



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



## FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

### METODOLOGÍA DE PROTECCIÓN DE EQUIPOS PARA LA REFINERÍA ESMERALDAS MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE UN AISLANTE TÉRMICO CON PERLITA EXPANDIDA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO

**CASTRO ZUÑIGA JENNY GABRIELA**  
jenny.castro@epn.edu.ec

**PIARPUEZÁN ENRÍQUEZ MARLON ANDRÉS**  
marlon.piarpuezan@epn.edu.ec

**DIRECTOR:**  
Ing. **BALDEÓN VALENCIA CARLOS OSWALDO, M.Sc.**  
carlos.baldeon@epn.edu.ec

**COLABORADOR:**  
Ing. **CADENA RODRIGUEZ RODRIGO HERNÁN**  
rhcadenar888@yahoo.com

Quito, Junio 2018

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Jenny Gabriela Castro Zuñiga y Marlon Andrés Piarpuezán Enríquez**, bajo mi supervisión.

---

Ing. Carlos Baldeón

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## DECLARACIÓN

Nosotros, **Jenny Gabriela Castro Zuñiga** y **Marlon Andrés Piarpuezán Enríquez**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Jenny Gabriela Castro Zuñiga

---

Marlon Andrés Piarpuezán Enríquez

## DEDICATORIA

A Dios, a la Morenita por cuidarme en esta etapa de vida estudiantil y poder cumplir una meta más.

A mi madre, Marcia Zúñiga, una mujer luchadora, que con su ejemplo fortaleció mis sueños y me ayudó a cumplirlos.

A mi padre, Hermas Castro, mi campeón de vida, que siempre estuvo de una u otra manera apoyándome y enseñándome que la vida no es fácil y que a pesar de muchas luchas “SOMOS CAMPEONES”.

A mi hermanito, Mathias Quiroga, que con su llegada fue mi fuente de inspiración, mi motor para cada día superarme y ser un ejemplo de hermana.

Gabriela Castro

## DEDICATORIA

A Dios, por demostrarme su existencia con sus acciones y ser la guía que siempre he necesitado.

A mis padres, especialmente a mi madre Dolores, gracias por todo.

A mis hermanos, Karen y Fernando, apoyo incondicional día tras día.

A la Hidalga provincia del Carchi, tierra de hombres valerosos y trabajadores, por verme nacer y crecer como una persona de bien.

Marlon Piarpuezán

## AGRADECIMIENTO

A mis padres, Marcia y Hermas, por su sincero amor y apoyo incondicional, siendo un gran soporte para mi vida.

Al Ingeniero, Carlos Baldeón, por ser un gran maestro, amigo y jefe, brindándome la oportunidad y confianza de crecer día a día como profesional.

A mi compañero de tesis, Marlon Piarpuezán, siendo un hermano más, que a pesar de nuestras peleas estuvo ahí siempre para cuidarme, apoyarme y finalmente conseguir nuestro objetivo.

Al Colegio de Ingenieros Mecánicos de Pichincha, que me abrió sus puertas y de esta manera conocer grandes profesionales como: Ingenieros Rodrigo Cadena, Daniel Zapata, quiénes con su paciencia y sabiduría colaboraron en este proyecto; Así también a mis compañeros Gabyta Ruano, Toñis, por sus consejos, paciencia y apoyo.

A mis amigos, que siendo mi segunda familia compartimos la vida estudiantil: Michelle Sierra, mi pequeña que siempre estuvo para escucharme, Bryan García amigo que cuando más necesite estuvo ahí, Orlandito Calle persona que el destino puso en mi camino para apoyarme y formar una linda amistad, Juan Pablo Villalva por insistente ánimo a este proyecto, Esteban Obando, Robert Jácome, Liz Barragán, Luis Jaramillo, y Jonathan LLive por formar parte de esta maravillosa etapa.

Al grupo que conforma el Laboratorio de Máquinas y Herramientas; Los Ingenieros Ricardo Ayabaca, Javier Valverde, Luchito, Dieguito, Don Miguel, Doña Alicia por el apoyo mientras forme parte de este excelente grupo humano y profesional.

Finalmente, a la Escuela Politécnica Nacional – Facultad de Ingeniería Mecánica.

Gabriela Castro

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos la ciencia y el laboratorio más grande para su desarrollo que es el Universo.

A mi madre, por los valores y el apoyo en cada una de las decisiones importantes de mi vida, a mis hermanos Fernando y Karen, mis familiares que me han apoyado siempre, en especial a Pato, Diego, JLP, mi tía Rosi y Tío Gero.

A mi compañera de tesis y amiga, Gabriela Castro gracias por estar en los buenos y malos momentos de la vida estudiantil y personal.

A los ingenieros Carlos Baldeón, maestro y amigo por su guía académica y profesional; Rodrigo Cadena por la paciencia y guía en el desarrollo de este proyecto de titulación; Daniel Zapata y Andrés Pavón por la colaboración hasta el final.

A la Escuela Politécnica Nacional, la mejor universidad del Ecuador y a la Facultad de Ingeniería Mecánica, por todo lo aprendido.

Al Colegio de Ingenieros Mecánicos de Pichincha – CIMEPI, y su personal: Gabriela Ruano, Antonio, Sra. Piedad.

A mis amigos 04: Dennis, Brian, Danny Vera, Darwin, Berlin, Fernando, Danny Jurado, Carlos, Ale, Diana, Genesis, Yesse y todos los NNM'S.

A mis compañeros de universidad y vida: Jhonny, Mariuxy, Karen, Víctor Toapanta, Mario, Diana Leticia, Orlando, Michelle, Alex Hernández, Luis, Lizz, Ariel, Lennin, María Piedad "*grazie di tutto*" y todos los CDM.

Finalmente agradezco a todos los que hicieron posible el desarrollo de este Proyecto de Titulación.

Marlon Piarpuezán

## ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....	i
DECLARACIÓN.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	1
Objetivos específicos.....	1
Alcance.....	2
1. MARCO TEÓRICO .....	3
1.1. Refinería Esmeraldas .....	3
1.1.1. Misión .....	3
1.1.2. Visión.....	4
1.1.3. Ubicación.....	4
1.2. Referencias técnicas.....	5
1.2.1. UOP- Standard Specification 9-11-1 .....	5
1.2.2. Estructura de la especificación UOP 9-11-1.....	6
1.2.3. ASTM C 610 – 99 (Especificación estándar para bloques de perlita expandida y aislante térmico de tuberías).....	7
1.2.4. Chiyoda Chemical Engineering & Construction Company Specification – Insulation .....	7
1.2.5. Chiyoda Chemical Engineering & Construction Company – Piping Service Specification .....	8
1.3. Aislantes .....	9
1.3.1. Definición.....	9
1.3.2. Clasificación.....	9
1.3.2.1. Aislantes Eléctricos .....	9
1.3.2.2. Aislantes acústicos .....	10
1.3.2.3. Aislantes térmicos.....	10
1.4. Aplicaciones y beneficios de los aislantes térmicos .....	11



1.4.1.	Protección personal .....	11
1.4.2.	Ahorro energético .....	11
1.4.3.	Funcionamiento óptimo de procesos.....	12
1.4.4.	Impacto Medio - Ambiental .....	13
1.4.1.1.	Reducción del nivel del ruido .....	13
1.4.1.2.	Reducción del CO <sub>2</sub> .....	13
1.5.	Principales aislantes térmicos utilizados en industria petrolera .....	13
1.5.1.	Aislante de silicato de calcio (calcium silicate) .....	13
1.5.2.	Aislante de perlita expandida (expanded perlite insulation).....	14
1.5.3.	Aislante de vidrio celular (celular glass) .....	16
1.5.4.	Aislante de fibra mineral (mineral fiber).....	17
1.5.5.	Portland (portland cement).....	17
2.	METODOLOGÍA .....	19
2.1.	Sistemas de aislamiento térmico para tuberías y tanques en la Refinería Esmeraldas.....	19
2.1.1.	Aislamiento en Tanques de la REE.....	19
2.1.1.1.	Características de los Tanques de Asfalto .....	20
2.1.1.2.	Proceso de instalación del sistema de aislamiento térmico en tanques de asfaltos .....	21
2.1.1.2.1.	Montaje de ángulos y pernos de soporte .....	21
2.1.1.2.2.	Limpieza de la superficie.....	25
2.1.1.2.3.	Material aislante, (perlita expandida y otros).....	26
2.1.1.2.4.	Instalación del aislante térmico .....	26
2.1.1.2.5.	Bandas y Resortes.....	29
2.1.1.2.6.	Inspección visual.....	29
2.1.1.3.	Cálculo del flujo de calor en paredes y techo del tanque en base a datos de la Norma UOP 9-11-1 .....	30
2.1.2.	Aislamiento en tuberías en la REE.....	39
2.1.2.1.	Sistema de Identificación para líneas de tuberías .....	39
2.1.2.2.	Identificación de las líneas de tuberías en los tanques de asfalto .....	40
2.1.2.3.	Instalación de aislamiento en tuberías .....	40
2.1.2.3.1.	Limpieza de la superficie.....	41
2.1.2.3.2.	Material aislante (Perlita Expandida).....	41
2.1.2.3.3.	Instalación de material aislante .....	42
2.1.2.3.4.	Amarres y bandas.....	43
2.1.2.3.5.	Control de ajuste entre cañuelas.....	44
2.1.2.3.6.	Verificación del espesor de la chaqueta.....	44

2.1.2.3.7. Instalación de revestimiento contra la lluvia (chaqueta) .....	45
2.1.2.3.8. Verificación de chaqueta.....	46
2.1.2.3.9. Inspección Visual Final .....	46
2.1.2.4. Cálculo del flujo de calor a través de tuberías en base a datos de la Norma UOP 9-11-1.....	47
2.1.2.4.1. Flujo de calor a través de tuberías sin aislamiento.....	47
2.1.2.4.2. Flujo de calor a través de tuberías con aislamiento.....	49
2.1.3. Análisis de Precios Unitarios APU .....	52
2.1.3.1. Costos del proceso de aislamiento térmico en Tanques de Asfalto.....	52
2.1.3.1.1. Desmontaje de aislamiento térmico en tanque de Asfalto y traslado de material de desecho.....	53
2.1.3.1.2. Limpieza de la superficie en tanques .....	54
2.1.3.1.3. Inspección y reparación de anclajes .....	55
2.1.3.1.4. Instalación de aislamiento térmico con celular glass, mineral fiber, perlita expandida .....	56
2.1.3.1.5. Instalación de aislamiento térmico con celular glass, mineral fiber, silicato de calcio .....	57
2.1.3.2. Costos del proceso de aislamiento térmico en tubería .....	58
2.1.3.2.1. Desmontaje del aislamiento térmico de silicato de calcio .....	59
2.1.3.2.2. Limpieza de las tuberías y Traslado de desecho.....	60
2.1.3.2.3. Instalación del aislamiento térmico perlita expandida .....	61
2.1.3.2.4. Instalación del aislamiento térmico silicato de calcio .....	62
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	63
3.1. Resultados.....	63
3.1.1. Rendimiento del aislamiento en tanque de asfalto .....	63
3.1.2. Rendimiento del aislamiento en tuberías .....	63
3.1.3. Análisis de costos .....	63
3.1.3.1. Resultados comparativos de costos en tanques de asfalto .....	63
3.1.3.2. Resultados comparativos de costos en tuberías .....	64
3.2. Discusiones .....	65
3.2.1. Comparación de velocidad de transferencia de calor en la superficie de tanque de asfalto con y sin aislamiento.....	65
3.2.1.1. Comparación de velocidad de transferencia de calor en el cuerpo.....	65
3.2.1.2. Comparación de velocidad de transferencia de calor en el techo.....	65
3.2.2. Comparación de flujo de calor en la superficie de tuberías de asfalto con y sin aislamiento .....	65
3.2.3. Comparación entre el aislamiento con perlita expandida o silicato de calcio .....	66

3.2.4.	Costos perlita expandida VS silicato de calcio .....	66
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
4.1.	Conclusiones .....	68
4.2.	Recomendaciones .....	69
	Bibliografía.....	70
	Anexos.....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Cuadro de la situación actual de las Refinerías en el Ecuador.....	3
Figura 1.2.	Localización de la Refinería Esmeraldas.....	4
Figura 1.3.	Estructura de la especificación UOP 9-11-1.....	6
Figura 1.4.	Silicio con ausencia de electrones móviles. ....	9
Figura 1.5.	Aislante para protección personal. ....	11
Figura 1.6.	Termografía de pérdidas energéticas.....	12
Figura 1.7.	Termografía de correcto funcionamiento de un aislamiento térmico.....	12
Figura 1.8.	Silicato de calcio. ....	13
Figura 1.9.	Perlita expandida. ....	16
Figura 1.10.	Aislante vidrio celular. ....	16
Figura 1.11.	Fibra mineral. ....	17
Figura 1.12.	Cemento Portland. ....	18
Figura 2.1.	Tanque de Almacenamiento de Asfalto en la REE.....	20
Figura 2.2.	Ángulo soporte en la base del tanque. ....	21
Figura 2.3.	Ángulo soporte encima de la base del tanque.....	21
Figura 2.4.	Configuración de ángulo en el techo del tanque.....	22
Figura 2.5.	Especificación de pernos en el techo del tanque.....	22
Figura 2.6.	Vista lateral de la distribución de pernos en el techo del tanque. ....	23
Figura 2.7.	Vista superior de la distribución de pernos en el techo del tanque. ....	23
Figura 2.8.	Boquilla 2” – 12”.....	24
Figura 2.9.	Boquillas de 10” de salida, 6” de bombeo y 4” W.D.O. ....	24
Figura 2.10.	Manhole de 24”.....	24
Figura 2.11.	Boquillas 16” x 40” del calentador. ....	25
Figura 2.12.	Boquilla 6” de entradas y mezclador. ....	25
Figura 2.13.	Áreas de limpieza superficial del tanque de asfaltos. ....	25
Figura 2.14.	Instalación de fibra mineral – parte superior del tanque. ....	27
Figura 2.15.	Instalación de fibra mineral – parte media del tanque. ....	27
Figura 2.16.	Instalación de fibra mineral – parte inferior del tanque. ....	28
Figura 2.17.	Separación necesaria de la placa base y sistema de aislamiento. ....	28
Figura 2.18.	Instalación de perlita expandida en el techo del tanque. ....	29
Figura 2.19.	Separación de bandas en sentido vertical.....	29
Figura 2.20.	Geometría del tanque para almacenamiento de asfalto.....	30
Figura 2.21.	Consideraciones de flujo de calor sin aislamiento alrededor del tanque – Vista Superior.....	31
Figura 2.22.	Consideraciones de flujo de calor sin aislamiento alrededor del tanque – Vista Lateral.....	32
Figura 2.23.	Consideración de flujo de calor sin aislamiento en el techo del tanque. ...	33
Figura 2.24.	Consideraciones de flujo de calor con aislamiento alrededor del tanque – Vista Superior. ....	34
Figura 2.25.	Consideraciones de flujo de calor con aislamiento alrededor del tanque – Vista Lateral.....	34
Figura 2.26.	Consideración de flujo de calor con aislamiento en el techo del tanque. .	37
Figura 2.27.	Tuberías de la REE.....	39
Figura 2.28.	Inspección Visual.....	41
Figura 2.29.	Arreglo de instalación de cañuelas de 610 mm de longitud en tubería recta .....	42
Figura 2.30.	Arreglo de cañuela de aislamiento térmico en codo 90° de hasta 2” .....	42

