, 2012, p.14). Hay que tener en cuenta datos importantes tales como:

- Índice de accidente o incidentes.
- Resultado de evaluaciones ambientales
- Proximidad a las líneas de conducción de gas, eléctricas, etc.
- Posibilidad de inundaciones
- Posibles vertidos peligrosos
- Características del espacio confinado, su configuración en las entradas del mismo.
- Trabajadores calificados que puedan ser autorizados.

En un espacio confinado el oxígeno no debe ser inferior al 20.5%, si es menor se utilizara equipos respiratorios semiautónomos o autónomos (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene Industrial, 1988). Si es inferior a este porcentaje hay asfixia que se agrava conforme disminuye ese porcentaje. Si la concentración supera el 23.5% la atmosfera se sobrecalienta volviéndose inestable con posible riesgo de explosión (García, 2012).

Todos los espacios cerrados deben ser tratados como sospechosos debido a las atmosferas inseguras especialmente en los tanques de carga, cuarto de bombas, espacios muertos, tanques de agua dulce, en los cuales pueden existir vapores tóxicos, deficiencia de oxígeno o atmosfera combustible.

2.6.3. Aspectos importantes cuando se trabaja en espacios confinados.

Cuando se realiza un trabajo de mantenimiento en un espacio confinado es necesario un procedimiento que detalle las actividades a realizar y los puntos claves de seguridad en forma minuciosa, es vital el establecimiento de un permiso de trabajo y evitar el ingreso de personas no autorizadas hasta comprobar las condiciones del área de trabajo. Para ello es indispensable el uso de instrumentos de medición como explosímetros, medidores de oxígeno, medidores de monóxido de carbono, medidores de anhídrido sulfhídrico.



García (2012) si un espacio confinado ha permanecido cerrado por mucho tiempo es necesario extremar las precauciones debido a las acumulaciones o emanaciones bruscas que puedan suceder. Para ello debe existir una vigilancia permanente del interior y exterior y tomar en cuentas las siguientes medidas.

- Si hay una persona en el interior, la vigilancia exterior debe ser permanente.
- Debe existir un sistema de comunicación visual, acústico o radiofónico, etc., entre el interior y el exterior del espacio confinado.
- En el interior de galería y colectores el equipo de trabajo debe estar compuesto mínimo por dos personas.
- Establecer procedimientos de rescate de accidentados por el personal de vigilancia y equipos de rescate especializado.
- Realizar simulacros periódicamente.
- Tener disponible los números de teléfono de urgencias.
- Familiarizar al personal con el uso de medios de comunicación.
- Asistir a cursos de socorro y rescate.

2.6.4. Riesgos en espacios confinados

Según García (2012) entre los riesgos que se destacan son:

- Riesgos mecánicos como equipos que pueden ponerse en marcha intempestivamente, atrapamientos, choques y golpes.
- Riesgos de electrocución por contacto con partes metálicas.
- Caídas a distinto nivel y al mismo nivel.
- Caída de materiales, malas posturas.
- Ambiente físico abrasivo, ambiente caluroso o frío, ruido, vibración y fatiga.
- Falta de comunicación entre el interior y exterior.

Y hay que destacar los riesgos específicos que se desenvuelven en estos tipos de espacios como la asfixia, incendio o explosión e intoxicación.

Tabla 1. Relaciones entre las diferentes concentraciones de oxígeno y sus consecuencias

Concentración O ₂	Tiempo de exposición	Efectos fisiológicos
21%	Indefinido	Concentración normal de O ₂
19%	No definido	Elevación de volumen respiratorio
18%	No definido	Aceleración del ritmo respiratorio. Problemas de coordinación muscular
17%	No definido	Dificultad respiratoria. Riesgo de pérdida de conocimiento sin signo precursor.
14 a 16%	De segundos a minutos	Aumento respiratorio y cardiaco. Mala coordinación muscular. Fatiga. Limitaciones de capacidades físicas y psíquicas. Respiración intermitente.
11 a 13%	De segundos a minutos	Peligro de muerte. Pérdida de conocimiento. Sensación de calor en la cara y miembros.
6 a 10%	De segundos a minutos	Nauseas, vómitos, parálisis, pérdida de conciencia y muerte en pocos minutos
0%		Inconciencia en dos inhalaciones y muerte en pocos minutos

Es importante la medición de gases determinar qué tipo gases desplazan al oxígeno y determinar el tiempo de exposición y las medidas preventivas para evaluar los riesgos en el interior y exterior de estos recintos cerrados. Fuente: (García, 2012, p.28)

2.6.5. Medidas preventivas para trabajar en un espacio confinado

Según García (2012) durante las actividades de mantenimiento, inspección y construcción de estos espacios confinados se debe tener presente cinco aspectos básicos que son:

1. Medición y evaluación de la atmosfera interior
2. Aislamiento del espacio confinado frente a riesgos diversos.
3. Ventilación.
4. Vigilancia externa continúa.
5. Formación y adiestramientos.

De estos aspectos básicos hay que destacar la ventilación como fundamental para obtener una atmosfera libre de contaminantes, durante los trabajos de mantenimiento debe existir una renovación constante del flujo de aire de su ambiente interior (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1988) (Ver foto en anexo 5). Por lo general la ventilación natural no es suficiente por lo que se recurre a la ventilación forzada mediante flujos o caudales destinados a la renovación total de la atmosfera interior calculados en base al espacio, tipo de contaminante y del nivel de contaminación existente (García, 2012). Para el desarrollo de nuestras actividades se coloca un extractor en el techo y otro en la pared como se observa en el anexo anterior, generalizando así la extracción del polvo resultante del gritblasting y de los gases ocasionados por la pintura y reduciendo el calor en el interior de los tanques.



2.7. Procedimiento seguro de trabajo en tanques de almacenamiento de crudo.

2.7.1. Medidas antes del trabajo.

2.7.1.1. Preparación del personal.- Se designara trabajadores, ayudantes y supervisor para este trabajo y se realizara la charla de seguridad, todas las personas deben conocer el riesgo del trabajo y medidas a tomar.

2.7.1.2. Preparación del tanque.- Hay que tomar en cuenta las siguientes parámetros obligatorios.

- Aislamiento mecánico y eléctrico de todos los tubos que se conecten con el tanque.
- Equipos y herramientas anti chispa además del monitoreo permanente de gas durante todo el proceso se utilizara herramientas de bronce y equipos a prueba de explosión.
- Antes de iniciar un trabajo limpiar toda el área que no haya equipos o herramientas que no se utilicen.
- Garantizar un buen acceso para la evacuación del personal en caso de accidente.
- Se prohíbe el uso del celular, equipos eléctricos y otros que causen chispa.

2.7.1.3. Preparación del AST.- Como se dijo anteriormente se debe realizar un análisis seguro de tareas para identificación y evaluación de riesgos.

2.7.1.4. Preparación de equipos.- Se preparara el aire asistido suficiente para ingresar y un extintor cerca del tanque.

2.7.2. Medidas durante el trabajo

2.7.2.1 Responsabilidad de los trabajadores.- Los trabajadores deben estar preparados y capacitados para tomar responsabilidad en las siguientes actividades:

- Antes de iniciar el trabajo se debe conocer las actividades a desarrollar, identificar los riesgos y las medidas de seguridad a tomar.
- Utilizar equipos de protección para espacio confinado B, y con el permiso del supervisor puedan ingresar al tanque para su mantenimiento.
- Si no se tiene equipos de protección o no hay supervisor los trabajadores pueden rechazar el ingreso.
- El personal de mantenimiento tiene prohibido llevar objetos que causen chispa como celulares, cámaras, llaves, etc.
- Si durante las actividades no se puede respirar normalmente deben salir inmediatamente del tanque.



2.7.2.2. Medidas de seguridad.- La importancia de las siguientes medidas son obligatorias para todo el personal que ingrese a estos espacios confinados y son:

- Abrir permiso de trabajo Espacio confinado B. Y se utilizara aire asistido y máscaras.
- Realizar chequeo médico a cada trabajador que ingresa al tanque.
- Realizar monitoreo de gas antes y durante las actividades de mantenimiento
- Utilizar línea de vida y arnés.
- Registrar a todos los trabajadores y equipos que ingresen al tanque y luego de salir verificar el registro para evitar que herramientas se queden en el tanque.
- Tiempo máximo de permanencia en el interior del tanque durante la limpieza del crudo es de 30 minutos.

2.7.2.3. Responsabilidad del supervisor.- El supervisor es responsable de chequear las medidas de seguridad antes y durante el trabajo. Si no se cumplen todas las medidas él tiene derecho de no permitir iniciar el trabajo o suspenderlo y deberá verificar lo siguiente.

- Chequear las medidas indicadas en el permiso de trabajo.
- Chequear si el tanque está aislado.
- Chequear el venteo del tanque, si hay extractor y que funcione bien.
- Chequear acceso al tanque
- Chequear si se registran todas las herramientas que se lleven al tanque.
- Chequear si los cilindros de aire asistido y extintores están en buen estado.
- Garantizar la comunicación entre los trabajadores y el supervisor de trabajo.

2.7.2.4. Medidas de emergencia.- Si sucede algún incidente o accidente hay reportar inmediatamente al grupo líder de emergencia, proteger la escena del incidente o accidente para la investigación e información de contacto del grupo líder de emergencia.

2.8. Trabajos en altura.

En trabajos de mantenimiento de espacios confinados de plataformas petroleras especialmente tanques de almacenamiento de crudo cuyas dimensiones son considerables, los riesgos de caída son elevados dependiendo del tipo de andamio utilizado en el interior y exterior de los mismos. Es importante conocer la formación de la estructura del andamio para obtener rigidez, estabilidad y fuerza para soportar cargas importantes y que tipos de condiciones generales tenemos en estos recintos durante el mantenimiento. Cada tanque consta de escaleras fijas, escaleras manuales, plataformas y sobre todo andamios.



Los trabajos en altura solo se efectuaran con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando protección colectiva como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si esto no fuera posible se utilizara cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalente (Pascual, 2011).

La idea principal es dar a conocer a los trabajadores que cualquier caída es potencialmente peligrosa si esta se produce a más o menos 2 metros de altura y que las medidas de protección colectivas como individuales no son para prevenir sino para proteger y son de igual eficientes las dos para reducir el riesgo de caída (Pascual, 2011) .

2.8.1. Medidas de protección colectiva.

Según Pascual (2011) son medidas eficaces frente al riesgo de caída a distinto nivel y son:

- Barandillas con una altura de 90cm, rodapié, pasamano y una protección intermedia. Las barandillas deben ser sólidas y resistentes con una resistencia mínima entre 125 y 150kg.
- Plataformas transitables con resistencias entre 75 y 600kg/m² dependiendo de las cargas que manipule.
- Redes contra caídas de personal.

2.8.2. Ventajas de las medidas de protección colectiva.

- Adaptación del puesto de trabajo a la seguridad del trabajador.
- Amplia gamas de medidas de seguridad en beneficio del trabajador.
- Libertad de movimientos
- Protección contra caídas a muchos trabajadores al mismo tiempo y espacio

2.8.3. Ventajas de los equipos de protección individual.

- Acceso y permanencia segura en altura para diferentes actividades como trabajos eléctricos, telecomunicaciones, mantenimientos industriales, actividades en medios naturales, etc.
- Trabajar en forma segura en lugares remotos donde las medidas de protección colectiva no sean posibles.
- Afrontar con seguridad actividades de corta duración
- La facilidad en forma ágil y rápida de dar solución a una emergencia en forma segura.

2.9. Andamios.

En los trabajos de mantenimiento de tanques de almacenamiento de crudo es importante el manejo y uso de andamios tanto en su parte interior como exterior, al ser considerable la altura y su área de superficie el montaje de andamios debe ser minucioso para obtener una



estructura rígida, estable y segura capaz de soportar cargas considerables como materiales, equipos y personal. (Ver foto en anexo 7).

2.9.1. Definición de andamio

"Un andamio es un equipo de trabajo constituido por elementos y piezas de dimensiones, resistencias y características estandarizadas que se ensamblan formando una estructura de carácter provisional que se utiliza para acceder, trabajar y proteger al trabajador durante la ejecución de cualquier actividad temporal en altura que haya dado lugar a su instalación" (Pascual, 2011, p.113).

"Una de las características principales de los andamios es que al realizar el montaje correctamente se integran en el grupo de trabajo unas medidas de protección colectiva como barandillas, escaleras de mano y plataformas garantizando la protección de los trabajadores frente a los riesgos de caída" (Pascual, 2011, p.113). Por esta razón los andamios tienen que ser ensamblados con todas sus escaleras de acceso interior, barandillas, barras intermedias, rodapiés y tableros o plataformas de circulación permitiendo el desplazamiento seguro del personal alrededor del tanque en todas las direcciones.

2.9.2. Características de montaje de andamios.

Antes del montaje de los andamios en el interior y exterior del tanque de almacenamiento de crudo hay que tener en cuenta lo siguiente:

"La barra superior debe estar a 95 y 105cm de altura, la barra intermedia entre los 45 y 55cm de altura y el rodapié a 15cm. Si el andamio está montado sobre una de las paredes del tanque y si la distancia hasta esta es inferior a 20 cm no necesita barandillas en el lado de la pared. Si algunos de estos elementos llegara a faltar debemos complementar la seguridad con el uso de equipos de protección individual contra caídas"(Pascual, 2011, p.114).

La instalación del andamio requerirá formalización de una nota de cálculo y tener en cuenta lo siguiente:

- Numero de cuerpos de andamios que sea necesario instalar.
- Número máximo de trabajadores que al mismo tiempo pueden utilizarlo.
- El peso de materiales y herramientas que se prevean utilizarse.

Es importante contar con un plan de montaje, utilización y desmontaje de andamios siendo obligatorio para:

- Andamios en tanques de almacenamiento de crudo
- Andamios en tanques de almacenamiento de agua de formación y agua contra incendios



Además los andamios que requieran plan de montaje, utilización y desmontaje deberán ser inspeccionados antes, durante y después de su montaje por una persona con la formación que lo habilite para estas funciones (Pascual, 2011). Y que los andamios que no requieran plan de montaje, utilización y desmontaje deberán ser inspeccionados antes, durante y después de su montaje por una persona que tenga experiencia certificada de más de dos años por una empresa calificada (Pascual, 2011).

"Los instaladores de los andamios deberán utilizar equipos contra caídas durante el montaje es decir utilizaran guantes, botas, cascos, arnés anti caídas y conectar a las líneas de vida verticales, previamente instaladas en los tanques o en la estructura donde se instalara el andamio a través de puntos de anclaje sólidos y estables"(Pascual, 2011, p.115). El arnés debe anclarse en puntos sólidos y fijos que no sean del propio andamio al menos hasta que no esté correctamente anclado.

Al montar un andamio es recomendable establecer un perímetro de seguridad y una zona reservada para los acopios, leer instrucciones de ensamblado de las diversas partes y piezas del andamio y las recomendaciones de seguridad durante la instalación, método de anclaje, estabilización del conjunto, resistencia del andamio, cargas admisibles durante su uso, puntos de mantenimiento, control e inspección una vez acabado el montaje, inspección del terreno, organizar las piezas, organizar funciones del operario de montaje, organizar por secciones o línea, montar cada nivel con la totalidad de los elementos de protección, seguridad intrínseca (plataformas, barandillas, barras intermedias, y rodapiés) y extrínseca (anclaje y estabilizadores).

2.10. Escaleras manuales

El uso de las escaleras manuales durante las actividades de mantenimiento es complementario en el montaje de andamios y en trabajos en espacios confinados siendo necesaria una reglamentación en cuanto a su manejo e instalación. Las escaleras de mano igual que los andamios son considerados como equipos de trabajo en la ejecución de trabajos temporales en altura.

2.10.1. Definición de escalera manual

"Las escaleras manuales son equipos de trabajo que permiten al trabajador acceder a un lugar de trabajo en altura mediante el ascenso y descenso, y como realizar un trabajo en altura desde la misma" (Pascual, 2011, p.116).



2.10.2. Características de montaje de escaleras manuales.

Cada escalera debe estar dispuesta en el andamio de manera útil, eficiente y segura, para acceder a los distintos niveles desde la parte interior, exterior de la estructura así como el desplazamiento entre pisos de las estructuras.

Según (Pascual, 2011) para su uso se dispone de largueros y peldaños ensamblados, su estándar es: anchura interior mínima: 28cm., anchura exterior mínima: 34cm., altura mínima entre peldaños: 25cm., altura máxima entre peldaños: 30cm., carga estática vertical mínima 150kg.

El trabajador al usar este equipo de trabajo enfrenta una serie de riesgos específicos por ejemplo (Pascual, 2011):

- Golpes y atrapamientos
- Caída de objetos mientras se trabaja sobre la escalera.
- Choque eléctrico por contacto directo o indirecto por las cercanías de las líneas de contacto.
- Caídas a distinto nivel por desestabilización durante el uso debido a balanceos, desplazamientos, deslizamientos de pies, defectos de plegado, peldaños defectuosos, largueros rotos y defectuosos, desequilibrio del trabajador debido a postura forzadas, manipulación de objetos, usos por más de una persona, resbalones perdidas de apoyo.

2.11. Discusión y análisis de los procedimientos de trabajo seguro

Antes de realizar este estudio no existía ningún registro de los procedimientos de trabajo seguro por parte de la empresa China Petroleum. A partir de esta investigación se ha documentado y registrado cada una de las actividades que realiza el personal operativo y técnico para cumplir con la medidas preventivas indispensables en el desarrollo de los trabajos que a diario se ejecutan en las plataformas de producción. Es importante mencionar que no existía un proceso especialmente para el montaje y desmontaje de andamios como se describe en el capítulo 3 y por ser un trabajo peligroso por el levantamiento de cargas y por el trabajo en altura los análisis seguros de tareas debían ser llenados cuidadosamente analizando cada peligro que pudieren presentarse desde el inicio del montaje. Como resultado de estas actividades se ha obtenido personal operativo capacitado en la identificación de peligros y evaluación de riesgos y principalmente destreza en el llenado de los formatos para los permisos de trabajo y AST, gracias a las charlas diarias de seguridad se logró implantar estos procedimientos a todos los trabajadores.

Capítulo 3

Procedimientos para la realización de las actividades de mantenimiento en tanques de almacenamiento de crudo y descripción del ambiente térmico y sus variables

3.1. Componentes de un tanque de almacenamiento de crudo.

3.1.1. Vista de un corte frontal y superior de un tanque de almacenamiento de crudo.

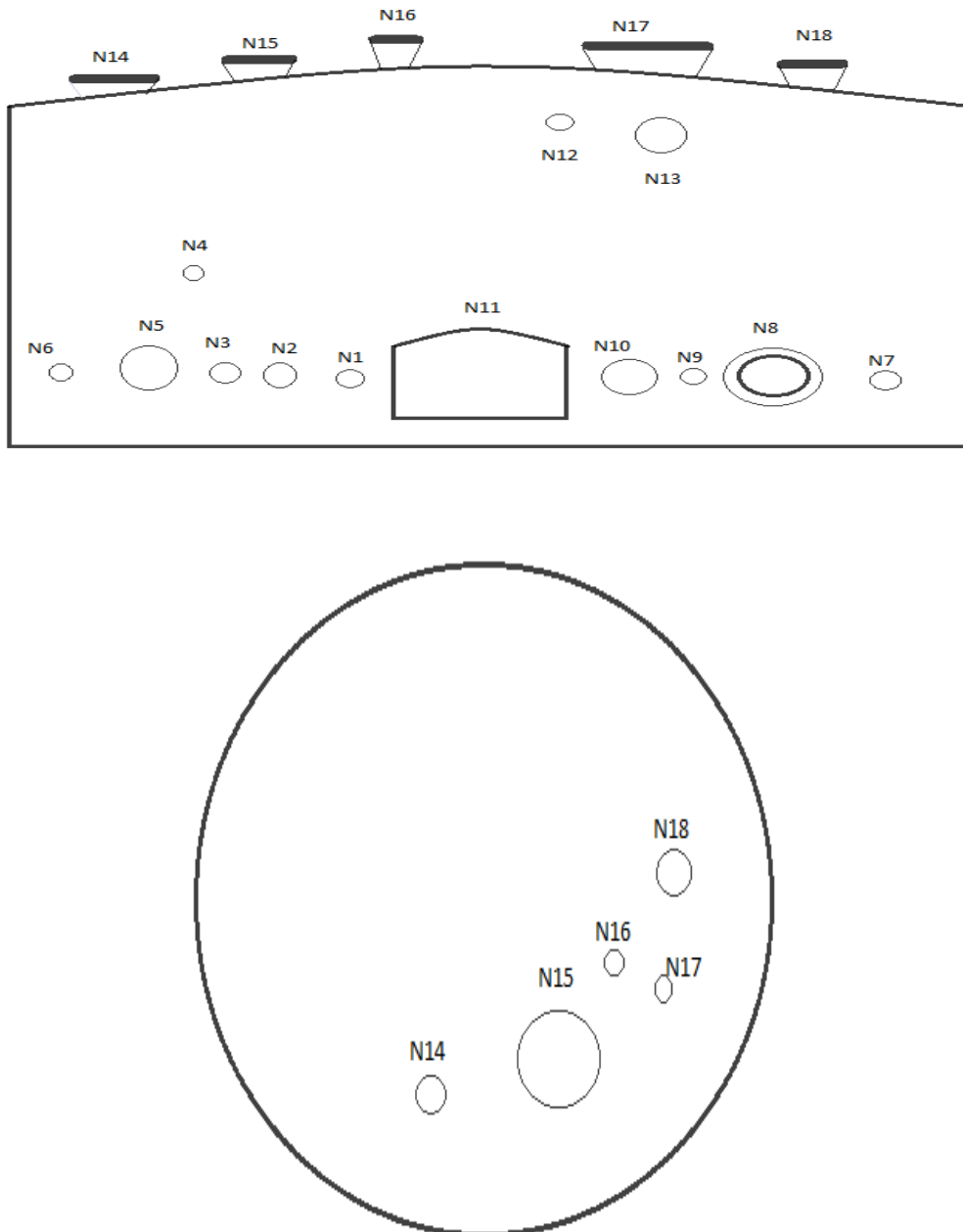


Figura 3. Vista frontal y superior de un tanque de almacenamiento de crudo

Elaborado por: Ing. Juan Arias
Fuente: (Andes Petroleum, 2014)



Un tanque de almacenamiento de crudo consta de los siguientes componentes:

- N1 representa el montaje de ciego en brida de 12"
- N2 representa el montaje de válvula en brida de 3".
- N3 representa el montaje de válvula bola en brida de 2"
- N4 representa el montaje de la válvula de 4".
- N5 representa el montaje de ciego en brida de 8"
- N6 representa el montaje de ciego en brida de 4"
- N7 representa el montaje de ciego en brida de 3"
- N8 representa el montaje de la válvula de 6"
- N9 representa el montaje de la válvula de 12".
- N9 representa el montaje de la tapa de 8".
- N10 representa el montaje del ciego de 6".
- N11 representa el montaje de la puerta de limpieza.
- N12 representa el montaje de la campana de gas de 16"
- N13 representa el montaje de la válvula de 10".
- N14 representa el montaje de la tapa de 8".
- N15 representa el montaje de la tapa de 12"
- N16 representa el montaje de la válvula de alivio"
- N17 representa el montaje del instrumento de radar de 4".
- N18 representa el montaje de la campana de gas de 16"

3.1.2. Diagrama de proceso de las actividades de mantenimiento que se realizan en un tanque de almacenamiento de crudo.

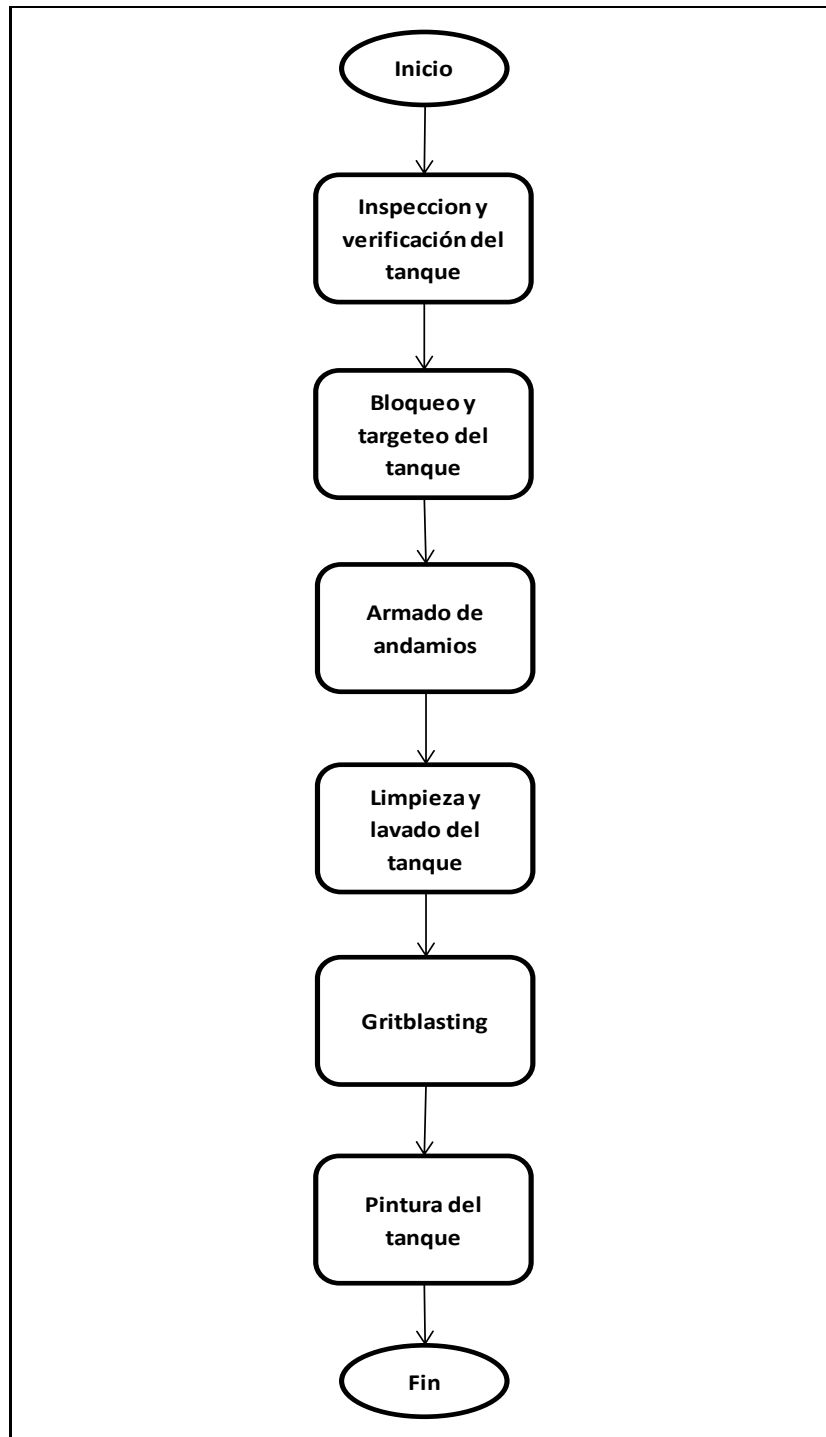


Figura 4. Diagrama de proceso para las actividades de mantenimiento de tanques de crudo
Realizado por: Ing. Juan Arias
Fuente: (PetroOriental, 2014)



3.1.3. Montaje y desmontaje de andamios.

Antes, durante y después de las actividades de mantenimiento en un tanque de almacenamiento de crudo, el montaje y desmontaje de andamios es una tarea que encierra muchos factores de riesgo durante el proceso de armado y que deben ser identificados y evaluados.

3.1.3.1. Montaje

- Colocar bases de madera o metal con piezas empotrables en el centro para que los parantes de los andamios se acoplen fácilmente y no se produzca hundimiento ni deslizamientos de los mismos. Estas bases se colocaran sobre la tierra alrededor del tanque sirviendo como estabilizadores, obteniendo firmeza y rigidez de la estructura (Ver foto en anexo 7).
- Empotrar parantes con travesaños mediante el acoplamiento de chavetas o dispositivos colocados a lo largo de estas piezas.
- Colocar tableros metálicos o tablones de madera para el desplazamiento del personal en el interior de la estructura.
- Colocar rodapiés en la estructura del andamio
- Colocar pasamanos en la estructura del andamio.
- Sujetar los tablones de madera o tableros metálicos con alambre de amarre para evitar que se desplacen o se volteen.
- Empotrar una escalera manual en el andamio con la disposición que cubra todo el alto de la estructura.
- Fijar la estructura con parantes inclinados y dispuestos alrededor del tanque de tal forma que no exista desplazamiento hacia el exterior.

3.1.3.2. Desmontaje.

Realizar el mismo procedimiento pero en sentido contrario al montaje, sin descuidar cada una de las actividades con respecto al punto anterior.