Figura 2.31. Arreglo de cañuela de aislamiento térmico en codo 90° de hasta 3" hacia arriba .....	42
Figura 2.32. Tubería REE, arreglo mitrado. ....	43
Figura 2.33. Configuración de amarres y bandas.....	43
Figura 2.34. Línea de Tubería REE .....	44
Figura 2.35. Tubería con aislante térmico y chaqueta.....	44
Figura 2.36. Esquema de instalación de chaqueta.....	45
Figura 2.37. Vista frontal de la tubería. ....	45
Figura 2.38. Modelo de las resistencias térmicas para la condición de sin aislamiento. ....	48
Figura 2.39. Esquema de instalación del aislamiento térmico en tuberías. ....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Materiales y especificaciones de aislantes térmicos.....	8
Tabla 1.2.	Composición química del silicato de calcio.....	14
Tabla 1-3.	Propiedades físicas del silicato de calcio. ....	14
Tabla 1.4.	Composición química de la perlita expandida.....	15
Tabla 1.5.	Propiedades físicas de la perlita expandida. ....	15
Tabla 2.1.	Características técnicas de los tanques de asfaltos de la REE.....	20
Tabla 2.2.	Espesor del aislante, de acuerdo con el rango de temperatura.....	30
Tabla 2.3.	Datos del sistema de aislamiento térmico.....	35
Tabla 2.4.	Dignidades y cargos de una Obra.....	41
Tabla 2.5.	Equipos y Tuberías.....	47
Tabla 2.6.	Características geométricas y térmicas de los aislamientos utilizados.....	49
Tabla 2.7.	Precio de salarios.....	52
Tabla 2.8.	Desinstalación de aislamiento térmico en tanques de asfalto y traslado de material de desecho.....	53
Tabla 2.9.	Limpieza de superficie.....	54
Tabla 2.10.	Inspección y reparación de anclajes.....	55
Tabla 2.11.	Instalación de aislamiento térmico con perlita expandida.....	56
Tabla 2.12.	Instalación de aislamiento térmico con silicato de calcio.....	57
Tabla 2.13.	Precio de sueldos.....	58
Tabla 2.14.	Desmontaje del aislamiento térmico silicato de calcio.....	59
Tabla 2.15.	Limpieza de las tuberías y Traslado de desecho.....	60
Tabla 2.16.	Instalación del aislamiento perlita expandida.....	61
Tabla 2.17.	Instalación del aislamiento silicato de calcio.....	62
Tabla 3.1.	Comparación de velocidad de transferencia de calor, con y sin aislamiento térmico.....	63
Tabla 3.2.	Flujo de calor con aislamiento térmico y sin aislamiento.....	63
Tabla 3.3.	Resultados de costos con aislamiento de perlita expandida.....	64
Tabla 3.4.	Resultado de costos con aislamiento de silicato de calcio.....	64
Tabla 3.5.	Resultado de costos con perlita expandida.....	64
Tabla 3.6.	Resultado de costos con silicato de calcio.....	64
Tabla 3.7.	Comparación entre el aislamiento con perlita expandida y silicato de calcio.....	66

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1.	Tasa de transferencia de calor por convección.....	31
Ecuación 2.2.	Analogía de resistencias térmicas por convección.....	32
Ecuación 2.3.	Resistencia por convección. ....	32
Ecuación 2.4.	Área de un cilindro.....	32
Ecuación 2.5.	Área de una circunferencia.....	33
Ecuación 2.6.	Velocidad de transferencia de calor en una resistencia total. ....	35
Ecuación 2.7.	Resistencia por conducción en cilindros. ....	35
Ecuación 2.8.	Tasa de transferencia por conducción. ....	50
Ecuación 2.9.	Analogía a la Ley de Newton del enfriamiento.....	50
Ecuación 2.10.	Para paredes planas de capas múltiples. ....	50
Ecuación 2.11.	Expresión de la resistencia Total. ....	51

## RESUMEN

Este proyecto se llevó a cabo con el fin de desarrollar una metodología de instalación de aislamiento térmico en tanques y tuberías, que distribuyen diferentes derivados de petróleo en la Refinería Esmeraldas. Conociendo los diferentes tipos de aislamiento térmico utilizados en la refinería dando énfasis en el uso de la perlita expandida para este propósito. A partir de la especificación UOP 9-11-1 se propone un cambio en el material de aislamiento térmico de silicato de calcio por perlita expandida. Esta metodología incluye paso a paso los siguientes procedimientos: limpieza de superficies, inspección e instalación del nuevo sistema de aislamiento térmico. Se realizó un análisis de costos de producción de instalación de los dos materiales, resultando de menor precio el sistema de aislamiento con perlita expandida. Finalmente se comparó la velocidad de transferencia de calor de los dos sistemas de aislamiento obteniendo una diferencia nula, debido a la similitud de la conductividad térmica de los materiales.

**Palabras clave:** aislamiento térmico, silicato de calcio, perlita expandida,



## ABSTRACT

This project was carried out with the purpose of developing a methodology of thermal insulation in tanks and pipes, which is distributed in the different petroleum derivatives in the Esmeraldas Refinery. Knowing the different types of thermal insulation used in the refinery that emphasize the use of expanded perlite for this purpose. From the specification UOP 9-11-1 a change in the thermal insulation material of calcium silicate by expanded perlite is proposed. This technique includes step by step the following procedures: surface cleaning, inspection and installation of the new thermal insulation system. An analysis of production costs of the installation of the materials was carried out, resulting in a lower price for the expanded perlite insulation system. Finally, the heat transfer speed of the insulation systems is compared, obtaining a zero difference, due to the similarity of the thermal conductivity of the materials.

**Keywords:** thermal insulation. calcium silicate, expanded perlite.

# **“METODOLOGÍA DE PROTECCIÓN DE EQUIPOS PARA LA REFINERÍA ESMERALDAS MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE UN AISLANTE TÉRMICO CON PERLITA EXPANDIDA”**

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad el Ecuador cuenta con tres refinerías de procesamiento de petróleo, produciendo combustibles, y otros derivados del crudo, los mismos que se obtienen con altos estándares de calidad, protegiendo el medio ambiente y ayudando al desarrollo del país. Este proceso de refinación está a cargo de PETROECUADOR EP (Empresa Pública de Hidrocarburos).

La Refinería Esmeraldas es el complejo industrial más grande del Ecuador, el cual posee recipientes, equipos, torres, tanques, intercambiadores, líneas de procesos, líneas de servicio auxiliares y otros accesorios. Sus instalaciones fueron repotenciadas, con el objetivo de aumentar su producción diaria a 110.000 barriles.

Este complejo industrial funcionó desde la construcción de la refinería desde el año 1975 hasta el 2015 (año de la repotenciación).

En este proyecto se busca optimizar materiales como aislantes térmicos que sean sustentables y que existen en la naturaleza sin afectar el medio ambiente y sobre todo a la salud de las personas. Que tenga un coeficiente térmico óptimo para el uso apropiado, que su manufactura no sea complicada y que cuenta con un precio competitivo en el mercado.

Uno de los materiales incorporados en los últimos años ha sido la aplicación de perlita expandida, en reemplazo del silicato de calcio de propiedades muy similares como aislante térmico.

## **Objetivo general**

Obtener una metodología de protección de equipos para la Refinería Esmeraldas mediante la instalación de un aislante térmico con perlita expandida.

## **Objetivos específicos**

- Recopilar información sobre la Normativa que rige los procedimientos de instalación de recubrimientos térmicos con perlita expandida y las aplicaciones más utilizadas en la industria petrolera.

- Conocer el proceso de instalación del recubrimiento de perlita expandida en refinerías petroleras.
- Realizar un análisis de costos, del proceso aplicado
- Evaluar los conocimientos técnicos para su utilización.

## **Alcance**

La implementación de una metodología para la protección de equipos con el recubrimiento térmico de perlita expandida en Refinería Esmeraldas engloba a una gran parte de sus instalaciones, dificultando su estudio. Debido a dicha limitación, este proyecto se restringe al estudio de un área del complejo industrial como es los tanques de asfaltos, tuberías de proceso y de servicios.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1. Refinería Esmeraldas

Es una planta industrial dedicada a la refinación del petróleo, diseñada y construida entre 1975 y 1977, con una capacidad de procesamiento de 55.600 barriles diarios. Su principal actividad es la refinación de crudo en las unidades de las Áreas No catalíticas 1, conformadas por unidades de Crudo, Vacío, Visbreaking y las unidades de las áreas catalíticas, principalmente FCC (Fluid Catalitic Cracking).

En 1985 se realizó su primera ampliación con la construcción de la nueva Área No catalíticas 2, es decir una segunda unidad de Crudo, Vacío y Visbreaking llegándose a una capacidad total de procesamiento de 110.000 barriles diarios.

La Refinería Esmeraldas actualmente opera al 100% de su capacidad, es decir 110.000 barriles de petróleo por día, lo que representa un incremento de 20% en la producción de gas licuado de petróleo, 15 % de naftas y 38 % de diésel y jet fuel comparado con la capacidad inicialmente instalada en 1977. Esto equivale a un ahorro de USD 305 millones anuales. Este proceso se dio gracias a la rehabilitación de la Refinería Esmeraldas.

Ecuador actualmente dispone de una capacidad de refinación de 175.000 barriles diarios distribuidos de la siguiente manera:

SITUACIÓN ACTUAL REFINERIA	
Nombre	Capacidad Operativa
Esmeraldas	110.00 Bbl/día
La Libertad	45.000 Bbl/día
Shushufindi	20.000 Bbl/día

Figura 1.1. Cuadro de la situación actual de las Refinerías en el Ecuador.  
Fuente: (PETROECUADOR, 2017)

### 1.1.1. Misión

“Generar riqueza y desarrollo sostenible para el Ecuador, con talento humano comprometido, gestionando rentable y eficientemente los procesos de transporte, refinación, almacenamiento y comercialización nacional e internacional de

hidrocarburos, garantizando el abastecimiento interno de productos con calidad, cantidad, seguridad y salud, oportunidad, responsabilidad social y ambiental, (PETROECUADOR, 2017).

### 1.1.2. Visión

“Ser una empresa reconocida nacional e internacionalmente por su eficiente gestión, productos y servicios con estándares de calidad, seguridad y salud, excelencia en su talento humano, buscando siempre el equilibrio con la naturaleza y la sociedad” (PETROECUADOR, 2017).

### 1.1.3. Ubicación

La Refinería Estatal de Esmeraldas, está ubicada en la provincia de Esmeraldas en el sector noroccidental del país a 3,8 Km, de distancia del Océano Pacífico y 7 Km de la ciudad de Esmeraldas, en la vía hacia Atacames a 300 metros en línea recta del Río Teaone y 3 Km del Río Esmeraldas (PETROECUADOR, 2017).

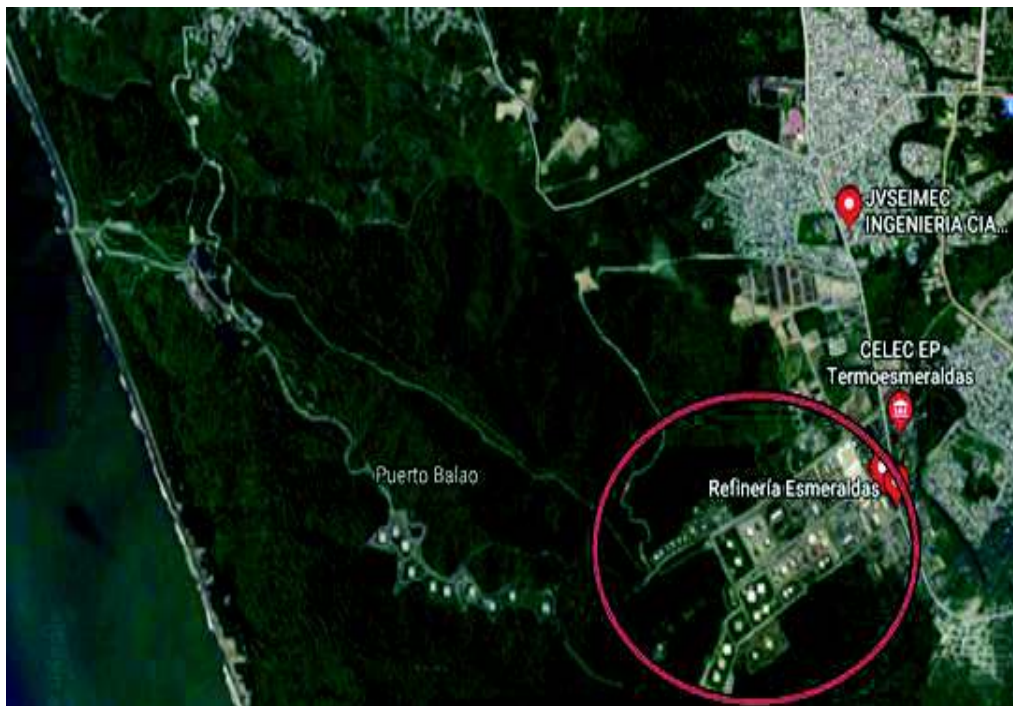


Figura 1.2. Localización de la Refinería Esmeraldas.  
Fuente: (PETROECUADOR, 2017)

## **1.2. Referencias técnicas**

- UOP- STANDARD SPECIFICATION 9-11-1
- ASTM C 610-99
- CHIYODA CHEMICAL ENGINEERING & CONSTRUCTION COMPANY SPECIFICATION –INSULATION
- CHIYODA CHEMICAL ENGINEERING & CONSTRUCTION COMPANY SPECIFICATION – PIPING SERVICE SPECIFICATION
- CHIYODA CHEMICAL ENGINEERING & CONSTRUCTION COMPANY SPECIFICATION – PIPING LINE NUMBER LIST
- P & I DIAGRAM OF ASPHALT STORAGE AND TRANSFER SYSTEM

### **1.2.1. UOP- Standard Specification 9-11-1**

En Refinería Esmeraldas, la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana, CEPE, empresa pública encargada de la explotación, exploración, refinación y comercialización de hidrocarburos, antecesora de PETROECUADOR, se acogió a la UOP 9-11-1 como reglamento principal para el desarrollo y control de procesos de instalación de aislamiento térmico.

La Norma UOP 9-11-1, Standard Specification, es un reglamento formulado por Universal Oil Products; empresa americana consultora de procesos de refinación de petróleo (UOP, 1985).

Dicha normativa, establece el proceso de aplicación de recubrimientos térmicos en instalaciones petroleras; de distinto tipo, entre los cuales se encuentran:

- Aislamiento de silicato de calcio (Calcium silicate insulation)
- Vidrio celular o expandido (Cellular glass insulation)
- Aislamiento con perlita expandida (Expanded perlite insulation)
- Aislamiento de fibra mineral (Mineral fiber insulation)
- Cemento Portland (Portland cement)
- Masilla impermeabilizante (Mastic weatherproofing)
- Compuesto de masilla de sellado (Mastic sealing compound)
- Fundas extraíbles de tela aislante (Removable insulated fabric covers)
- Reforzamiento (Reinforcement)
- Chaqueta de metal impermeabilizante (Metal weatherproofing)

## 1.2.2. Estructura de la especificación UOP 9-11-1

La norma UOP 9-11-1 Standard Especificación, se divide de la siguiente manera:



Figura 1.3. Estructura de la especificación UOP 9-11-1.  
Fuente: (Propia)

### Alcance de la especificación UOP 9-11-1

El propósito de esta especificación es describir los materiales y el método de aplicación para aislantes externos en equipos y tuberías de refinerías de petróleo, excluyendo los calentadores, que funcionan entre las temperaturas de 21°C y 815.6°C (70°F y 1500°F).

El aislamiento descrito en este documento tiene los siguientes propósitos:

- Mantener las temperaturas adecuadas, en los procesos.
- La conservación de la energía, cuando la pérdida de calor no es deseada.
- La protección del personal contra superficies calientes
- Vapor o calor eléctrico
- Atenuación del ruido

Las excepciones o variaciones mostradas en las Especificaciones del Proyecto tienen prioridad sobre los requisitos mostrados aquí.

Según UOP 9-11-1 no se permiten variaciones de las especificaciones del proyecto, y estas especificaciones solo son permitidas si se aprueban por escrito a través de la División de Procesos de UOP.

### **1.2.3. ASTM C 610 – 99 (Especificación estándar para bloques de perlita expandida y aislante térmico de tuberías)**

ASTM, creada en 1898, es la mayor organización científica y técnica, para el establecimiento y la difusión de normas relativas a procesos y características de materiales, productos, sistemas y servicios. La organización cubre varios campos de la ingeniería que van desde la metalurgia, materiales utilizados en la construcción, lubricantes y petróleos en general.

Los institutos con los que ASTM, ha colaborado son:

- S.A.E. (Society of Automotive Engineers)
- A.P.I. (American Petroleum Institute)

Está especificación comprende el estudio de perlita expandida como aislante térmico en forma de bloque o cañuelas de tubería y accesorios para el uso en superficies con temperaturas entre 27° y 649° C (80° F a 1200° F).

A continuación, se resume el alcance de la norma:

- Esta especificación estudia la perlita expandida moldeada, los accesorios y el aislamiento térmico para tuberías, que se utilizan en superficies con temperaturas comprendidas entre 27° y 649° C (80 a 1200° F).
- Cuando la instalación o el uso de materiales aislantes térmicos, accesorios y sistemas puedan plantear problemas de seguridad o de salud, el fabricante proporcionará al usuario información actualizada sobre cualquier problema conocido relacionado con el uso recomendado de los productos de la compañía y recomendará medidas de protección para ser empleados de manera segura.