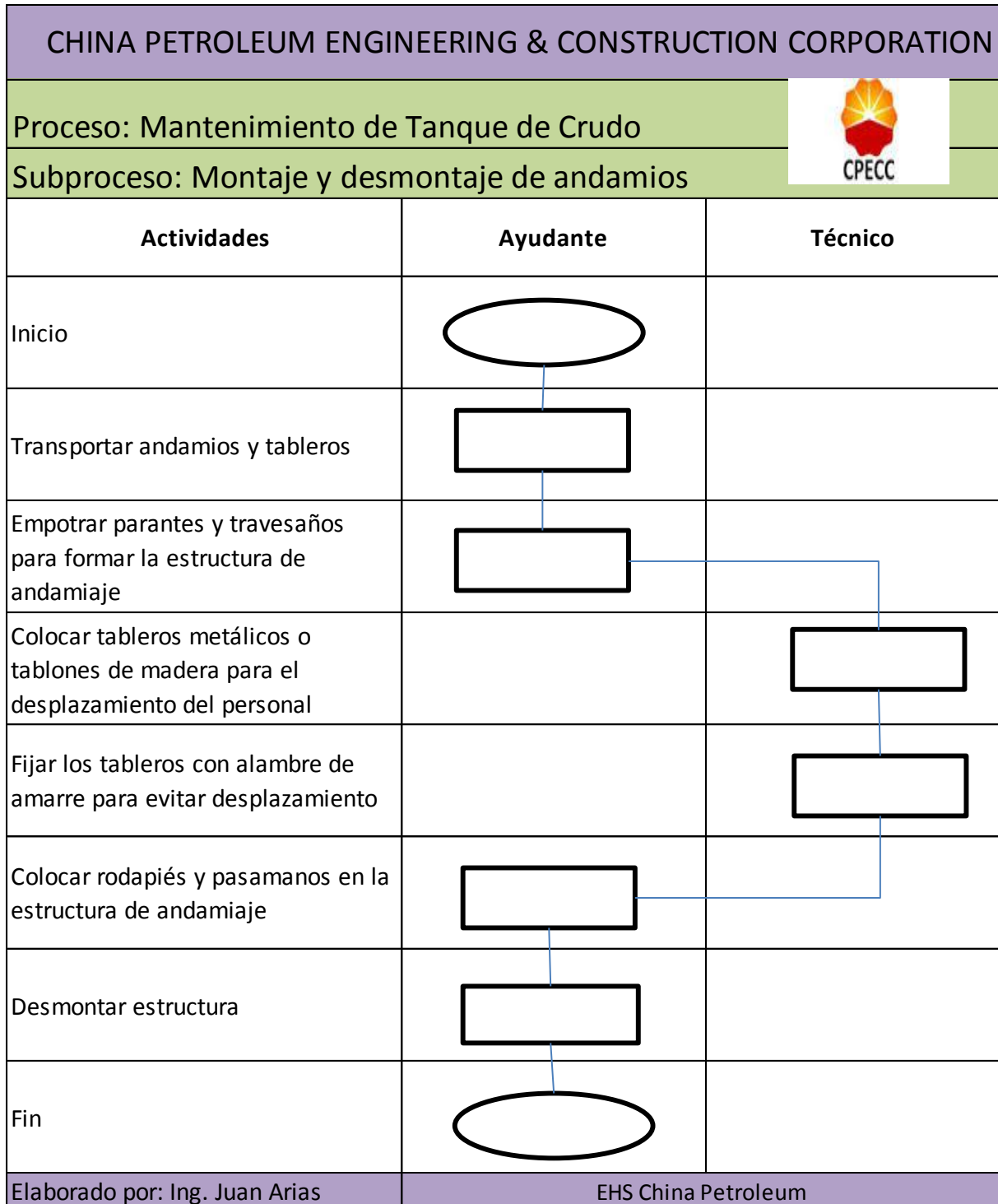


Figura 5. Diagrama de proceso de montaje y desmontaje de andamios

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)

3.2. Limpieza interior del tanque.

La importancia de este procedimiento es vital para reducir el nivel de riesgo durante las actividades de mantenimiento. Previo inicio a esta tarea se verifica el permiso de trabajo de ingreso a espacio confinado tipo B, el personal antes de su ingreso debe contar con un



chequeo médico realizado por el medico ocupacional de la empresa el cual evaluara la presión y pulso llevando un registro de entrada y salida de los trabajadores en este recinto, el listado se adjuntara al permiso de trabajo, además se realizara la charla de seguridad previo al trabajo y la señalización del área.

A continuación se describe los trabajos preliminares previos al procedimiento de limpieza.

- Verificar que el tanque se encuentre aislado mecánica y eléctricamente.
- Verificar que el tanque se encuentre completamente libre de gas.
- Disponer de un asistente para monitoreo constante y control de ingreso y salida de personal.
- Disponer de un lugar de descanso e hidratación para el personal que ingresa al tanque.
- Disponer del equipo de aire asistido para el ingreso al tanque.
- Implementar camineras de geo-membrana y cubrirla con paños absorbentes para evitar deslizamientos del personal y contaminación el área al salir del tanque.
- Instalar un cubeto provisional con geo-membrana para colocar accesorios y piezas que sean desalojados del interior del tanque.
- Ubicar junto al tanque un recipiente de agua, el equipo de lavado y herramientas para la realización de esta actividad.
- Señalizar el área y ubicar letreros
- Instalar un equipo contra incendios en el sitio, botiquín y equipo de aire asistido.
- Realizar chequeo médico diario del personal que ingresara a este recinto cerrado.

3.2.1. Preparación interna del tanque.

3.2.1.1. Colocación de aislamientos.

- Una vez identificado las válvulas se procederá a colocar los respectivos aislamientos y se verificara que el resto de aislamientos estén con sus respectivos candados y tarjetas de bloqueo.
- Inspeccionar con personal calificado de la plataforma que todos los aislamientos se encuentren aplicados correctamente para desmontar las válvulas y realizar el mantenimiento.

3.2.1.2. Ventilación del tanque.

- Una vez abierto el manhole y verificado que no exista fluido se procederá a realizar la ventilación forzada instalando un extractor de gases o una campana a prueba de explosiones, esto se realizara por un lapso de 24 horas.

- Encender el extractor para reducir la presencia de gases explosivos hasta que el área sea segura para el ingreso del personal.
- Realizar el monitoreo continuo de los gases en el área interna y externa del tanque con el operador de cada plataforma el cual lo registrara en los permisos de trabajo.

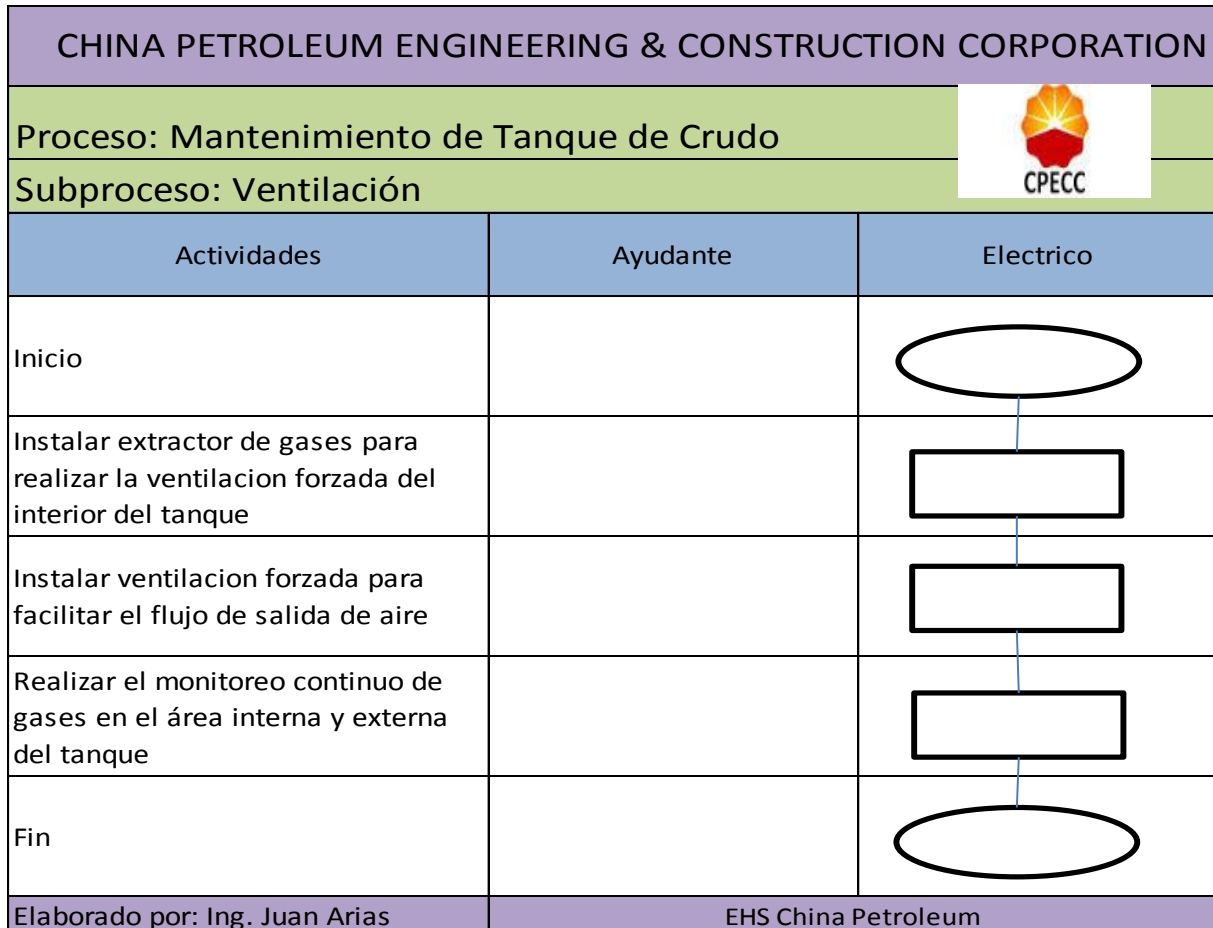


Figura 6. Diagrama de proceso de ventilación del tanque de almacenamiento de crudo

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)

3.2.2. Proceso de limpieza

- Solicitar y abrir un permiso de trabajo para espacio confinado tipo B, y realizar el monitoreo de gases con un explosímetro calibrado. (Ver foto en anexo 8)".
- Realizar la charla de seguridad de acuerdo a los peligros y riesgos que existen durante la limpieza interior del tanque.
- Verificar que equipo de aire asistido se encuentre en óptimas condiciones de operación e inspeccionar que los cilindros auxiliares se encuentren cargados de aire en caso de emergencia.



- Encender el extractor ubicado en la escotilla del techo del tanque y mantener una adecuada iluminación mediante el uso de lámparas anti-chispa.
- Realizar chequeo médico al personal antes de ingresar a las actividades de limpieza.
- El personal debe contar trajes tyvek, guantes nitrilo y el equipo de aire asistido.
- El personal que ingresa al espacio confinado deberá permanecer en su interior por un periodo de tiempo aún no determinado e inmediatamente salir a un espacio asignado para su descanso e hidratación y ventilación adecuada.
- Realizar la limpieza de las paredes, piso y techo del interior del tanque mediante chorro de agua de formación.
- Mantener una comunicación permanente con el personal del interior mediante la ubicación de una persona en el manhole, de igual manera una persona será asignada para controlar que el equipo de aire asistido suministre la cantidad de aire suficiente a los trabajadores
- En todo proceso de limpieza se asignara un Vacuum que nos dará soporte en la succión, transporte y descarga del remanente de sedimentos. (Ver foto en anexo 9).
- Remover los sedimentos desde la parte interna hacia la externa del tanque mediante la utilización de agua de formación, misma que es suministrada por un vacuum a una temperatura y presión que permitan disolver los sedimentos existente en el interior al mismo tiempo que los evacua hacia una cubeta temporal ubicado en la puerta de limpieza y cubierto con geo-membrana para impedir la contaminación de la plataforma y facilitar la succión de los sedimentos con el vacuum.
- En caso de tener cantidades menores de sedimentos estos serán dirigidos hacia el sumidero ubicado en el interior del tanque de donde se absorberán con el vacuum.
- Una vez retirado los sedimentos con agua de formación se procederá a inyectar agua dulce con desengrasante biodegradable a presión para remover los sólidos que estén más adheridos a las paredes y bases del tanque.

3.2.3. Lavado de accesorios y del tanque.

Una vez desmontado los accesorios se procederá al lavado de los mismos en el interior del tanque uno por uno para esto se procederá:

- Realizar una mezcla de desengrasante biodegradable en 10 partes de agua dependiendo la cantidad de sedimentos, la cual se rociara en los accesorios y las paredes del tanque dejando reaccionar aproximadamente unos 15 minutos antes de

proceder a la limpieza. Retirar los residuos sólidos adheridos de las esquinas de las paredes y de los accesorios utilizando espátulas, palas y brochas, estos residuos se colocaran en fundas plásticas y luego se depositaran en los tachos de residuos contaminados. (Ver foto en anexo 10).

- Una vez concluido la limpieza se cambiara el permiso de trabajo en espacio confinado tipo B al espacio confinado tipo A, previa autorización del departamento de seguridad siempre y cuando el monitoreo de gases observe un ambiente interno que cumpla con los requisitos en cuanto a niveles de oxígeno entre “19.5 % a 23.5 %” y explosividad “menor a 10%”, H₂S en 0% y CO en “0 ppm”.

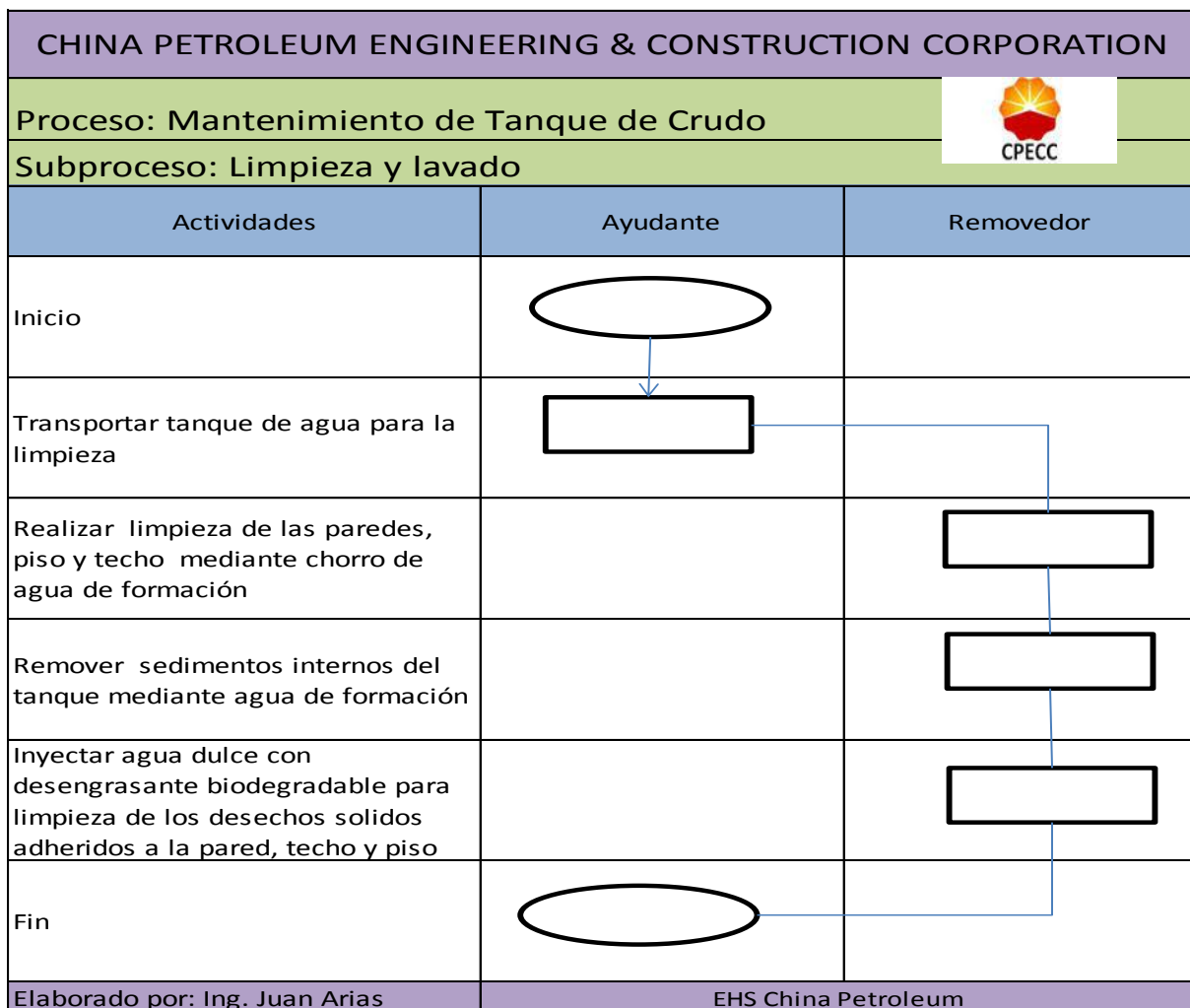


Figura 7. Diagrama de proceso de limpieza del tanque de almacenamiento de crudo
 Elaborado por: Ing. Juan Arias
 Fuente: (El autor, 2015)

3.2.4. Disposición final de los desechos.

- Coordinar con el departamento de medio ambiente en el envío de desechos salientes del tanque.



- Detallar en un formato el desecho enviado y la cantidad del mismo.
- Verificar que el medio de transporte (vacuum) sea seguro y el personal adecuado para la descarga.

3.2.5. Equipos.

- Camión grúa
- Vacuum.
- Hidro lavadora.
- Luminaria 120/220 monofásico anti-chispa
- Compresor de aire de 825 psi
- Recipientes plásticos.
- Equipo de aire asistido “SABA”.
- Palas.

3.2.6. Inspecciones y pruebas.

Para obtener una óptima calidad en la realización del lavado y limpieza interior del tanque se realizara y documentara todas las etapas del trabajo además de efectuar la prueba de inspección visual con luz negra (luz ultravioleta).

3.2.7. Seguridad industrial y medio ambiente para el proceso de lavado y limpieza.

- Se debe tener precauciones contra riesgos de incendio o explosiones.
- Se debe utilizar equipos de protección personal adecuada al trabajo
- Se debe hacer un análisis de todos los trabajos para minimizar los riesgos

3.2.8. Herramientas

- Herramientas de golpe anti-chispa
- Voltímetro
- Tinas para contaminados.
- Paños absorbentes.
- Candados de seguridad.
- Palas de plástico

3.2.9. Equipos de protección personal.

- Traje tyvek
- Casco de seguridad
- Gafas de seguridad.
- Guantes de pupos



- Guantes nitrilo.
- Arnés de seguridad
- Botas de caucho punta de acero
- Protectores auditivos
- Equipo de aire asistido.

3.3. Preparación externa del tanque

3.3.1. Superficie exterior del tanque.

- Inspeccionar el recubrimiento externo del tanque por un profesional “NACE” (Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión) calificado, el cual elaborara un reporte de la inspección para realizar el gritblasting o granallado de toda la superficie o de las áreas en mal estado.
- Eliminar el recubrimiento existente de la superficie mediante gritblasting o chorro abrasivo de granalla para alcanzar una superficie limpia eliminando residuos visuales, contaminantes, grasa, polvo, herrumbre, pintura antigua, suciedad y oxido, dejando un metal casi blanco en la superficie (Ver foto en anexo 11).
- Las operaciones de limpieza por chorro abrasivo no se realizaran sobre superficies húmedas o mojadas posteriores a la limpieza o cuando las condiciones ambientales no sean las óptimas por el óxido que causa antes de pintar.
- Sera de estricto cumplimiento que la temperatura de la superficie metálica este a 3 °C como mínimo por encima del punto de rocío y que la humedad relativa del aire sea menor al 85% antes de iniciar los trabajos de limpieza o según la hoja técnica del fabricante de pintura. Tratamiento y pintura de superficies metálicas (s, f). Disponible en: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn20.html>. Acceso en junio de 2015.
- La superficie limpiada con chorro abrasivo será inspeccionada para detectar que no exista restos de aceite, grasa o suciedad caso contrario se utilizara un solvente para eliminar tales vestigios de suciedad.
- La presión del chorro abrasivo para realizar el granallado será de 90 a 100 psi. Parámetros de granallado con aire a presión, (s,f). Disponible en: https://www.google.es/?gws_rd=ssl#q=presion+de+aire+para+granallado .Acceso en junio de 2015

- Se tomara muestras de rugosidad para determinar el perfil de anclaje como muestras de las partes granalladas.

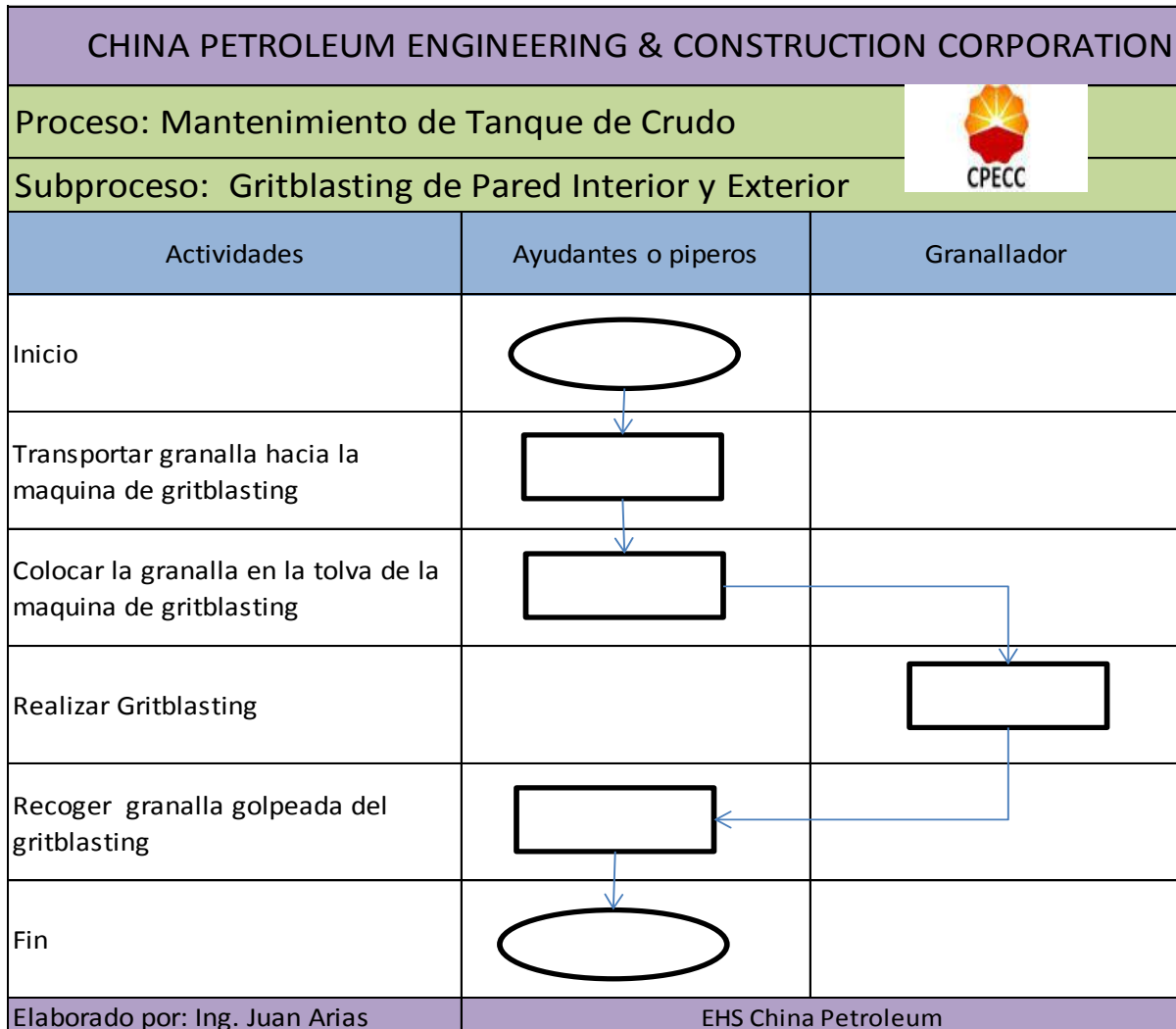


Figura 8. Diagrama de proceso de granallado de paredes interiores y exteriores del tanque de crudo

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)

3.3.2. Aplicación de recubrimiento (sistema tri-capa, interzinc 22, intergard 251, interthane 990).

- La superficie a ser pintada estará completamente limpia y seca, libre de polvo, aceite, grasa, agua u otro material extraño. Después de la limpieza se aplicara la primera capa de pintura en un tiempo que no exceda las 4 horas, en caso de que esto no sea practicable se realizara una ligera limpieza con chorro abrasivo antes de pintar.
- La pintura se aplicara siempre y cuando la superficie esté libre de rocío y la humedad ambiental sea menor a 85%. La superficie a ser pintada debe estar por lo menos a 3°C



por encima del punto de rocío de acuerdo a la hoja técnica del fabricante de la pintura y se realizara el mismo día en el que se efectuó la limpieza (Ver foto en anexo 12).

- La mezcla de pintura se realiza por medio de agitadores mecánicos.
- La aplicación de pintura se inspecciona utilizando una galga para medir el espesor de pintura húmeda con el fin llegar al espesor requerido.
- Limpiar la superficie de aplicación mediante soplado con aire seco eliminado todo residuo y polvo que permanezca en el metal.
- Preparar pintura en cantidades calculadas de acuerdo al avance del día basado en recomendaciones del fabricante.
- Se aplicara un sistema de recubrimiento tri-capa exterior de acuerdo a la especificación detallada a continuación.

Tabla 2. *Tipos de recubrimientos para exteriores del tanque de crudo*

Capa	Recubrimiento	Espesor
1	Intherzinc	2-3 mils
2	Intergard	4-6 mils
3	Interthane	2-3 mils

Capas de pintura para recubrimientos internos y externos de los tanques de almacenamiento

- Si existiera bajo espesor interior se preparara la superficie mediante limpieza y se aplicara otra capa de recubrimiento para obtener el espesor adecuado.
- Si existiera sobre espesor interiormente se bajara el espesor de la película mediante lijado hasta alcanzar el espesor recomendado.
- Una vez curado totalmente el recubrimiento se procederá a la medición de espesores del mismo para verificar que se encuentren dentro de los parámetros aceptables.
- Si existiere espesor bajo exterior se prepara la superficie mediante limpieza y se aplicara otra capa de recubrimiento para obtener el espesor adecuado.
- Verificar que el recubrimiento cubra todas las áreas de soldadura, bridas, ángulos y soporte de equipo.

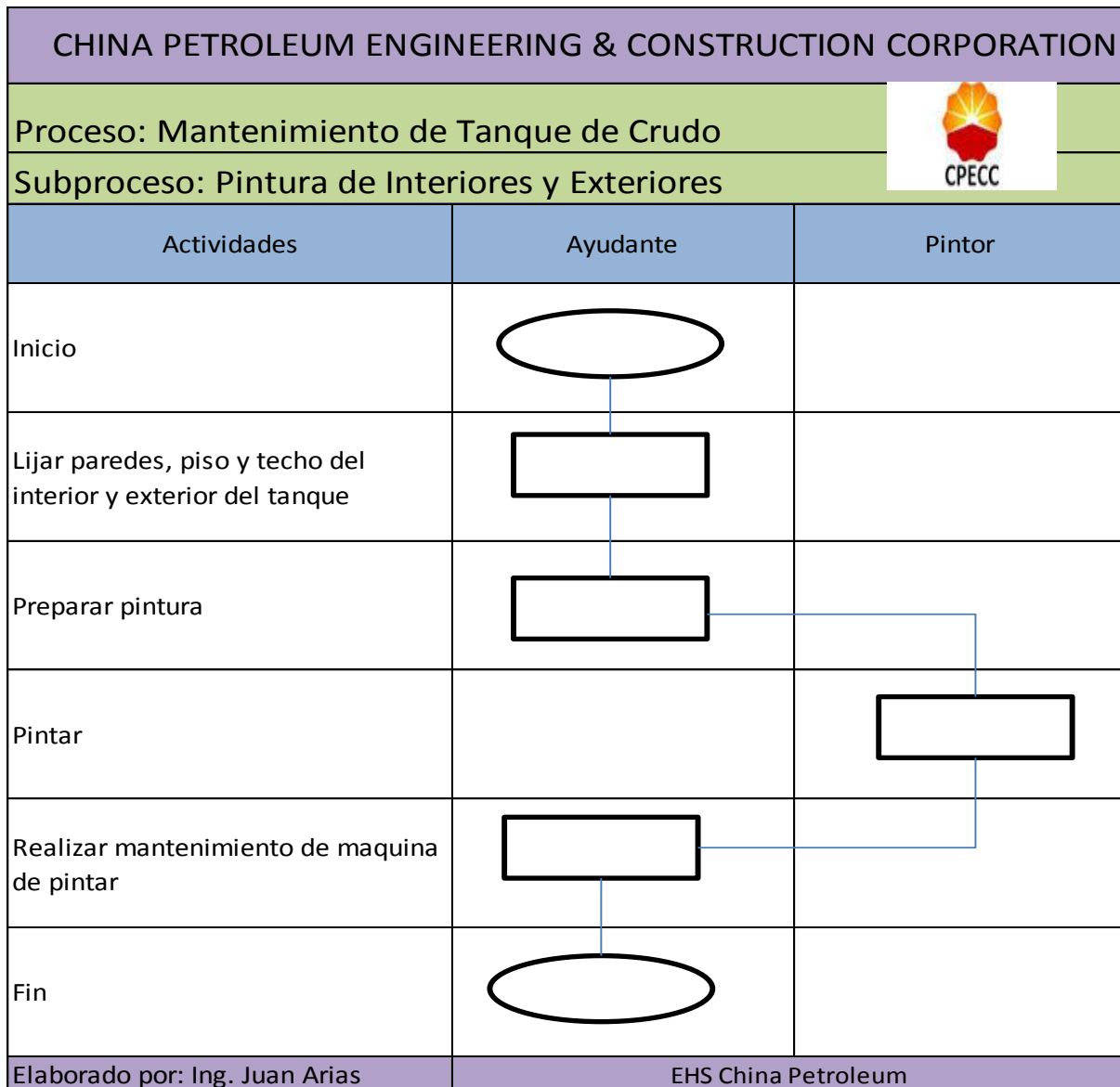


Figura 9. Diagrama de proceso de pintura de paredes interiores y exteriores del tanque de crudo

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)

3.3.3. Inspecciones y pruebas.

A fin de obtener una calidad óptima en la realización de las labores de limpieza, pintura o recubrimiento de los equipos y accesorios, se realizara y documentara las pruebas en todas las etapas del trabajo. Estas pruebas podrán ser presenciadas por inspectores de Andes Petroleum en caso de así requerirlo.

Se deberá realizar las siguientes inspecciones y pruebas.

- Inspección visual
- Medición de profundidad de anclaje
- Medición de película húmeda



- Revisión de la película seca
- Prueba interior de detección de holiday con detector de alto voltaje.
- Revisión de las condiciones ambientales durante la aplicación: temperatura de bulbo seco del aire, temperatura de bulbo húmedo y humedad relativa.
- Las superficies pintadas podrán ser rechazadas por los siguientes criterios:
 - Falta de espesor o sobre espesor al ser medidos en diferentes puntos.
 - Si presenta contaminación de arena, polvo, pelusas, etc.
 - Si presenta rayones en la superficie revestida.

3.3.4. Seguridad industrial y medio ambiente para el proceso de pintura.

- Antes y después del uso de la pintura se debe observar las hojas MSDS (Material Safety Data Sheet) de los recipientes de pintura.
- Evitar la inhalación de gases y el contacto con la piel y los ojos.
- Tomar precauciones contra riesgos de incendio o explosiones.
- Aplicar la pintura en áreas bien ventiladas.
- Utilizar equipos de protección personal para la aplicación de pintura como mascarillas, overoles, mascarillas anti gas y anti polvos, gafas, botas, guantes de goma.
- Utilizar esposas en mangueras de alta presión para evitar el efecto látigo en caso de rotura.
- Rotura del pulmón del compresor de aire, es importante que la válvula de seguridad este en correcto funcionamiento.
- Evitar el contacto con el chorro de granalla a alta presión para ello es importante determinar la ubicación del personal en caso que sea realizada por más de una persona.
- Evitar la inhalación de material particulado para ello se utiliza el equipo suplido de aire que suministra el compresor a través de un filtro de aceite en perfectas condiciones.
- Supervisar los trabajos en altura especialmente en los andamios que se encuentran en el interior y exterior del tanque.

3.3.5. Equipos y herramientas.

- Equipo de pintura airless para altos contenidos sólidos.
- Equipo de granallado tipo alimentación forzada con línea de aire, filtro de carbono y micas de reemplazo
- Tolva



- Mangueras
- Higrómetro digital
- Medidor de espesores de pintura
- Equipo de medición de perfil de anclaje
- Holiday de alto voltaje.

3.3.6. Equipos de protección personal.

- Casco de seguridad
- Gafas de seguridad
- Guantes nitrilo
- Arnés de seguridad
- Mascarilla anti polvos
- Mascarilla anti gas
- Botas punta de acero
- Traje tyvek para pintar.

3.4. Discusión y análisis de los procedimientos de las actividades de mantenimiento de los tanques de crudo.

Todos los procedimientos y diagramas de procesos realizados en este capítulo están registrados y documentados a partir de esta investigación por lo que no podemos realizar una comparación con algún estudio realizado en el mismo campo. Las actividades realizadas para el proceso de mantenimiento se han basado de acuerdo a los requerimientos de la empresa contratante en este caso Andes Petroleum, quien estuvo fiscalizando cada uno de los subprocesos realizados en los tanques de crudo y que servirán como referente para la realización de trabajos de mantenimiento en otros tanques o espacios confinados diferentes al realizado.

3.5. Ambiente térmico.

3.5.1. Características.

Los trabajadores que realizan las actividades de mantenimiento están expuestos a temperaturas elevadas que pueden ocasionar daños a la salud. Estos experimentan excesos de calor debido a la exposición de calor, humedad excesiva, ventilación dentro y fuera de los tanques de almacenamiento de crudo.



3.5.2. Estrés térmico

El estrés térmico es la presión que se ejerce sobre la persona al estar expuesto a temperaturas extremas y que, a igualdad de valores de temperatura, humedad y velocidad del aire presenta para cada persona una situación distinta dependiendo de la susceptibilidad y de su aclimatación (Cortez, 2007). Es decir no existe un equilibrio térmico entre el organismo, el medio ambiente y los factores que miden el estrés térmico como la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire, la radiación, la actividad metabólica y el tipo de ropa.

3.5.3. Consecuencias del estrés térmico.

Según González et al. (2008) las consecuencias del estrés térmico se dividen en:

3.5.3.1. Alteraciones cutáneas

Son las que afectan a la piel y las más importantes son:

- Erupción por calor.
- Quemaduras

3.5.3.2. Alteraciones sistémicas

Las más importantes son:

- Golpe de calor
- Agotamiento por calor
- Déficit salino.
- Erupción por calor.
- Sincope por calor.

De todas estas alteraciones el golpe de calor es la más importante y la más peligrosa.

3.5.3.3. Golpe de calor

El golpe de calor consiste en una excesiva acumulación de calor que se produce como consecuencia de una elevada carga de trabajo desarrollado en un ambiente térmico agresivo. Afecta a los trabajadores no aclimatados, obesos, mal capacitados, los que consumen alcohol, los que padecen trastornos cardiovasculares y personas de edad. Los síntomas son un rápido ascenso de la temperatura corporal que llega a superar los 41 °C al tiempo que desaparece la sudoración. La persona afectada puede tener convulsiones y perder la conciencia. El desenlace más probable suele ser la muerte. Es necesario reducir la temperatura corporal de la persona afectada humedeciéndola con agua fría una vez alcanzada la temperatura de 39 °C hay que interrumpir el proceso para evitar el shock; la temperatura continuara disminuyendo sola (Gonzalez, et al., 2008, p860).



3.5.3.4. Agotamiento por calor

Es una forma benigna de patología que remite rápidamente si se trata pronto siempre está acompañada por un aumento de la temperatura del cuerpo, dolor de cabeza, náuseas, vértigo, debilidad, sed y aturdimiento (Rojo, Alonso, Piñol, & Quintana, 2000).

3.5.3.5. Déficit salino

La continua pérdida de sal a través del sudor acompañada por una ingestión de agua sin una adecuada reposición salina produce calambres en todo el cuerpo (Rojo et al., 2000).

3.5.3.6. Erupción por calor

Se presenta en forma de pápulas rojas en áreas de la piel cubierta por la ropa y producen una sensación de picazón especialmente cuando se incrementa la sudoración. Se produce en la piel cubierta de sudor sin evaporar. Las pápulas pueden infectarse si no reciben tratamiento (Rojo et al., 2000).

3.5.3.7. Sincope por calor

La pérdida de conciencia o desmayo son signos de alarma de sobrecarga térmica. La permanencia de pie o inmóvil durante mucho tiempo en un ambiente caluroso con cambio rápido de postura puede producir una bajada de tensión con disminución de caudal sanguíneo que llega al cerebro. Normalmente se produce en trabajadores no aclimatados al principio de la exposición al calor.

3.6. Definición de las variables del ambiente térmico.

Antes de empezar el análisis de las lecturas tomadas hay que identificar los parámetros que intervienen en el área de trabajo entre los que podemos mencionar:

- Velocidad del aire
- Temperatura del aire
- Humedad relativa
- Índice de calor térmico
- Temperatura del globo
- Temperatura radiante media
- Temperatura de bulbo húmedo de aspiración natural (N.W.B)
- Índice de temperatura de bulbo y globo húmedo (W.B.G.T)
- Límite de trabajo térmico
- Temperatura de rocío
- Punto de evaporación



- Presión barométrica

3.6.1. Velocidad del aire

El aire como envoltura gaseosa de la Tierra no es una masa de gases en reposo, sino que constituye una delgada capa fluida y turbulenta removiéndose con intensidad variable debida a grandes contrastes térmicos. Al desplazamiento masivo de grandes porciones de aire con una cierta velocidad y dirección común se le llama Viento. Definición de Velocidad del Aire. (s f). Disponible en: <http://www.solerpalau.es/es-es/hojas-tecnicas-velocidad-del-aire>. Acceso en junio de 2015. (Ver foto en anexo 13). Su magnitud es importante en el intercambio térmico entre el hombre y el ambiente por su influencia en la transferencia térmica por convección y evaporación (Rojo et al., 2000).

3.6.2. Temperatura del aire seca

La temperatura del aire seca es la temperatura del aire medida por un termómetro en grados centígrados o en grados kelvin y también se conoce como temperatura de bulbo seco (Rojo et al., 2000).

3.6.3. Humedad Relativa

La cantidad de vapor de agua contenida en el aire en cualquier momento determinado es menor que el necesario para saturar el aire. La humedad relativa es el porcentaje de la humedad de saturación que se calcula normalmente en relación con la densidad de vapor de saturación. Es decir es la cantidad de humedad en el aire comparado con la que el aire puede mantener a esa temperatura. Cuando el aire no puede mantener toda la humedad entonces se condensa como rocío. Humedad relativa, (s, f). En HyperPhysics. Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/kinetic/relhum.html>. Acceso en junio de 2015. (Ver foto en anexo 14).

3.6.4. Índice de calor térmico.

El índice de calor es la combinación de la temperatura del aire y la humedad expresado en grados centígrados o Fahrenheit e indica el nivel del calor que se siente cuando la humedad relativa se suma a la temperatura real. Para su cálculo se utiliza la temperatura real y nos da como resultado una temperatura aparente. Índice de calor térmico, (s.). En Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-13/Indice-de-calor.pdf/view>: Acceso en junio de 2015.



3.6.5. Temperatura del globo

La temperatura de globo se obtiene mediante un termómetro cuyo bulbo se encuentra dentro de una esfera de cobre de espesor fino, pintada de color negro humo para minimizar la absorción de radiación infrarroja. Este valor es un balance entre el calor ganado o perdido por radiación y el calor ganado o perdido por convección. La temperatura del globo es aquella en la que se logra el equilibrio entre las pérdidas y ganancias de calor. Si la velocidad del aire es reducida la temperatura de globo tiende a ser similar a la temperatura radiante media. Temperatura del globo, (s.f). En Sol-Arq: Disponible en: <http://www.sol-arq.com/index.php/factores-ambientales/temperatura>. Acceso en junio de 2015.

3.6.6. Temperatura radiante media

La temperatura radiante media representa el calor emitido por radiación por los elementos del entorno, especialmente en espacios interiores y se define como la temperatura radiante uniforme de un recinto negro ideal que produciría en las personas las mismas pérdidas o ganancias de calor que el recinto real. El termino media indica el promedio de calor radiante emitido por todas las superficies del recinto donde se trabaja y su valor se establece a partir de las superficies interiores del recinto y de los factores de ángulo entre el punto de medición y dichas superficies. En la práctica se puede medir de manera indirecta a partir de la temperatura de bulbo seco, la temperatura de globo y la velocidad relativa del aire. Temperatura radiante media, (s.f). En Sol-Arq. Disponible en: <http://www.sol-arq.com/index.php/factores-ambientales/temperatura>: Acceso en junio de 2015. (Estres termico: Indice de sudoracion requerida)

3.6.7. Temperatura de bulbo húmedo de aspiración natural

La temperatura de bulbo húmedo o temperatura húmeda es una forma de medir el calor en un sistema en el que interactúan un gas y un vapor es decir aire y vapor de agua dicho de otra forma es un valor de temperatura que toma en cuenta el efecto de la humedad ambiental y el potencial de evaporación. La temperatura de bulbo húmedo se mide mediante un termómetro normal ubicado a la sombra, pero con su bulbo envuelto en algodón y sumergida en un recipiente con agua. Con un ventilador se lo expone a un flujo de aire de 3 m/s provocando que el agua ascienda por capilaridad a lo largo de la mecha de algodón y se evapore con facilidad. Los procesos de evaporación generan absorción del calor haciendo que el bulbo se enfríe lentamente. La temperatura del bulbo desciende hasta que el aire que lo envuelve se satura por completo. Se obtiene entonces en el termómetro un valor



que representa la temperatura de bulbo húmedo. Temperatura de bulbo húmedo de aspiración natural, (s.f). En Sol-Arq. Disponible en: <http://www.sol-arq.com/index.php/factores-ambientales/temperatura> : Acceso en junio de 2015.

3.6.8. Índice de temperatura de bulbo y globo húmedo (W.B.G.T)

Los trabajadores expuestos a estrés por calor experimentaran los efectos y consecuencias a partir de los 38 °C y como no es factible medir su temperatura interna para determinar el riesgo por calor recurrimos a las variables ambientales como la temperatura húmeda, seca y de globo para determinar si hay disconfort o riesgo de estrés térmico. (Gonzalez et al., 2008, p.867)

3.6.9. Límite de trabajo térmico.

El límite de trabajo térmico mide las condiciones ambientales incluyendo la radiación térmica que permita predecir los límites de trabajo para todas las personas expuestas al estrés por calor. Además es importante destacar los diferentes atributos de los atuendos de trabajo para aislar el cuerpo del ambiente y no permitir que el vapor de agua pase a través de la ropa.

3.6.10. Temperatura de rocío.

Si se enfría gradualmente el aire mientras mantenemos constante el contenido de humedad relativa se incrementara hasta llegar al 100%. Esta temperatura a la cual el contenido de humedad en el aire saturara el aire lo llamamos punto de rocío. Si el aire se enfría aún más, parte de la humedad se condensara. Es decir cuando el aire alcanza la saturación decimos que estamos alcanzando el punto de rocío. Temperatura de rocío, (s.f). En HyperPhysics. Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/kinetic/relhum.html>: Acceso en junio de 2015.

3.6.11. Punto de evaporación

Con respecto al sudor hay que indicar que durante su evaporación se elimina más del 20% del calor de nuestro cuerpo dado que el agua posee un calor específico alto y la energía que requiere para evaporarse le resta de nuestro organismo disminuyendo la temperatura. Es decir que para eliminar 1gr de sudor se necesita de 0.58 kcal que se obtiene de la piel haciendo que se enfríe afectando la temperatura del cuerpo. Cuando un flujo de aire seco reemplaza al húmedo hay un incremento en la evaporación. Punto de evaporación, (s.f). En Definición: Disponible en: <http://definicion.de/evaporacion/>: Acceso en junio de 2015.

3.7. Factores individuales de riesgo.

Entre estos factores se encuentran:

- La edad



- La obesidad
- La hidratación
- El consumo de medicamentos
- Bebidas alcohólicas
- El género y la aclimatación.

3.7.1. La edad.

Hay que tener presente que una persona de edad que tenga un buen sistema cardiovascular, respiratorio y de sudoración el riesgo de sufrir las consecuencias del estrés térmico se reducen notablemente, sin embargo la mayoría de personas de edad avanzada son susceptibles a problemas circulatorios debido a la capacidad reducida de mantener la hidratación y con mayor riesgo de padecer los efectos del estrés térmico. La edad, (s.f). En Nota Técnica de Prevención NTP-922: Disponible en: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/.../922w.pdf: Acceso en junio de 2015.

3.7.2. Obesidad

Una persona con sobrepeso tiene desventajas en una situación de estrés térmico debido al incremento del aislamiento térmico que sufre el cuerpo debido a las deficiencias del sistema cardiovascular y la baja condición física. De igual manera hay excepciones que son individuales de cada persona a la hora de evaluar el riesgo de exposición al estrés térmico. Obesidad, (s.f). En Nota Técnica de Prevención NTP-922: Disponible en: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/.../922w.pdf: Acceso en junio de 2015.

3.7.3. Hidratación

La pérdida de agua del cuerpo a través de la piel, la respiración y principalmente mediante la sudoración aumenta el riesgo de estrés térmico para lo cual la rehidratación bebiendo agua es efectiva y rápida. Es importante la rehidratación adecuada pero hay que tener presente que la sensación de sed no es proporcional a la pérdida de agua. Hidratación, (s.f). En Nota Técnica de Prevención NTP-922: Disponible en: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/.../922w.pdf : Acceso en junio de 2016.

3.7.4. El consumo de medicamentos y bebidas alcohólicas

Hay medicamentos que pueden inhibir la sudoración especialmente en personas de edad avanzada, algunos de ellos pueden afectar la sensación de sed y otros afectan la



termorregulación de cuerpo incrementando el calor metabólico y reduciendo la distribución del calor condicionando la circulación periférica.

El consumo de alcohol produce vasodilatación periférica y diuresis, que afectan a la respuesta del cuerpo al estrés térmico. Las bajas dosis de alcohol reducen la capacidad de termorregulación, incluyendo los reflejos vasomotores y la sudoración, aumentando la probabilidad de una reducción de tensión durante la exposición. El consumo de medicamentos y bebidas alcohólicas, (s.f). En Nota Técnica de Prevención NTP-922: Disponible en: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/.../922w.pdf: Acceso en junio de 2015.

3.7.5. Genero

Es difícil demostrar las diferencias en la respuesta al estrés térmico entre hombres y mujeres, debido a que la respuesta al calor puede estar enmascarada por la condición física y el nivel de aclimatación. Existen estudios en los que se ha observado infertilidad temporal para hombres y mujeres cuando la temperatura interna alcanza los 38 °C. También se ha observado que durante el primer trimestre de embarazo existe riesgo de malformación en el feto cuando la temperatura interna de la madre excede los 39 °C en un periodo prolongado. Genero, (s.f). En Nota Técnica de Prevención NTP-922: Disponible en: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/.../922w.pdf: Acceso en junio de 2015.

3.7.6. Aclimatación.

La aclimatación es específica para unas determinadas condiciones ambientales y de ropa, por lo que no se garantiza la respuesta cuando se cambian dichas condiciones. Aunque la aclimatación se produce rápidamente durante el periodo de exposición al calor, también se pierde muy rápidamente cuando se interrumpe la exposición una o dos semanas sin exposición requieren de 4 a 7 días para volver a recuperar la aclimatación. Los beneficios de la aclimatación consisten en mejorar la efectividad y la eficiencia del sistema de distribución y pérdida de calor, mejorar el confort en la exposición al calor y dificultar la aparición de sobrecarga térmica. Aclimatación, (s.f). En Nota Técnica de Prevención NTP-922: Disponible en: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/.../922w.pdf: Acceso en junio de 2015.

3.8. Datos personales de los trabajadores

Tabla 3. *Datos generales del personal que labora en las actividades de mantenimiento de tanques de crudo*



Características personales						
Apellidos y Nombres	# Cedula	Cargo	Cuidad	Peso	Estatura	Edad
				Kg	cm	años
Aveiga Franco Edgar Arsenio	1310325772	Ayudante	Pedernales	72,50	164,00	30,00
Baylon Sornosa Jose Alfredo	1308998242	Granallador	San Isidro	90,90	170,00	39,00
Bermello Intriago Adolfo Dimax	1307707222	Granallador	Quito	68,80	170,00	37,00
Briones Barre Geoverti Ivan	1311037616	Ayudante	Junin	68,80	165,00	30,00
Carranza Sacon Darwin Andres	1311100356	Ayudante	Daule	64,60	165,00	25,00
Galavarría Muñoz Cristo Euripe	1306076215	Ayudante	Shushufindi	68,20	160,00	43,00
Ganchozo Parraga Ronny Adrian	1311037616	Pipero	Quevedo	100,40	180,00	19,00
Pozo García Irlton Kevin	2101145494	Ayudante	Lago Agrio	72,30	165,00	20,00
Romero Zambrano Jose Fernando	1716855828	Ayudante	El Carmen	81,90	168,00	35,00
Sanchez Cabrera Edy Gerardo	1315945517	Ayudante	Shushufindi	80,90	160,00	22,00
Vega Coronel Luis Medardo	0202183703	Ayudante	Caluma	73,30	166,00	25,00
Vega Coronel Wilson Rigoberto	1726407883	Ayudante	Caluma	79,90	180,00	22,00
Vera Bermello Jose Alfredo	1309692679	Pintor	Quito	71,50	165,00	37,00

Nómina del personal que realiza las actividades de mantenimiento de los tanques de crudo

Realizado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)

"Nómina de personal que labora en el tanque (Ver foto en anexo 15)" y "Listado de personal durante la entrega del permiso de trabajo y la asistencia a la charla de seguridad (Ver foto en anexo 16)"

3.9. Características del área de trabajo.

El área de trabajo son tanques de crudo con capacidad de 5565 m³ de almacenamiento, que encuentran en diferentes plataformas petroleras. Cada tanque posee un diámetro 20 metros y una altura de 18 metros son recintos cerrados dentro de los cuales existen gases peligrosos especialmente monóxido de carbono (CO₂) y sulfuro de hidrogeno (H₂S), las paredes de estos recintos son de láminas de acero recubiertas con pintura resistentes al ambiente abrasivo y a los productos que se almacenan.

3.10. Equipo de medición de las variables ambientales.

Durante la recolección de datos se utilizó un medidor de estrés térmico marca Kestrel 4400 con número de serie 653740 fabricado en Estados Unidos y un higrómetro marca elcometer-319 fabricado en Inglaterra. (Ver foto en anexo 17).

El medidor kestrel 4400 nos da las siguientes lecturas

- Fecha y hora de la lectura
- Velocidad del aire
- Temperatura del aire
- Humedad relativa
- Índice de calor térmico



- Temperatura del globo
- Temperatura radiante media
- Temperatura de bulbo húmedo de aspiración natural (N.W.B)
- Índice de temperatura de bulbo y globo húmedo (W.B.G.T)
- Límite de trabajo térmico
- Temperatura de rocío
- Punto de evaporación
- Presión barométrica

Y el higrómetro marca elcometer 319 nos da las siguientes lecturas

- Humedad relativa
- Temperatura del aire
- Temperatura de superficie
- Temperatura de punto de rocío
- Diferencia entre la temperatura de superficie y la de rocío
- Temperatura de bulbo húmedo y seco.

3.11. Procedimiento para la recolección de datos

La recolección de datos de las variables del ambiente térmico se lo realizara en cinco días a intervalos de una hora aproximadamente cada medición, los mismos que se realizaran en el interior y exterior de un tanque de crudo. La posición del medidor kestrel 4400 se encontrara a la altura de la cintura en el interior del tanque o colocado en un pedestal en el exterior. Para determinar el peso de cada trabajador se utilizara una balanza camry modelo EB9300 y para el control de la temperatura se utilizara un termómetro Temple Touch de la (American Diagnostic Corporation). Las lecturas de los medidores serán registrados en hojas de papel en blanco o cuadriculado debido a la restricción de las compañías a elaborar formatos distintos de las autorizadas por ellos.



Capítulo 4

Identificación de peligros, evaluación de riesgos, determinación del consumo metabólico y evaluación del estrés térmico en actividades de mantenimiento de tanques de crudo

4.1. Identificación de peligros y enfermedades profesionales

4.1.1. Identificación de peligros

La identificación de peligros es el proceso mediante el cual se conoce la existencia de un peligro y se definen sus características. "Se define el peligro como aquella situación que tiene capacidad para generar lesiones en los trabajadores, daños materiales o daños al medio ambiente" (González, 2013, pag.1378).

Las situaciones de peligro en el lugar de trabajo pueden dar a lugar a daños en los trabajadores cuando estos peligros se materializan. Los daños derivados de unas condiciones de trabajo defectuosas se pueden clasificar como sigue:

- Lesiones producidas por los accidentes de trabajo
- Enfermedades profesionales
- Fatiga e insatisfacción

Las lesiones causadas por los accidentes de trabajo se producen en forma inmediata y son el resultado de una alteración imprevista y no deseada que afecta a la salud del trabajador (González, 2013).

Los accidentes de trabajo se pueden describir en relación con:

- El agente con el material causante del daño.
- La forma en que se produce.

En cuanto al agente causante del daño, los peligros pueden tener su origen en:

1. Lugares de trabajo.
2. Maquinas.
3. Herramientas manuales.
4. Instalación eléctrica.
5. Aparatos a presión.
6. Instalaciones de gases.
7. Aparatos y equipos de elevación.
8. Vehículos de transporte.
9. Incendios.
10. Manejos de sustancias químicas.

En cuanto a la forma en que se producen los accidentes se pueden clasificar como sigue:



-
- Caída de personas a distinto nivel.
 - Caída de personas al mismo nivel.
 - Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.
 - Caídas de objetos en manipulación.
 - Caídas de objetos desprendidos
 - Pisadas sobre objetos.
 - Choque contra objetos inmóviles.
 - Choque contra objetos móviles.
 - Golpes por objetos y herramientas.
 - Proyección de objetos y partículas.
 - Atrapamiento por o entre objetos.
 - Atrapamiento por vuelco de máquinas, tractores o vehículos.
 - Sobreesfuerzos.
 - Exposición a temperaturas ambientales extremas.
 - Contactos térmicos.
 - Exposición a contactos eléctricos.
 - Exposición a sustancias nocivas.
 - Contactos a sustancias causticas o corrosivas.
 - Exposición a radiaciones.
 - Explosiones.
 - Incendios.
 - Accidentes causados por seres vivos.
 - Atropellos o golpes por vehículos.

4.1.2. Identificación de enfermedades profesionales

"La identificación de enfermedades profesionales son el resultado de un deterioro lento y paulatino de la salud por lo que los efectos sobre esta pueden aparecer después de varios años de exposición a los contaminantes presentes en el puesto de trabajo" (González, 2013, pag.1380).

Los contaminantes ambientales se clasifican en:

1. Ruido.
2. Vibraciones.
3. Ambiente térmico (estrés térmico).



- 4. Radiaciones ionizantes.
- 5. Radiaciones no ionizantes.
- 6. Contaminantes químicos.
- 7. Contaminantes biológicos

"La fatiga es el resultado de una carga de trabajo excesiva pudiendo ser física o mental. La fatiga física se relaciona con las condiciones en que se realiza el trabajo y la capacidad física del trabajador. La fatiga mental depende de las exigencias de la tarea y la capacidad intelectual del trabajador" (González, 2013, pag.1380).

Los peligros relacionados con la fatiga e insatisfacción pueden tener su origen en:

- 1. Ventilación y climatización.
- 2. Iluminación.
- 3. Carga física.
- 4. Carga mental.
- 5. Organización en el trabajo.

4.1.3. Listas de chequeo.

Según González (2013) las listas de chequeo están formadas por un conjunto de preguntas orientadas a verificar el grado de cumplimiento de las normas establecidas. Mediante esta listas se puede encontrar anomalías en las instalaciones, máquinas y en el proceso productivo. Las listas de chequeo deben ser preparadas por técnicos expertos en el análisis de riesgos con amplios conocimientos en máquinas, instalaciones, y procesos que se han de analizar. Una lista de chequeo bien realizada permitirá el análisis preciso y completo de todo lo observado en la organización.

Tabla 4. Ejemplo de lista de chequeo

LISTA DE CHEQUEO			
#	FACTOR DE RIESGO: lugares de trabajo	SI	NO
1	¿Dispone de hojas MSDS?		
2	¿Dispone de medidores de gases?		
3	¿Estan señalizadas las areas de entrada y salida del tanque de crudo?		
4	¿Estan colocados los rodapiés en los andamios?		
5	¿Los arneses tienen certificación NIOSH?		
6	¿Los tanques de combustibles poseen rombo de seguridad?		
7	¿Existe ventilación artificial en el interior del tanque de crudo?		
8	¿Los vehículos de carga poseen extintores de 20 libras?		

Lista de chequeo para realizar la pintura de un tanque de almacenamiento de crudo



4.2. Evaluación de riesgos.

4.2.1. Definición y objetivo.

Se entiende por evaluación de riesgos al proceso de valoración del riesgo que entraña para la salud y seguridad de los trabajadores la posibilidad de que se verifique un determinado peligro en el lugar de trabajo.

Según González (2013) la evaluación de riesgos laborales es el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no se han podido evitar, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y su adaptación.

Y su objetivo principal es garantizar la seguridad y protección de la salud de los trabajadores mediante las siguientes medidas.

- Prevención de los riesgos laborales.
- Información a los trabajadores.
- Formación a los trabajadores.
- Organización y medios para poner en práctica las medidas necesarias.

La acción preventiva en la empresa se planificara a partir de una evaluación inicial de los riesgos teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad a los que estén expuestos a riesgos especiales, de igual manera se evaluara los equipos de trabajo, las sustancias químicas y el acondicionamiento del puesto de trabajo (González, 2013).

Con la evaluación de riesgos se consigue:

- Identificar los peligros existentes en el lugar de trabajo y evaluar los riesgos a fin de determinar las medidas para proteger la seguridad y salud de los trabajadores.
- Adoptar una adecuada elección de los equipos de trabajo, de las sustancias químicas y el acondicionamiento del lugar de trabajo y su organización.
- Demostrar a la administración laboral, trabajadores y sus representantes que se han tomado en cuenta todos los factores de riesgo y las medidas preventivas mediante su documentación.
- Comprobar que las medidas preventivas adoptadas garantizan la protección de los trabajadores.

4.2.2. Métodos de evaluación

Un método simple para la evaluación del riesgos es el RMPP (Risk Management and Prevention Program), que consiste en determinar la matriz de análisis de riesgos a partir de valores asignados para la probabilidad y las consecuencias.

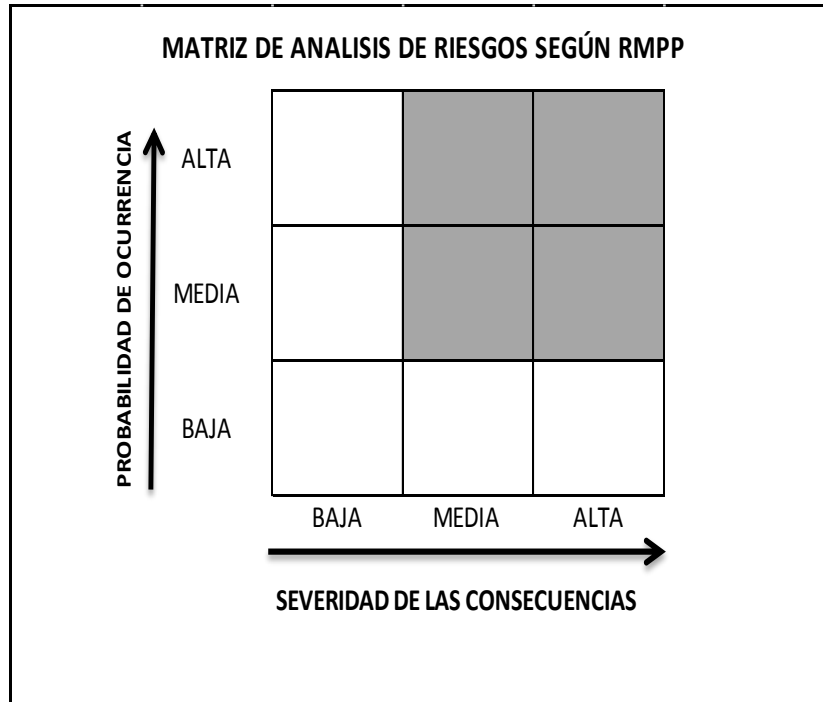


Figura 10. Diagrama de la relación entre la probabilidad y la consecuencia de los riesgos

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (Libro de técnicas de prevención y riesgos laborales, 2008)

Otro método que utilizaremos para la evaluación de riesgos es el de William T. Fine que consiste en la valoración de tres criterios y multiplicar las notas obtenidas en cada uno, como el grado de peligrosidad (GP) del que se obtiene de multiplicar las consecuencias (C) por la exposición (E) y la probabilidad (P), es decir:

$$GP = C \times E \times P$$

Con estos valores podemos determinar el tipo de riesgo utilizando las siguientes tablas.