### **1.2.4. Chiyoda Chemical Engineering & Construction Company Specification – Insulation**

Esta especificación fue elaborada en los años de 1985 con la finalidad de tener una guía de los tipos de aislantes en caliente, la misma que obedece a la norma UOP 9-11-1.



En la Tabla 1.1. se enlista los principales materiales aislantes que cumplen con esta especificación:

Tabla 1.1. Materiales y especificaciones de aislantes térmicos.

<b>Materiales</b>	<b>Especificación</b>
Fibra Mineral	ASTM Especificación C612
Silicato de Calcio	ASTM Especificación C533
Revestimiento de Aluminio	ASTM Especificación B209
Acero Inoxidable	ASTM Especificación A167

Fuente: (Propia)

Según Chiyoda Chemical Engineering & Construction Company Specification – Insulation se cubren los requisitos básicos del aislamiento en caliente para los intercambiadores de calor de los recipientes, tuberías y tanques de almacenamiento para el proyecto CEPE - Refinería Esmeraldas.

### **1.2.5. Chiyoda Chemical Engineering & Construction Company – Piping Service Specification**

Creada en 1985, por Chiyoda. Esta especificación cubre la selección de materiales en tuberías para CEPE- Refinería Esmeraldas, la misma que está estructurada de la siguiente manera:

- Sistema de Identificación
- Índice de Servicios de tuberías
- Espesor de pared de tuberías

Los siguientes, códigos, estándares y especificaciones formarán parte de los requisitos de esta especificación de la manera indicada:

- ANSI B31.3
- ANSI B16.5
- ANSI B18.2.1
- ANSI B18.2.1
- API Standard 600
- API Standard 601
- API Standard 602
- API Standard 605
- ASTM
- ASME

## 1.3. Aislantes

### 1.3.1. Definición

Un aislante generalmente se define como el material encargado de atenuar el paso o transmisión de diferentes parámetros como sonido, calor, electricidad etc., en concordancia con su característica de ser “mal conductor” de cualquiera de los parámetros antes mencionado.

Usualmente se relaciona a un aislante al material “mal conductor” de energía térmica o eléctrica, en contraposición a los materiales conductores, que transfieren la energía con facilidad.

### 1.3.2. Clasificación

Los aislantes usualmente se clasifican de la siguiente manera:

- Aislantes Eléctricos
- Aislantes Acústicos
- Aislantes Térmicos

#### 1.3.2.1. Aislantes Eléctricos

Son materiales que se oponen al paso de electricidad, es decir tienen alta dificultad al momento de aceptar o ceder electrones, lo contrario a lo que un material conductor realiza. Principalmente dicha sustancia o elemento denominado aislante, es de origen no metálico que carece o tiene un bajo número de electrones libres.

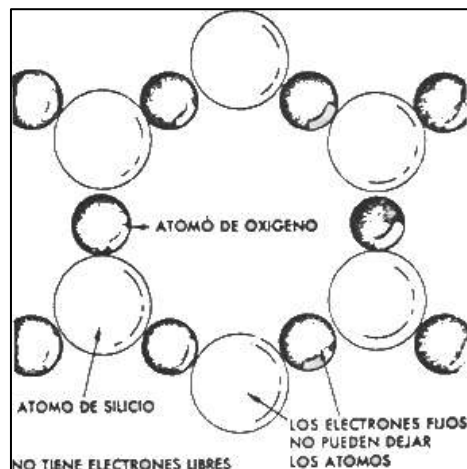


Figura 1.4. Silicio con ausencia de electrones móviles.  
Fuente: (Science, 2017)

Principales características de los aislantes eléctricos:

- Ausencia de electrones libres
- Excelente resistencia al flujo de corriente eléctrica
- Alto uso comercial en la industria eléctrica y electrónica
- Ofrecen buen nivel de seguridad en las instalaciones donde se aplica
- Entre los mejores aislantes eléctricos se encuentran los plásticos, las cerámicas, micas y porcelana

### **1.3.2.2. Aislantes acústicos**

Los aislantes acústicos tienen la función de proteger una localidad, instalación o lugar específico de altos niveles de ruido, impidiendo la penetración de sonidos desde o hacia el exterior del espacio aislado.

Tienen la capacidad de ser buenos absorbentes sonoros, debido a su alto coeficiente de absorción acústica, que generalmente están en el rango de 20 Hz hasta los 20 KHz (Construmatica, 2017).

#### **Principales características de los aislantes acústicos**

- Comúnmente se usa en planchas sobrepuestas de acuerdo con el nivel de decibel que se desea atenuar.
- Los principales aislantes acústicos utilizados en la industria son geotextiles, lanas minerales, poliuretano, aislamiento asfáltico, etc.
- La colocación de estos aislantes usualmente se da con fijación mecánica y adhesivos.
- Por motivos de costos y resultados, se suele utilizar aislantes mixtos como por ejemplo lana asfáltica más lana mineral.

### **1.3.2.3. Aislantes térmicos**

Se define como el material que se usa en obras civiles, que tiene como principal característica alta resistencia térmica, estableciendo una barrera al flujo de calor entre dos medios (Angel, 2011).

Los aislamientos para altas temperaturas pueden ser utilizados tanto para la conservación de energía en equipos, tanques, tuberías, ductos, entre otros; así como para la protección del personal en plantas industriales, plataformas marítimas, y para la protección personal de los operadores que manejan los equipos emisores de elevadas fuentes de calor (Kaefer, 2017).

## Principales características de los aislantes térmicos

- Presentan valores muy bajos de conductividad térmica.
- Funcionan reduciendo de manera considerable la transferencia de calor.
- La colocación de aislantes térmicos siempre va complementada con accesorios de ajuste y protección, formando un Sistema.
- Entre los principales aislantes se encuentran la fibra mineral, silicato de calcio, perlita expandida, entre otros.

## 1.4. Aplicaciones y beneficios de los aislantes térmicos

### 1.4.1. Protección personal

El aislante térmico se aplica en ocasiones con el objetivo de proteger al personal de trabajo de lesiones que se produzcan por el contacto directo con superficies y equipos que se encuentren a altas o bajas temperaturas; su uso se da principalmente en tuberías.



Figura 1.5. Aislante para protección personal.  
Fuente: (Isover, 2017)

Cuando se llega al límite de temperatura se puede producir combustión, e incendio en materiales inflamables que estén próximos a dichas superficies expuestas. Cuando se trata de procesos Industriales se recomienda una temperatura máxima en la superficie de 50°C (122°F) (Afelma, 2016).

### 1.4.2. Ahorro energético

La función primordial del aislante térmico en el ámbito de ahorro energético radica en la reducción de la energía necesaria para mantener la normalidad en el proceso que se lleva a cabo, evitando el flujo de calor a través del material.

Dicha reducción representa un ahorro en costos, dentro del proceso y la prolongación de su vida útil.

A continuación, en la figura 1.6. se muestra, las pérdidas de energía por la mala instalación y la falta del aislamiento térmico.

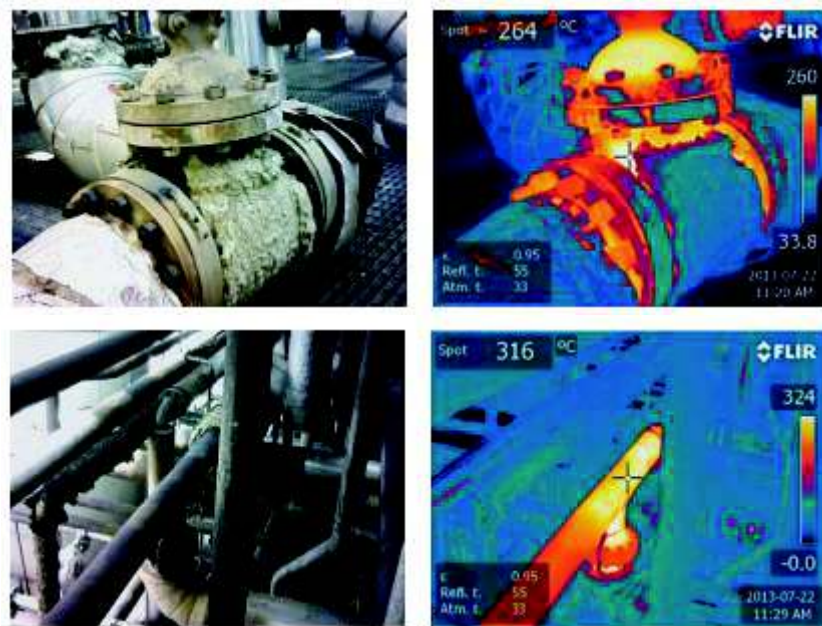


Figura 1.6. Termografía de pérdidas energéticas.  
Fuente: (Kaefer, 2017)

### 1.4.3. Funcionamiento óptimo de procesos

La transferencia de calor entre las superficies y el medio causa grandes pérdidas por fuga de energía en los procesos industriales, los cuales requieren tener una estabilidad térmica para su correcto funcionamiento.

El aislamiento térmico, ayuda a mantener dicha estabilidad térmica, de acuerdo con las necesidades del proceso.

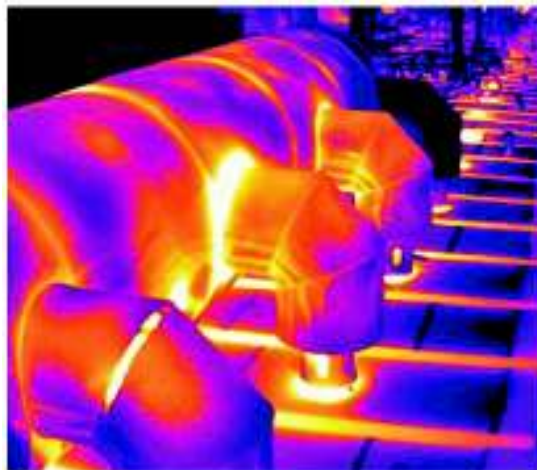


Figura 1.7. Termografía de correcto funcionamiento de un aislamiento térmico.  
Fuente: (Kaefer, 2017)

#### **1.4.4. Impacto Medio - Ambiental**

##### **1.4.1.1. Reducción del nivel del ruido**

Los principales problemas que se tratan de reducir, con la aplicación de aislamientos, es la protección del personal, que se encuentra laborando en el entorno industrial, y la reducción del sonido a nivel de planta, sobre todo cuando esta se encuentra ubicada en zonas urbanas.

##### **1.4.1.2. Reducción del CO<sub>2</sub>**

Un claro beneficio, se da cuando el ahorro energético disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub>, debido al gasto energético que se reduce.

#### **1.5. Principales aislantes térmicos utilizados en industria petrolera**

##### **1.5.1. Aislante de silicato de calcio (calcium silicate)**

Es un material, que se compone de silicio y alúmina, fabricados en forma de fibras, que componen formas de lana de algodón. Su capacidad de soportar altas temperaturas, alta resistencia a la compresión, maltrato físico, incombustibilidad, le ha llevado a tener muchas aplicaciones industriales.



Figura 1.8. Silicato de calcio.  
Fuente: (Pascual, 2017)

Es ideal para el aislamiento de equipos y/o tuberías que se encuentren a altas temperaturas, que oscilan como máximas, entre 650° y 800°C (1112°F y 1472°F). Con el silicato de calcio se puede cubrir necesidades en las principales industrias, tales como: Refinería, Petroquímica, Termoeléctrica, textiles, entre otras.

La norma de fabricación de Silicato de Calcio, más utilizada es la ASTM C-533. En las tablas 1.2. y 1.3. se describe la composición química y propiedades físicas del silicato de calcio.

Tabla 1.2. Composición química del silicato de calcio.

Compuesto	Rango
SiO <sub>2</sub>	47 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 %
CaO	45 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.3 %

Fuente: (Alfran, 2017)

Tabla 1.3. Propiedades físicas del silicato de calcio.

Descripción	Valor	Unidades
Estado	Sustancia sólida, placa porosa	-
Olor	Ninguno	-
ph	8	-
Punto de fusión	1345	°C
Conductividad térmica	<= 0.09	W/m*K
Densidad	240 – 250	kg/m <sup>3</sup>
Contenido de Asbesto	Libre de asbesto	-
Solubilidad	Insoluble	-

Fuente: (Azaros, 2018)

### 1.5.2. Aislante de perlita expandida (expanded perlite insulation)

Mineral cerámico de origen volcánico formado por moléculas de agua y sometido a temperaturas 900 °C a 950 °C (1652°F -1742°F) originando un choque térmico, esto hace que la perlita se expanda 20 veces más que su volumen original, lo que da origen a que llegue a un estado de perlita expandida teniendo una densidad aproximada a 210 - 235 kg/m<sup>3</sup>. Las composiciones químicas y propiedades se observan en la Tabla 1.4. y Tabla 1.5. consecutivamente.

Tabla 1.4. Composición química de la perlita expandida.

Compuesto	Rango
SiO <sub>2</sub>	70 – 80 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12 – 16 %
K <sub>2</sub> O	2 – 5 %
Na <sub>2</sub> O	2 – 9 %
CaO	0 – 2 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0 – 2 %
MgO	0 – 1%
Sulfatos	Exenta

Fuente: (Arciresa, 2015)

Tabla 1.5. Propiedades físicas de la perlita expandida.

Descripción	Valor	Unidades
Color	Blanco	-
Densidad	210 – 235	Kg/m <sup>3</sup>
ph (agua)	7 – 10	-
Humedad relativa	< 2	%
Pérdida por calcinación	< 1	%
Índice de refracción	1.5	-
Temperatura de ablandamiento	1150 – 1250	°C
Temperatura de fusión	1260 – 1350	°C
Conductividad térmica	<= 0.09	W/m*K
Calor específico	0.84	kJ/kg*K
Combustibilidad	no combustible	-
Asbestos	libre de asbestos	-

Fuente: (Arciresa, 2015)

La perlita expandida tiene una amplia gama de aplicaciones que en la actualidad ha sido de gran ayuda para resolución de muchos problemas sobre todo en el campo petrolero sirviendo como aislante térmico en torres y estanques criogénicos de muchas refinerías. Además, este mineral ha sido de gran ayuda en elaboración de contra pisos, recubrimientos, revoques y rellenos lo que da como resultado que es un elemento indispensable para la construcción moderna. En la Figura 1.9. se observa la forma usual de este aislante.





Figura 1.9. Perlita expandida.  
Fuente: (Pascual, 2017)

### 1.5.3. Aislante de vidrio celular (celular glass)

Es un material utilizado en la industria de la construcción, que se obtiene al fusionar polvo vítreo por proceso termoquímico, donde se crean células en estado parcial vacío lo que evita intercomunicación entre ellas, luego de lo cual se añade carbono en forma de hollín, para obtener su estructura porosa. Los bloques que se forman son cortados en las dimensiones requeridas.



Figura 1.10. Aislante vidrio celular.  
Fuente: (Ulloa, 2015)

Entre sus principales características, se encuentran:

- Resistentes a productos agresivos
- Alta resistencia a la compresión
- Fácil de trabajar y cortar
- Incombustible
- Resistencia a microorganismos, y ecológico desde su producción, hasta su reciclado
- Buen comportamiento en ambientes húmedos (parte inferior de tanques aislados)

El espesor, varía de acuerdo con la resistencia térmica que se desee.

La norma que rige la instalación y fabricación es la ASTM C-610.

#### **1.5.4. Aislante de fibra mineral (mineral fiber)**

Es un aislante que se constituye por entrelazos de filamentos de materiales pétreos, que forman una especie de fieltros, manteniendo aire en estado inmóvil, entre ellos. Principalmente gracias al entrelazado de fibras, que dejan aire inmóvil, se han reconocido como buenos aislantes térmicos, incluyendo su bajo punto de fusión, y su origen orgánico. Además, cabe recalcar que son excelentes a la hora de manejarlos como material reciclable, ya que se encuentran en la lista de materiales de “residuos no peligrosos”, en el listado europeo de residuos.

La forma muy ligera del material, dan como resultado, elevados niveles de resistencia y protección, al calor, al fuego y al ruido. Puede soportar hasta 500 °C.

La norma que rige la fabricación y montaje del aislante en mención es:

- ASTM C-547, para tubos preformados de aislante.
- ASTM C-592, para manta de malla metálica.
- ASTM C-612, para aislantes en forma de placas, y bloques.



Figura 1.11. Fibra mineral.  
Fuente: (Brunssen, 2017)

#### **1.5.5. Portland (portland cement)**

Se le denomina también cemento hidráulico. Se obtiene a partir de la pulverización del Clinker (materia prima del cemento, formado por la calcinación de arcilla y caliza). Tiene propiedades similares al hormigón, una de ellas es la de fraguar y endurecer en presencia de agua, por lo que se puede decir que tiene una propiedad aglutinante.

La norma a la cual este aislante este sujeto es la ASTM C 150.

A continuación, se muestra los tipos de cementos de acuerdo con las exigencias que los fabricantes usualmente requieren.

Clase de resistencia [N]	Resistencia a la compresión [MPa]					Resistencia a la compresión [Kg/cm <sup>2</sup> ]				Tiempo de principio de fraguado [min]	Expansión en volumen [mm <sup>3</sup> ]
	Resistencia inicial		Resistencia normal			Resistencia inicial		Resistencia normal			
	2 días	7 días	28 días			2 días	7 días	28 días			
MEDIA	32.5	-	≥16	≥32.5	≥52.5	-	≥163.2	≥331.4	≥535.4	≥75	≤10
	32.5	≥10	-			≥102	-				
ALTA	42.5	≥10	-	≥42.5	≥62.5	≥102	-	≥433.4	≥637.3	≥60	
	42.5	≥20	-			≥204	-				
MUY ALTA	52.5	≥20	-	≥52.5	-	≥204	-	≥535.4	-	≥45	
ALTA	52.5	≥30	-			≥306	-				

Figura1.12. Cemento Portland.  
Fuente: (UNE, 2017)

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Sistemas de aislamiento térmico para tuberías y tanques en la Refinería Esmeraldas.**

La Refinería Esmeraldas consta de varias unidades, mencionadas a continuación:

- Unidad de Crudo
- Unidad de Vacío N°1
- Unidad de Vacío N°2
- Unidad FCC (Fluid Catalytic Cracking)
- Unidad de Concentración de Gas
- Unidad de Visbreaking N°1
- Unidad de Visbreaking N°2
- Sistema de almacenamiento de Asfalto y transferencia
- Sistema de almacenamiento, transferencia y mezcla
- Unidad de Tratamiento de Jet Fuel - MEROX
- Unidad de Tratamiento de Gasolina - MEROX
- Unidad de Tratamiento de LGP - MEROX
- Unidad de Tratamiento de Aguas Residuales
- Unidad de Tratamiento de Fuel Gas

Sistemas Auxiliares:

- Sistema de Aire
- Sistema de Combustible
- Sistema de Agua
- Sistema de vapor y alimentación de agua
- Sistema de tea
- Sistema de tratamiento de residuos

Los sistemas de aislamiento térmico que se van a estudiar en el presente proyecto de investigación son de los más utilizados en plantas industriales de refinación y corresponden a los instalados en los tanques de almacenamiento de asfalto y los sistemas de tuberías que se usan en los diferentes procesos.

#### **2.1.1. Aislamiento en Tanques de la REE**

Dentro de la Refinería Estatal de Esmeraldas, existen tanques de almacenamiento, que poseen determinadas funciones.

Dentro de este conjunto se encuentran:

- Tanques de Crudo
- Tanques de Naftas
- Tanques de Productos Terminados
- Tanques de Agua y Misceláneos

Cabe recalcar que no todos los tanques necesitan sistemas de aislamiento térmico, sino aquellos que necesitan mantener sus temperaturas para el óptimo funcionamiento y almacenamiento.

Los tanques que se aíslan térmicamente dentro de la Refinería Esmeraldas son los de asfalto, fuel oil y carga a visbreaking.

### 2.1.1.1. Características de los Tanques de Asfalto

Los tanques de Asfalto se encuentran ubicados en el área de transferencia y almacenamiento denominada SETRIA.

Existen 9 tanques de almacenamiento de asfalto enumerados de la siguiente manera, y con las siguientes características técnicas, que se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Características técnicas de los tanques de asfaltos de la REE.

IDENTIFICACIÓN	PRODUCTO	CAPACIDAD [m <sup>3</sup> ]	DIÁMETRO [mm]	ALTURA [mm]	TIPO DE TECHO
AO-V6	ASFALTO	1130	12192	9754	FIJO
AO-V7	ASFALTO	1130	12192	9754	FIJO
AO-V8	ASFALTO	1130	12192	9754	FIJO
AO-V9	ASFALTO	1130	12192	9754	FIJO
AO-V10	ASFALTO	1130	12192	9754	FIJO
AO-V11	ASFALTO	1130	12192	9754	FIJO
AO-V12	ASFALTO	1130	12192	9754	FIJO
AO-V13	ASFALTO	1130	12192	9754	FIJO
AO-V14	ASFALTO	1130	12192	9754	FIJO

Fuente: (Propia)

El asfalto se almacena en tanques de techo fijo. Estos constan de un fondo de tipo plano, cuerpo de forma cilíndrica y un techo fijo, el cual se construye en base a planchas y/o láminas soldadas. Los tanques son diseñados bajo el Código API 650. Estos tanques son de bajo costo y diseño simple, y tienen la forma descrita en la Figura 2.1.



Figura 2.1. Tanque de Almacenamiento de Asfalto en la REE

Fuente: (Propia)

### 2.1.1.2. Proceso de instalación del sistema de aislamiento térmico en tanques de asfaltos

Una vez que el tanque de asfalto ha sido construido y ha pasado por los distintos estándares de aprobación, se realizan los siguientes pasos para el proceso de instalación de sistema de aislamiento térmico:

#### 2.1.1.2.1. Montaje de ángulos y pernos de soporte

Los tanques de asfalto de Refinería Esmeraldas poseen una serie de ángulos que forman anillos alrededor del tanque, los cuales tienen como función principal dar soporte al sistema de aislamiento térmico, de acuerdo con las configuraciones que se dan a continuación:

Primer ángulo a 300 mm de la base del tanque, con el ala hacia arriba, como se observa en la Figura 2.2. el arreglo permite dar soporte a la segunda fila de aislamiento de fibra mineral (*mineral fiber*), que está sobre el aislamiento de vidrio celular (*celular glass*).

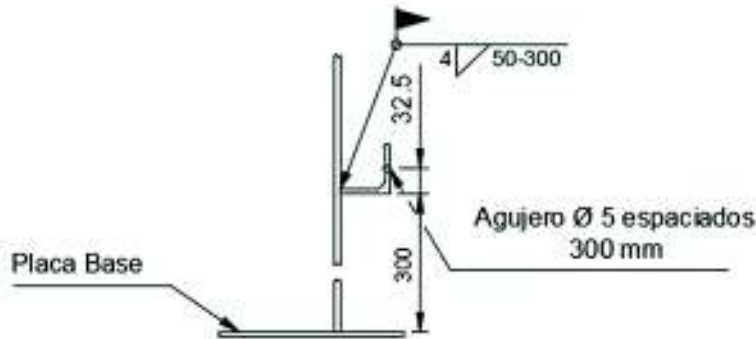


Figura 2.2. Ángulo soporte en la base del tanque.

Fuente: (Propia)

Cinco ángulos distribuidos de manera uniforme a partir del primero, con el ala hacia abajo, espaciados aproximadamente una distancia de 1800 mm (6 pies) de alto, como se observa en la Figura 2.3. debido a los tamaños de los bloques de aislamiento térmico comerciales que usualmente se encuentran en el mercado (610 mm o 2 pies).

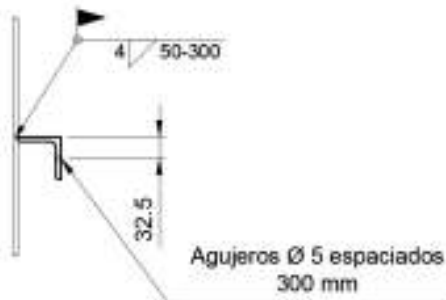


Figura 2.3. Ángulo soporte encima de la base del tanque.

Fuente: (Propia)

Como se observa en la Figura 2.4. se realiza un arreglo con ángulos en el tope entre el techo y la parte final del cuerpo del tanque, para que la inclinación que este tiene permita la caída de agua al exterior y no en el interior del tanque entre la chapa metálica y la chaqueta de aluminio, dañando el sistema de aislamiento.

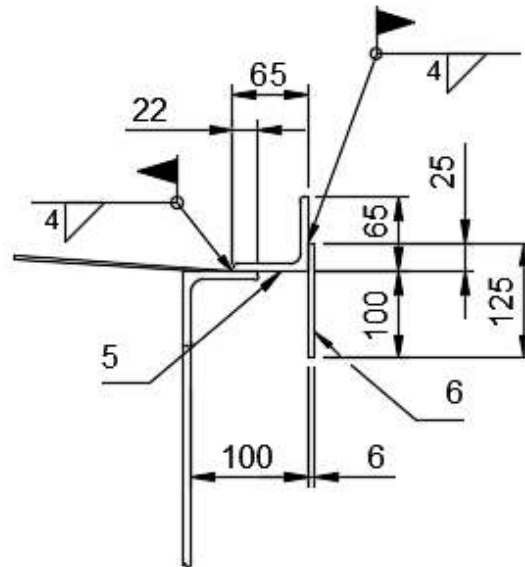


Figura 2.4. Configuración de ángulo en el techo del tanque.  
Fuente: (Propia)

Colocación de pernos de acero inoxidable en el techo, mediante soldadura, de acuerdo con a la simbología indicada y el arreglo establecido en la Figura 2.5. y el ANEXO I, lo cual permite el anclaje correcto del aislamiento y la chaqueta de aluminio.

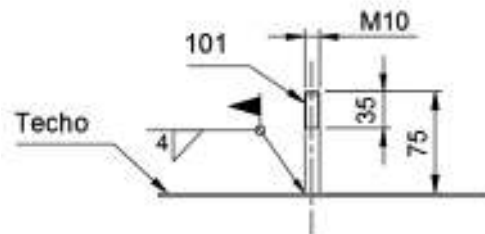


Figura 2.5. Especificación de pernos en el techo del tanque.  
Fuente: (Propia)

La distribución de los pernos a lo largo del techo se indica en las Figuras 2.6, y 2.7.



Figura 2.6. Vista lateral de la distribución de pernos en el techo del tanque.  
Fuente: (Propia)

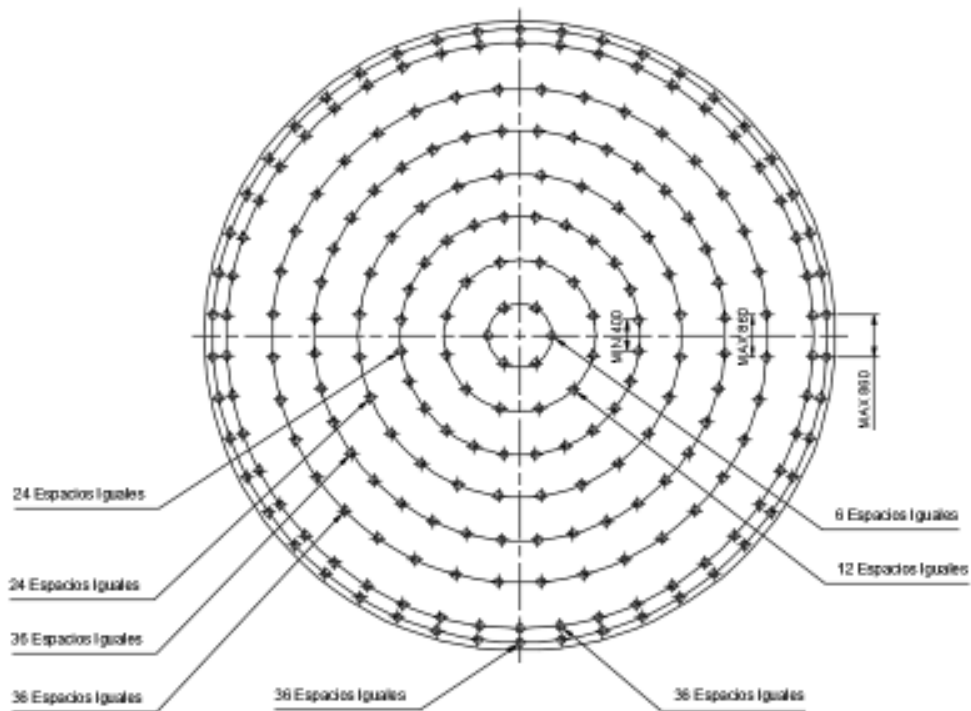


Figura 2.7. Vista superior de la distribución de pernos en el techo del tanque.  
Fuente: (Propia)

Arreglo de ángulos en las boquillas (*nozzles*) y *manholes*, según las Figuras 2.8., 2.9., 2.10., 2.11. y 2.12. las cuales se usan para la toma de muestras, sistema de bombeo de entrada y salida de crudo, así como también el sistema de calentador por resistencia y el mezclador.



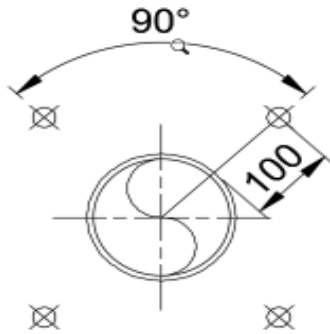


Figura 2.8. Boquilla 2" – 12".  
Fuente: (Propia)

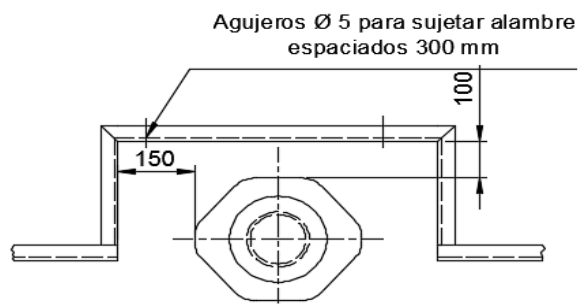


Figura 2.9. Boquillas de 10" de salida, 6" de bombeo y 4" W.D.O.  
Fuente: (Propia)

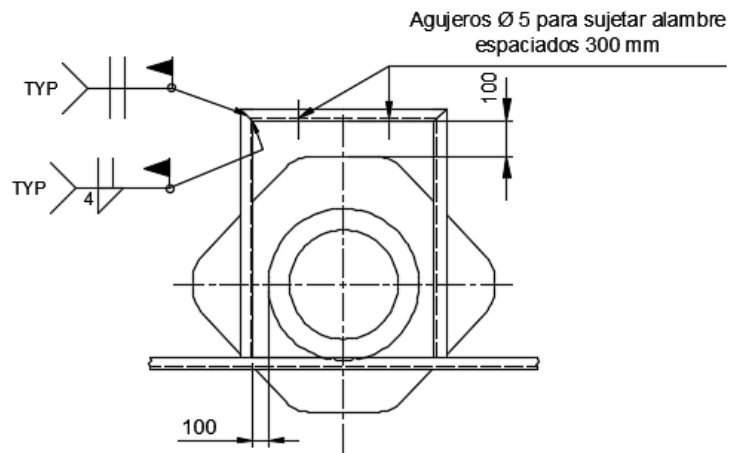


Figura 2.10. Manhole de 24".  
Fuente: (Propia)

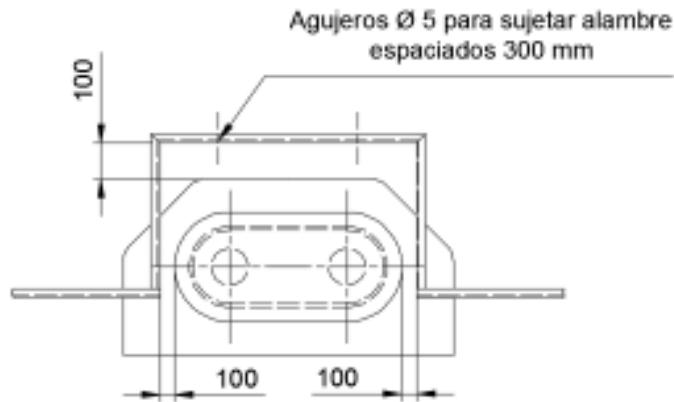


Figura 2.11. Boquillas 16" x 40" del calentador.  
Fuente: (Propia)



Figura 2.12. Boquilla 6" de entradas y mezclador.  
Fuente: (Propia)

### 2.1.1.2.2. Limpieza de la superficie

En esta etapa se limpia la superficie del tanque manualmente con paños limpios en la superficie lateral, el techo y los anillos de soporte de aislamiento térmico, que se indican en la Figura 2.13. El nivel de aceptación de este proceso se detallará en el reporte PT-C&P-001 del ANEXO II.