Tabla 5. Valores para determinar el grado de peligrosidad

VALORACION DEL RIESGO SEGUN EL METODO FINE		
FACTOR	CLASIFICACION	VALOR NUMERICO
1. Consecuencias (C) (resultado mas probable de un accidente potencial)	a. Varias muertes	50
	b. Muerte	25
	c. Lesiones extremadamente graves (amputacion, incapacidad permanente)	15
	d. Lesiones con baja	5
	e. Heridas leves, contusiones, golpes, pequeños daños	1
2. Exposicion (E) (frecuencia con que ocurre la situacion de un riesgo)	a. La situacion de riesgo ocurre continuamente (muchas veces al dia)	10
	b. Frecuentemente (aproximadamente una vez al dia)	6
	c. Ocasionalmente (una vez por semana o una vez al mes)	3
	d. Raramente (se sabe que ocurre)	1
	e. Remotamente posible (no se sabe que haya ocurrido)	0,5
3. Probabilidad (P) (probabilidad de que la secuencia de accidente se complete)	a. Secuencia completa de accidente: es el resultado mas probable y esperado si la situacion de riesgo tiene lugar	10
	b. Es completamente posible y esperado si la situacion de riesgo tiene lugar	6
	c. Seria una secuencia o coincidencia rara: 10 %	3
	d. Seria una coincidencia remotamente posible: 1 %	1
	e. Nunca a sucedido en muchos años de exposicion, pero concebible	0,5

Valoración de los riesgos según la probabilidad, consecuencias y tiempo de exposición

Fuente: Curso básico de salud laboral

Tabla 6. Acciones sobre el grado de peligrosidad

GRADO DE PELIGROSIDAD (GP)
GP menor de 85: el riesgo debe ser eliminado sin demora, pero no es urgente
GP entre 85 y 200: el riesgo debe eliminarse sin demora
GP mayor de 200: se requiere correccion inmediata (detener la actividad)

Fuente: Curso básico de salud laboral

El método subjetivo del Instituto Norteamericano de Seguridad y Salud en el Trabajo (NIOSH) es importante a la hora de evaluar los riesgos mediante la severidad del daño y la probabilidad de que ocurra el daño.



Tabla 7. Severidad del daño

CONSECUENCIAS	CONCEPTO
Ligeramente dañino	<ul style="list-style-type: none">• Daños superficiales (cortes y magulladuras pequeñas, irritación de los ojos por polvo), molestias e irritación (dolor de cabeza, incomodidad)• El impacto ambiental se limita a un entorno reducido de la empresa no hay daños medioambientales en el exterior de las instalaciones• El coste de reparación del daño sobre los bienes, incluidos las sanciones posibles es inferior a 30.000 dólares
Dañino	<ul style="list-style-type: none">• Laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores, sordera, dermatitis, asma, trastornos músculo esqueléticos, enfermedad que conduce a una incapacidad menor.• El impacto ambiental afecta a gran parte de la empresa o puede rebasar el perímetro de la misma con daños leves sobre el medio ambiente en zonas limitadas• El costo de reparación del daño ambiental incluidas las sanciones posibles puede alcanzar hasta los 300.000,0 dólares.
Extremadamente dañino	<ul style="list-style-type: none">• Amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales, cáncer y otras enfermedades crónicas que acorten severamente la vida• El impacto ambiental rebasa el perímetro de la empresa y pueden producir daños graves incluso en zonas extensas en el exterior de la empresa• Accidente mayor• El costo de reparación del daño ambiental, incluidas las sanciones posibles, supera los 300.000,0 dólares

Fuente: (Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales, 2008)

La probabilidad de que pueda ocurrir el daño se gradúa también en tres niveles cuya interpretación se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8. Probabilidad de que ocurra el daño

TIPO DE PROBABILIDAD	CONCEPTO
Probabilidad baja	El daño ocurrirá raras veces
Probabilidad media	El daño ocurrirá en algunas ocasiones
Probabilidad alta	El daño ocurrirá siempre o casi siempre

Fuente: (Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales, 2008)

Una vez determinado la severidad del daño y la probabilidad de ocurrencia procedemos a estimar el riesgo de cada uno de los peligros identificados mediante la siguiente tabla:

Tabla 9. Estimación del nivel de riesgo

		CONSECUENCIA		
		Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
PROBABILIDAD	Baja	Riesgo Trivial (Nivel 1)	Riesgo Tolerable (Nivel 2)	Riesgo Moderado (Nivel 3)
	Media	Riesgo Tolerable (Nivel 2)	Riesgo Moderado (Nivel 3)	Riesgo Importante (Nivel 4)
	Alta	Riesgo Moderado (Nivel 3)	Riesgo Importante (Nivel 4)	Riesgo Intolerable (Nivel 5)

Niveles de estimación del riesgos basados en la probabilidad ocurrencia y severidad de daño

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales, 2008)

Finalmente podemos valorizar el riesgo estimado y determinar si la situación es aceptable o se requiere llevar acciones de control, así como la urgencia de su ejecución estos criterios se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 10. Valorización del riesgo

Nivel de riesgo	VALORACIÓN Y NIVEL DE ACCIÓN
Trivial	<ul style="list-style-type: none">•No requiere de acción específica
Tolerable	<ul style="list-style-type: none">•No se necesita mejorar el control del riesgos, sin embargo deben considerarse soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante•Se requiere comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control
Moderado	<ul style="list-style-type: none">•Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas, las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado•Cuando el riesgo moderado se asocia con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer con mayor precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control
Importante	<ul style="list-style-type: none">•No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo, puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo.•Cuando el riesgo corresponde a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados
Intolerable	<ul style="list-style-type: none">•No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitado, debe prohibirse el trabajo

Fuente: (Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales, 2008)

4.3. Identificación de peligros de las actividades de mantenimiento

4.3.1. Actividades de montaje y desmontaje de andamios.


 MATRIZ DE IDENTIFICACION DE PELIGROS		
MANTENIMIENTO DE TANQUE DE CRUDO O VESSEL		
PROCESO: MONTAJE Y DESMONTAJE DE ANDAMIOS		
ITEM	ACTIVIDAD	PELIGRO
1	Transportar andamios y tableros	Trabajo a mismo nivel
		Trabajo a distinto nivel
		Trabajo con peso
2	Empotrar parantes y travesaños para formar la estructura de andamiaje	Superficie caliente
		Gases y vapores.
		Trabajo en altura
		trabajo a distinto nivel
		Trabajo con peso
		Herramientas de percusión
3	Colocar tableros metálicos o tablonés de madera para el desplazamiento del personal	Trabajo con peso
		Trabajo a distinto nivel
		Gases y vapores.
		Trabajo en altura
		Caída de materiales
4	Fijar los tableros con alambre de amarre para evitar desplazamiento	Trabajo en altura
		Trabajo a distinto nivel
		Trabajo con elementos cortantes y punzantes
		Temperatura elevada
		Gases y vapores.
5	Colocar rodapiés y pasamanos en la estructura de andamiaje	Trabajo en altura
		Trabajo a distinto nivel
		Trabajo con elementos cortantes y punzantes
		Temperatura elevada
		Gases y vapores.
6	Ordenar y limpiar	Trabajo a mismo nivel
		Trabajo con peso
		Material particulado
		Trabajo a distinto nivel
Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz		EHS DE CHINA PETROLEUM

Figura 11. Matriz de identificación de peligros en la actividad de montaje de andamios

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)

4.3.2. Actividades de instalación de la ventilación.


 MATRIZ DE IDENTIFICACION DE PELIGROS		
MANTENIMIENTO DE TANQUE DE CRUDO O VESSEL		
PROCESO: VENTILACION Y EXTRACCION DEL AIRE DEL INTERIOR DEL TANQUE		
ITEM	ACTIVIDAD	PELIGRO
1	Instalar extractor de gases para realizar la ventilación forzada del interior del tanque	Trabajo con peso
		Trabajo en altura
		Trabajo a distinto nivel
		Material particulado
		Alto voltaje
2	Instalar ventilación forzada para facilitar el flujo de salida de aire	Trabajo con peso
		Material particulado
		Trabajo en altura
		Trabajo a distinto nivel
3	Realizar el monitoreo continuo de gases en el área interna y externa del tanque	Gases y vapores
		Alta temperatura
		Trabajo a distinto nivel
		Trabajo a mismo nivel
4	Ordenar y limpiar	Trabajo con peso
		Material particulado
		Trabajo a distinto nivel
		Trabajo a mismo nivel
Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz		EHS DE CHINA PETROLEUM

Figura 12. Matriz de identificación de peligros en la actividad de ventilación y extracción de aire

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)

4.3.3. Actividades de lavado y limpieza.


 MATRIZ DE IDENTIFICACION DE PELIGROS		
MANTENIMIENTO DE TANQUE DE CRUDO O VESSEL		
PROCESO: LAVADO Y LIMPIEZA INTERIOR, EXTERIOR Y ACCESORIOS DE UN TANQUE DE CRUDO O VESSEL.		
ITEM	ACTIVIDAD	PELIGRO
1	Transportar tanque de agua para la limpieza	Trabajo a mismo nivel
		trabajo con peso
		Trabajo a distinto nivel
2	Realizar limpieza de las paredes, piso y techo mediante chorro de agua de formación	Trabajo en altura
		Trabajo a distinto nivel
		Poca iluminación
		Trabajo con presión a agua
		Ruido
		Temperatura
		Trabajo a mismo nivel
		Piso resbaladizo
Gases, vapores y líquidos peligrosos		
3	Remover sedimentos internos del tanque mediante agua de formación	Trabajo en altura
		Trabajo a mismo nivel
		Posiciones forzadas
		Material corrosivo
		Alta temperatura
		Gases, vapores y líquidos peligrosos
		Poca iluminación
4	Inyectar agua dulce con desengrasante biodegradable para limpieza de los desechos sólidos adheridos a la pared, techo y piso del interior del tanque	Trabajo en altura
		Trabajo a mismo nivel
		Agua presión
		Alta temperatura
		Poca iluminación
		Piso resbaladizo
5	Ordenar y limpiar	Trabajo a mismo nivel
		Trabajo con peso
		Material particulado
		Trabajo a distinto nivel
Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz		EHS DE CHINA PETROLEUM

Figura 13. Matriz de identificación de peligros de lavado y limpieza del tanque de crudo

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)

4.3.4. Actividades de Gritblasting.


 MATRIZ DE IDENTIFICACION DE PELIGROS		
MANTENIMIENTO DE TANQUE DE CRUDO O VESSEL		
PROCESO:	GRITBLASTING DE PAREDES EXTERIORES, INTERIORES Y ACCESORIOS DE UN TANQUE DE CRUDO O VESSEL.	
ITEM	ACTIVIDAD	PELIGRO
1	Trasladar granalla	Trabajo a mismo nivel
		Trabajo con peso
2	Colocar granalla en tolva	Trabajo con peso
		Material particulado
3	Realizar el gritblasting	Ruido
		Material particulado
		Vapores y gases
		Aire a presion
		Trabajo en altura
4	Recoger granalla golpeada	Temperatura
		Trabajo en altura
		Vapores y gases
		Trabajo con peso
5	Ordenar y limpiar	Trabajo a mismo nivel
		Trabajo con peso
		Material particulado
		Trabajo a distinto nivel
Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz		EHS CHINA PETROLEUM

Figura 14. Matriz de identificación de peligros de la actividad de granallado

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)

4.3.5. Actividades de pintura.


 MATRIZ DE IDENTIFICACION DE PELIGROS		
MANTENIMIENTO DE TANQUE DE CRUDO O VESSEL		
PROCESO:	PINTURA EXTERIOR, INTERIOR Y ACCESORIOS DE UN TANQUE DE CRUDO O VESSEL.	
ITEM	ACTIVIDAD	PELIGRO
1	Preparar pintura	Gases explosivos e irritantes
		Vapores toxicos
		Liquidos corrosivos
		Derrame
2	Trasladar pintura a maquina de pintar	Trabajo a mismo nivel
		Gases explosivos e irritantes
		Vapores toxicos
		Liquidos corrosivos
		Derrame
3	Pintar paredes interiores y exteriores del tanque de crudo	Liquidos corrosivos
		Trabajo a distinto nivel
		Gases explosivos e irritantes
		Vapores toxicos
		Liquidos corrosivos
		Trabajo en altura
		Iluminacion deficiente
		Alta temperatura
Aire a presion		
4	Realizar mantenimiento preventivo de la maquina de pintar	Gases explosivos e irritantes
		Vapores toxicos
		Liquidos corrosivos
		Derrame
5	Ordenar y limpiar	Trabajo a mismo nivel
		Trabajo con peso
		Material particulado
		Trabajo a distinto nivel
Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz		EHS CHINA PETROLEUM

Figura 15. Matriz de identificación de peligros en la actividad de pintura

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)



4.4. Matriz general de riesgos

MATRIZ DE RIESGOS DE LA EMPRESA CHINA PETROLEUM																																	
UBICACIÓN: CPH-PINDO-TARAPOA																																	
CPECC																																	
DESCRIPCION					IDENTIFICACION DE PELIGROS										EVALUACION DE RIESGOS							CONTROL DE RIESGOS				SEGUIMIENTO Y MEDICION							
Proceso	Subproceso	Actividad	Tarea	Materiales de trabajo	Equipo/herramientas a utilizar	Peligro identificado (Factor de Riesgo)	Riesgos identificados	Tipos de riesgos	Efectos o consecuencias	Parte del cuerpo afectada	Personal letpuesto.		Probabilidad	Consecuencias	Grado de peligrosidad	Probabilidad (P)	Consecuencia (C)	Exposición (E)	GP= (P x C x E)	Valorización	Calor de combustión	Peso	Área	Carga combustible	Grado de aspirabilidad (Aceptable, No Aceptable)	Control ambiental ADMERG (EPP, Procedimiento, Capacitación, Control de Ingeniería)	Control Biológico o psicológico	Fuente	Medio	Individuo	Seguimiento	Mediciones	
											MU J.	HO M.																					MU J.
MANTENIMIENTO DE TANQUE DE CRUDO	ARMADO DE ANDAMIOS	Transportar andamios y tableros	Ubicar los andamios alrededor del tanque	Soportes, Eslingas, cuerdas	Camion grua, carretilla, barras	Trabajo a mismo nivel, trabajo con peso, trabajo a distinto nivel	Tropezon, caída, lumbalgia	Mecanico	Corte, torcedur, hernia, fatiga	Miembros superiores e inferiores, columna vertebral,	3	5	Baja	Dañno	Riesgo Tolerable	2	15	1	30	RIESGO MEDIO												X	Usar EPP, no levantar mas de 50 libras
		Empotrar parantes y travesaños para formar la estructura de andamiaje	Formar módulos para formar el andamio alrededor del tanque	Chavetas, combos, uniones, nivel, cuerda	Escalera y reflectores	Superficie caliente, Caídas y vapores, Trabajo en altura, Trabajo a distinto nivel, Trabajo con peso, Herramienta de temperatura elevada	Quemadura, Intoxicación, Caída, corte, Lumbalgia	Fisico, Ergonomico, Mecanico, Quimico	Dermatitis, hernia, corte, torcedura, golpe, calor, vertigo, desmayo	Pulmones, miembros, cabeza, piel, sistema nervioso, columna vertebral, ojos	4	15	Baja	Dañno	Riesgo Tolerable	1	15	3	45	RIESGO MEDIO											X	arnes y linea de vida, usar mascarilla a antigas, hacer pausas activas, hidratar e, usar combo	
		Colocar tableros metálicos o tableros de madera para el desplazamiento del personal	Amar el piso de los módulos para caminar	Cuerdas, eslingas, soportes,	Sierra circular, serrucho	Trabajo a distinto nivel, Gases y vapores, Trabajo en altura, Caída de materiales	Aplastamiento, Asfixia, intoxicación, Caída	Ergonomico, Mecanico, Quimico	Hernia, golpe, corte, desmayo, vertigo, gripe	Miembros, pulmones, cabeza, hernias, cuello, ojos, corazon, cerebro	7	15	Medio	Dañno	Riesgo Moderado	1	15	3	45	RIESGO MEDIO										X	X	No levantar mas de 50 libras, usar EPP, usar arnes y lineas de vida	
		Fijar los tableros con alambre de amarrar para evitar desplazamiento	Sujetar el piso a la estructura del andamio	Alambre de amarrar	Playo, varilla para torsion del alambre	Trabajo en altura, Trabajo a distinto nivel, Trabajo con elementos, Temperatura elevada, Gases y vapores, Intoxicación, asfixia	Caída, Aplastamiento, Corte, lesión, Estrés térmico, Asfixia	Fisico, Mecanico, Quimico	Dolor articular, cortadura, fatiga, gripe, torcedura	Miembros, piel, cerebro, garganta, sistema respiratorio, corazon	3	10	Baja	Dañno	Riesgo Tolerable	1	15	3	45	RIESGO MEDIO										X	X	Usar arnes, usar EPP, hacer pausas activas, hidratar e	
		Colocar rodapiés y pasamanos en la estructura de andamiaje	Evitar la caída de materiales y de personas	Alambre de amarrar	Taladro, playo, varilla para torsion del alambre	Trabajo en altura, Trabajo a distinto nivel, Trabajo con elementos, Temperatura elevada, Gases y vapores, Intoxicación	Caída, Aplastamiento, Corte, lesión, Estrés térmico, Asfixia e intoxicación	Fisico, Mecanico, Quimico	Cortadura, fatiga, cansancio, gripe, tos, calambre	Brazos, piernas, cabeza, tronco, sistema respiratorio, corazon, cerebro	4	10	Baja	Extremadamente dañno	Riesgo Moderado	1	25	3	75	RIESGO MEDIO										X	X	Usar arnes y linea de vida, hidratar e, hacer pausas activas, usar EPP	
		Ordenar y limpiar	Organizar el area de trabajo	Fundas plasticas, fundas de yute	Tachos de basura, carretilla	Trabajo a mismo nivel, Trabajo con peso, Material particulado, Trabajo a distinto nivel	Tropezon, Lumbalgia, Intefccion respiratoria, Caída	Ergonomico, Mecanico	Hernia, tos, gripe, golpe, corte, torcedura	Columna vertebral, piernas, brazos, fosas nasales, piel, pulmones	7	5	Baja	Dañno	Riesgo Tolerable	1	15	3	45	RIESGO MEDIO											X	No levantar mas de 50 libras, usar EPP, mantener el area	

Figura 16. Matriz general de riesgos de la actividad de armado de andamios

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)



MANTENIMIENTO DE TANQUE DE CRUDO		VENTILACION		Actividad		Frecuencia		Duración		Gravedad		Exposición		Evaluación		Control		Mitigación																					
				Trabajo con peso	Material particulado	Trabajo en altura	Trabajo a distinto nivel	Alto voltaje	Fisico	Mecanico	Ergonomico	Quimico	1	5	1	15	3	45	Baja	Dañino	Riesgo Tolerable	RIESGO MEDIO	X	X															
MANTENIMIENTO DE TANQUE DE CRUDO	VENTILACION	Instalar extractor de gases para realizar la ventilacion forzada del interior del tanque	Extraer los gases y material particulado del interior del tanque	Playo, enchufe, cable, pernos,	Extractor de aire, gerador de corriente	Trabajo con peso	Lumbalgia	Trabajo en altura	Caida	Trabajo a distinto nivel	Aplastamiento	Material particulado	Infeccion	Alto voltaje	Shock electrico	Mecanico. Fisico. Ergonomico	Hernia, Hematoma, golpe, lesion, gripe, quemadura, corte	Columna vertebral, torso, extremidades, piel, pulmones y garganta.	2	20	Baja	Dañino	Riesgo tolerable	1	25	3	75	RIESGO MEDIO									X	X	No levantar mas de 50 libras, usar arnes y linea de vida, usar EPP, usar guantes dielectricos
		Instalar ventilación forzada para facilitar el flujo de salida de aire	Ventilar el area del interior del tanque mediante un flujo continuo de aire	Playo, enchufe, cable, pernos,	Ventilador y manga de ventilacion, generador de corriente	Trabajo con peso	Lumbalgia	Material particulado	Infeccion respiratoria	Trabajo en altura	Caida, lesion	Trabajo a distinto nivel	Aplastamiento	Alto voltaje	Shock electrico	Mecanico. Fisico Ergonomico	Hernia, irritacion ocular, aplastamiento, quemadura, gripe	Columna vertebral, extremidades, ojos, garganta, pulmones, piel	2	20	Baja	Dañino	Riesgo Tolerable	1	15	3	45	RIESGO MEDIO									X	X	Usar arnes y linea de vida, usar mascarilla antipolvos, usar guantes dielectricos
		Realizar el monitoreo continuo de gases en el área interna y externa del tanque	Verificar que el interior del tanque no exista gases peligrosos	Esfero grafico, papel, tablero	Medidor de gases o explosimetro	Gases y vapores	Intoxicacion, asfixia	Alta temperatura	Estrés termico	Trabajo a distinto nivel	Caida					Fisico. Mecanico. Quimico	Ceguera, gripe, tos, golpe, lesion	Ojos, garganta, pulmones, extremidades, torso, cabeza	1	5	Baja	Dañino	Riesgo Tolerable	1	15	3	45	RIESGO MEDIO									X	Usar medidor de gases, hacer pausas activas, hidratarse,	
		Ordenar y limpiar	Organizar el area de trabajo	Brochas, espátulas, escoba	Tachos de basura, carretilla	Trabajo a mismo nivel	Tropezon	Trabajo con peso	Lumbalgia	Material particulado	Irritacion ocular	Trabajo a distinto nivel	Caida			Ergonomico. Mecanico	Hernia, golpe, calambre, torcedura	Columna vertebral, torso, extremidades, piel, pulmones y garganta, ojos	3	5	Baja	Dañino	Riesgo Tolerable	1	15	3	45	RIESGO MEDIO									X	Usar EPP, no levantar mas de 50 libras, Usar mascarilla anti-polvos y lentes	

Figura 17. Matriz general de riesgos en la actividad de ventilación del tanque

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)



MANTENIMIENTO DE TANQUE DE CRUDO LIMPIEZA Y LAVADO		Ubicar el tanque de agua y la hidrolavadora junto al tanque de crudo		Cuerdas, eslingas, soportes, Tanquero de agua, mangueras		Trabajo a mismo nivel trabajo con peso		Tropezon Lumbalgia		Fisico, Mecanico		Hernia, hematoma, calambres, torceduras		Columna vertebral, extremidades, musculos, articulaciones		2		5		Baja		Dañino		Riesgo Tolerable		1		15		3		45		RIESGO MEDIO		X		No levantar mas de 50 libras, usar EPP, usar botas de caucho					
		Realizar limpieza de las paredes, piso y techo mediante chorro de agua de formación		Lavar las paredes interiores y exteriores		Agua, escoba, brochas, recipientes		Pistola de chorro de agua, hidrolavadora, compresor de aire		Trabajo en altura Caida, lesion Trabajo a distinto nivel Golpe, corte Poca iluminación Golpe Trabajo con presión a Golpe de latigo Ruido Sordera, hipoacusia Alta temperatura Estrés termico		Tropezon Caida, lesion		Fisico, Mecanico, Quimico		Hematoma, perdida de audicion, vomitos, nauseas, vertigo, shock, lesiones, gripes, neumocoiosis		Extremidades, orejas, estomago, corazon, pulmones		1		15		Alta		Extremadamente dañino		Riesgo Intolerable		6		25		3		450		RIESGO CRITICO		X		X	
Remover sedimentos internos del tanque mediante agua de formación		Retirar residuos de crudo del interior de las paredes del tanque		Espatulas, escobas, recipientes recogedores de residuos, fundas, paños absorbentes		Palas, cordones absorbentes		Trabajo en altura Caida, lesion Trabajo a mismo nivel Tropezon Trastorno musculoesquelético Posiciones forzadas Material corrosivo Quemaduras Estrés termico Alta temperatura Estrés termico Gases, vapores y Intoxicacion, asfixia Poca iluminación Golpe		Tropezon		Fisico, Mecanico, Quimico		Hernia, nausea, vomito, dermatitis, neumocoiosis, shock, conjuntivitis		Columna vertebral, estomago, piel, pulmones, corazon, ojos		4		20		Alta		Extremadamente dañino		Riesgo Intolerable		3		25		3		225		RIESGO CRITICO		X		X		Usar tanques de oxigeno, mascara antigas, usar EPP, usar reflectores, ventilacion forzada, medidores de gas, pausas activas e hidratacion	
Inyectar agua dulce con desengrasante biodegradable para limpieza de los desechos solidos adheridos a la pared, techo y piso del interior del tanque		Ejuagar las paredes interiores y exteriores del tanque		Papel de secado, escobas, fundas y franjas		Hidro lavadora, pistola de chorro, compresor de aire		Trabajo en altura Caida, lesion Trabajo a mismo nivel Tropezon Agua presión Golpe, corte Alta temperatura Estrés termico Poca iluminación Golpe Piso resbaladizo Caida		Tropezon		Fisico, Mecanico		Hernia, hematoma, nausea, vomito, shock,		Columna vertebral, extremidades, musculos, estomago, corazon		1		15		Media		Extremadamente dañino		Riesgo Importante		3		15		3		135		RIESGO ALTO		X		X		Usar arnes y cuerda de vida, usar abrazaderas de mangueras, hacer pausas activas, hidratacion, usar reflectores, usar	
Ordenar y limpiar		Organizar el area de trabajo		Brochas, espatulas, escoba		Tachos de basura, carretilla		Trabajo a mismo nivel Tropezon Trabajo con peso Lumbalgia Material particulado Infeccion respiratoria Trabajo a distinto nivel Caida, corte		Tropezon		Mecanico, Ergonomico		Hernia, tos, gripe, hematoma		Columna vertebral, garganta, pulmones, extremidades, musculos		4		5		Media		Extremadamente dañino		Riesgo Importante		3		15		3		135		RIESGO ALTO		X		No levantar mas de 50 libras, usar EPP, usar mascarilla antipolvos			

Figura 18. Matriz general de riesgos en la actividad de limpieza y lavado del tanque

Elaborado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)

4.4.1. Discusión de resultados encontrados en la matriz general de riesgos.

De la matriz general de riesgos destacamos tres subprocesos de alto riesgo que son:

- La limpieza y el lavado.
- Gritblasting o sandblasting
- Pintura de la paredes internas del tanque

Cada uno de estos subprocesos tiene actividades que en la evaluación de riesgos mediante los dos métodos mencionados dieron como resultado riesgos críticos e importantes, estos son;

- Para el subproceso de limpieza y lavado, las actividades críticas son la limpieza de paredes, piso y techo internas, debido a la acumulación de gases tóxicos, exceso de temperatura y movimientos repetitivos, de igual forma la actividad de recolección de residuos de crudo de paredes internas son intolerables debido a las mismas causas.
- Para el subproceso de sandblasting la actividad de alto riesgo es el granallado debido ruido generado por el impacto de la granalla con la superficie del tanque, los movimientos repetitivos, temperatura, esfuerzo físico, gases, vapores y material particulado.
- Y finalmente para el subproceso de pintura la actividad crítica es la de pintar las paredes, techo y piso del tanque de almacenamiento, debido a la gran cantidad de vapores y gases tóxicos provenientes de la pinturas, movimientos repetitivos y esfuerzo físico de dicha actividad.

Una vez determinado las actividades críticas debemos realizar el análisis del gasto energético de todo el proceso de mantenimiento basándonos en el método del consumo metabólico en función de los componentes de la actividad y la velocidad del trabajo para determinar qué actividades demanda mayor gasto metabólico.

4.5. Determinación del gasto energético.

4.5.1. Definición

"El consumo de energía producido como consecuencia del trabajo lo denominamos metabolismo de trabajo y consiste en la transformación de la energía química procedentes de los alimentos en energía mecánica y energía térmica" (Llaneza, 2009, p.293).

El gasto metabólico de trabajo se expresa en unidades de energía o de potencia: Julios (J), calorías (cal), o vatios (W).

Para la determinación del gasto energético utilizamos tablas periódicas y la medición de varios parámetros fisiológicos.

4.5.2. Consumo metabólico en función de los componentes de la actividad.

Son las tablas de gasto metabólico más completas ya que determinan el consumo metabólico a partir de las diferentes actividades que componen el trabajo o el correspondiente ciclo de trabajo. Su valor es resultado de los siguientes parámetros: el consumo metabólico basal, el consumo metabólico para la postura del cuerpo, el consumo metabólico por el tipo de actividad y el consumo metabólico por el movimiento del cuerpo relacionado con la velocidad del trabajo (Llaneza, 2009, p.295).

4.5.2.1. Metabolismo basal

Es el consumo energético necesario para mantener el cuerpo en estado de inactividad manteniendo las funciones vegetativas es decir una persona en reposo, acostada y sin hacer la digestión. Este metabolismo está en función del peso, la altura, edad y sexo de la persona que realiza la actividad. Sus valores aproximativos son 44 W/m² para los hombres y 41 W/m² para las mujeres (Llaneza, 2009, p.295).

4.5.2.2. Metabolismo de la postura corporal

Es el gasto energético relativo a la postura que el trabajador adopta al realizar su actividad (Llaneza, 2009).

Tabla 11. Gasto metabólico según la postura

CONSUMO METABOLICO SEGÚN LA POSTURA	
Postura del cuerpo	Consumo metabólico (W/m ²)
Sentado	10
De rodillas	20
Agachado	20
De pie	25
De pie inclinado	30

Tabla de consumo metabólico según la postura donde los valores medios excluyen el metabolismo basal

Realizado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales, 2008)

4.5.2.3. Metabolismo del tipo de actividad

Es el consumo energético producido a causa del tipo de trabajo realizado y de la intensidad con la que este se desarrolla (Llaneza, 2009).

Tabla 12. Consumo energético basado en el tipo de trabajo

CONSUMO METABOLICO DE DIFERENTES TIPOS DE TRABAJOS		
Partes del cuerpo	Actividad	Consumo metabólico (W/m ²)
Trabajo con las manos	Ligero	15
	Medio	30
	Pesado	40
Trabajo con un brazo	Ligero	35
	Medio	55
	Pesado	75
Trabajo con dos brazos	Ligero	68
	Medio	85
	Pesado	105
Trabajo con el tronco	Ligero	125
	Medio	190
	Pesado	280
	Muy pesado	390

Los valores medios excluyen al metabolismo basal

Realizado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales, 2008)

4.5.2.4. Metabolismo del desplazamiento realizado en función de su velocidad

Se refiere al consumo de energía al desplazarse horizontalmente o verticalmente a una determinada velocidad (Llaneza, 2009).

Tabla 13. Consumo energético basado en la velocidad del trabajo

CONSUMO METABOLICO RELACIONADO CON LA VELOCIDAD DEL TRABAJO		
Velocidad de trabajo relacionado con la distancia	Tipo de trabajo	Consumo metabólico relacionado con la velocidad del trabajo (W/m ²)
Andar	Caminar de 2 km/h a 5 km/h	110
Andar cuesta arriba de 2 km/h a 5 km/h	Inclinación 5°	210
	Inclinación 10°	360
Andar cuesta abajo a 5 km/h	Declinación 5°	60
	Declinación 10°	50
Andar con un peso en la espalda a 4 km/h	Peso de 10kg	125
	Peso de 30kg	185
	Peso de 50kg	285
Velocidad de trabajo relacionado con la altura	Tipo de trabajo	Consumo metabólico relacionado con la velocidad del trabajo (W/m ²)
Subir y bajar	Subir	1725
	Bajar	480
Subir escalera inclinada	Sin peso	1660
	Peso de 10kg	1870
	Peso de 50kg	3320
Subir escalera vertical	Sin peso	2030
	Peso de 10kg	2335
	Peso de 50kg	4750

Los valores medios excluyen al metabolismo basal

Realizado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales, 2008)



4.6. Cuantificación del gasto metabólico.

Para medir el gasto energético de una actividad física empleamos el concepto de tasa metabólica como vimos anteriormente es una conversión de la energía química en energía térmica y mecánica constituyendo una medida del coste energético asociado al desgaste muscular proporcionando un índice numérico de la actividad.

La tasa metabólica es un elemento determinante del confort o la sobrecarga resultantes de la exposición a un ambiente térmico.

4.6.1. Consumo metabólico de un ciclo de trabajo

El consumo metabólico de un ciclo de trabajo puede ser determinado a partir del consumo metabólico de una actividad y de la duración respectiva a partir de la siguiente ecuación (Gonzalez et al., 2008).

$$M = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n M_i * t_i$$

Dónde:

- M es el consumo metabólico promedio del ciclo de trabajo en W/m².
- M_i es el consumo metabólico de la actividad respectiva, en W/m².
- T es la duración en segundos del ciclo de trabajo considerado.
- T_i es la duración en segundos de la actividad respectiva.

4.7. Determinación del consumo metabólico.

Tabla 14. Tabla de valores de consumo energético

MATRIZ PARA EL CALCULO DEL GASTO ENERGETICO DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO												 CPECC	
Proceso	Subproceso	Actividad	# trabajadores	Genero	Nivel de trabajo	Tiempo utilizado en la actividad (minutos)	Distancia recorrida (metros)	Consumo por metabolismo basal W/m ²	Consumo metabolico según la postura W/m ²	Consumo metabolico según el tipo de trabajo W/m ²	Consumo metabolico según la velocidad del trabajo W/m ²	Tasa de gasto energetico W/m ²	Tasa de gasto energetico Kcal/h
MANTENIMIENTO DE TANQUE DE CRUDO	ARMADO DE ANDAMIOS	Transportar andamios y tableros	3	M	Pesado	5	10	0	0	105	125	159,75	248,44
		Empotrar parantes y travesaños para formar la estructura de andamiaje	4	M	Pesado	15	2	0	30	68	0		
		Colocar tableros metálicos o tablonces de madera para el desplazamiento del personal	7	M	Pesado	15	0	0	30	280	0		
		Fijar los tableros con alambre de amarre para evitar desplazamiento	3	M	Medio	10	0	0	30	85	0		
		Colocar rodapiés y pasamanos en la estructura de andamiaje	4	M	Medio	10	0	0	20	85	0		
		Ordenar y limpiar	7	M	Ligero	5	20	0	0	0	110		
	VENTILACION	Instalar extractor de gases para realizar la ventilacion forzada del interior del tanque	2	M	Pesado	20	10	0	30	40	125	178,10	276,98
		Instalar ventilación forzada para facilitar el flujo de salida de aire	2	M	Pesado	20	10	0	30	40	125		
		Realizar el monitoreo continuo de gases en el área interna y externa del tanque	1	M	Ligero	5	10	0	0	0	110		
		Ordenar y limpiar	3	M	Ligero	5	10	0	0	0	110		

Matriz de consumo metabólico de las actividades de armado de andamios y ventilación

Realizado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)

Tabla 15. Tabla de valores de consumo energético

MANTENIMIENTO DE TANQUE DE CRUDO	LIMPIEZA Y LAVADO	Transportar hidro lavadora y el tanque agua para la limpieza	2	M	Medio	5	10	0	0	0	110	130,83	203,47
		Realizar limpieza de las paredes, piso y techo mediante chorro de agua de formación	1	M	Pesado	15	0	0	30	105	0		
		Remover sedimentos internos del tanque mediante agua de formación	4	M	Pesado	20	0	0	30	105	0		
		Inyectar agua dulce con desengrasante biodegradable para limpieza de los desechos solidos adheridos a la pared, techo y piso del interior del tanque	1	M	Pesado	15	20	0	30	105	0		
		Ordenar y limpiar	4	M	Medio	5	20	0	0	0	110		
	GRITBLASTING DE PARED INTERIOR DE TANQUE	Trasladar granalla a maquina de granallado	2	M	Pesado	5	5	0	30	40	110	270,00	419,90
		Colocar granalla en la tolva de la maquina de granallado	2	M	Pesado	5	0	0	25	105	0		
		Realizar el gritblasting	1	M	Pesado	45	5	0	30	280	0		
		Recoger granalla golpeada	2	M	Pesado	5	10	0	30	0	110		
	PINTURA DE LA PARED INTERIOR DE TANQUE	Preparar pintura	1	M	Medio	5	0	0	25	40	10	193,17	300,41
Trasladar pintura a la maquina de pintar		1	M	Medio	1	5	0	0	0	110			
Pintar		1	M	Pesado	49	0	0	30	190	0			
Realizar mantenimiento de la maquina de pintar		1	M	Medio	5	0	0	25	40	0			

Matriz de consumo metabólico de las actividades de gritblasting y pintura

Realizado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (El autor, 2015)



4.7.1. Discusión de resultados obtenidos de la matriz de consumo metabólico

De la matriz de gasto energético determinamos dos actividades con la tasa de consumo metabólico elevado, el gritblasting con una tasa de gasto energético de 270 w/m² y la pintura con 193.17 w/m², dichas actividades se desarrollan bajo condiciones ambientales extremas de temperatura, ruido, iluminación, radiación, material particulado, gases y vapores conjuntamente con el esfuerzo físico para el levantamiento de cargas especialmente el equipo de gritblasting y el de pintura sumado los movimientos repetitivos para realizar el trabajo en el interior de los tanques dificultan el desarrollo de estas actividades. Estos valores son importantes para determinar el tiempo de exposición de los trabajadores en ambientes térmicos extremos basados en la evaluación del estrés térmico, en el índice de sudoración requerida, en el índice de evaporación requerida y de la humedad máxima de la piel.

4.8. Métodos de evaluación del estrés térmico.

4.8.1. Método WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)

Con este método es fácil valorar el estrés térmico en base a las siguientes variables ambientales como la temperatura húmeda, temperatura seca y temperatura de globo (Gonzalez, et al., 2008). El procedimiento para la estimación del estrés térmico basado en el índice WBGT se encuentra en la norma UNE-EN 27243.

El índice WBGT o índice de temperatura de globo y bulbo húmedo es el método más empleado y con buenos resultados, viene dado por las siguientes ecuaciones.

Exterior con energía solar

$$WBGT = 0.7 TH + 0.2 TG + 0.1 TS$$

Interior o exterior sin carga solar

$$WBGT = 0.7 TH + 0.3 TG$$

Siendo:

- TH= Temperatura húmeda
- TG= Temperatura de globo
- TS= Temperatura seca.

El riesgo de estrés térmico en un ambiente caluroso depende de la producción de calor de su organismo como resultado de su actividad física y de las características del ambiente que lo rodea que condiciona el intercambio de calor entre el ambiente y su cuerpo. Si el calor generado no puede ser emitido al ambiente se acumula y la temperatura aumenta produciendo daños irreversibles.

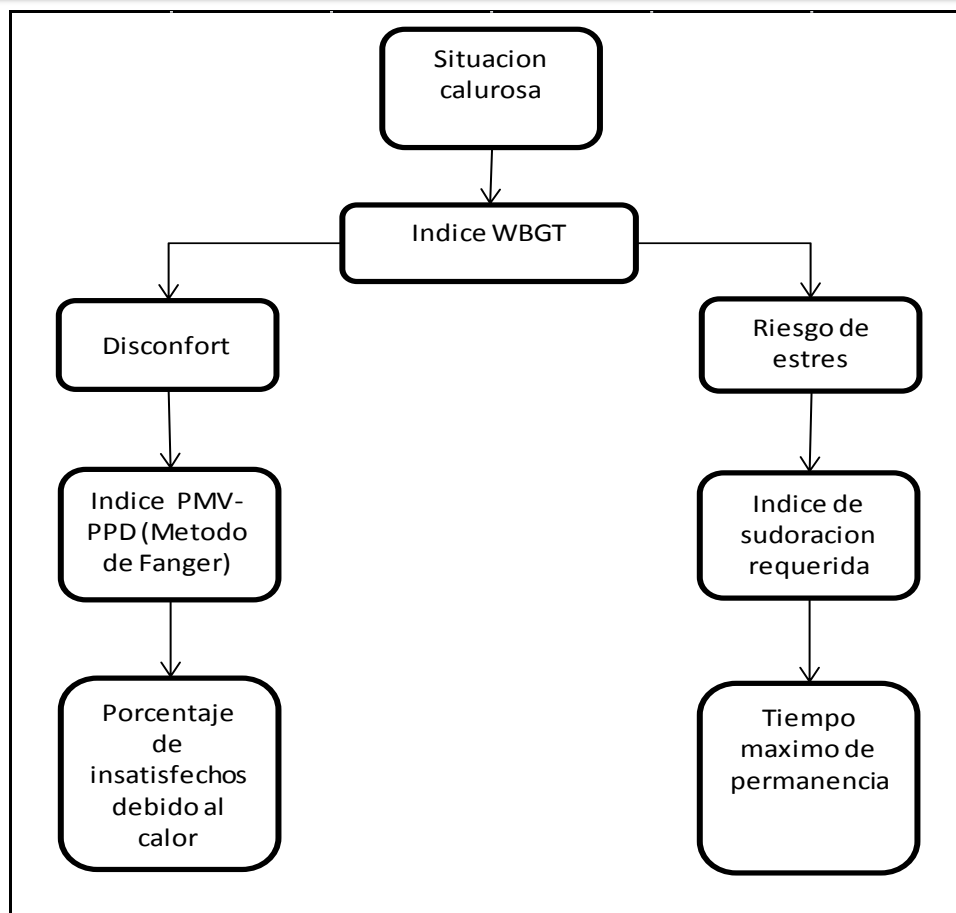


Figura 20. Métodos para valorar el ambiente térmico

Realizado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (Normas Técnicas de Prevención NTP- 322, 1999)

4.9. Índice de sudoración requerida (ISR).

Es importante mencionar que el índice de sobrecarga térmica (IST) es una evolución mejorada del índice de sudoración requerida (ISR), para lo cual se recomienda un estudio previo de este índice por la similitud con el método de sobrecarga térmica, dicho estudio se encuentra en la Notas Técnicas de Prevención 350 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP-350. Evaluación del Estrés Térmico. "Índice de sudoración requerida".

Disponible

en:

www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/.../ntp_350.pdf: Acceso en junio de 2015.

4.9.1. Fundamentos básicos del método.

Este método se basa en comparar dos variables, la humedad de la piel y la producción de sudor. La estimación de estos valores se obtiene en las siguientes etapas:

- Determinación de la evaporación requerida E_{req}
- Determinación de la evaporación máxima permitida E_{max}
- Calculo de la sudoración requerida SW_{req} y de la humedad requerida de la piel W_{req}

4.9.2. Determinación de las variables.

4.9.2.1. Calculo de la evaporación requerida

La acumulación de calor en el cuerpo humano (S) viene dada por la siguiente expresión:

$$S = M - W - K - C - R - C_{res} - E_{res} - E$$

Siendo

M es la producción de energía metabólica

W es el trabajo exterior útil

K es el calor intercambiado con el ambiente por conducción

C es el intercambio de calor en la piel por convección

R es el intercambio de calor en la piel por radiación.

C_{res} Es el intercambio de calor por conducción en el tracto respiratorio.

E_{res} Es el intercambio de calor por evaporación en el tracto respiratorio.

E es el calor intercambiado por la evaporación del sudor

Con un valor de $k=0$ debido a las superficies pequeñas de contacto frente a la superficie corporal, incluido el aislamiento de la ropa y el aislamiento de las temperaturas de contacto. Además la transmisión de calor por conducción es asumida por los intercambios de calor por convección y radiación que habría si las superficies no estuvieran en contacto con la piel. Para mantener constante la temperatura del cuerpo el término (S) debe ser nulo y entonces el término de evaporación del sudor se denomina evaporación requerida (E_{req})

$$E_{req} = M - C - R - C_{res} - E_{res}$$

C y R se calculan mediante las siguientes expresiones:

$$C = h_c * F_{cl}(t_{sk} - t_a)$$

$$R = \delta \varepsilon_{sk} * F_{cl} * \frac{A_r}{A_{DU}} * [(t_{sk} + 273)^4 - (t_r + 273)^4]$$

Si hacemos en la ecuación

$$h_r = \delta \varepsilon_{sk} * \frac{A_r}{A_{DU}} * [(t_{sk} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] / (t_{sk} - t_r)$$

Entonces

$$R = h_r * F_{cl} * (t_{sk} - t_r)$$

De esta forma se obtiene que

$$E_{req} = M - \{h_c * F_{cl} * (t_{sk} - t_a)\} - \{h_r * F_{cl} * (t_{sk} - t_r)\} - C_{res} - E_{res}$$

Siendo

h_c el coeficiente de intercambio de calor por convección en W/m^2 . Se expresa de la siguiente forma:

Si la convección es natural

$$h_c = 2.38 * (t_{sk} - t_r)^{0.25}$$

Si la convección es forzada

$$h_c = 3.5 + 5.2V_{ar}$$

Si V_{ar} es menor o igual que 1 m/s

$$h_c = 8.7 * V_{ar}^{0.6}$$

Si V_{ar} es mayor que 1 m/s

Siendo V_{ar} la velocidad relativa del aire cuya expresión es:

$$V_{ar} = V_a + 0.0052(M - 58)$$

Donde V_a es la velocidad media del aire en el lugar de trabajo.

F_{cl} es el factor adimensional de reducción de los intercambios de calor sensible debido al atuendo. Su valor se deduce de la ecuación.

$$F_{cl} = \frac{1}{\left[\frac{1}{(1 + 1.97I_{cl})} + (h_c + h_r) * I_{cl} \right]}$$

Siendo

- I_{cl} el aislamiento térmico intrínseco del atuendo. En la estimación de I_{cl} se utiliza la tabla #16.
- t_{sk} es la temperatura cutánea media en grados centígrados se toman $36\text{ }^\circ\text{C}$
- t_a es la temperatura del aire en grados centígrados
- σ es la constante de Stefan Boltzman $5.67 * 10^{-8} \text{w/m}^2 \text{k}^4$
- ϵ_{sk} es la emisividad cutánea (0.97).
- A_r/A_{DU} es la fracción de superficie cutánea participante en los intercambios de calor por radiación (0.67 para trabajo agachado; 0.70 para trabajo sentado y 0.77 para trabajo de pie).
- T_r es la temperatura radiante media en grados centígrados
- h_r es el coeficiente de radiación $\text{w/m}^2\text{k}$, cuya expresión es:

$$h_r = \delta \epsilon_{sk} * \frac{A_r}{A_{DU}} * \frac{[(t_{sk} + 273)^4 - (t_r + 273)^4]}{(t_{sk} - t_r)}$$

- C_{res} es el calor intercambiado por convección respiratoria que para una temperatura estimada del aire expirado de $35\text{ }^\circ\text{C}$, vale:

$$C_{res} = 0.0014M(35 - t_a)$$

- E_{res} es el calor intercambiado por evaporación respiratoria que para una temperatura estimada del aire expirado de $35\text{ }^\circ\text{C}$ viene dado por:

$$E_{res} = 0.0173M(5.624 - p_a)$$

4.9.2.2. Calculo de la evaporación máxima permitida por el ambiente (E_{max})

La evaporación máxima viene dado por la piel totalmente mojada en donde:

$$E_{max} = \frac{(p_{sk,s} - p_a)}{R_t}$$

Siendo

- $p_{sk,s}$ la presión de saturación del vapor de agua a la temperatura de la piel en kilo pascuales a $35\text{ }^\circ\text{C}$ es de 5.624 Kpa.
- p_a es la presión parcial del vapor de agua a la temperatura ambiente en KPa y se calcula mediante la siguiente expresión

$$p_a = \frac{\left[10^{\left(8.8446 - \frac{2225}{(t_h + 273)} \right)} - 0.5(t_a - t_h) \right]}{7.57}$$

Siendo

- t_h la temperatura húmeda sicrometrica
- R_t es la resistencia evaporativa total de la capa limitante de aire y atuendo de vestir. Se basa en la siguiente expresión:

$$R_t = \frac{1}{16.7h_c F_{pcl}}$$

- F_{pcl} es un factor adimensional de reducción de los intercambios de calor latente debido al atuendo. Se calcula a través de la ecuación:

$$F_{pcl} = \frac{1}{\left\{ 1 + 2.22h_c \left[I_{cl} - \frac{\left(1 - \frac{1}{(1 + 1.97I_{cl})} \right)}{(h_c + h_r)} \right] \right\}}$$

4.9.2.3. Calculo de la humedad requerida de la piel (W_{req}) y de la sudoración requerida (SW_{req}).

La humedad de la piel (W) se define como un factor que multiplicado por la evaporación máxima da el valor de la evaporación real:

$$WE_{max} = E$$

La humedad requerida de la piel esta entonces expresada como la razón entre la evaporación requerida y la evaporación máxima:

$$W_{req} = \frac{E_{req}}{E}$$

El cálculo de la sudoración se basa en la expresión

$$SW = \frac{E}{r}$$

Donde

- r es la eficacia evaporativa de la sudoración del individuo desnudo, coeficiente adimensional que es función de la humedad de la piel.

$$r = 1 - \frac{W^2}{2}$$

De la ecuación $SW = \frac{E}{r}$ se deduce que:

$$SW_{req} = \frac{E_{req}}{r_{req}}$$

De donde r_{req} se obtiene de sustituir W por W_{req} en la ecuación anterior. SW_{req} es la sudoración requerida expresada en W/m^2 , cuya equivalencia en agua perdida por sudoración es $SW_{req}(W/m^2)/0.68=SW_{req}(gr/m^2h)$

Tabla 16. Resistencia térmica de las prendas de vestir

Descripción de prendas	Resistencia térmica I_{cl} (clo)
Ropa Interior	
Calzoncillos	0,03
Calzoncillos largos	0,10
Camiseta de tirantes	0,04
Camiseta de manga corta	0,09
Camiseta de manga larga	0,12
Sujetadores y bragas	0,03
Camisas-Blusas	
Manga corta	0,15
Ligera, mangas cortas	0,20
Normal, mangas largas	0,25
Camiseta de franela, mangas largas	0,30
Blusa ligera, mangas largas	0,15
Pantalones	
Corto	0,01
Ligero	0,20
Normal, mangas largas	0,25
Franela	0,28
Vestidos-Faldas	
Falda ligera (verano)	0,15
Falda gruesa (invierno)	0,25
Vestido ligero, mangas cortas	0,20
Vestido ligero, mangas largas	0,40
Mono de trabajo	0,55
Pullover	
Chaleco sin mangas	0,12
Pullover ligero	0,20
Pullover normal	0,28
Pullover grueso	0,35
Chaqueta	
Chaqueta ligera de verano	0,25
Chaqueta normal	0,35
Bata de trabajo (guardapolvo)	0,30
Prendas forradas con elevado aislamiento	
Mono de trabajo	0,90
Pantalones	0,35
Chaqueta	0,40
Chaleco	0,20
Prendas exteriores de abrigo	
Abrigo	0,60
Chaqueta larga	0,55
Parka	0,70
Mono forrado	0,55
Diversos	
Calcetines	0,02
Calcetines, gruesos cortos	0,05
Calcetines, gruesos largos	0,10
Medias nylon	0,03
Zapatos de suela delgado	0,02
Zapatos de suela gruesa	0,05
Botas	0,10
Guantes	0,05
$1clo=0,155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C w}^{-1}$	

Tabla de valores para el cálculo de la resistencia térmica de las prendas de vestir

Realizado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (Notas Técnicas de Prevención NTP-350, 1999)

Tabla 17. Criterios de valoración diferenciada

Variable	Sujeto no aclimatado		Sujeto aclimatado	
	alarma	peligro	alarma	peligro
Calor maximo acumulado Q_{max} (Wh/m ²)	50	60	50	60
Sudoracion S_{wmax} (Wh/m ²)	200	250	300	400
D_{max} (Wh/m ²)	1000	1250	1500	2000
Humedad maxima de la piel W_{max}	0,85	0,85	1	1

Tabla de referencia para el cálculo de valores límites de sudoración y humedad requeridos

Realizado por: Ing. Juan Arias

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1999)

- La sudoración requerida no debe ser mayor a la sudoración máxima
- La humedad requerida de la piel no debe ser mayor que la humedad máxima de la piel
- La acumulación de calor interno no debe ser mayor a un valor máximo de forma que la elevación de la temperatura interna se encuentre entre 0.8°C y 1°C. Su ecuación es expresada en la siguiente forma:

$$T_{max} = \frac{60Q_{max}}{(E_{max} - E_p)} (min)$$

La deshidratación del organismo no debe pasar un valor máximo (D_{max}), es importante que la pérdida de agua del cuerpo no deba sobrepasar el 4% -6% del peso corporal. Su ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$T_{max} = \frac{60D_{max}}{SW_p} (min)$$

Al verificar un ambiente de trabajo debemos conocer las variables previsibles de la humedad en la piel, su evaporación y sudoración para ello hay aspectos a tomarse en cuenta:

La humedad requerida de la piel es inferior a la humedad máxima y la sudoración requerida es inferior a la humedad máxima es necesario verificar en la tabla # 10 para conocer ambos valores. Al existir un equilibrio térmico el valor de W_p es el de W_{req} , E_p es igual a E_{req} y SW_p es igual a SW_{req}

La humedad requerida de la piel es mayor a la humedad máxima, entonces W_p es igual a W_{max} , el valor de E_p se deduce de $E_p = W_p E_{max}$ y el de SW_p se obtiene de la ecuación:

$$\frac{SW_p E_p}{r_p}$$

Siendo



- r_p la eficacia evaporativa correspondiente a W_p

Si la sudoración previsible es superior a la sudoración máxima se obtienen los valores de la siguiente forma:

$$W_p E_{max} = r_p S W_{max}$$

$S W_{max}$ es el valor límite de referencia en la tabla # 11 y r_p es la eficacia evaporativa de la sudoración que se obtiene de $S W = \frac{E}{r}$, sustituyendo el valor de W por W_p

4.9.2.4. Tiempo límite de exposición.

Se debe determinar un tiempo de exposición límite para una determinada situación de trabajo cuando no se cumple una de las condiciones siguientes:

$$E_p = E_{req}$$

$$S W_p \leq D_{max}/8$$

Si no se cumple la ecuación existe riesgo por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo y se obtendrá el tiempo máximo de exposición de la ecuación:

$$T_{max} = \frac{60 Q_{max}}{(E_{req} - E_p)}$$

Si no se cumple la ecuación significa que existe riesgo por deshidratación excesiva, entonces:

$$T_{max} = \frac{60 D_{max}}{S W_p}$$

El menor de los tiempos de estas dos ecuaciones es el que debe tomarse como tiempo máximo de duración del trabajo en esas condiciones.

Cuando el T_{max} determinante es el deducido de $T_{max} = \frac{60 D_{max}}{S W_p}$ no debe someterse a las personas expuestas a otra exposición durante el resto de jornada.

4.10. Análisis y evaluación del estrés térmico.

Tabla 18. Análisis de las variables ambientales con fecha 30 de mayo del 2015

Fecha		VARIABLES AMBIENTALES INTERNAS DEL TANQUE 20204											
30-05-2015													
Descripcion de actividades	Hora	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Humedad relativa	Indice de calor termico	Temperatura del globo	Temperatura N.W.B	W.B.G.T Interior	Limite de trabajo termico T.W.L	Temperatura de rocío	Punto de evaporacio	Presion Barometrica	Temperatura de superficie interior (tr)
	hr	m/s	°C	%	°C	°C	°C	°C	W/m ²	°C	°C	hPa	°C
Armado de andamios	15h00	0,00	32,30	68,10	41,00	31,20	27,50	28,20	147,00	24,60	26,60	980,00	30,50
Gritblasting interior	16h00	0,00	30,90	76,10	40,10	29,80	28,30	28,90	137,00	27,10	28,20	979,30	30,00
Pintura interior	16h44	0,00	31,10	76,70	42,40	29,70	28,30	28,70	137,00	26,80	28,10	979,30	29,00
Fecha		VARIABLES AMBIENTALES EXTERNAS DEL TANQUE 20204											
30-05-2015													
Descripcion de actividades	Hora	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Humedad relativa	Indice de calor termico	Temperatura del globo	Temperatura N.W.B	W.B.G.T Interior	Limite de trabajo termico T.W.L	Temperatura de rocío	Punto de evaporacio	Presion Barometrica	Temperatura de superficie exterior (tr)
	hr	m/s	°C	%	°C	°C	°C	°C	W/m ²	°C	°C	hPa	°C
Armado de andamios	14h00	0,40	30,90	68,50	37,20	37,90	28,80	30,30	112,50	22,90	25,90	980,20	24,80
Gritblasting interior	15h00	0,40	28,40	72,30	34,40	30,90	25,80	27,30	166,20	24,20	25,30	980,00	29,50
Pintura interior	15h40	0,60	28,40	72,03	34,40	30,90	27,10	28,10	143,80	25,60	26,90	979,80	30,50

Valores ambientales internos y externos determinados con el medidor de estrés térmico

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: Medidor kestrel 4400

Tabla 19. *Calculo de parámetros ambientales con fecha 30 de mayo del 2015*

CALCULOS DE PARAMETROS														
Temperatura cutanea media (tsk)	Coficiente de intercambio de calor por conveccion natural (hc)	Coficiente de radiacion (hr)	Coficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var<=1	Coficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var>1	Velocidad relativa del aire (Var)	Factor adimensional de reduccion de calor debido a la ropa (fcl)	Constante Stefan Boltzam (σ)	Emisividad cutanea (esk)	Aislamiento intrinseco del atuendo (Icl)	Fraccion de superficie cutanea Ar/Abu	Presion parcial de vapor de agua (Pa)	Resistencia evaporativa de la capa limitante de aire y ropa (Rt)	Presion de saturacion del vapor de agua a la temperatura de la piel (Psk,s) a 35°C	Factor adimensional de reduccion de los intercambios de calor latente debidos al atuendo (Fpcl)
°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	m/s		W/m ² *k ⁴	εsk	clo (m ² .°C)/W		Kpa	W/m ²	Kpa	
36,00	3,64	4,87	6,25	5,94	0,53	0,48	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,32	0,022	5,62	0,43
36,00	3,72	4,85	9,23	9,22	1,10	0,41	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,64	0,020	5,62	0,33
36,00	3,87	4,83	7,15	7,04	0,70	0,46	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,62	0,021	5,62	0,39
CALCULOS DE PARAMETROS														
Temperatura cutanea media (tsk)	Coficiente de intercambio de calor por conveccion natural (hc)	Coficiente de radiacion (hr)	Coficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var<=1	Coficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var>1	Velocidad relativa del aire (Var)	Factor adimensional de reduccion de calor debido a la ropa (fcl)	Constante Stefan Boltzam (σ)	Emisividad cutanea (esk)	Aislamiento intrinseco del atuendo (Icl)	Fraccion de superficie cutanea Ar/Abu	Presion parcial de vapor de agua (Pa)	Resistencia evaporativa de la capa limitante de aire y ropa (Rt)	Presion de saturacion del vapor de agua a la temperatura de la piel (Psk,s) a 35°C	Factor adimensional de reduccion de los intercambios de calor latente debidos al atuendo (Fpcl)
°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	m/s		W/m ² *k ⁴	εsk	clo (m ² .°C)/W		Kpa	W/m ²	Kpa	
36,00	4,35	4,73	8,33	8,32	0,93	0,54	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,78	0,03	5,62	0,53
36,00	3,80	4,84	11,31	11,11	1,50	0,56	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,13	0,03	5,62	0,56
36,00	3,64	4,87	10,27	10,20	1,30	0,56	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,47	0,03	5,62	0,57