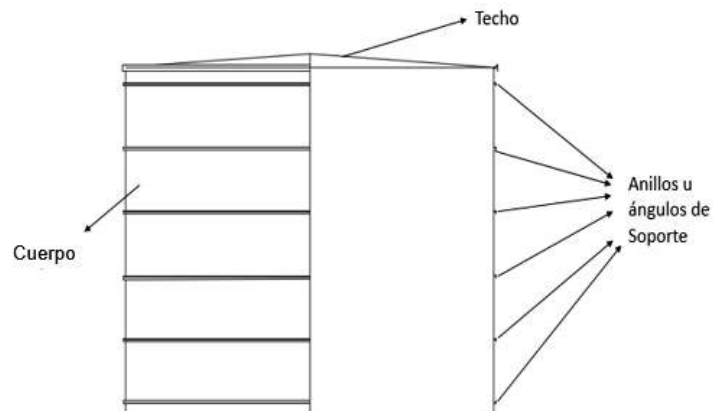


Figura 2.13. Áreas de limpieza superficial del tanque de asfaltos.  
Fuente: (Propia)

### **2.1.1.2.3. Material aislante, (perlita expandida y otros)**

Se realiza la inspección del material aislante en forma de bloques, con espesores detallados de la siguiente manera:

- Techo: perlita expandida de 50mm (2")
- Base inferior del cuerpo del tanque (primera fila): vidrio celular de 65mm (2.5")
- Cuerpo del tanque: Fibra mineral de 65mm (2.5")

Además, según establece la UOP 9-11-1, se procede a la verificación de:

- Bandas de ajuste (sunchos), los cuales deben tener las dimensiones y/o especificaciones, para tanques de almacenamiento, como mínimo de 19 mm de ancho x 05 mm de espesor (3/4"W x 0.020" T).
- Alambre para amarres de acero inoxidable N° 16 AWG
- Resortes de expansión de acero inoxidable de 4" de longitud espaciado máximo de 15.24 m (50 pies).
- Tornillos autorroscantes de acero inoxidable para fijación de chaqueta de aluminio en el cuerpo del tanque, van de 6.4 mm x 12.7 mm (1/4 "x 1/2 ") de cabeza hexagonal, con arandela de neopreno.
- Pernos M10x75mm de acero inoxidable (soldados en sitio), para sujeción de chaqueta de aluminio en el techo del tanque con tuerca de acero inoxidable y arandela de neopreno.

Adicional se verifica los requerimientos de chaqueta de aluminio según la ASTM B209:

- Techo: Chaqueta de aluminio liso entre 0.4 y 0.6 mm de espesor.
- Cuerpo: Chaqueta de aluminio corrugado de 0.4 mm de espesor y distancia entre crestas 32 mm.

Lo dicho anteriormente se encuentra detallado en el REPORT FORM PT-C&P-001 del ANEXO II.

### **2.1.1.2.4. Instalación del aislante térmico**

Según la UOP 9-11-1, para diámetros mayores a 9 m (30 pies) aproximadamente se usa como guía la figura 4 de la página 19 de recipientes verticales.

Empezando por la parte superior del cuerpo del tanque, en el tope con el techo como se observa en la Figura 2.14. se ubican los bloques de aislamiento térmico sujetos por bandas y resortes, al igual que los tornillos autorroscantes que sujetan la chaqueta de aluminio, los cuales están espaciados 300 mm alrededor del tanque en los ángulos de soporte, como se indica en el diseño del ANEXO I.

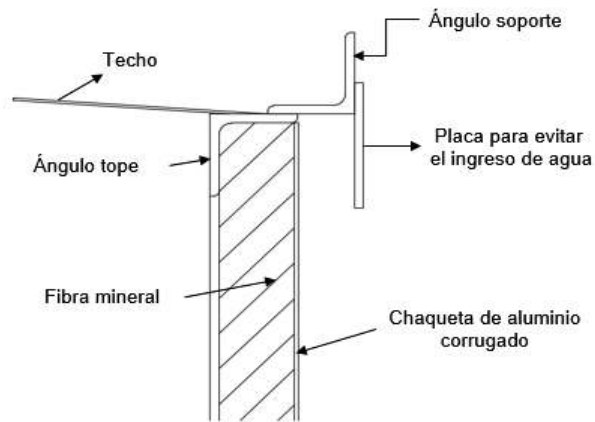


Figura 2.14. Instalación de fibra mineral – parte superior del tanque.  
Fuente: (Propia)

Continuando de manera descendente, se observa en la Figura 2.15. cómo se complementa la colocación de fibra mineral.

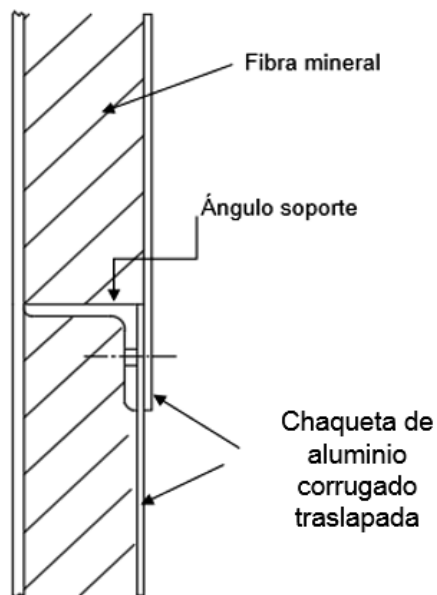


Figura 2.15. Instalación de fibra mineral – parte media del tanque.  
Fuente: (Propia)

En la Figura 2.16. se visualiza la instalación de vidrio celular en la primera fila de aislamiento del tanque, ya que es un material que soporta su permanencia en un medio húmedo, en esta zona crítica.

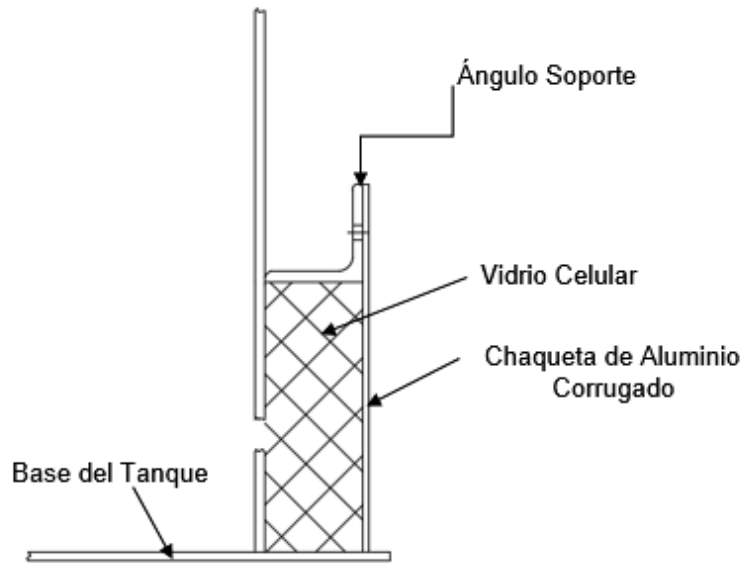


Figura 2.16. Instalación de fibra mineral – parte inferior del tanque.

Fuente: (Propia)

El diseñador del sistema de aislamiento térmico transmite al diseñador del tanque la necesidad de dejar 65 mm más en el diámetro de la placa base, para permitir que luego del aislamiento térmico se mantengan 50 mm (2") libres de la placa, como se explica en la Figura 2.17.

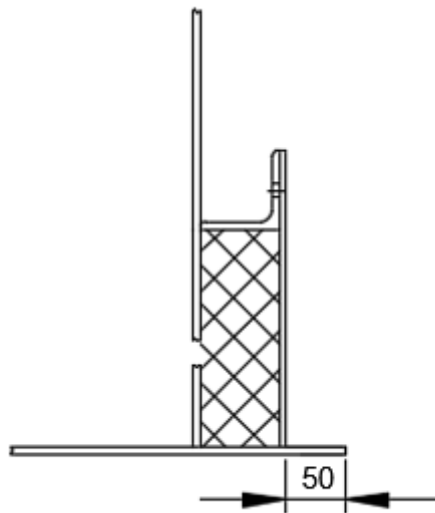


Figura 2.17. Separación necesaria de la placa base y sistema de aislamiento.

Fuente: (Propia)

Finalizando, se coloca el material aislante de perlita expandida en el techo del tanque, sobre los pernos de acero inoxidable previamente soldados, donde se asienta tanto el aislante y la chaqueta respectivamente, y ajustados con tuercas, como se indica en la Figura 2.18.

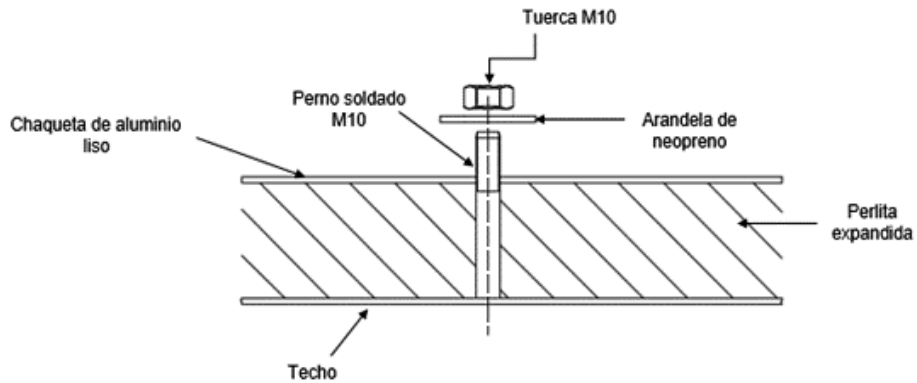


Figura 2.18. Instalación de perlita expandida en el techo del tanque.  
Fuente: (Propia)

### 2.1.1.2.5. Bandas y Resortes

Se coloca bandas alrededor del tanque por encima del aislamiento térmico aproximadamente cada 15m, alternando con resortes de expansión. Las bandas se colocan separadas verticalmente 23 cm (9”), como se observa en la Figura 2.19.

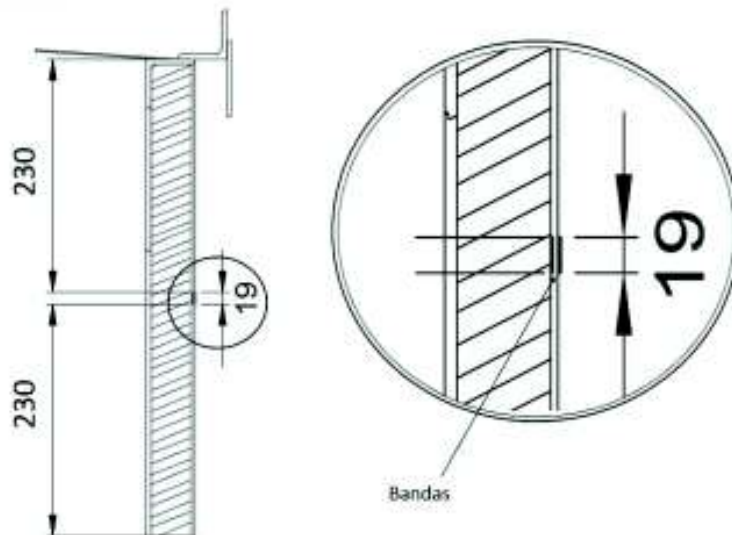


Figura 2.19. Separación de bandas en sentido vertical.  
Fuente: (Propia)

### 2.1.1.2.6. Inspección visual

Se realiza la inspección visual de todo el sistema de aislamiento térmico instalado, por parte de la parte contratante y dueño de la obra, visualizándose en el reporte NO REPORT FORM PT-C&P-001 ANEXO II.

### 2.1.1.3. Cálculo del flujo de calor en paredes y techo del tanque en base a datos de la Norma UOP 9-11-1

En la Tabla 2.2. se muestran los diferentes espesores de aislamiento térmico a diferentes temperaturas de operación en base a la Tabla III- Tanques de almacenamiento de la norma UOP 9-11-1, con una temperatura ambiente de referencia de 26.67 ° C (80 ° F).

Tabla 2.2. Espesor del aislante, de acuerdo con el rango de temperatura.

Rango de temperatura		Espesor	
°F	°C	plg	mm
70 - 250	21.1 - 121.1	2	50.8
251 - 350	121.67 - 176.67	2 - 1/2	63.5
351 - 450	177.22 - 232.22	3	76.2
451 - 550	232.78 - 287.78	3 - 1/2	88.9

Fuente: (Propia)

El tanque de almacenamiento de asfalto fue diseñado por CHIYODA (empresa constructora de la Refinería Esmeraldas), considerando una temperatura de operación de 149 ° C (300 ° F).

Según la especificación UOP 9-11-1, el espesor de aislamiento se encuentra en 63.5 mm.

Por razones comerciales, se utilizarán 65 mm para el cuerpo del tanque, y 50 mm para el techo, que son los que comúnmente se encuentran en el mercado y están dentro del rango de temperaturas de UOP.

En la Figura 2.20. se muestra la forma genérica del tanque destinado al almacenamiento de asfalto, el cual tiene un cuerpo cilíndrico con diámetro de 12.192 m, altura 9.754 m y un techo plano inclinado con una pendiente de 1/16.

El tanque tiene forma cilíndrica en el cuerpo y el techo plano inclinado.

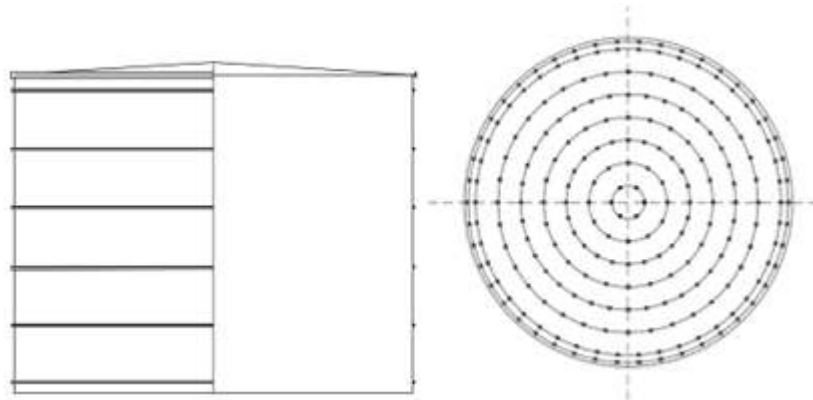


Figura 2.20. Geometría del tanque para almacenamiento de asfalto  
Fuente: (Propia)

### Flujo de calor a través del tanque sin aislamiento

Con el fin de realizar una comparación entre la transferencia de calor que se produce en el tanque cuando se encuentra con y sin aislamiento, se procede en primera instancia a calcular la tasa de transferencia de calor por convección, que se expresa como sigue en la ecuación 2.1.

$$Q = h_c * A * (T - T_{\infty})$$

Ecuación 2.1. Tasa de transferencia de calor por convección.

Fuente: (Incropera, 1999)

Dónde:

$Q$ : Flujo de calor por convección, W

$h_c$ : Coeficiente convectivo,  $W/m^2K$

$A$ : Área de transferencia de calor,  $m^2$

$T$ : Temperatura de la superficie externa del tubo,  $^{\circ}C$

$T_{\infty}$ : Temperatura del fluido libre,  $^{\circ}C$

En las Figuras 2.21. y 2.22. se muestran las consideraciones de geometría, modelo térmico y parámetros termodinámicos utilizados para el cálculo. El coeficiente de convección ( $h_c$ ) de  $18 W/m^2K$  y la temperatura ambiente ( $T_{\infty}$ ), han sido seleccionados considerando las condiciones ambientales de la ciudad de Esmeraldas. La temperatura superficial es tomada en base a la Tabla 2.2. en concordancia a los espesores de aislamiento térmico de la UOP 9-11-1.

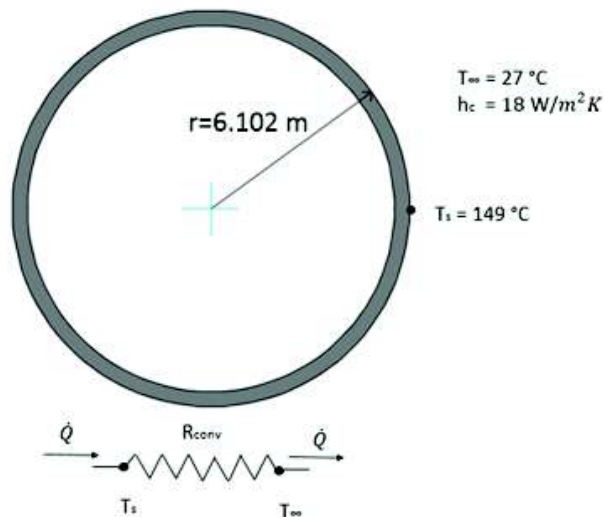


Figura 2.21. Consideraciones de flujo de calor sin aislamiento alrededor del tanque – Vista Superior.

Fuente: (Propia)



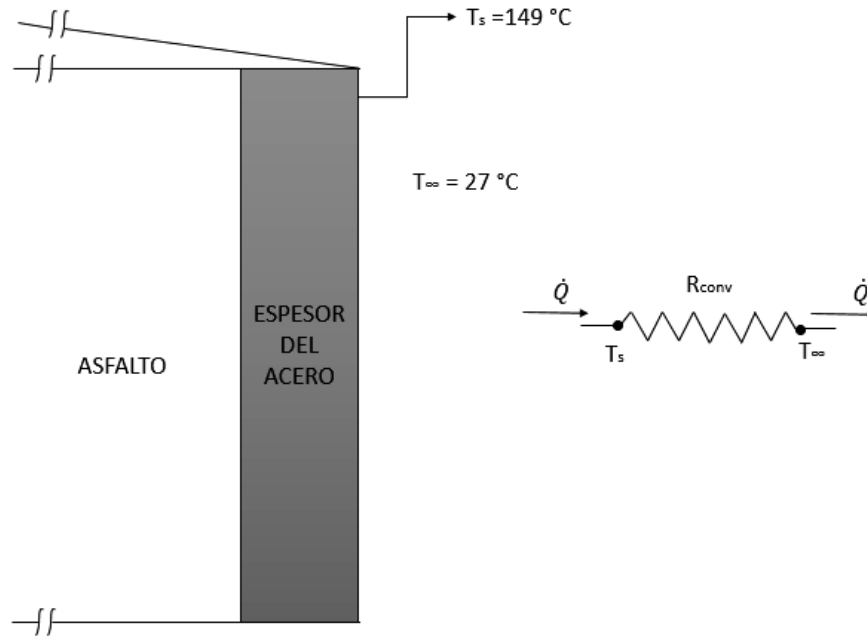


Figura 2.22. Consideraciones de flujo de calor sin aislamiento alrededor del tanque – Vista Lateral.  
Fuente: (Propia)

Haciendo uso de la analogía de resistencias térmicas:

$$\dot{Q} = \frac{T_s - T_\infty}{R_{conv}}$$

Ecuación 2.2. Analogía de resistencias térmicas por convección.  
Fuente: (Incropera, 1999)

Si:

$$R_{conv} = \frac{1}{h_c * A}$$

Ecuación 2.3. Resistencia por convección.  
Fuente: (Incropera, 1999)

El área del cuerpo del tanque es la de un cilindro:

$$A = 2\pi * r * h$$

Ecuación 2.4. Área de un cilindro.  
Fuente: (Propia)

Donde  $r = 6.096\text{ m}$ , es el radio del tanque y  $h = 9.754\text{ m}$  la altura

$$A = 2\pi * 6.102 * 9.754 = 373.97\text{ m}^2$$

Reemplazando en la ecuación de la velocidad de transferencia de calor:

$$\dot{Q}_{c1} = \frac{149 - 27}{\frac{1}{18 \cdot 373.97}}$$

$$\dot{Q}_{c1} = 821.24 \text{ kW}$$

Por lo tanto, se tiene una transferencia de calor de 821.24 kW para la pared del tanque utilizado para el almacenamiento de asfalto.

De manera similar se realiza el cálculo para el techo del tanque como sigue:

El techo del tanque se presenta de la siguiente forma:

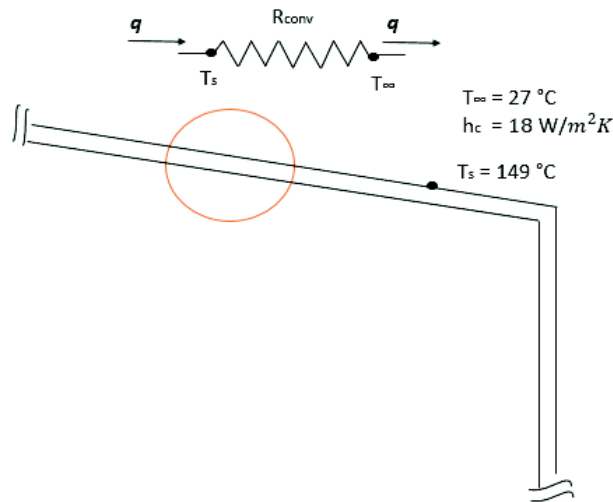


Figura 2.23. Consideración de flujo de calor sin aislamiento en el techo del tanque.  
Fuente: (Propia)

Tomando la Ecuación 2.2. se tiene:

$$\dot{Q} = \frac{T_s - T_\infty}{R_{conv}}$$

Donde, en base a la Ecuación 2.3.:

$$R_{conv} = \frac{1}{h_c * A_t}$$

El área del techo del tanque es aproximadamente la misma que la de una circunferencia:

$$A_t = \pi * r^2$$

Ecuación 2.5. Área de una circunferencia.

Fuente: (Propia)

$$A_t = \pi * 6.102^2 = 116.98 \text{ m}^2$$

Reemplazando en la ecuación de flujo de calor:

$$\dot{Q} = \frac{149 - 27}{\frac{1}{18 \cdot 116.98}}$$

$$\dot{Q}_{t1} = 256.89 \text{ kW}$$

### 2.1.1.3.1. Flujo de calor a través del tanque con aislamiento

En el caso del cuerpo del tanque con aislante térmico, se presenta el problema como se visualiza en las Figuras 2.24. y 2.25.

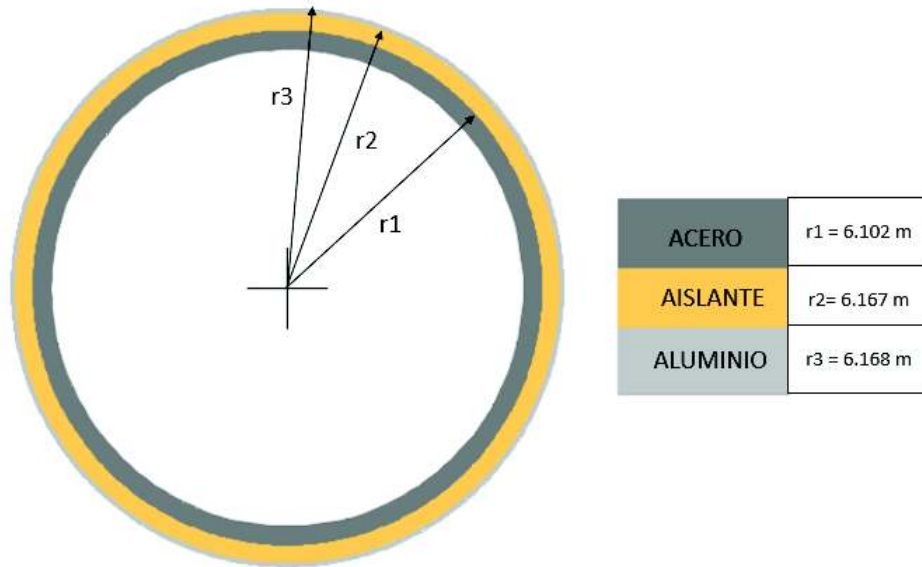


Figura 2.24. Consideraciones de flujo de calor con aislamiento alrededor del tanque – Vista Superior.  
Fuente: (Propia)

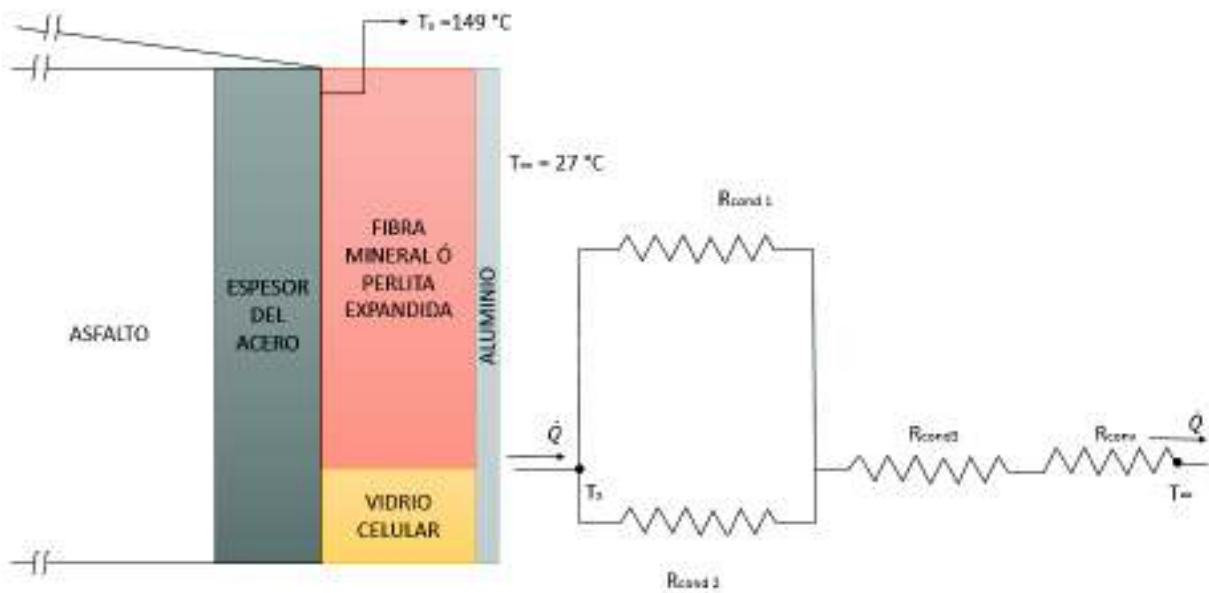


Figura 2.25. Consideraciones de flujo de calor con aislamiento alrededor del tanque – Vista Lateral.  
Fuente: (Propia)

En la Tabla 2.3. se muestra en resumen los datos a utilizarse en los cálculos:

Tabla 2.3. Datos del sistema de aislamiento térmico.

	Radio exterior	Cond. térmica k
	M	W/mK
Aislante Fibra Mineral	$r_2 = r_f = 6.167$	$k_f = 0.123$
Aislante de Vidrio Celular	$r_2 = r_v = 6.167$	$k_v = 0.079$
Aislante Perlita Expandida	$r_2 = r_p = 6.167$	$k_p = 0.085$
Aislante de Silicato de Calcio	-	$k_s = 0.085$
Aluminio	$r_3 = r_a = 6.168$	$k_a = 158.17$
Lámina de acero (cuerpo del tanque)	$r_1 = 6.102$	-

Fuente: (Propia)

La ecuación general de velocidad de transferencia de calor, con el sistema de aislante térmico en el cuerpo del tanque sería:

$$\dot{Q} = \frac{T_s - T_\infty}{R_{total}}$$

Ecuación 2.6. Velocidad de transferencia de calor en una resistencia total.  
Fuente: (Incropera, 1999)

Reemplazando  $R_{total}$ :

$$\dot{Q} = \frac{T_s - T_\infty}{\frac{R_{cond1} * R_{cond2}}{R_{cond1} + R_{cond2}} + R_{cond3} + R_{conv}}$$

Utilizando la analogía de resistencias por conducción:

$$R_{cond} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi * k * L}$$

Ecuación 2.7- Resistencia por conducción en cilindros.  
Fuente: (Incropera, 1999)

Se tiene:

$$R_{cond1} = \frac{\ln(r_v/r_1)}{2\pi * k_v * L_1}$$

Donde  $L_1$ , corresponde a la altura del aislante de vidrio celular.

$$R_{cond2} = \frac{\ln(r_{f,p}/r_1)}{2\pi * k_{f,p} * L_2}$$

Donde  $L_2$ , corresponde a la altura del aislante de fibra mineral ó perlita expandida.

$$R_{cond3} = \frac{\ln(r_a/r_2)}{2\pi * k_a * L_3}$$

Donde  $L_3$ , corresponde a la altura de la chaqueta de aluminio, que es equivalente a la altura del cuerpo del tanque.

Tomando la Ecuación 2.3.:

$$R_{conv} = \frac{1}{h_c * A}$$

Para el sistema 1, Vidrio Celular + Fibra Mineral + Chaqueta de Aluminio, tenemos:

$$R_{cond1} = \frac{\ln(r_v/r_1)}{2\pi * k_v * L_1} = \frac{\ln(6.167/6.102)}{2\pi * 0.079 * 0.3} = 0.0712 \frac{^{\circ}C}{W}$$

$$R_{cond2} = \frac{\ln(r_f/r_1)}{2\pi * k_f * L_2} = \frac{\ln(6.167/6.102)}{2\pi * 0.123 * 9.454} = 1.45 * 10^{-3} \frac{^{\circ}C}{W}$$

$$R_{cond3} = \frac{\ln(r_a/r_2)}{2\pi * k_a * L_3} = \frac{\ln(6.168/6.167)}{2\pi * 158.17 * 9.754} = 1.67 * 10^{-8} \frac{^{\circ}C}{W}$$

$$R_{conv} = \frac{1}{h_c * A} = \frac{1}{18 * 373.97} = 1.5 * 10^{-4} \frac{^{\circ}C}{W}$$

Reemplazando en la ecuación de la velocidad de transferencia de calor:

$$\dot{Q} = \frac{T_s - T_{\infty}}{\frac{R_{cond1} * R_{cond2}}{R_{cond1} + R_{cond2}} + R_{cond3} + R_{conv}} = \frac{149 - 27}{\frac{0.0712 * 1.45 * 10^{-3}}{0.0712 + 1.45 * 10^{-3}} + 1.67 * 10^{-8} + 1.5 * 10^{-4}}$$

$$\dot{Q}_{sis1} = 77.65 \text{ kW}$$

Para el sistema 2, Vidrio Celular + Perlita Expandida + Chaqueta de Aluminio, tenemos:

$$R_{cond1} = 0.0712 \frac{^{\circ}C}{W}$$

$$R_{cond2} = \frac{\ln(r_p/r_1)}{2\pi * k_p * L_2} = \frac{\ln(6.167/6.102)}{2\pi * 0.085 * 9.454} = 2.10 * 10^{-3} \frac{^{\circ}C}{W}$$

$$R_{cond3} = 1.67 * 10^{-8} \frac{^{\circ}C}{W}$$

$$R_{conv} = 1.5 * 10^{-4} \frac{^{\circ}C}{W}$$

Reemplazando en la ecuación de la velocidad de transferencia de calor:

$$\dot{Q} = \frac{T_s - T_{\infty}}{\frac{R_{cond1} * R_{cond2}}{R_{cond1} + R_{cond2}} + R_{cond3} + R_{conv}} = \frac{149 - 27}{\frac{0.0712 * 2.10 * 10^{-3}}{0.0712 + 2.10 * 10^{-3}} + 1.67 * 10^{-8} + 1.5 * 10^{-4}}$$

$$\dot{Q}_{sis2} = 55.71 \text{ kW}$$

El caso del techo del tanque se presenta en la Figura 2.26:

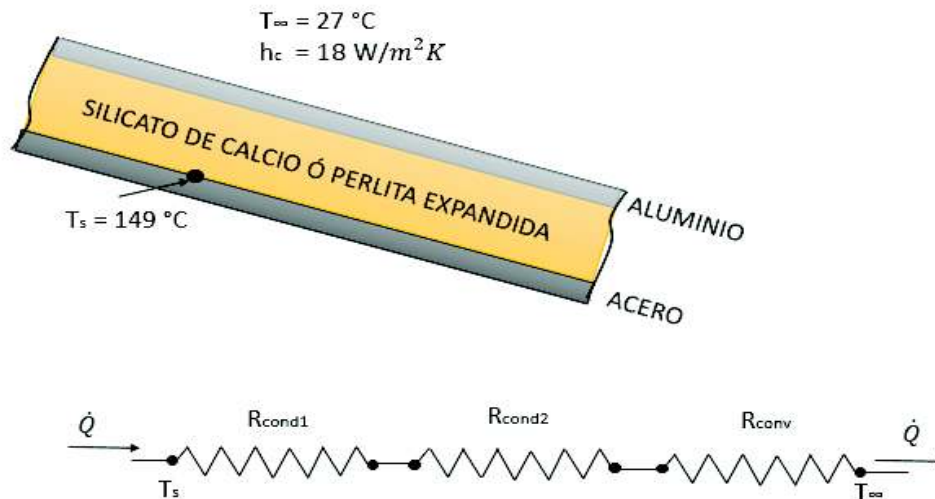


Figura 2.26. Consideración de flujo de calor con aislamiento en el techo del tanque.  
Fuente: (Propia)

La ecuación general de la Velocidad de Transferencia de Calor en el techo tomando como base la Ecuación 2.6. es:

$$\dot{Q}_{t2} = \frac{T_s - T_\infty}{R_{cond1} + R_{cond2} + R_{conv}}$$

Si:

$$R_{cond1} = \frac{L_{s,p}}{k_{s,p} * A_t}$$

Donde  $L_{s,p} = 0.050 \text{ m}$ , es el espesor del aislante de silicato de calcio ó perlita expandida;  $k_{s,p}$  es la conductividad térmica de la perlita expandida o silicato de calcio, referenciados en la Figura 2.8.

$$R_{cond2} = \frac{L_a}{k_a * A_t}$$

Donde  $L_a = 0.001 \text{ m}$ , es el espesor de la chaqueta de aluminio y  $k_a$  es la conductividad térmica del aluminio del aluminio, referenciado en la figura 2.26.

$$R_{conv} = \frac{1}{h_c * A_t}$$

Que se calculó anteriormente.