Parámetros ambientales internos y externos para el cálculo del índice de sudoración requerida

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350.Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

Tabla 20. Cálculo del índice de sudoración requerida con fecha 30 de mayo del 2015

INDICE DE SUDORACION REQUERIDA												
Consumo metabólico (M)	Intercambio de calor por conducción en el tracto respiratorio (C _{res})	Intercambio de calor por evaporación en el tracto respiratorio (E _{res})	Intercambio de calor en la piel por conducción (K)	Intercambio de calor en la piel por convección (C)	Intercambio de calor en la piel por radiación (R)	Flujo máximo de calor por evaporación (E _{max})	Evaporación requerida (E _{req})	Humedad máxima de la piel (W _{max})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Índice de sudoración requerida (SW _{req})	Eficacia evaporativa de la sudoración (r)	Almacenamiento de calor en el cuerpo (S)
W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²			W/m ²		°C
159,75	0,60	6,36	0,00	11,14	12,89	102,51	128,75	1,00	1,26	609,49	0,21	0,00
270,00	1,55	9,28	0,00	19,51	12,08	100,27	227,58	1,00	2,27	-144,42	-1,58	0,00
193,17	1,05	6,68	0,00	16,13	15,55	93,49	153,75	1,00	1,64	-436,52	-0,35	0,00
INDICE DE SUDORACION REQUERIDA												
Consumo metabólico (M)	Intercambio de calor por conducción en el tracto respiratorio (C _{res})	Intercambio de calor por evaporación en el tracto respiratorio (E _{res})	Intercambio de calor en la piel por conducción (K)	Intercambio de calor en la piel por convección (C)	Intercambio de calor en la piel por radiación (R)	Flujo máximo de calor por evaporación (E _{max})	Evaporación requerida (E _{req})	Humedad máxima de la piel (W _{max})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Índice de sudoración requerida (SW _{req})	Eficacia evaporativa de la sudoración (r)	Almacenamiento de calor en el cuerpo (S)
W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²			W/m ²		°C
159,75	0,92	5,10	0,00	12,03	28,72	70,60	112,99	1,00	1,60	-402,56	-0,28	0,00
270,00	2,49	11,64	0,00	16,08	17,53	89,00	222,25	1,00	2,50	-104,94	-2,12	0,00
193,17	1,78	7,19	0,00	15,56	15,03	75,15	153,61	1,00	2,04	-141,03	-1,09	0,00

Cálculo del índice de sudoración requerida

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350. Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

Tabla 21. *Calculo del tiempo de exposición con fecha 30 de mayo del 2015*

ESTIMACION DE VALORES PREVESIBLES						
Calor maximo acumulado (Qmax)	Evaporacion previsible (Ep)	Humedad de la piel previsible (Wp)	Eficacia evaporativa previsible (rp)	Sudoracion previsible (SWp)	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo	Tiempo máximo de exposición por riesgo de deshidratación excesiva
W*hr/m ²	W/m ²			W/m ²	min	min
50,00	102,51	1,00	0,50	205,02	114,32	438,98
50,00	100,27	1,00	0,50	200,53	23,56	448,80
50,00	93,49	1,00	0,50	186,99	49,79	481,32
ESTIMACION DE VALORES PREVESIBLES						
Calor maximo acumulado (Qmax)	Evaporacion previsible (Ep)	Humedad de la piel previsible (Wp)	Eficacia evaporativa previsible (rp)	Sudoracion previsible (SWp)	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo	Tiempo máximo de exposición por riesgo de deshidratación excesiva
W*hr/m ²	W/m ²			W/m ²	min	min
50,00	70,60	1,00	0,50	141,20	70,77	637,39
50,00	89,00	1,00	0,50	178,01	22,51	505,60
50,00	75,15	1,00	0,50	150,30	38,23	598,81

Cálculo del tiempo de exposición

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350.Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

Tabla 22. Análisis de las variables ambientales con fecha 31 de mayo del 2015

Fecha		VARIABLES AMBIENTALES INTERNAS DEL TANQUE 20204											
Descripcion de actividades	Hora	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Humedad relativa	Indice de calor termico	Temperatura del globo	Temperatura N.W.B	W.B.G.T Interior	Limite de trabajo termico T.W.L	Temperatura de rocío	Punto de evaporacio	Presion Barometrica	Temperatura de superficie interior (tr)
	hr	m/s	°C	%	°C	°C	°C	°C	W/m ²	°C	°C	hPa	°C
Armado de andamios	8h20	0,00	26,30	86,40	32,10	26,00	27,70	26,80	160,20	25,10	25,60	984,10	27,30
Ventilacion	9h20	0,00	27,70	79,70	32,40	28,50	24,70	25,50	159,90	23,00	24,10	984,80	28,00
Limpieza y lavado	9h36	0,00	29,10	86,70	37,40	27,40	27,90	27,60	135,70	26,90	28,00	984,90	28,30
Gritblasting interior	10h20	0,30	28,40	75,30	31,90	27,90	24,70	25,60	152,60	23,10	24,10	985,10	29,20
	10h37	0,00	30,20	83,20	38,90	29,10	27,50	28,00	127,60	26,40	27,40	985,00	29,70
Pintura interior	11h20	0,50	30,20	75,00	37,50	29,20	26,90	28,50	119,80	27,00	28,20	984,50	30,30
	11h37	0,00	30,40	76,10	38,10	29,70	27,50	28,50	114,20	27,60	28,30	984,40	30,70
Fecha		VARIABLES AMBIENTALES EXTERNAS DEL TANQUE 20204											
Descripcion de actividades	Hora	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Humedad relativa	Indice de calor termico	Temperatura del globo	Temperatura N.W.B	W.B.G.T Interior	Limite de trabajo termico T.W.L	Temperatura de rocío	Punto de evaporacio	Presion Barometrica	Temperatura de superficie exterior (tr)
	hr	m/s	°C	%	°C	°C	°C	°C	W/m ²	°C	°C	hPa	°C
Armado de andamios	8h30	0,00	26,50	83,50	30,10	27,20	24,50	25,20	165,50	23,60	24,30	984,30	27,70
Ventilacion	9h30	0,80	25,70	86,70	29,50	28,30	24,70	25,30	155,70	24,10	24,80	984,90	28,50
Limpieza y lavado	10h30	0,70	29,00	75,50	34,90	28,50	25,40	26,40	142,30	24,40	25,80	985,00	29,50
Gritblasting interior	10h42	0,00	29,60	75,30	36,70	29,20	26,60	27,60	134,40	24,80	26,10	984,80	30,00
Pintura interior	11h30	0,60	29,40	71,50	34,50	30,60	25,30	26,70	138,10	23,70	25,20	984,60	30,50

Valores ambientales internos y externos determinados con el medidor de estrés térmico
Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz
Fuente: Medidor kestrel 4400

Tabla 23. *Calculo de parámetros ambientales con fecha 31 de mayo del 2015*

CALCULO DE PARAMETROS														
Temperatura cutanea media (tsk)	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion natural (hc)	Coefficiente de radiacion (hr)	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var<=1	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var>1	Velocidad relativa del aire (Var)	Factor adimensional de reduccion de calor debido a la ropa (fcl)	Constante Stefan Boltzam (σ)	Emisividad cutanea (esk)	Aislamiento intrenseco del atuendo (Icl)	Fraccion de superficie cutanea Ar/A _{DU}	Presion parcial de vapor de agua (Pa)	Resistencia evaporativa de la capa limitante de aire y ropa (Rt)	saturacion del vapor de agua a la temperatura de la piel (Psk,s) a 35°C	adimensional de reduccion de los intercambios de calor latente debidos al
°C	W/m ² ·°C	W/m ² ·°C	W/m ² ·°C	W/m ² ·°C	m/s		W/m ² ·k ⁴	εsk	clo (m ² ·°C)/W		Kpa	W/m ²	Kpa	
36,00	4,09	4,79	6,25	5,94	0,53	0,48	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,77	0,022	5,62	0,43
36,00	4,00	4,81	6,75	6,56	0,62	0,47	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,90	0,022	5,62	0,41
36,00	3,96	4,81	5,47	4,86	0,38	0,50	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,64	0,024	5,62	0,46
36,00	3,84	4,84	10,79	10,66	1,40	0,39	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,86	0,019	5,62	0,29
36,00	3,77	4,85	9,23	9,22	1,10	0,41	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,46	0,020	5,62	0,33
36,00	3,68	4,86	9,75	9,72	1,20	0,41	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,30	0,020	5,62	0,32
36,00	3,61	4,87	7,15	7,04	0,70	0,46	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,45	0,021	5,62	0,39
CALCULO DE PARAMETROS														
Temperatura cutanea media (tsk)	intercambio de calor por conveccion natural (hc)	Coefficiente de radiacion (hr)	intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var<=1	intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var>1	Velocidad relativa del aire (Var)	adimensional de reduccion de calor debido a la ropa (fcl)	Constante Stefan Boltzam (σ)	Emisividad cutanea (esk)	Aislamiento intrenseco del atuendo (Icl)	Fraccion de superficie cutanea Ar/A _{DU}	Presion parcial de vapor de agua (Pa)	Resistencia evaporativa de la capa limitante de aire y ropa (Rt)	saturacion del vapor de agua a la temperatura de la piel (Psk,s) a	adimensional de reduccion de los intercambios de calor latente
°C	W/m ² ·°C	W/m ² ·°C	W/m ² ·°C	W/m ² ·°C	m/s		W/m ² ·k ⁴	εsk	clo (m ² ·°C)/W		Kpa	W/m ²	Kpa	
36,00	4,04	4,80	6,25	5,94	0,53	0,55	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,93	0,03	5,62	0,55
36,00	3,94	4,82	10,91	10,76	1,42	0,55	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,04	0,03	5,62	0,55
36,00	3,80	4,84	9,11	9,10	1,08	0,56	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,99	0,03	5,62	0,56
36,00	3,72	4,85	9,23	9,22	1,10	0,56	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,26	0,03	5,62	0,57
36,00	3,64	4,87	10,27	10,20	1,30	0,56	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,94	0,03	5,62	0,57

Parámetros ambientales internos y externos para el cálculo del índice de sudoración requerida

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350.Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

Tabla 24. Cálculo del índice de sudoración requerida con fecha 31 de mayo del 2015

INDICE DE SUDORACION REQUERIDA												
Consumo metabólico (M)	Intercambio de calor por conducción en el tracto respiratorio (C_{res})	Intercambio de calor por evaporación en el tracto respiratorio (E_{res})	Intercambio de calor en la piel por conducción (K)	Intercambio de calor en la piel por convección (C)	Intercambio de calor en la piel por radiación (R)	Flujo máximo de calor por evaporación (E_{max})	Evaporación requerida (E_{req})	Humedad máxima de la piel (W_{max})	Humedad requerida de la piel (W_{req})	Índice de sudoración requerida (SW_{req})	Eficacia evaporativa de la sudoración (r)	Almacenamiento de calor en el cuerpo (S)
W/m^2	W/m^2	W/m^2	W/m^2	W/m^2	W/m^2	W/m^2	W/m^2			W/m^2		$^{\circ}C$
159,75	1,95	5,11	0,00	29,33	20,16	82,47	103,20	1,00	1,25	475,51	0,22	0,00
178,10	1,82	8,38	0,00	26,35	18,10	124,70	123,45	1,00	0,99	242,04	0,51	0,00
130,83	1,08	4,48	0,00	19,05	18,71	83,74	87,51	1,00	1,05	192,77	0,45	0,00
270,00	2,49	12,93	0,00	31,51	12,79	144,90	210,28	1,00	1,45	-3970,43	-0,05	0,00
270,00	1,81	10,10	0,00	22,20	12,67	109,11	223,22	1,00	2,05	-204,32	-1,09	0,00
193,17	1,30	7,76	0,00	22,85	11,23	118,90	150,03	1,00	1,26	735,71	0,20	0,00
193,17	1,24	7,27	0,00	18,39	11,85	101,65	154,41	1,00	1,52	-1004,25	-0,15	0,00
INDICE DE SUDORACION REQUERIDA												
Consumo metabólico (M)	Intercambio de calor por conducción en el tracto respiratorio (C_{res})	Intercambio de calor por evaporación en el tracto respiratorio (E_{res})	Intercambio de calor en la piel por conducción (K)	Intercambio de calor en la piel por convección (C)	Intercambio de calor en la piel por radiación (R)	Flujo máximo de calor por evaporación (E_{max})	Evaporación requerida (E_{req})	Humedad máxima de la piel (W_{max})	Humedad requerida de la piel (W_{req})	Índice de sudoración requerida (SW_{req})	Eficacia evaporativa de la sudoración (r)	Almacenamiento de calor en el cuerpo (S)
W/m^2	W/m^2	W/m^2	W/m^2	W/m^2	W/m^2	W/m^2	W/m^2			W/m^2		$^{\circ}C$
159,75	1,90	7,44	0,00	21,11	21,92	99,20	107,39	1,00	1,08	259,39	0,41	0,00
178,10	2,32	7,98	0,00	22,43	19,98	94,21	125,39	1,00	1,33	1097,01	0,11	0,00
130,83	1,10	5,96	0,00	14,81	17,53	94,04	91,43	1,00	0,97	173,35	0,53	0,00
270,00	2,04	11,04	0,00	13,33	16,29	83,53	227,31	1,00	2,72	-84,10	-2,70	0,00
193,17	1,51	8,97	0,00	13,51	15,03	93,78	154,15	1,00	1,64	-439,31	-0,35	0,00

Cálculo del índice de sudoración requerida

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350. Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

Tabla 25. *Calculo del tiempo de exposición con fecha 31 de mayo del 2015*

ESTIMACION DE VALORES PREVESIBLES						
Calor maximo acumulado (Qmax)	Evaporacion previsible (Ep)	Humedad de la piel previsible (Wp)	Eficacia evaporativa previsible (rp)	Sudoracion previsible (SWp)	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo	Tiempo máximo de exposición por riesgo de deshidratación excesiva
W*hr/m ²	W/m ²			W/m ²	min	min
50,00	82,47	1,00	0,50	164,93	144,72	545,68
50,00	124,70	1,00	0,50	249,41	-2386,42	360,85
50,00	83,74	1,00	0,50	167,49	795,85	537,35
50,00	144,90	1,00	0,50	289,81	45,89	310,55
50,00	109,11	1,00	0,50	218,23	26,29	412,41
50,00	118,90	1,00	0,50	237,81	96,37	378,46
50,00	101,65	1,00	0,50	203,30	56,86	442,69
ESTIMACION DE VALORES PREVESIBLES						
Calor maximo acumulado (Qmax)	Evaporacion previsible (Ep)	Humedad de la piel previsible (Wp)	Eficacia evaporativa previsible (rp)	Sudoracion previsible (SWp)	exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo	Tiempo máximo de exposición por riesgo de deshidratación excesiva
W*hr/m ²	W/m ²			W/m ²	min	min
50,00	99,20	1,00	0,50	198,39	366,19	453,65
50,00	94,21	1,00	0,50	188,43	96,22	477,64
50,00	94,04	1,00	0,50	188,09	-1147,08	478,50
50,00	83,53	1,00	0,50	167,06	20,87	538,73
50,00	93,78	1,00	0,50	187,56	49,70	479,85

Cálculo del tiempo de exposición

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350.Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

Tabla 26. Análisis de las variables ambientales con fecha 1 de junio del 2015

Fecha		VARIABLES AMBIENTALES INTERNAS DEL TANQUE 20204											
Descripción de actividades	Hora	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Humedad relativa	Indice de calor termico	Temperatura del globo	Temperatura N.W.B	W.B.G.T Interior	Limite de trabajo termico T.W.L	Temperatura de rocío	Punto de evaporación	Presion Barométrica	Temperatura de superficie interior (tr)
	hr	m/s	°C	%	°C	°C	°C	°C	W/m²	°C	°C	hPa	°C
Armado de andamios	8h30	0,00	28,30	87,00	33,90	26,20	26,50	26,60	137,70	28,10	29,40	985,20	26,90
Ventilacion	9h25	0,00	28,60	88,90	36,30	26,90	27,20	26,90	154,70	27,10	26,90	985,70	27,80
Limpeza y lavado	10h22	0,00	27,30	96,10	34,20	25,50	26,70	26,30	140,30	26,20	26,40	986,00	25,00
Gritblasting interior	11h21	0,00	27,20	92,70	33,10	25,70	26,30	26,20	138,50	26,30	26,70	985,50	25,60
	13h17	0,60	31,90	77,00	41,40	31,80	28,70	29,60	105,90	28,00	28,70	983,20	30,10
Pintura interior	14h18	0,00	31,20	84,40	43,10	31,50	28,90	29,60	98,20	28,50	29,20	981,70	30,30
	15h15	0,00	30,90	84,10	43,20	29,70	29,60	29,60	107,00	28,40	29,30	980,70	30,10
Fecha		VARIABLES AMBIENTALES EXTERNAS DEL TANQUE 20204											
Descripción de actividades	Hora	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Humedad relativa	Indice de calor termico	Temperatura del globo	Temperatura N.W.B	W.B.G.T Interior	Limite de trabajo termico T.W.L	Temperatura de rocío	Punto de evaporación	Presion Barométrica	Temperatura de superficie exterior (tr)
	hr	m/s	°C	%	°C	°C	°C	°C	W/m²	°C	°C	hPa	°C
Armado de andamios	8h20	0,40	26,30	87,40	30,40	26,80	25,10	25,90	144,50	25,10	25,50	985,00	25,70
Ventilacion	9h13	0,50	27,70	84,40	32,70	27,10	25,90	26,30	145,80	25,00	25,70	987,70	27,00
Limpeza y lavado	10h02	0,40	27,40	82,90	30,20	26,60	24,90	25,40	136,60	23,90	24,60	986,00	26,10
	11h12	0,60	25,10	86,60	27,40	25,20	24,00	24,50	161,90	23,20	23,60	985,80	24,60
Gritblasting interior	13h10	0,60	30,20	77,80	38,80	30,40	27,40	28,30	119,50	26,00	27,10	983,40	33,10
	14h10	0,60	28,90	78,50	36,30	30,30	26,80	27,40	131,40	24,20	23,30	982,00	30,30
Pintura interior	15h07	0,60	28,40	74,90	33,50	30,00	25,40	26,70	136,80	24,20	25,50	980,80	30,30
	16h05	0,80	38,60	80,60	34,40	29,40	25,40	26,40	140,10	24,10	24,90	981,30	30,00

Valores ambientales internos y externos determinados con el medidor de estrés térmico

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: Medidor kestrel 4400

Tabla 27. Calculo de parámetros ambientales con fecha 1 de junio del 2015

Temperatura cutanea media (tsk)	Coeficiente de intercambio de calor por conveccion natural (hc)	Coeficiente de radiacion (hr)	Coeficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var<=1	Coeficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var>1	Velocidad relativa del aire (Var)	Factor adimensional de reduccion de calor debido a la ropa (fcl)	Constante Stefan Boltzam (σ)	Emisividad cutanea (esk)	Aislamiento intrinseco del atuendo (Icl)	Fraccion de superficie cutanea Ar/Abu	Presion parcial de vapor de agua (Pa)	Resistencia evaporativa de la capa limitante de aire y ropa (Rt)	saturacion del vapor de agua a la temperatura de la piel (Psk,s) a 35°C	adimensional de reduccion de los intercambios de calor latente debidos al
°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	m/s		W/m ² *k ⁴	εsk	clo (m ² .°C)/W		Kpa	W/m ²	Kpa	
36,00	4,13	4,78	6,25	5,94	0,53	0,48	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,32	0,022	5,62	0,43
36,00	4,03	4,80	6,75	6,56	0,62	0,47	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,49	0,022	5,62	0,41
36,00	4,33	4,74	5,47	4,86	0,38	0,51	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,44	0,024	5,62	0,46
36,00	4,27	4,75	9,23	9,22	1,10	0,42	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,34	0,020	5,62	0,33
36,00	3,71	4,86	12,35	11,97	1,70	0,37	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,68	0,019	5,62	0,27
36,00	3,68	4,86	7,15	7,04	0,70	0,46	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,79	0,021	5,62	0,39
36,00	3,71	4,86	7,15	7,04	0,70	0,46	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	4,01	0,021	5,62	0,39

Temperatura cutanea media (tsk)	Coeficiente de intercambio de calor por conveccion natural (hc)	Coeficiente de radiacion (hr)	Coeficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var<=1	Coeficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var>1	Velocidad relativa del aire (Var)	Factor adimensional de reduccion de calor debido a la ropa (fcl)	Constante Stefan Boltzam (σ)	Emisividad cutanea (esk)	Aislamiento intrinseco del atuendo (Icl)	Fraccion de superficie cutanea Ar/Abu	Presion parcial de vapor de agua (Pa)	Resistencia evaporativa de la capa limitante de aire y ropa (Rt)	Presion de saturacion del vapor de agua a la temperatura de la piel (Psk,s) a	Factor adimensional de reduccion de los intercambios de calor latente
°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	m/s		W/m ² *k ⁴	εsk	clo (m ² .°C)/W		Kpa	W/m ²	Kpa	
36,00	4,26	4,75	8,33	8,32	0,93	0,54	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,09	0,03	5,62	0,53
36,00	4,12	4,78	9,35	9,33	1,12	0,55	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,20	0,03	5,62	0,54
36,00	4,22	4,76	7,55	7,49	0,78	0,55	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,97	0,03	5,62	0,53
36,00	4,37	4,73	8,59	8,59	0,98	0,54	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,91	0,03	5,62	0,53
36,00	3,11	4,93	12,35	11,97	1,70	0,58	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,44	0,03	5,62	0,62
36,00	3,68	4,86	12,35	11,97	1,70	0,56	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,36	0,03	5,62	0,57
36,00	3,68	4,86	10,27	10,20	1,30	0,56	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,03	0,03	5,62	0,57
36,00	3,72	4,85	11,31	11,11	1,50	0,56	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,36	0,03	5,62	0,57

Parámetros ambientales internos y externos para el cálculo del índice de sudoración requerida

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350.Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

Tabla 28. Cálculo del índice de sudoración requerida con fecha 1 de junio del 2015

INDICE DE SUDORACION REQUERIDA												
Consumo metabólico (M)	Intercambio de calor por conducción en el tracto respiratorio (C _{res})	Intercambio de calor por evaporación en el tracto respiratorio (E _{res})	Intercambio de calor en la piel por conducción (K)	Intercambio de calor en la piel por convección (C)	Intercambio de calor en la piel por radiación (R)	Flujo máximo de calor por evaporación (E _{max})	Evaporación requerida (E _{req})	Humedad máxima de la piel (W _{max})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Índice de sudoración requerida (SW _{req})	Eficacia evaporativa de la sudoración (r)	Almacenamiento de calor en el cuerpo (S)
W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²			W/m ²		°C
159,75	1,50	6,37	0,00	23,30	21,06	102,73	107,53	1,00	1,05	237,76	0,45	0,00
178,10	1,60	6,59	0,00	23,50	18,54	97,96	127,88	1,00	1,31	864,49	0,15	0,00
130,83	1,41	4,95	0,00	24,12	26,42	92,52	73,94	1,00	0,80	108,62	0,68	0,00
270,00	2,95	10,67	0,00	33,84	20,60	115,32	201,95	1,00	1,75	-378,67	-0,53	0,00
270,00	1,17	9,06	0,00	18,03	10,53	104,24	231,21	1,00	2,22	-158,39	-1,46	0,00
193,17	1,03	6,13	0,00	15,77	12,73	85,81	157,51	1,00	1,84	-230,03	-0,68	0,00
193,17	1,11	5,39	0,00	16,76	13,16	75,35	156,75	1,00	2,08	-134,68	-1,16	0,00
INDICE DE SUDORACION REQUERIDA												
Consumo metabólico (M)	Intercambio de calor por conducción en el tracto respiratorio (C _{res})	Intercambio de calor por evaporación en el tracto respiratorio (E _{res})	Intercambio de calor en la piel por conducción (K)	Intercambio de calor en la piel por convección (C)	Intercambio de calor en la piel por radiación (R)	Flujo máximo de calor por evaporación (E _{max})	Evaporación requerida (E _{req})	Humedad máxima de la piel (W _{max})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Índice de sudoración requerida (SW _{req})	Eficacia evaporativa de la sudoración (r)	Almacenamiento de calor en el cuerpo (S)
W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²			W/m ²		°C
159,75	1,95	6,99	0,00	22,50	26,64	95,82	101,67	1,00	1,06	232,63	0,44	0,00
178,10	1,82	7,46	0,00	18,74	23,59	90,13	126,50	1,00	1,40	8321,78	0,02	0,00
130,83	1,39	6,00	0,00	19,79	25,71	99,96	77,94	1,00	0,78	111,97	0,70	0,00
130,83	1,81	6,15	0,00	25,80	29,17	104,28	67,89	1,00	0,65	86,14	0,79	0,00
270,00	1,81	10,22	0,00	10,43	8,28	69,92	239,25	1,00	3,42	-49,29	-4,85	0,00
270,00	2,31	10,58	0,00	14,64	15,53	79,48	226,95	1,00	2,86	-73,76	-3,08	0,00
193,17	1,78	8,67	0,00	15,67	15,53	91,03	151,52	1,00	1,66	-393,25	-0,39	0,00
193,17	-0,97	10,92	0,00	-5,42	16,29	115,47	172,36	1,00	1,49	-1510,80	-0,11	0,00

Cálculo del índice de sudoración requerida

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350.Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

Tabla 29. *Calculo del tiempo de exposición con fecha 1 de junio del 2015*

ESTIMACION DE VALORES PREVESIBLES						
Calor maximo acumulado (Qmax)	Evaporacion previsible (Ep)	Humedad de la piel previsible (Wp)	Eficacia evaporativa previsible (rp)	Sudoracion previsible (SWp)	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo	Tiempo máximo de exposición por riesgo de deshidratación excesiva
W*hr/m ²	W/m ²			W/m ²	min	min
50,00	102,73	1,00	0,50	205,47	625,80	143,82
50,00	97,96	1,00	0,50	195,92	100,27	897,61
50,00	74,02	0,80	0,68	108,85	-36957,71	-2,44
50,00	115,32	1,00	0,50	230,65	34,63	2598,90
50,00	104,24	1,00	0,50	208,49	23,63	3808,99
50,00	85,81	1,00	0,50	171,61	41,84	2151,04
50,00	75,35	1,00	0,50	150,70	36,86	2441,99
ESTIMACION DE VALORES PREVESIBLES						
Calor maximo acumulado (Qmax)	Evaporacion previsible (Ep)	Humedad de la piel previsible (Wp)	Eficacia evaporativa previsible (rp)	Sudoracion previsible (SWp)	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo	Tiempo máximo de exposición por riesgo de deshidratación excesiva
W*hr/m ²	W/m ²			W/m ²	min	min
50,00	95,82	1,00	0,50	191,64	512,62	469,62
50,00	90,13	1,00	0,50	180,27	82,50	499,26
50,00	77,97	0,78	0,70	112,06	-93121,01	803,15
50,00	67,78	0,65	0,79	85,93	27693,81	1047,32
50,00	69,92	1,00	0,50	139,84	17,72	643,58
50,00	79,48	1,00	0,50	158,96	20,34	566,18
50,00	91,03	1,00	0,50	182,06	49,60	494,35
50,00	115,47	1,00	0,50	230,93	52,73	389,73

Cálculo del tiempo de exposición

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350.Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

Tabla 30. *Análisis de las variables ambientales con fecha 2 de junio del 2015*

Fecha		VARIABLES AMBIENTALES INTERNAS DEL TANQUE 20204											
Descripción de actividades	02-06-2015	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Humedad relativa	Índice de calor térmico	Temperatura del globo	Temperatura N.W.B	W.B.G.T Interior	Limite de trabajo térmico T.W.L	Temperatura de rocío	Punto de evaporación	Presión Barométrica	Temperatura de superficie interior (tr)
	Hora	m/s	°C	%	°C	°C	°C	°C	W/m ²	°C	°C	hPa	°C
Armado de andamios	8h20	0,00	28,90	83,40	33,80	27,50	26,00	26,50	143,10	25,10	25,70	984,30	28,90
Ventilación	9h20	0,00	30,20	79,60	32,50	27,90	27,10	27,30	136,00	26,20	26,90	984,60	29,40
Limpieza y lavado	10h11	0,60	29,70	76,70	34,50	32,60	26,10	28,10	118,90	25,40	26,40	984,40	30,50
	11h13	0,60	32,90	64,00	42,10	33,00	28,00	29,50	114,10	25,10	26,80	984,00	33,50
Gritblasting interior	13h07	0,50	33,20	63,20	42,40	34,60	27,70	29,90	103,30	26,30	27,50	981,50	34,20
	15h07	0,30	35,20	50,00	42,70	34,70	26,90	29,30	118,70	23,20	26,10	978,80	33,20
Pintura interior	15h45	0,60	35,40	54,00	45,40	36,40	28,30	30,70	97,90	24,40	26,90	978,00	34,70
	16h07	0,00	33,30	41,90	41,90	32,70	27,40	28,90	121,40	24,70	26,80	978,40	34,50
Fecha		VARIABLES AMBIENTALES EXTERNAS DEL TANQUE 20204											
Descripción de actividades	02-06-2015	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Humedad relativa	Índice de calor térmico	Temperatura del globo	Temperatura N.W.B	W.B.G.T Interior	Limite de trabajo térmico T.W.L	Temperatura de rocío	Punto de evaporación	Presión Barométrica	Temperatura de superficie exterior (tr)
	Hora	m/s	°C	%	°C	°C	°C	°C	W/m ²	°C	°C	hPa	°C
Armado de andamios	8h00	0,50	28,90	80,90	31,50	32,20	26,80	27,80	123,20	23,40	24,40	984,10	29,30
	9h00	0,60	29,60	72,10	34,90	31,70	25,50	26,80	134,50	23,30	24,60	984,40	30,50
Ventilación	10h00	0,50	31,60	65,60	34,30	36,50	28,30	30,40	94,60	24,20	25,70	984,60	30,30
	11h00	0,50	35,30	45,20	40,20	43,90	29,10	32,60	80,00	22,20	25,80	984,50	35,60
Limpieza y lavado	13h02	0,00	33,50	57,20	41,60	39,50	28,50	30,90	94,70	23,70	26,50	981,70	35,30
Pintura interior	16h16	0,00	33,60	41,90	41,90	32,40	27,20	28,80	124,90	24,00	26,40	978,50	35,60
	16h20	0,50	33,40	39,80	39,80	26,00	26,00	28,30	127,00	22,70	25,60	978,60	35,00

Valores ambientales internos y externos determinados con el medidor de estrés térmico

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: Medidor kestrel 4400

Tabla 31. Calculo de parámetros ambientales con fecha 2 de junio del 2015

Temperatura cutanea media (tsk)	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion natural (hc)	Coefficiente de radiacion (hr)	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var<=1	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var>1	Velocidad relativa del aire (Var)	Factor adimensional de reduccion de calor debido a la ropa (fcl)	Constante Stefan Boltzam (σ)	Emisividad cutanea (esk)	Aislamiento intrenseco del atuendo (lcl)	Fraccion de superficie cutanea Ar/Abu	Presion parcial de vapor de agua (Pa)	Resistencia evaporativa de la capa limitante de aire y ropa (Rt)	saturacion del vapor de agua a la temperatura de la piel (Psk,s) a 35°C	adimensional de reduccion de los intercambios de calor latente debidos al
°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	m/s		W/m ² *k ⁴	εsk	clo (m ² .°C)/W		Kpa	W/m ²	Kpa	
36,00	3,89	4,83	6,25	5,94	0,53	0,48	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,15	0,022	5,62	0,43
36,00	3,81	4,84	6,75	6,56	0,62	0,47	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,35	0,022	5,62	0,41
36,00	3,64	4,87	8,59	8,59	0,98	0,43	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,12	0,020	5,62	0,34
36,00	2,99	4,94	8,59	8,59	0,98	0,43	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,42	0,020	5,62	0,34
36,00	2,76	4,95	11,83	11,54	1,60	0,37	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,32	0,019	5,62	0,28
36,00	3,08	4,93	10,79	10,66	1,40	0,39	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,97	0,019	5,62	0,29
36,00	2,54	4,97	10,27	10,20	1,30	0,39	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,34	0,019	5,62	0,30
36,00	2,63	4,96	7,15	7,04	0,70	0,46	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,23	0,021	5,62	0,39
Temperatura cutanea media (tsk)	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion natural (hc)	Coefficiente de radiacion (hr)	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var<=1	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var>1	Velocidad relativa del aire (Var)	Factor adimensional de reduccion de calor debido a la ropa (fcl)	Constante Stefan Boltzam (σ)	Emisividad cutanea (esk)	Aislamiento intrenseco del atuendo (lcl)	Fraccion de superficie cutanea Ar/Abu	Presion parcial de vapor de agua (Pa)	Resistencia evaporativa de la capa limitante de aire y ropa (Rt)	saturacion del vapor de agua a la temperatura de la piel (Psk,s) a 35°C	adimensional de reduccion de los intercambios de calor latente debidos al
°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	m/s		W/m ² *k ⁴	εsk	clo (m ² .°C)/W		Kpa	W/m ²	Kpa	
36,00	3,83	4,84	8,85	8,85	1,03	0,56	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,36	0,03	5,62	0,56
36,00	3,64	4,87	9,37	9,36	1,13	0,56	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,98	0,03	5,62	0,57
36,00	3,68	4,86	9,35	9,33	1,12	0,56	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,59	0,03	5,62	0,57
36,00	1,89	4,99	9,35	9,33	1,12	0,63	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,58	0,04	5,62	0,73
36,00	2,18	4,98	5,47	4,86	0,38	0,61	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,52	0,04	5,62	0,70
36,00	1,89	4,99	7,15	7,04	0,70	0,63	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,16	0,04	5,62	0,73
36,00	2,38	4,97	9,75	9,72	1,20	0,61	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,85	0,04	5,62	0,68

Parámetros ambientales internos y externos para el cálculo del índice de sudoración requerida

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350.Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

Tabla 32. Cálculo del índice de sudoración requerida con fecha 2 de junio del 2015

INDICE DE SUDORACION REQUERIDA												
Consumo metabólico (M)	Intercambio de calor por conducción en el tracto respiratorio (C _{res})	Intercambio de calor por evaporación en el tracto respiratorio (E _{res})	Intercambio de calor en la piel por conducción (K)	Intercambio de calor en la piel por convección (C)	Intercambio de calor en la piel por radiación (R)	Flujo máximo de calor por evaporación (E _{max})	Evaporación requerida (E _{req})	Humedad máxima de la piel (W _{max})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Índice de sudoración requerida (SW _{req})	Eficacia evaporativa de la sudoración (r)	Almacenamiento de calor en el cuerpo (S)
W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²			W/m ²		°C
159,75	1,36	6,84	0,00	21,43	16,55	110,25	113,57	1,00	1,03	241,94	0,47	0,00
178,10	1,20	6,99	0,00	18,38	15,01	104,01	136,52	1,00	1,31	985,63	0,14	0,00
130,83	0,97	5,66	0,00	23,12	11,44	123,71	89,64	1,00	0,72	121,55	0,74	0,00
130,83	0,38	4,98	0,00	11,34	5,26	108,91	108,87	1,00	1,00	217,53	0,50	0,00
270,00	0,68	10,77	0,00	12,04	3,32	122,88	243,19	1,00	1,98	-253,71	-0,96	0,00
270,00	-0,08	12,40	0,00	3,30	5,35	138,89	249,03	1,00	1,79	-410,02	-0,61	0,00
193,17	-0,11	7,63	0,00	2,41	2,55	118,23	180,68	1,00	1,53	-1077,08	-0,17	0,00
193,17	0,46	8,00	0,00	8,83	3,40	111,80	172,48	1,00	1,54	-907,02	-0,19	0,00
INDICE DE SUDORACION REQUERIDA												
Consumo metabólico (M)	Intercambio de calor por conducción en el tracto respiratorio (C _{res})	Intercambio de calor por evaporación en el tracto respiratorio (E _{res})	Intercambio de calor en la piel por conducción (K)	Intercambio de calor en la piel por convección (C)	Intercambio de calor en la piel por radiación (R)	Flujo máximo de calor por evaporación (E _{max})	Evaporación requerida (E _{req})	Humedad máxima de la piel (W _{max})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Índice de sudoración requerida (SW _{req})	Eficacia evaporativa de la sudoración (r)	Almacenamiento de calor en el cuerpo (S)
W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²			W/m ²		°C
159,75	1,36	6,26	0,00	15,12	18,02	81,20	118,99	1,00	1,47	-1614,89	-0,07	0,00
159,75	1,21	7,32	0,00	13,10	15,03	92,48	123,10	1,00	1,33	1078,30	0,11	0,00
178,10	0,85	6,26	0,00	9,07	15,53	71,36	146,39	1,00	2,05	-132,57	-1,10	0,00
178,10	-0,07	6,31	0,00	0,83	1,25	47,47	169,78	1,00	3,58	-31,47	-5,39	0,00
130,83	0,27	4,76	0,00	3,34	2,14	53,67	120,31	1,00	2,24	-79,53	-1,51	0,00
193,17	0,38	8,25	0,00	2,85	1,25	57,18	180,45	1,00	3,16	-45,34	-3,98	0,00
193,17	0,43	9,26	0,00	3,75	3,01	75,07	176,71	1,00	2,35	-99,81	-1,77	0,00

Cálculo del índice de sudoración requerida

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350. Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

Tabla 33. *Calculo del tiempo de exposición con fecha 2 de junio del 2015*

ESTIMACION DE VALORES PREVESIBLES						
Calor maximo acumulado (Qmax)	Evaporacion previsible (Ep)	Humedad de la piel previsible (Wp)	Eficacia evaporativa previsible (rp)	Sudoracion previsible (SWp)	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo	Tiempo máximo de exposición por riesgo de deshidratación excesiva
W*hr/m ²	W/m ²			W/m ²	min	min
50,00	110,25	1,00	0,50	220,51	903,59	408,15
50,00	104,01	1,00	0,50	208,01	92,27	432,67
50,00	89,07	0,72	0,74	120,23	5246,92	748,54
50,00	108,91	1,00	0,50	217,83	-61287,70	413,17
50,00	122,88	1,00	0,50	245,75	24,93	366,22
50,00	138,89	1,00	0,50	277,79	27,24	323,99
50,00	118,23	1,00	0,50	236,46	48,04	380,61
50,00	111,80	1,00	0,50	223,59	49,43	402,51
ESTIMACION DE VALORES PREVESIBLES						
Calor maximo acumulado (Qmax)	Evaporacion previsible (Ep)	Humedad de la piel previsible (Wp)	Eficacia evaporativa previsible (rp)	Sudoracion previsible (SWp)	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo	Tiempo máximo de exposición por riesgo de deshidratación excesiva
W*hr/m ²	W/m ²			W/m ²	min	min
50,00	81,20	1,00	0,50	162,40	79,39	554,19
50,00	92,48	1,00	0,50	184,96	97,99	486,58
50,00	71,36	1,00	0,50	142,71	39,98	630,63
50,00	47,47	1,00	0,50	94,95	24,53	947,88
50,00	53,67	1,00	0,50	107,34	45,02	838,48
50,00	57,18	1,00	0,50	114,35	24,34	787,03
50,00	75,07	1,00	0,50	150,14	29,52	599,44

Cálculo del tiempo de exposición

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350.Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

Tabla 34. Análisis de variables ambientales con fecha 3 de junio del 2015

Fecha		VARIABLES AMBIENTALES INTERNAS DEL TANQUE 20204											
Descripcion de actividades	Hora	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Humedad relativa	Indice de calor termico	Temperatura del globo	Temperatura N.W.B	W.B.G.T Interior	Limite de trabajo termico T.W.L	Temperatura de rocío	Punto de evaporacio	Presion Barometrica	Temperatura de superficie interior (tr)
	hr	m/s	°C	%	°C	°C	°C	°C	W/m ²	°C	°C	hPa	°C
Armado de andamios	8h55	0,60	28,00	85,00	30,00	26,50	25,00	24,90	160,00	23,10	24,10	982,90	27,50
Ventilacion	9h55	0,60	29,60	76,10	33,90	30,90	26,80	28,00	119,00	25,10	24,00	984,50	30,50
	10h00	0,60	28,80	74,40	34,00	28,80	25,60	26,50	142,90	24,00	25,50	981,50	27,80
Limpieza y lavado	11h55	0,60	31,80	64,20	30,60	31,30	26,40	27,90	132,10	24,10	26,30	983,40	31,10
	13h00	0,60	34,10	56,90	41,40	36,00	27,30	29,90	106,10	24,90	27,40	981,50	33,50
Gritblasting interior	14h15	0,60	35,00	57,00	42,10	36,10	27,60	29,90	105,30	24,90	27,10	981,50	33,80
	14h21	0,00	34,80	61,70	49,20	35,40	30,50	31,80	87,90	27,50	29,60	980,10	33,00
Pintura interior	15h00	0,60	35,00	56,70	41,80	36,90	27,70	30,10	105,90	24,80	27,30	981,30	33,30
	16h00	0,00	29,60	76,70	36,00	28,10	26,10	26,60	165,10	24,60	25,90	980,20	30,60
Fecha		VARIABLES AMBIENTALES EXTERNAS DEL TANQUE 20204											
Descripcion de actividades	Hora	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Humedad relativa	Indice de calor termico	Temperatura del globo	Temperatura N.W.B	W.B.G.T Interior	Limite de trabajo termico T.W.L	Temperatura de rocío	Punto de evaporacio	Presion Barometrica	Temperatura de superficie exterior (tr)
	hr	m/s	°C	%	°C	°C	°C	°C	W/m ²	°C	°C	hPa	°C
Armado de andamios	8h15	0,00	28,10	79,20	32,00	26,00	24,90	25,50	156,80	23,70	24,90	984,20	30,10
	8h55	0,60	28,00	78,60	33,00	30,70	25,10	26,30	134,50	23,60	24,80	984,60	27,60
Ventilacion	15h15	0,30	28,90	75,10	34,20	30,00	25,60	26,90	135,20	24,40	25,60	984,80	28,20
	11h15	0,70	31,20	72,00	38,20	32,80	26,30	27,90	112,20	25,10	26,60	984,10	32,20
Limpieza y lavado	12h00	0,00	30,90	66,00	37,10	33,20	26,40	28,30	114,10	24,50	26,30	983,80	33,00
	13h16	0,50	36,00	50,90	43,80	38,10	28,10	31,10	84,40	24,60	27,70	981,50	32,80
Gritblasting interior	14h00	0,50	35,00	52,80	42,80	35,90	27,10	29,60	99,50	23,70	26,90	980,70	33,30
	15h15	0,40	33,00	54,30	38,40	34,40	26,00	28,60	118,50	23,30	25,70	979,40	35,40
Pintura interior	15h26	1,40	27,50	75,50	31,40	29,40	24,50	26,90	195,00	23,10	24,40	979,70	28,00
	16h30	0,40	28,80	79,10	33,60	28,70	25,40	26,10	142,50	24,60	25,60	980,10	30,30

Valores ambientales internos y externos determinados con el medidor de estrés térmico
Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: Medidor kestrel 4400

Tabla 35. Calculo de parámetros ambientales con fecha 3 de junio del 2015

CALCULO DE PARAMETROS														
Temperatura cutanea media (tsk)	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion natural (hc)	Coefficiente de radiacion (hr)	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var<=1	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var>1	Velocidad relativa del aire (Var)	Factor adimensional de reduccion de calor debido a la ropa (fcl)	Constante Stefan Boltzam (σ)	Emisividad cutanea (esk)	Aislamiento intrinseco del atuendo (icl)	Fraccion de superficie cutanea Ar/A _{du}	Presion parcial de vapor de agua (Pa)	Resistencia evaporativa de la capa limitante de aire y ropa (Rt)	saturacion del vapor de agua a la temperatura de la piel (Psk,s) a 35°C	adimensional de reduccion de los intercambios de calor latente debidos al
°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	m/s		W/m ² *k ⁴	εsk	clo (m ² .°C)/w		Kpa	W/m ²	Kpa	
36,00	4,06	4,80	9,37	9,36	1,13	0,413	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,96	0,020	5,62	0,32
36,00	3,64	4,87	9,87	9,82	1,22	0,403	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,31	0,019	5,62	0,31
36,00	4,03	4,80	9,87	9,82	1,22	0,404	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,05	0,019	5,62	0,31
36,00	3,54	4,88	8,59	8,59	0,98	0,427	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,06	0,020	5,62	0,34
36,00	2,99	4,94	8,59	8,59	0,98	0,426	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,15	0,020	5,62	0,34
36,00	2,90	4,94	12,35	11,97	1,70	0,366	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,17	0,019	5,62	0,27
36,00	3,13	4,93	9,23	9,22	1,10	0,413	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	4,02	0,020	5,62	0,33
36,00	3,05	4,93	10,27	10,20	1,30	0,395	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,20	0,019	5,62	0,30
36,00	3,63	4,87	7,15	7,04	0,70	0,459	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,13	0,021	5,62	0,39
CALCULO DE PARAMETROS														
Temperatura cutanea media (tsk)	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion natural (hc)	Coefficiente de radiacion (hr)	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var<=1	Coefficiente de intercambio de calor por conveccion forzada (hc) si Var>1	Velocidad relativa del aire (Var)	Factor adimensional de reduccion de calor debido a la ropa (fcl)	Constante Stefan Boltzam (σ)	Emisividad cutanea (esk)	Aislamiento intrinseco del atuendo (icl)	Fraccion de superficie cutanea Ar/A _{du}	Presion parcial de vapor de agua (Pa)	Resistencia evaporativa de la capa limitante de aire y ropa (Rt)	saturacion del vapor de agua a la temperatura de la piel (Psk,s) a 35°C	adimensional de reduccion de los intercambios de calor latente debidos al
°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C	m/s		W/m ² *k ⁴	εsk	clo (m ² .°C)/w		Kpa	W/m ²	Kpa	
36,00	3,71	4,86	6,25	5,94	0,53	0,482	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,93	0,028	5,62	0,57
36,00	4,05	4,80	9,37	9,36	1,13	0,413	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,98	0,027	5,62	0,55
36,00	3,98	4,81	8,31	8,30	0,92	0,434	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,05	0,027	5,62	0,55
36,00	3,32	4,91	10,39	10,30	1,32	0,392	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,08	0,030	5,62	0,60
36,00	3,13	4,93	5,47	4,86	0,38	0,502	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,12	0,031	5,62	0,61
36,00	3,18	4,92	8,07	8,05	0,88	0,437	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,24	0,031	5,62	0,61
36,00	3,05	4,93	11,83	11,54	1,60	0,368	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,04	0,032	5,62	0,62
36,00	2,09	4,98	11,31	11,11	1,50	0,376	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,88	0,040	5,62	0,71
36,00	4,00	4,81	14,43	13,59	2,10	0,334	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	2,87	0,027	5,62	0,55
36,00	3,68	4,86	9,23	9,23	1,10	0,414	0,0000000567	0,97	0,11	0,77	3,00	0,028	5,62	0,57

Parámetros ambientales internos y externos para el cálculo del índice de sudoración requerida

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350.Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

Tabla 36. Cálculo del índice de sudoración requerida con fecha 3 de junio del 2015

INDICE DE SUDORACION REQUERIDA												
Consumo metabólico (M)	Intercambio de calor por conducción en el tracto respiratorio (C _{res})	Intercambio de calor por evaporación en el tracto respiratorio (E _{res})	Intercambio de calor en la piel por conducción (K)	Intercambio de calor en la piel por convección (C)	Intercambio de calor en la piel por radiación (R)	Flujo máximo de calor por evaporación (E _{max})	Evaporación requerida (E _{req})	Humedad máxima de la piel (W _{max})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Índice de sudoración requerida (SW _{req})	Eficacia evaporativa de la sudoración (r)	Almacenamiento de calor en el cuerpo (S)
W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²			W/m ²		°C
159,75	1,57	7,37	0,00	30,95	16,85	135,17	103,02	1,00	0,76	145,19	0,71	0,00
178,10	1,35	7,12	0,00	25,35	10,79	118,56	133,49	1,00	1,13	364,59	0,37	0,00
178,10	1,55	7,92	0,00	28,61	15,93	131,88	124,11	1,00	0,94	222,74	0,56	0,00
130,83	0,59	5,80	0,00	15,40	10,21	126,70	98,83	1,00	0,78	142,05	0,70	0,00
130,83	0,16	5,60	0,00	6,95	5,26	122,32	112,86	1,00	0,92	196,49	0,57	0,00
270,00	0,00	11,45	0,00	4,38	3,98	131,72	250,18	1,00	1,90	-311,25	-0,80	0,00
270,00	0,08	7,47	0,00	4,58	6,11	80,68	251,77	1,00	3,12	-65,07	-3,87	0,00
193,17	0,00	8,10	0,00	4,03	5,26	125,52	175,77	1,00	1,40	9050,76	0,02	0,00
193,17	1,46	8,33	0,00	21,02	12,07	116,56	150,28	1,00	1,29	890,35	0,17	0,00
INDICE DE SUDORACION REQUERIDA												
Consumo metabólico (M)	Intercambio de calor por conducción en el tracto respiratorio (C _{res})	Intercambio de calor por evaporación en el tracto respiratorio (E _{res})	Intercambio de calor en la piel por conducción (K)	Intercambio de calor en la piel por convección (C)	Intercambio de calor en la piel por radiación (R)	Flujo máximo de calor por evaporación (E _{max})	Evaporación requerida (E _{req})	Humedad máxima de la piel (W _{max})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Índice de sudoración requerida (SW _{req})	Eficacia evaporativa de la sudoración (r)	Almacenamiento de calor en el cuerpo (S)
W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²			W/m ²		°C
159,75	1,54	7,46	0,00	14,12	13,81	95,15	122,81	1,00	1,29	735,44	0,17	0,00
159,75	1,57	7,30	0,00	13,39	16,65	97,55	120,85	1,00	1,24	519,45	0,23	0,00
178,10	1,52	7,94	0,00	12,27	16,30	94,21	140,07	1,00	1,49	-1329,16	-0,11	0,00
178,10	0,95	7,85	0,00	6,26	7,32	84,59	155,73	1,00	1,84	-224,17	-0,69	0,00
130,83	0,75	5,66	0,00	8,01	7,41	80,30	108,99	1,00	1,36	1380,94	0,08	0,00
130,83	-0,18	5,39	0,00	0,00	6,88	77,09	118,74	1,00	1,54	-637,77	-0,19	0,00
270,00	0,00	12,08	0,00	1,12	4,91	81,78	251,89	1,00	3,08	-67,28	-3,74	0,00
270,00	0,76	12,82	0,00	2,36	1,12	68,25	252,94	1,00	3,71	-43,11	-5,87	0,00
193,17	2,03	9,21	0,00	11,36	12,84	101,15	157,73	1,00	1,56	-731,25	-0,22	0,00
193,17	1,68	8,75	0,00	10,97	11,48	91,96	160,28	1,00	1,74	-308,81	-0,52	0,00

Cálculo del índice de sudoración requerida

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350. Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

Tabla 37. *Calculo del tiempo de exposición con fecha 3 de junio del 2015*

ESTIMACION DE VALORES PREVESIBLES						
Calor maximo acumulado (Qmax)	Evaporacion previsible (Ep)	Humedad de la piel previsible (Wp)	Eficacia evaporativa previsible (rp)	Sudoracion previsible (SWp)	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo	Tiempo máximo de exposición por riesgo de deshidratación excesiva
W*hr/m ²	W/m ²			W/m ²	min	min
50,00	82,56	0,61	0,81	101,49	146,62	886,80
50,00	118,55	1,00	0,50	237,07	200,83	379,63
50,00	105,63	0,80	0,68	155,51	162,34	578,75
50,00	87,34	0,69	0,76	114,56	261,07	785,62
50,00	107,41	0,88	0,61	174,78	550,08	514,93
50,00	131,72	1,00	0,50	263,44	25,32	341,64
50,00	80,68	1,00	0,50	161,36	17,53	557,77
50,00	125,52	1,00	0,50	251,03	59,69	358,52
50,00	116,56	1,00	0,50	233,12	88,95	386,08
ESTIMACION DE VALORES PREVESIBLES						
Calor maximo acumulado (Qmax)	Evaporacion previsible (Ep)	Humedad de la piel previsible (Wp)	Eficacia evaporativa previsible (rp)	Sudoracion previsible (SWp)	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo	Tiempo máximo de exposición por riesgo de deshidratación excesiva
W*hr/m ²	W/m ²			W/m ²	min	min
50,00	95,15	1,00	0,50	190,30	108,44	472,94
50,00	97,55	1,00	0,50	195,10	128,77	461,30
50,00	94,21	1,00	0,50	188,42	65,41	477,67
50,00	84,59	1,00	0,50	169,17	42,17	531,99
50,00	80,30	1,00	0,50	160,61	104,57	560,36
50,00	77,09	1,00	0,50	154,19	72,03	583,70
50,00	81,78	1,00	0,50	163,56	17,64	550,27
50,00	68,25	1,00	0,50	136,51	16,24	659,30
50,00	101,15	1,00	0,50	202,31	53,03	444,86
50,00	91,96	1,00	0,50	183,91	43,91	489,36

Cálculo del tiempo de exposición

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: NTP 350.Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida

4.11. Discusión de resultados encontrados en la matriz del cálculo del índice de sudoración requerida.

El objetivo importante es determinar el tiempo de exposición de los trabajadores durante las actividades de mantenimiento en el interior y exterior de un tanque de almacenamiento de crudo, basado en las condiciones ambientales del mismo. Para ello se ha realizado un análisis completo de todas las variables ambientales a las que se encuentran expuestos el personal operativo, de los cuales hemos sacado un cuadro de resumen para verificar el comportamiento del ambiente térmico.

Tabla 38. Resumen de los resultados internos

Fecha	VARIABLES AMBIENTALES INTERNAS DEL TANQUE 20204		INDICE DE SUDORACION REQUERIDA				
30-05-2015	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Consumo metabólico (M)	Flujo máximo de calor por evaporación (E _{max})	Evaporación requerida (E _{req})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo
	m/s	°C	W/m ²	W/m ²	W/m ²		min
Gritblasting interior	0,00	30,90	270,00	100,27	227,58	2,27	23,56
Pintura interior	0,00	31,10	193,17	93,49	153,75	1,64	49,79
Fecha	VARIABLES AMBIENTALES INTERNAS DEL TANQUE 20204		INDICE DE SUDORACION REQUERIDA				
31-05-2015	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Consumo metabólico (M)	Flujo máximo de calor por evaporación (E _{max})	Evaporación requerida (E _{req})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo
Gritblasting interior	0,30	28,40	270,00	144,90	210,28	1,45	45,89
	0,00	30,20	270,00	109,11	223,22	2,05	26,29
Pintura interior	0,50	30,20	193,17	118,90	150,03	1,26	96,37
	0,00	30,40	193,17	101,65	154,41	1,52	56,86
Fecha	VARIABLES AMBIENTALES INTERNAS DEL TANQUE 20204		INDICE DE SUDORACION REQUERIDA				
01-06-2015	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Consumo metabólico (M)	Flujo máximo de calor por evaporación (E _{max})	Evaporación requerida (E _{req})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo
Gritblasting interior	0,00	27,20	270,00	115,32	201,95	1,75	34,63
	0,60	31,90	270,00	104,24	231,21	2,22	23,63
Pintura interior	0,00	31,20	193,17	85,81	157,51	1,84	41,84
	0,00	30,90	193,17	75,35	156,75	2,08	36,86
Fecha	VARIABLES AMBIENTALES INTERNAS DEL TANQUE 20204		INDICE DE SUDORACION REQUERIDA				
02-06-2015	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Consumo metabólico (M)	Flujo máximo de calor por evaporación (E _{max})	Evaporación requerida (E _{req})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo
Gritblasting interior	0,50	33,20	270,00	122,88	243,19	1,98	24,93
	0,30	35,20	270,00	138,89	249,03	1,79	27,24
Pintura interior	0,60	35,40	193,17	118,23	180,68	1,53	48,04
	0,00	33,30	193,17	111,80	172,48	1,54	49,43
Fecha	VARIABLES AMBIENTALES INTERNAS DEL TANQUE 20204		INDICE DE SUDORACION REQUERIDA				
03-06-2015	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Consumo metabólico (M)	Flujo máximo de calor por evaporación (E _{max})	Evaporación requerida (E _{req})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo
Gritblasting interior	0,60	35,00	270,00	131,72	250,18	1,90	25,32
	0,00	34,80	270,00	80,68	251,77	3,12	17,53
Pintura interior	0,60	35,00	193,17	125,52	175,77	1,40	59,69
	0,00	29,60	193,17	116,56	150,28	1,29	88,95

Análisis de variables internas para el cálculo del tiempo de exposición

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: (El Autor, 2015)

En la tabla de resumen se han tomado dos actividades influyentes, el gritblasting y la pintura por el alto consumo metabólico que genera realizar dichas actividades, destacando las siguientes variables, la temperatura, velocidad del viento, consumo metabólico, flujo máximo de calor por evaporación, evaporación requerida, humedad requerida de la piel y el tiempo máximo de exposición. Al analizar los valores de la tabla determinamos que:

- Si en las actividades establecidas no hay ventilación y hay exceso de temperatura y el gasto energético es elevado, los trabajadores que realizan estas actividades deben permanecer el menor tiempo posible sometido a estas variables térmicas, por el riesgo de sufrir una sobrecarga térmica. Como sucede con la actividad del gritblasting del día

3 de junio, no existe ventilación, la temperatura es 34.8 °C, el consumo metabólico de 270 w/m², el flujo máximo de calor por evaporación es 80.68 w/m², la humedad de la piel es 3.12 y el tiempo de exposición para realizar esta actividad en esas condiciones no debe sobrepasar los 17 minutos

- La humedad requerida por la piel no debe pasar de 1, al verificar nuestros valores observamos que todos sobrepasan este valor originado por el exceso de evaporación del sudor al sobrepasar el flujo máximo de evaporación requerida calculado para dichas actividades.