La ecuación de la velocidad de transferencia de calor en el techo, con el sistema de aislamiento será:

$$\dot{Q}_{t2} = \frac{T_s - T_\infty}{\frac{L_{sp}}{k_{sp} * A_t} + \frac{L_a}{k_a * A_t} + \frac{1}{h_c * A_t}}$$

Debido a que la conductividad térmica de la perlita expandida y el silicato de calcio son similares, se tiene aproximadamente la misma velocidad de transferencia de calor:

$$\dot{Q}_{t2} = \frac{149 - 27}{\frac{0.050}{0.085 * 116.98} + \frac{0.001}{158.17 * 116.98} + \frac{1}{18 * 116.98}}$$

Sistema silicato de calcio + chaqueta de aluminio:

$$\dot{Q}_{t21} = 22.17 \text{ kW}$$

Sistema perlita expandida + chaqueta de aluminio:

$$\dot{Q}_{t22} = 22.17 \text{ kW}$$

## 2.1.2. Aislamiento en tuberías en la REE

Tubería es un conducto que cumple la función de transportar fluidos. Se construyen mediante el uso de diversos materiales en función de algunos parámetros tales como:

Presión, temperatura, tipo de fluido, etc.

En la Refinería Esmeraldas se encuentra una gran variedad de tuberías, las mismas que cuentan con una identificación como a continuación se describe:

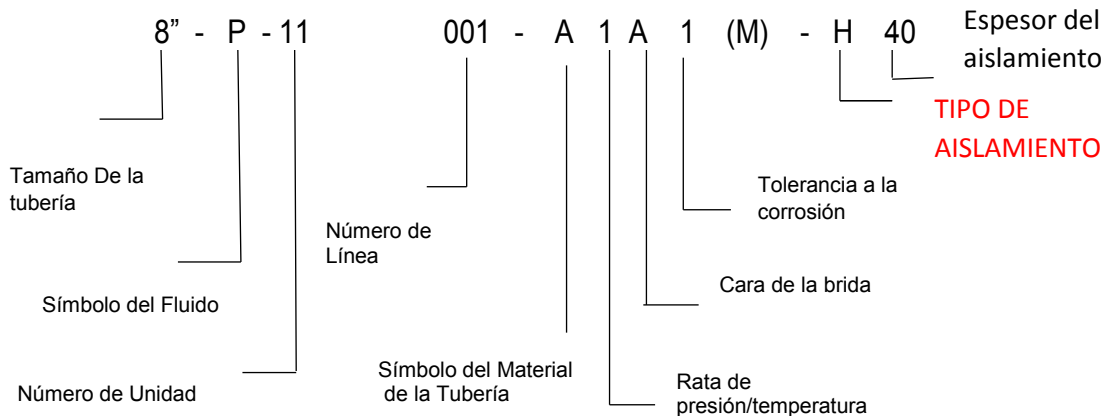


Figura 2.27. Tuberías de la REE  
Fuente: (Propia)

### 2.1.2.1. Sistema de identificación para líneas de tuberías

Una tubería para ser identificada tiene una combinación de letras y números que indican el tamaño, el fluido, la instalación, tipo de material, número de línea, tipo de aislamiento y espesor de aislamiento.

A continuación, se realizará un ejemplo de identificación de líneas de tuberías:





El tipo de aislamiento se identifica de la siguiente manera:

- H: Aislamiento Térmico
- P: Protección Personal
- S: Aislamiento Térmico con venas de vapor (Steam Tracing)
- J: Aislamiento Térmico con chaquetas de vapor

### **2.1.2.2. Identificación de las líneas de tuberías en los tanques de asfalto**

El tanque de asfalto denominado AO-V13 que será objeto de nuestro estudio cuenta entre otras con las siguientes líneas:

- 3"-P-51018-A1A1-S50
- 6"-P-51017-A1A1-S50
- 6"-P-51014-A1A1-S50
- 3"-P-51015-A1A1-S50
- 3"-P-51016-A1A1-S50
- 8"-P-51008-A1A1-S65
- 10"-P-51007-A1A1-S65
- 8"-P-51006-A1A1-S65
- 10"-P-51005-A1A1-S65

Se toma la línea 10"-P-51007-A1A1-S65 para una demostración de identificación de tubería.

El reconocimiento de las líneas se basa en la especificación PIPING LINE NUMBER LIST (Lista de números de tubería):




- 10" Este número indica que la tubería tiene un diámetro nominal de 10 pulgadas
- P-51 La línea se encuentra en la Unidad del Sistema de Almacenamiento de Asfaltos y Transferencia
- 007 Número consecutivo
- A1A1 Representa Clase de Servicio
- S Representa el tipo de aislamiento, en este caso un aislamiento térmico con vena de vapor (Heat Insulation with Steam Tracing)
- 65 Espesor en mm del aislamiento

### **2.1.2.3. Instalación de aislamiento en tuberías**

A continuación, se menciona los pasos para una correcta instalación del aislamiento según la especificación CHIYODA.

Estos pasos son cubiertos por tres grupos de trabajo:

Tabla 2.4. Dignidades y cargos de una Obra.

CARGO	DENOMINACIÓN	SIMBOLOGÍA
Subcontratista (Ejecutor)	AS/CMI	
El contratista	CHIYODA	
Dueño de la obra	CEPE	

Fuente:(Propia)

### 2.1.2.3.1. Limpieza de la superficie

Se lo realiza con la ayuda de trapos limpios o waipes, no es permitido el uso de aceite. La verificación de esta actividad se indica en un registro con la siguiente denominación REPORT FORM PT-C&P-002 ANEXO III. Los datos son de responsabilidad del contratista encargado de la ejecución de la obra.

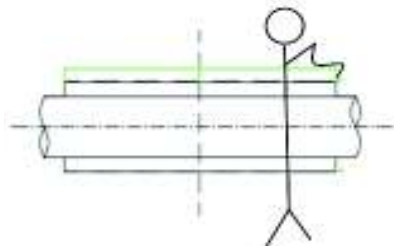


Figura 2.28. Inspección Visual  
Fuente:(Propia)

### 2.1.2.3.2. Material aislante (Perlita Expandida)

Para una correcta instalación del aislamiento hay que tomar en cuenta:

- Material: cañuelas de perlita expandida preformada y/o cubierta o chaqueta de aluminio
- Inspección del espesor del aislamiento térmico: Previo a su instalación, se deberá llevar a cabo la verificación del estado y espesor del aislamiento térmico por el inspector autorizado quien debe controlar el cumplimiento descrito en las tablas que se encuentra en PIPING LINE NUMBER LIST – CHIYODA

- Alambre y bandas sujetadoras (amarre):  
 Para una tubería de hasta 8": alambre de acero inoxidable # 18  
 Para una tubería de 10"- 60": banda (suncho) de acero inoxidable 0.5 mm x 13 mm de ancho (0.5Tx13W).  
 Para una tubería de 60" y superior: banda de acero inoxidable 0.5 mm x 19 mm de ancho (0.5Tx19W).  
 Los datos de los materiales utilizados serán reportados en el REPORT FORM PT-C&P-002. Esta actividad la realizará el subcontratista de montaje, y tanto el contratista como el dueño de la obra lo aprobarán.

### 2.1.2.3.3. Instalación de material aislante

Las cañuelas de perlita expandida tienen por lo general una longitud de 610mm (2 pies tamaño comercial) como se muestra en la Figura 2.29. y 914mm (3 pies).  
 Para tuberías menores a 2 pulg. el aislamiento en codos de 90° tiene un arreglo como se muestra en la figura 2.30. Para tuberías de 3 pulg o más, el aislamiento tiene un arreglo mitrado como se muestra en las figuras 2.31., 2.32.

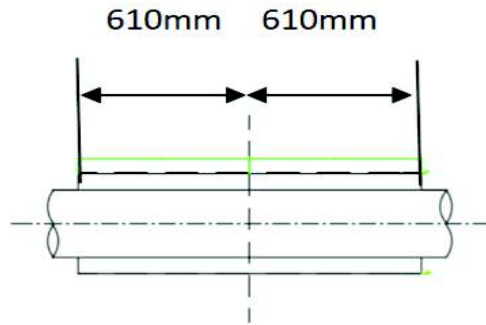


Figura 2.29. Arreglo de instalación de cañuelas de 610 mm de longitud en tubería recta  
 (Fuente: (Propia))

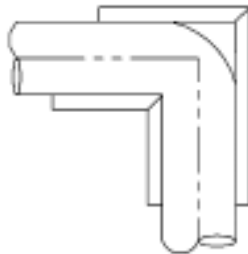


Figura 2.30. Arreglo de cañuela de aislamiento térmico en codo 90° de hasta 2"  
 Fuente:(Propia)

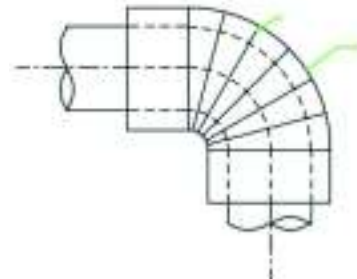


Figura 2.31. Arreglo de cañuela de aislamiento térmico en codo 90° de hasta 3" hacia arriba  
 Fuente:(Propia)



Figura 2.32. Tubería REE, arreglo mitrado.  
Fuente: (Propia)

#### 2.1.2.3.4. Amarres y bandas

En la Figura 2.33. se encuentra representado un esquema de la configuración de los amarres y bandas que se realiza sobre las cañuelas de perlita expandida. Como antes se había mencionado la longitud o tamaño comercial de la misma es de 610 mm, colocando la primera banda a 150 mm, la siguiente a 310 mm de separación y así sucesivamente hasta terminar la instalación de una línea de tubería.



Figura 2.33. Configuración de amarres y bandas.  
Fuente:(Propia)



Figura 2.34. Línea de Tubería REE  
Fuente:(Propia)

#### 2.1.2.3.5. Control de ajuste entre cañuelas

Según la especificación cuando el GAP (separación entre cañuelas) entre cada bloque de aislamiento sea relativamente grande (mayor a 3.2 mm) se rellenará con aislamiento plástico (mineral fiber suelto).

#### 2.1.2.3.6. Verificación del espesor de la chaqueta

Se procederá con el siguiente esquema de inspección:

Verificación de plancha plana de aluminio en tramos rectos de tubería. Usar 0.4 mm de espesor hasta tubería 36”.

Verificación de plancha plana de aluminio en codos de todo tamaño. Usar 0.6 mm espesor.

Registrar los datos antes verificados en el REPORT FORM PT-C&P-002. ANEXO III. Esta tarea está a cargo del subcontratista y será firmada por el representante del contratista y del contratante.

A continuación, se muestra una tubería con aislamiento térmico y la chaqueta.



Figura 2.35. Tubería con aislante térmico y chaqueta  
Fuente:( Propia)

### 2.1.2.3.7. Instalación de revestimiento contra la lluvia (chaqueta)

En la figura 2.36. se muestra un esquema de instalación de la chaqueta, para esto se deberá traslapar 50 mm, mismas que son aseguradas con el sellador y tornillos autorroscantes distanciados cada 100 mm longitudinalmente.

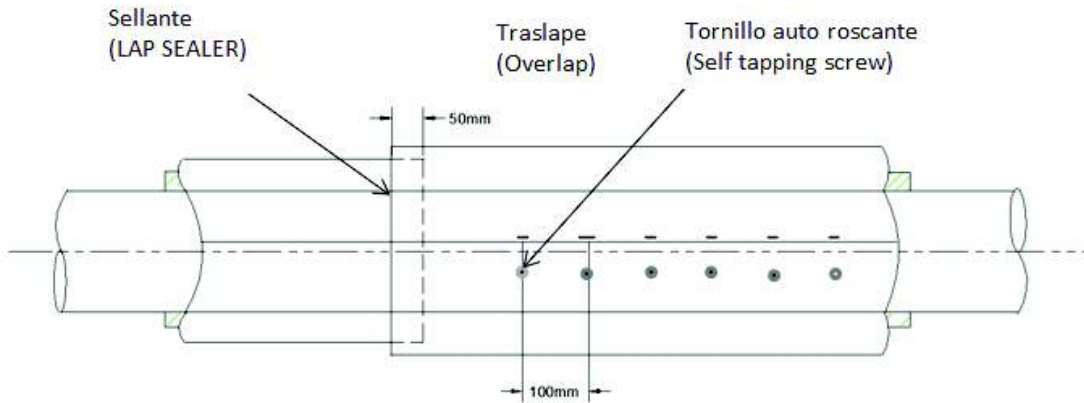


Figura 2.36. Esquema de instalación de chaqueta.  
Fuente: (Propia)

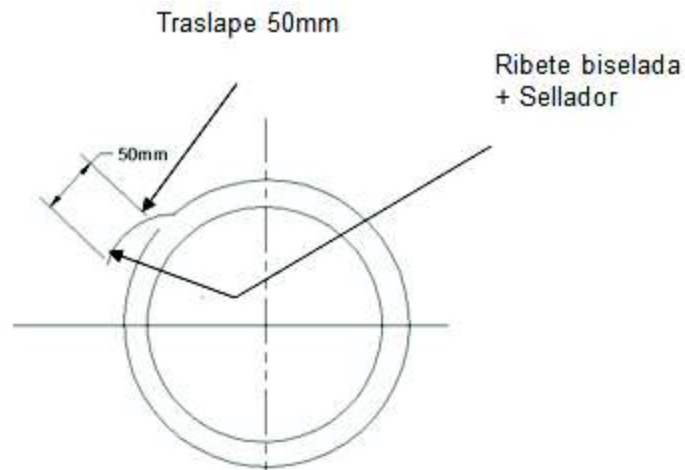


Figura 2.37. Vista frontal de la tubería.  
Fuente: (Propia)

#### **2.1.2.3.8. Verificación de chaqueta**

Para confirmar la correcta instalación de la chaqueta, hay que verificar que el aislamiento esté libre de agua de la lluvia.

#### **2.1.2.3.9. Inspección Visual Final**

Una vez realizados correctamente los pasos anteriores, se finalizará con una inspección visual final por los 3 grupos mencionados anteriormente (Sub contratista, contratista y dueño de la obra) registrando los datos de campo y firmando en el REPORT FORM PT-C&P-002 del ANEXO III.

### 2.1.2.4. Cálculo del flujo de calor a través de tuberías en base a datos de la Norma UOP 9-11-1

De manera similar, a continuación, se presenta el estudio térmico de las tuberías que forman parte del sistema de transporte de crudo. Con el cálculo del flujo de calor a través de las tuberías se verificará en términos de rendimiento, una comparación considerando en primera instancia la tubería sin aislamiento térmico y posteriormente dos tipos de aislamientos como son el silicato de calcio y perlita expandida.

Como consideraciones iniciales del cálculo, se establecen los espesores en base a lo señalado en la Norma UOP 9-11-1 y que se muestran en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Equipos y Tuberías.