De igual manera al realizar un análisis de variables ambientales externas al tanque de crudo en la siguiente tabla

Tabla 39. Resumen de los resultados externos

Fecha	VARIABLES AMBIENTALES EXTERNAS DEL TANQUE 20204		INDICE DE SUDORACION REQUERIDA				
30-05-2015	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Consumo metabolico (M)	Flujo maximo de calor por evaporacion (E _{max})	Evaporacion requerida (E _{req})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo
Descripcion de actividades	m/s	°C	W/m ²	W/m ²	W/m ²		min
Gritblasting interior	0,40	28,40	270,00	89,00	222,25	2,50	22,51
Pintura interior	0,60	28,40	193,17	75,15	153,61	2,04	38,23
Fecha	VARIABLES AMBIENTALES EXTERNAS DEL TANQUE 20204		INDICE DE SUDORACION REQUERIDA				
31-05-2015	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Consumo metabolico (M)	Flujo maximo de calor por evaporacion (E _{max})	Evaporacion requerida (E _{req})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo
Gritblasting interior	0,00	29,60	270,00	83,53	227,31	2,72	20,87
Pintura interior	0,60	29,40	193,17	93,78	154,15	1,64	49,70
Fecha	VARIABLES AMBIENTALES EXTERNAS DEL TANQUE 20204		INDICE DE SUDORACION REQUERIDA				
01-06-2015	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Consumo metabolico (M)	Flujo maximo de calor por evaporacion (E _{max})	Evaporacion requerida (E _{req})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo
Gritblasting interior	0,60	30,20	270,00	69,92	239,25	3,42	17,72
	0,60	28,90	270,00	79,48	226,95	2,86	20,34
Pintura interior	0,60	28,40	193,17	91,03	151,52	1,66	49,60
	0,80	38,60	193,17	115,47	172,36	1,49	52,73
Fecha	VARIABLES AMBIENTALES EXTERNAS DEL TANQUE 20204		INDICE DE SUDORACION REQUERIDA				
02-06-2015	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Consumo metabolico (M)	Flujo maximo de calor por evaporacion (E _{max})	Evaporacion requerida (E _{req})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo
Pintura interior	0,00	33,60	193,17	57,18	180,45	3,16	24,34
	0,50	33,40	193,17	75,07	176,71	2,35	29,52
Fecha	VARIABLES AMBIENTALES EXTERNAS DEL TANQUE 20204		INDICE DE SUDORACION REQUERIDA				
03-06-2015	Velocidad del viento	Temperatura del aire	Consumo metabolico (M)	Flujo maximo de calor por evaporacion (E _{max})	Evaporacion requerida (E _{req})	Humedad requerida de la piel (W _{req})	Tiempo máximo de exposición por elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo
Gritblasting interior	0,50	35,00	270,00	81,78	251,89	3,08	17,64
	0,40	33,00	270,00	68,25	252,94	3,71	16,24
Pintura interior	1,40	27,50	193,17	101,15	157,73	1,56	53,03
	0,40	28,80	193,17	91,96	160,28	1,74	43,91

Análisis de variables externas para el cálculo del tiempo de exposición

Realizado por: Ing. Juan Arias Ortiz

Fuente: (El Autor, 2015)

De igual manera para el análisis de los resultados de la variables ambientales externas se consideran los mismos aspectos que el resumen anterior, el tiempo de exposición mínimo para que un trabajador pueda realizar su actividad sin riesgo de estrés térmico es directamente proporcional al alto consumo metabólico y al aumento de temperatura en el aire, la humedad de la piel en todos los análisis sobrepasa el límite, indicando que hay un



exceso de evaporación del sudor de los trabajadores por el esfuerzo físico que demandan estas actividades, especialmente el gritblasting, los trabajadores no deben permanecer más de 16 minutos realizando esta actividad si la temperatura ambiental es de 33 °C y su consumo energético es de 270 w/m²



Capítulo 5

Medidas de prevención, protección, conclusiones y recomendaciones

5.1. Control del personal contratado para las actividades de mantenimiento.

Todo trabajador que ingrese a laboral en la empresa para el desarrollo de las actividades de mantenimiento de cumplir con las siguientes características.

1. Ser hombre
2. Estar aclimatados por lo menos 3 meses antes de ingresar a trabajar.
3. La edad debe estar comprendida entre los 18 y 35 años.
4. El peso del trabajador no debe sobrepasar los 80 kilogramos.
5. Tener experiencia en trabajos en espacios confinados
6. Estar en óptimas condiciones de salud.

5.2. Control del personal antes de ingresar a los tanques de almacenamiento.

Todo trabajador debe ser cuidadosamente examinado por el medico ocupacional de la empresa o por la enfermera antes de ingresar a recintos confinados verificando los siguientes valores físicos:

1. Temperatura corporal
2. Saturación de oxígeno
3. Presión sanguínea
4. Ritmo cardiaco

5.3. Control de equipos de protección del personal durante las actividades de mantenimiento en los tanques de almacenamiento.

Todo trabajador antes de empezar las actividades de mantenimiento deben ser verificados sus equipos de protección personal y colectiva como:

1. Ropa de trabajo limpia y en buen estado.
2. Casco protector con su respectivo arnés.
3. Gafas transparentes y de sol.
4. Guantes nitrilo.
5. Mascarilla antipolvos
6. Mascarilla antigás
7. Tapones auditivos
8. Arnés de seguridad y cuerdas de vida
9. Zapatos con punta reforzada
10. Presión de tanques de oxígeno



11. Flujo de aire asistido para la máscara de granallado

12. Traje tyvek en buen estado para pintar.

5.4. Control de las condiciones ambientales antes de realizar las actividades de mantenimiento en los tanques de almacenamiento.

Antes de realizar las actividades de mantenimiento se debe verificar las condiciones ambientales, equipos eléctricos, mecánicos, señalética y estandarizar toda el área de trabajo como:

1. Medir el nivel de CO₂ (monóxido de carbono) en el interior y exterior del tanque de almacenamiento.
2. Medir el nivel S₂H (sulfuro de hidrogeno)
3. Medir el nivel de explosividad (LEL).
4. Medir la temperatura del interior del tanque
5. Medir la temperatura del exterior del tanque.
6. Verificar el flujo de aire por extracción del interior del tanque
7. Verificar el funcionamiento del generador eléctrico
8. Verificar el funcionamiento del compresor de aire
9. Verificar la luminosidad del interior del tanque.
10. Verificar la estabilidad y rigidez de los andamios en el interior y exterior del tanque
11. Verificar el estado de los tablonos de los andamios que hacen de piso.
12. Verificar la estabilidad de la escalera interna para subir a los andamios.
13. Cubrir con yute todo el cuerpo del andamio para evitar:
 - Contaminación atmosférica por material particulado
 - Caída de herramientas o materiales del andamio
 - Reducir la temperatura en el interior del tanque
 - Reducir la proyección de los rayos ultravioleta sobre al personal que se encuentra en el andamio
14. Cubrir el techo de los tanques con tierra para reducir la temperatura interna.
15. Verificar el funcionamiento del lavaojos
16. Chequear la presión de los extintores
17. Verificar el funcionamiento de detector de monóxido de carbono para el aire asistido al granallador.
18. Verificar la existencia de suficiente cantidad de agua apta para el consumo humano para hidratar a los trabajadores.



5.5. Control del personal durante las actividades de mantenimiento en los tanques de almacenamiento.

Durante las actividades de mantenimiento en el interior y exterior de los tanques se debe controlar algunos aspectos importantes como el índice de sobre carga térmica o índice de sudoración requerida necesarios para establecer los tiempos de permanencia especialmente en el interior y sobre todo cuando las temperaturas superan los 30°C, con el fin de reducir la sobrecarga térmica de los trabajadores al estar expuestos a condiciones ambientales extremas y evitar los síntomas por estrés térmico principalmente el golpe de calor que puede causar la muerte, por ellos es importante verificar los siguientes aspectos:

1. Controlar el tiempo de permanencia en el interior del tanque 15 minutos por persona
2. Observar movimientos de los trabajadores para verificar que no exista decaimiento durante sus actividades.
3. Observar la cara de los trabajadores para verificar si existe sudoración suficiente para combatir el calor.
4. Verificar que la ropa de los trabajadores este humedecida por el sudor.
5. Verificar ritmo cardiaco
6. Controlar presión sanguínea.
7. Observar la forma de respirar de los trabajadores
8. Observar la forma de caminar de los trabajadores en el interior del tanque sobre todo en los andamios

5.6. Control de las condiciones ambientales durante las actividades de mantenimiento en los tanques de almacenamiento.

Durante las actividades de mantenimiento hay que controlar los aspectos ambientales debido a los cambios bruscos de temperatura de la región, es importante verificar periódicamente algunos parámetros atmosféricos con el medidor kestrel 4400 debidamente certificado para su utilización (Ver certificado en anexo 19), como:

1. La velocidad del viento
2. La humedad relativa
3. La temperatura ambiente o del globo seco.
4. El flujo de aire por extracción del interior del tanque.
5. La temperatura de WGBT interior y exterior del tanque.
6. La temperatura de evaporación
7. El nivel de monóxido de carbono



8. El nivel de sulfuro de hidrogeno

9. El nivel de explosividad LEL

5.7. Conclusiones

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos mediante la Clasificación Nacional de Actividades Económicas determina que la industria petrolera es una actividad de alto riesgo. Esto se ha podido comprobar durante el estudio realizado, al enfocarse en la parte de la ergonomía ambiental en la determinación de los índices de sudoración requerida, evaporación requerida y humedad de la piel para mantener un equilibrio térmico entre el ambiente y la persona. Además se ha observado la importancia de realizar un estudio de los riesgos químicos especialmente la exposición a gases como el monóxido de carbono y el sulfuro de hidrogeno que siempre estuvieron presentes durante todos los trabajos realizados en los tanques y sin poder eliminar su fuente de contaminación debiendo proteger a los trabajadores con medios de protección colectiva y personal.

Al no existir un sistema de prevención de riesgos laborales la empresa China Petroleum a partir de este estudio todos los procedimientos realizados en el desarrollo de las actividades de mantenimiento de tanques de crudo quedaran documentados en esta tesis para el beneficio del personal y de toda la compañía.

Los procedimientos de las tareas de mantenimiento de tanques de crudo son actividades de elevado consumo metabólico por la gran demanda de energía que utiliza el cuerpo para realizar los trabajos pesados por levantamiento de cargas, movimientos repetitivos y posturas forzadas, es indispensable el control total desde el inicio de la jornada de trabajo de cada uno de los subprocesos de trabajo y de las condiciones ambientales que rodean a estas actividades y principalmente el desenvolvimiento de los trabajadores al desarrollar su trabajo ya que de manera incierta no es posible determinar si su cuerpo tiene los recursos necesarios para soportar el desgaste energético y mediante este estudio se ha podido determinar el índice de sobre carga térmica y de sudoración para establecer un tiempo específico en el cual los trabajadores pueden realizar actividades sin riesgo de sufrir alguno de sus efectos a la salud por exposición al calor especialmente el golpe de calor.

La importancia de las medidas preventivas y de protección es una fortaleza para la parte de seguridad y salud ocupacional, el control debe ser de estricto cumplimiento para todo el personal y siempre basándonos en la reducción del riesgo desde la fuente, en el medio o en la persona y con el estudio realizado hemos podido reducir en el medio de transferencia del calor y sus parámetros ambientales dentro y fuera de los tanques de crudo.



Es indispensable el caudal de aire para poder reducir la sensación térmica especialmente en el interior del tanque, a pesar de contar con extractores estos no fueron suficientes por las siguientes razones:

- El volumen de los tanques de crudo son grandes pasan de los 1500 m³
- Al ser un recinto confinado solo existe una entrada y una campana extractora en el techo que no es suficiente para desalojar material particulado y mantener un caudal de aire adecuado para la recirculación del mismo.

5.8. Recomendaciones.

El control del flujo de aire en el interior del tanque se lo debe realizar con una turbina incrementando sustancialmente la recirculación del aire y reduciendo los niveles ambientales que causan estrés térmico hasta un punto que solo cause discomfort térmico.

El control de las actividades que generen mayor desgaste energético son las de granallado y pintura, especialmente por el equipo que se utiliza para granallar como el casco de protección debe ser de un material ultraligero y no sea causal de un mayor consumo metabólico al soportar un casco de peso considerable.

Para reducir los parámetros de un ambiente térmico agresivo en el interior del tanque podemos reducir el aporte de calor exterior que presenta la irradiación solar que penetra a través del techo de los tanques mediante recubrimiento con granalla húmeda la cual periódicamente será mojada con el fin de que este material absorba la irradiación solar durante la jornada de trabajo.

Uno de los controles importantes sobre los trabajadores es la utilización de un casco que se podría diseñar de tal forma que permita que un flujo de aire natural o artificial pueda ser captado mediante dos agujeros realizados en la parte superior del casco conectada con una manguera y dirigida al torso y extremidades inferiores para refrescar la temperatura corporal.

Para reducir la sobrecarga térmica de los trabajadores se recomienda la creación de una zona de descanso cerrada a una distancia considerable del tanque de crudo, con abundante agua y con un sistema de aire acondicionado portátil para que los trabajadores durante su descanso puedan hidratarse y descansar en un ambiente fresco y renovar energías.

La ropa de trabajo es importante para aislar el calor o lo reflejen facilitando la evaporación del sudor, es recomendable la utilización de prendas con circulación interior de agua fría mediante tubos repartidos uniformemente lo que dificultaría los movimientos pero se ganaría confort térmico.



La aclimatación es un factor importante para una adecuada respuesta fisiológica al calor por parte de los trabajadores ajustando sus exposiciones a un tiempo limitado que puede ir incrementándose progresivamente hasta alcanzar la aclimatación completa a una temperatura de 35 °C



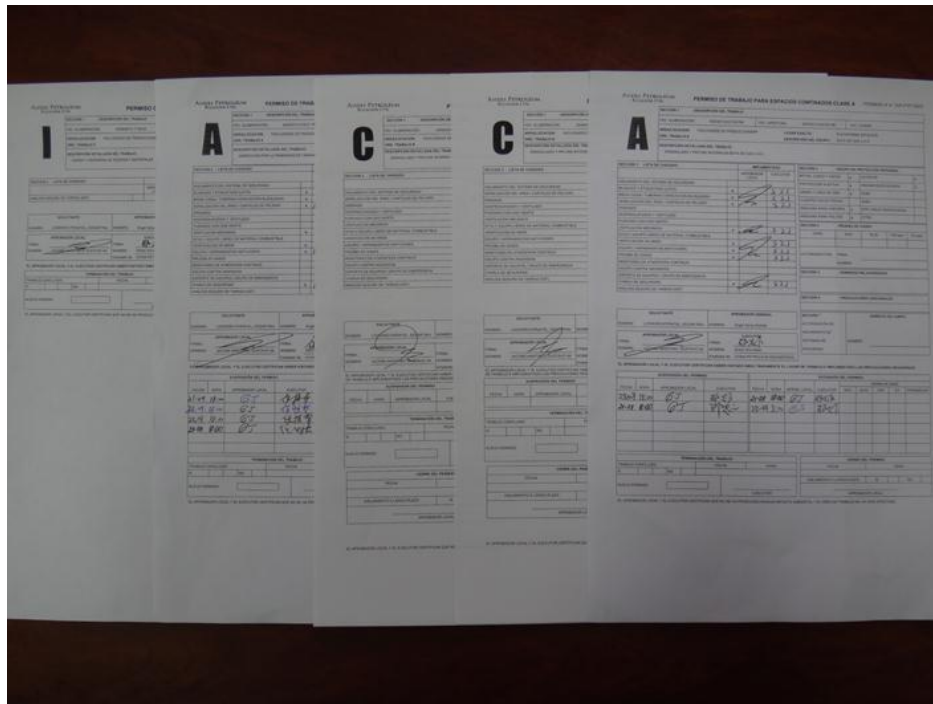
ANEXOS

Anexo 1.



Tanque de almacenamiento de crudo de 1590 m³

Anexo 2.



Formatos de permisos de trabajo

Anexo 3.

SISTEMA DE PERMISOS DE TRABAJO
HOJA DE TRABAJO PARA ANÁLISIS SEGURO DE TAREAS

Nº C-DS-425-472

Nombre del Trabajador: **Git blasting y pintura en tanque**

Nombre del Supervisor: **Dona Culucha George Sosa Diaz**

Fecha: **26/11/2014**

Actividad	Procedimiento	Riesgos	Medidas de Control	Responsable
Instalar Granalla a la tolva	- Tubo a mano - Manguera - Manguera - Manguera - Manguera	- Golpes - Quemaduras - Inhalación - Contaminación	- Usar EPP - Usar EPP - Usar EPP - Usar EPP	Agudato
Colocar granalla en la tolva	- Tubo a mano - Manguera - Manguera - Manguera	- Golpes - Quemaduras - Inhalación - Contaminación	- Usar EPP - Usar EPP - Usar EPP - Usar EPP	Agudato
Realizar el Git blasting y Repasar Pintura	- Tubo a mano - Manguera - Manguera - Manguera	- Golpes - Quemaduras - Inhalación - Contaminación	- Usar EPP - Usar EPP - Usar EPP - Usar EPP	Agudato
Instalar Pintura a mano de Pintura	- Tubo a mano - Manguera - Manguera - Manguera	- Golpes - Quemaduras - Inhalación - Contaminación	- Usar EPP - Usar EPP - Usar EPP - Usar EPP	Agudato
Limpieza magna de Pintura Ordenada y Limpieza	- Tubo a mano - Manguera - Manguera - Manguera	- Golpes - Quemaduras - Inhalación - Contaminación	- Usar EPP - Usar EPP - Usar EPP - Usar EPP	Agudato

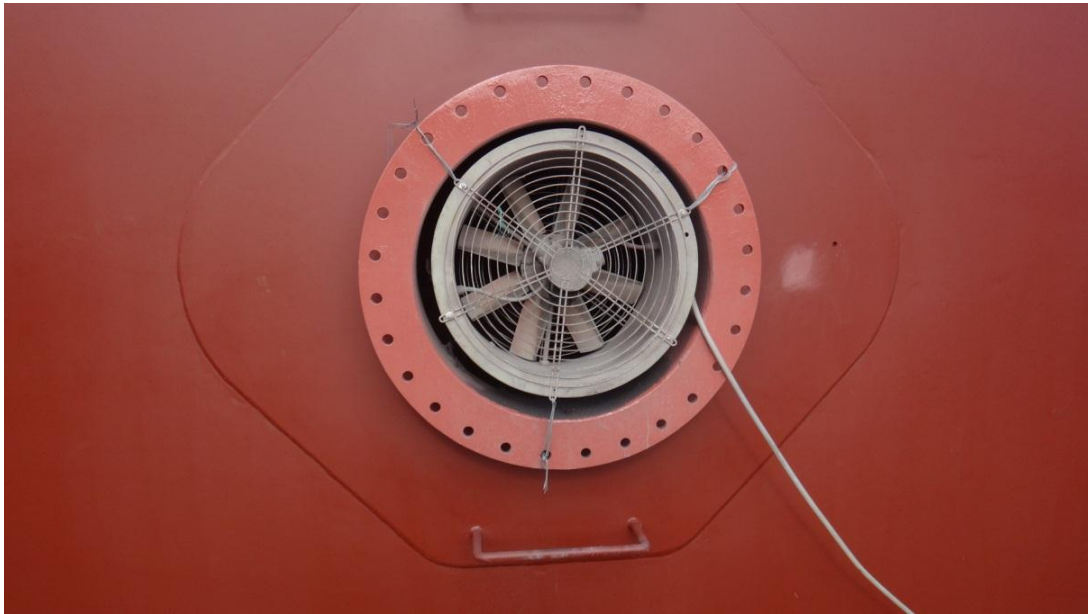
Formato para el análisis seguro de tareas

Anexo 4



Espacio confinado cerrado

Anexo 5



Ventilación o extracción del aire interior del tanque de almacenamiento

Anexo 6



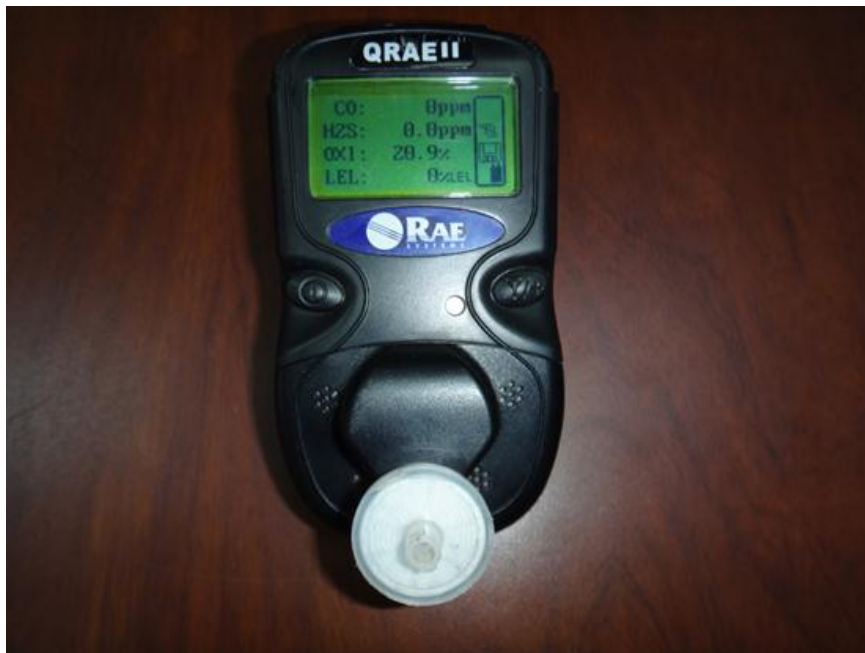
Armado de andamios alrededor de un tanque de almacenamiento de crudo

Anexo 7



Montaje de andamios para las actividades de mantenimiento

Anexo 8



Explosimetro para medir los gases en el ambiente

Anexo 9



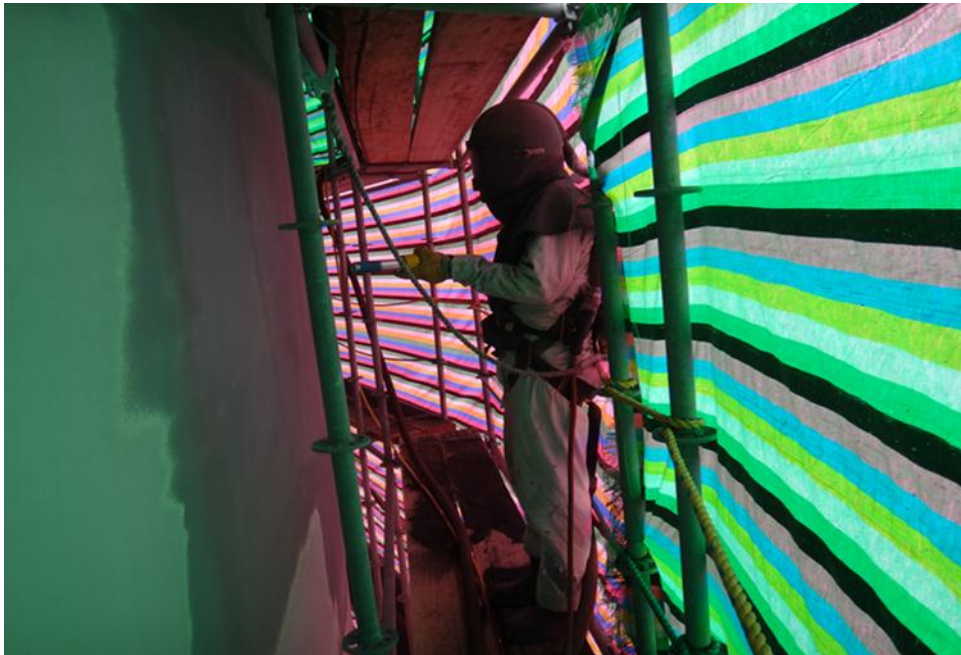
Vaccum utilizado para la succión de crudo

Anexo 10



Limpieza interior de un tanque de almacenamiento de crudo

Anexo 11



Realización del gritblasting sobre paredes exteriores del tanque

Anexo 12



Proceso de pintura en el interior de tanque

Anexo 13



Medida de la velocidad del viento

Anexo 14



Valores medidos de temperatura del aire, humedad y bulbo seco

Anexo 15

CUADRO DE CONTROL DE ASISTENCIA DIARIA

EMPRESA: NIPSA
PROY. CONTRATO #2014040-ZOR-S-2014
LOCACION: REFINERIA S55D
FECHA: 30/03/2015

ACTIVIDADES INSEGURAS

ITEM	NOMBRE Y APELLIDO	CARGO	ENTRADA		SALIDA	
			HORA	FIRMA	HORA	FIRMA
1	ASTOLFO ARAUJO	RESIDENTE DE OBRA				
2	J. SARANGO/XAVIER CARRERA	INSPECTOR NACE	07:00			
3	LUIS MAFARE/F. SALVADOR	SUPERVISOR SSA	07:00			
4	PAOLO PLAZA	SUPERVISOR				
5	JOSE BAILON	PINTOR/GRANALLAD	7:00			
6	ADOLFO BERMELLO	PINTOR/GRANALLAD	7:00			
7	JOSE VERA	PINTOR/GRANALLAD	7:00			
8	JOSE ROMERO	AYUDANTE	07:00			
9	CRISTO SALAVARRIA	AYUDANTE	7:00			
10	GEOBERTI BRIONES	AYUDANTE	07:00			
11	ROMAN VEGA	AYUDANTE	07:00			
12	IRTON POZO	AYUDANTE	07:00			
13	WILSON VEGA	AYUDANTE	7:00			
14	RONNY PARRAGA	AYUDANTE	07:00			
15	LUIS VEGA	AYUDANTE	07:00			
16	DARWIN CARRANZA	AYUDANTE	07:00			
17	EDGAR AVEIGA	AYUDANTE	07:00			
18	EDDY SANCHEZ	AYUDANTE	07:00			
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

Nómina de personal que realiza las actividades de mantenimiento

Anexo 16



Autorización del permiso de trabajo y charla de seguridad

Anexo 17



Medidor de estrés térmico Kestrel 4400 e higrómetro Elcometer319

Anexo 18



Registro de datos fisiológicos durante las actividades de mantenimiento

Anexo 19



This instrument was produced under rigorous factory production control and documented standard procedures. It was individually visually inspected, leak tested and function tested for display, backlight, button and software performance. The accuracy of each of its primary measurements was individually calibrated and/or tested against standards traceable to the National Institute of Standards and Technology ("NIST") or calibrated intermediary standards. This instrument is certified to have performed at the time of manufacture in compliance with the following specifications as they apply to this meter's specific model, measurements and features.

Methods Used in Calibration and Testing

Wind Speed:

The Kestrel Pocket Weather Meter impeller installed in this unit was individually tested in a subsonic wind tunnel operating at approximately 300 fpm (1.5 m/s) and 1200 fpm (6.1 m/s) monitored by a Gill Instruments Model 1350 ultrasonic time-of-flight anemometer. The Standard's maximum combined uncertainty is $\pm 1.04\%$ within the airspeed range 706.6 to 3923.9 fpm (3.59 to 19.93 m/s), and $\pm 1.66\%$ within the airspeed range 166.6 to 706.6 fpm (0.85 to 3.59 m/s).

Temperature:

Temperature response is verified in comparison with a Eutechnics 4600 Precision Thermometer or a standard Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker calibrated weekly against the Eutechnics 4600. The Eutechnics 4600 is calibrated annually and is traceable to NIST with a system accuracy of ± 0.05 °C.

Direction / Heading

The sensitivity of the magnetic directional sensor is verified at the component level by applying a magnetic field to the sensor and measuring the signal output at 4 points, as well as after assembly by orienting the unit to the cardinal directions and measuring the magnetic field output. In both cases the compass output must be accurate to within ± 5 degrees.

Relative Humidity:

Relative humidity receives a two-point calibration in humidity and temperature controlled chambers at 75.3% RH and 32.8% RH at 25° C. The calibration tanks are monitored with an Edgetech Model 2902 DewPrime II Standard Chilled Mirror Hygrometer. Following calibration, performance is further verified at an RH of approximately 43.2% against the Edgetech Hygrometer. The Edgetech Hygrometer is calibrated annually and is traceable to NIST with a maximum relative expanded uncertainty of $\pm 0.2\%$ RH.

Barometric Pressure:

Pressure response is verified against a Mensor Series 6000 Digital Barometer or a standard Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker calibrated weekly against the Mensor Barometer. The Mensor Barometer is calibrated annually and is traceable to NIST with a maximum relative expanded uncertainty of $\pm 0.02\%$ F.S.

Approved By:



Michael Naughton, Engineering Manager

The enclosed Kestrel Pocket Weather Meter was manufactured by Nielsen-Kellerman Co. at its facilities located at 21 Creek Circle, Boothwyn, PA 19061 USA.
K_CERT_001_11.11.30

Certificado de conformidad del medidor kestrel 4400



Bibliografía

- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. (1999). *NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: Índice WBGT*. Madrid: INSHT.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1986). *Trabajo en recintos confinados*. Madrid.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1988). *NTP 223: Trabajos en espacios confinados*. Madrid: INSHT.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2011). *NTP-923: Estrés Térmico y Sobrecarga Térmica: Evaluación de riesgos (II)*. Madrid: INSHT.
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional. (1999). *NTP-350: Valoración del estrés térmico: Índice de sudoración requerida*. Madrid: INSHT.
- Seguro General de Riesgos del Trabajo*. (2013). Quito: Grupo Grafico.
- Alvarez, J. M. (2012). *Manual de ergonomía y psicología*. Madrid: Fundación Mapfre.
- Botta, N. (2002). *Seguridad en Ambientes Confinados*. Buenos Aires: Red Proteger.
- Cortez, J. M. (2007). *Técnicas de prevención de riesgos laborales* (Novena ed.). Madrid: TEBAR, S.L.
- García, B. G. (2012). *Trabajo en Espacios Confinados*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Gonenola, B. G. (2012). *Trabajo en Espacios Confinados*. Madrid: Fundación Confemetal.
- González, A., Floria, P. M., & González, D. (2008). *Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales*. Madrid: FC Editorial.
- Llaneza, F. J. (2009). *Ergonomía y Psicología Aplicada*. Valladolid: Lex Nova S.A.
- Mapfre, F. (1992). *Manual de Seguridad en el Trabajo*. Madrid: MAPFRE, S.A.
- Maria, C. D. (2007). *Técnicas de prevención de riesgos laborales* (NOVENA ed.). Madrid: Tebar, S.A.
- Pascual, J. R. (2011). *Trabajos en altura*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Rojo, N. J., Alonso, A. C., Piñol, P. F., & Quintana, J. M. (2000). *Manual básico de prevención de riesgos laborales*. Oviedo: Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo y Fundación Médicos Asturias.
- Temperatura de bulbo húmedo de aspiración natural*. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www.sol-arq.com/index.php/factores-ambientales/temperatura>
- Temperatura de rocío*. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/kinetic/relhum.htm>



Temperatura del globo. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www.sol-arq.com/index.php/factores-ambientales/temperatura>

Temperatura radiante media. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www.sol-arq.com/index.php/factores-ambientales/temperatura>

Punto de evaporacion. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://definicion.de/evaporacion/>

Obesidad. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/.../922w.pdf

Hidratacion. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/.../922w.pdf

Índice de calor térmico. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-13/Indice-de-calor.pdf/view>

La edad. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de [wEl consumo de medicamentos y bebidas alcoholicas. \(s.f.\). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/.../922w.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/.../922w.pdf)

Estres termico y sobrecarga termica. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/.../922w.pdf

Estres termico: Indice de sudoracion requerida. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/.../ntp_350.pdfwww.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/.../922w.pdf

Genero. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/.../922w.pdf

Aclimatizacion. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/.../922w.pdf