Temperatura	Diámetro nominal de la tubería		Espesor del aislante	
	plg	mm	plg	mm
(70-300°F) (21-149°C)	2	50.8	1-1/2	38
	3	76.2	1-1/2	38
	4	101.6	1-1/2	38
	6	152.4	2	50.8
	8	203.2	2	50.8
	10	254	2	50.8

Fuente: (Specification)

De la información obtenida en las especificaciones proporcionadas por la empresa CHIYODA se consideran los siguientes parámetros:

- Diámetro nominal de la tubería: 10" (254mm)
- Diámetro exterior: 10.75" (273mm)
- Material de la tubería: Acero al carbón
- Espesor del aislante: 2" (50.8mm)
- Espesor de aislante comercial: 2.5" (65mm)
- Material aislante: Silicato de Calcio y Perlita Expandida
- Temperatura Ambiente: 26.7 °C (80°F)
- Temperatura de Operación: 149 °C (300°F)
- Coeficiente de convección: 18 W/m<sup>2</sup>K

El valor del coeficiente de convección utilizado para este análisis corresponde al valor promedio entre 16 W/m<sup>2</sup>K a 30 W/m<sup>2</sup>K recomendado para aire quieto (Incropera, 1999).

#### 2.1.2.4.1. Flujo de calor a través de tuberías sin aislamiento

Considerando que el fluido transportado por las tuberías debe mantener una temperatura de operación definida, se utiliza un modelo matemático de transferencia de calor estable únicamente en la dirección radial. De la información obtenida en campo, se conoce que la temperatura de operación mostrada anteriormente corresponde a la temperatura medida en la superficie exterior de la tubería, por lo tanto, el análisis de la transferencia de calor recae únicamente desde este punto hasta el aire circundante por convección.



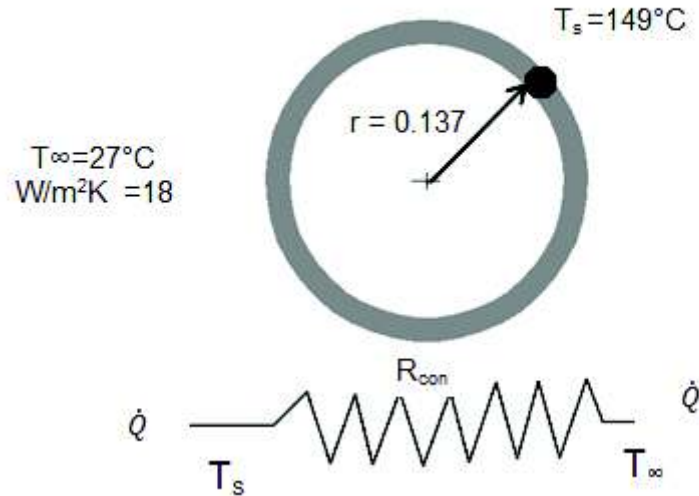


Figura 2.38. Modelo de las resistencias térmicas para la condición de sin aislamiento.  
Fuente:(Propia)

En la figura 2.38. se muestran las condiciones geométricas y de operación de la tubería en análisis. De igual manera se puede observar el sistema de las resistencias térmicas utilizado.

Usando la Ecuación 2.1. se cuantifica el flujo de calor por convección existente en este análisis bajo las consideraciones de cálculo especificadas anteriormente:

$$Q = h_c * A * (T - T_{\infty})$$

El área de transferencia de calor entre la tubería y el medio circundante corresponde al área lateral del tubo y se determina como sigue:

$$A = 2\pi * r * L$$

Dónde:

$r$ : Radio exterior de la tubería, m

$L$ : Longitud total de la tubería, m

Reemplazando en la Ecuación 2.1. y dividiendo para la longitud se tiene:

$$\dot{Q} = \frac{Q}{L} = 2\pi * r * h_c * (T - T_{\infty})$$

Dónde:

$\dot{Q}$ : Flujo de calor por unidad de longitud, W/m

Reemplazando los datos correspondientes a la tubería en análisis se obtiene lo siguiente:

$$\dot{Q} = 2\pi * 0.137m * 18 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * (149 - 27)^\circ C$$

$$\dot{Q} = 1890.31W/m$$

Por lo tanto, el flujo de calor por unidad de longitud para una tubería sin aislamiento térmico corresponde a 3766.81 W/m.

#### 2.1.2.4.2. Flujo de calor a través de tuberías con aislamiento

De forma análoga se determina el flujo de calor a través de tuberías considerando dos aislamientos con silicato de calcio y perlita expandida con propiedades térmicas propias mostradas en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Características geométricas y térmicas de los aislamientos utilizados.

Zona	Elemento	Radio Exterior M	Conductividad Térmica W/m K
1	Tubería de acero	0.1370	65.80
2	Silicato de calcio	0.2005	0.085
	Perlita expandida		0.085
3	Chapa de aluminio	0.2010	158.17

Fuente: (Propia)

La instalación del aislamiento alrededor de la tubería se puede apreciar en la Figura 2.39. la fijación de las cañuelas de aislante se lo realiza mediante un encamisado exterior con una placa de aluminio de espesor 0.5 mm. Los valores de los radios externos para cada elemento del sistema de aislamiento se muestran en la Tabla 2.6.

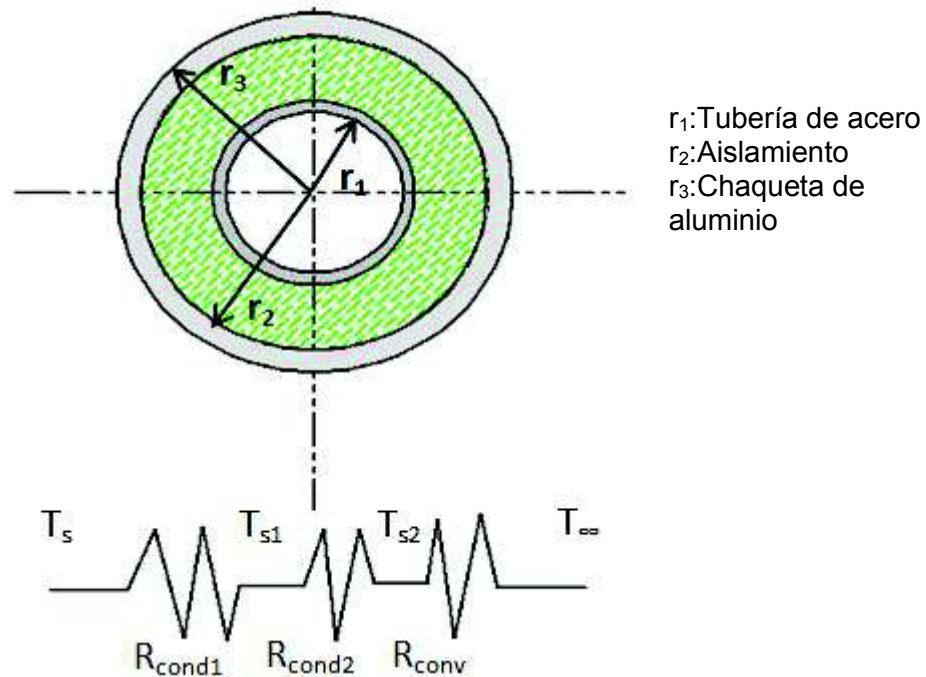


Figura 2.39. Esquema de instalación del aislamiento térmico en tuberías.

Fuente:(Propia)

En este caso se tiene que a partir de la temperatura de operación medida en la superficie exterior de la tubería, el flujo de calor se da únicamente en la dirección radial hacia el medio externo por dos mecanismos:

- Conducción a través del aislamiento térmico y la chaqueta de aluminio
- Convección desde la superficie externa de la chaqueta de aluminio hacia los alrededores.

Para el cálculo del flujo de calor por conducción y convección se utiliza un análisis por resistencias térmicas en serie, considerando un cilindro hueco con una temperatura superficial conocida (temperatura de operación de la pared externa de la tubería) y convección libre en el área exterior de la chapa de aluminio.

El modelo matemático de transferencia de calor por conducción se determina como sigue:

$$q = -kA \frac{dT}{dr}$$

Ecuación 2.8. Tasa de transferencia por conducción.  
Fuente: (Incropera, 1999)

Dónde:

$k$ : Coeficiente de conducción, W/m K

$A$ : Área normal a la dirección de la transferencia de calor, m<sup>2</sup>

$dT/dr$ : Distribución de temperaturas asociada con la conducción radial a través de una pared cilíndrica.

Del modelo descrito en la Figura 2.39. se conoce que, el flujo de calor a través de un cilindro hueco corresponde a:

$$Q = U * A * (T_s - T_\infty)$$

Ecuación 2.9. Analogía a la Ley de Newton del enfriamiento.  
Fuente: (Cengel, 2000)

Dónde:

$Q$ : Flujo total de calor hacia el exterior, W

$T$ : Temperatura de la superficie externa del tubo, °C

$T_\infty$ : Temperatura del fluido libre, °C

$U$ : Coeficiente global de transferencia de calor, W/m<sup>2</sup>K

Expresando la Ecuación 2.9. en función de las resistencias térmicas presentes en el modelo se tiene:

$$Q = \frac{A * (T_s - T_\infty)}{\sum R_t}$$

Ecuación 2.10. Para paredes planas de capas múltiples.  
Fuente: (Cengel, 2000)

$$Q = \frac{A * (T_s - T_\infty)}{R_{cond1} + R_{cond2} + R_{conv1}}$$

Ecuación 2.11. Expresión de la resistencia Total.

Fuente: (Cengel, 2000)

Formulando la ecuación 2-11 en base a sus características geométricas y propiedades térmicas se obtiene:

$$Q = \frac{A * (T_s - T_\infty)}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{k_{sc/pe}} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{k_{al}} + \frac{1}{h_c}}$$

Es importante mencionar que existirán coeficientes globales de transferencia de calor en términos de cualquier área interna o externa, para este análisis se selecciona el área externa por lo que la Ecuación 2.11. para el calor por unidad de longitud es equivalente a:

$$\dot{Q} = \frac{Q}{L} = \frac{2\pi * r_3 * (T_s - T_\infty)}{\frac{r_3 * \ln(r_2/r_1)}{k_{sc/pe}} + \frac{r_3 * \ln(r_3/r_2)}{k_{al}} + \frac{1}{h_c}}$$

Dónde:

$\dot{Q}$ : Flujo de calor por unidad de longitud, W/m

$k_{sc/pe}$ : Coeficiente de conducción del aislamiento utilizado, silicato de calcio o perlita expandida, W/m K

$k_{al}$ : Coeficiente del aluminio, W/m K

$$\dot{Q} = \frac{2\pi * 0.2010 * (149 - 27)}{\frac{0.2010 * \ln(0.2005/0.1370)}{0.085} + \frac{0.2010 * \ln(0.2010/0.2005)}{158.17} + \frac{1}{18}}$$

$$\dot{Q} = \frac{154.07}{0.9 \frac{^\circ K}{W} + 0 \frac{^\circ K}{W} + 0.055}$$

$$\dot{Q} = 154.84 \text{ W/m}$$

### 2.1.3. Análisis de Precios Unitarios APU

A continuación, se desarrolla los APU (Análisis de Precios Unitarios), mismos que se dividirán en dos procesos distintos, en tanques de asfalto y líneas de tubería.

#### 2.1.3.1. Costos del proceso de aislamiento térmico en Tanques de Asfalto

Para el presente proyecto, se va a determinar los precios tomando como unidad de cálculo el metro cuadrado, que tendrá una totalidad de 491 m<sup>2</sup> (117 m<sup>2</sup> del techo y 374 m<sup>2</sup> del cuerpo) que representa la totalidad del área a cubrir con el aislamiento térmico. El área se divide en dos partes el cuerpo lateral del tanque y el techo inclinado del mismo.

Este proyecto trabaja con 4 etapas que son las siguientes:

- Desinstalación de aislamiento térmico en tanque de asfalto y traslado de material de desecho
- Limpieza de superficie
- Inspección y reparación corrección de anclajes
- Instalación del aislamiento térmico con perlita expandida y/o silicato de calcio

Tendrá una duración de: en la primera etapa 14 días, en la segunda etapa 7 días, en la tercera etapa 7 días y por último en la etapa final 28 días, tomando en cuenta que cada día laborable es de 10 horas con un total de 56 días (8 semanas).

Debido a que es un proceso de reemplazo se ha considerado rubros de desinstalación y limpieza e inspección para posteriormente colocar el aislamiento térmico nuevo.

Cada etapa se denominará un rubro para el Análisis de Precios Unitarios APU, con un código EPN-PT-CP-XXX, (Escuela Politécnica Nacional-Proyecto de Titulación – Castro-Piarpuezán-xxx)

A continuación, se describe las tarifas correspondientes al salario mensual del personal que se necesita para este proyecto.

Tabla 2.7. Precio de salarios.

Precio	Mensual (30 días - 300 horas)
Supervisor	\$ 3.600.00
Inspector END VT nivel II	\$ 3.000.00
Técnico	\$ 3.000.00
Ayudantes	\$ 1.182.00
Soldador ASME	\$ 1.640.00
Mecánico de montaje	\$ 1.200.00

Fuente: (Propia)

### 2.1.3.1.1. Desmontaje de aislamiento térmico en tanque de Asfalto y traslado de material de desecho

Tabla 2.8. Desinstalación de aislamiento térmico en tanques de asfalto y traslado de material de desecho.

Código:	EPN-PT-CP 001	Hor/día	10			
Unidades :	m <sup>2</sup>	Días	14			
Rendimiento:	3.51	Horas totales:	140	Área [m <sup>2</sup> ]	491	
Rubro	<b>DESINSTALACIÓN DE AISLAMIENTO TÉRMICO EN TANQUE DE ASFALTO Y TRASLADO DE MATERIAL DE DESECHO</b>					
<b>1.EQUIPOS</b>						
Especificación	Cantidad	Tarifa/hora	Costo	Rendimiento	Costo Total	Porcentaje
	A	B	C=A*B	R(m <sup>2</sup> /h)	D=C/R	%
Herramienta menor	5	\$ 0.50	\$ 2.50	3.51	\$ 0.71	2.54
Andamio	161	\$ 0.06	\$ 9.18	3.51	\$ 2.62	9.34
Volqueta	1	\$ 10.00	\$ 10.00	3.51	\$ 2.85	10.17
<b>Subtotal 1</b>					<b>\$ 6.18</b>	<b>22.06</b>
<b>2.MANO DE OBRA</b>						
Especificación	Cantidad	Journal/hora	Costo	Rendimiento	Costo Total	Porcentaje
	A	B	C=A*B	R(m <sup>2</sup> /h)	D=C/R	%
Supervisor	1	\$ 13.00	\$ 13.00	3.51	\$ 3.71	13.23
Especialista Técnico	1	\$ 11.00	\$ 11.00	3.51	\$ 3.14	11.20
Ayudante	10	\$ 4.94	\$ 49.40	3.51	\$ 14.09	50.29
<b>Subtotal 2</b>					<b>\$ 20.93</b>	<b>74.72</b>
<b>3.MATERIALES</b>						
Especificación	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Porcentaje	
		A	B	C=A*B	%	
Alambre de amarre	kg	0.3	\$ 2.90	\$ 0.87	3.11	
Cuerda trenzada	m	0.05	\$ 0.65	\$ 0.03	0.97	
<b>Subtotal 3</b>				<b>\$ 0.90</b>	<b>3.22</b>	
<b>4.TRANSPORTE</b>						
Especificación	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo Total	Porcentaje	
		A	B	C=A*B	%	
<b>Subtotal 4</b>				<b>\$ 0.00</b>	<b>0.00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 28.01</b>	<b>100.00</b>
COSTO INDIRECTO (12 %)					\$ 3.36	
UTILIDADES (12 %)					\$ 3.36	
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>					<b>\$ 34.73</b>	

Fuente: (Propia)

### 2.1.3.1.2. Limpieza de la superficie en tanques

Tabla 2.9. Limpieza de superficie.

Código:	EPN-PT-CP 002		Hor/dia	10		
Unidades :	m <sup>2</sup>		Días	7		
Rendimiento:	7.01	Horas totales:	70	Área [m <sup>2</sup> ]	491	
Rubro	<b>LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE</b>					
<b>1.EQUIPOS</b>						
Especificación	Cantidad	Tarifa/hora	Costo	Rendimiento	Costo Total	Porcentaje
	A	B	C=A*B	R(m <sup>2</sup> /h)	D=C/R	%
Herramienta menor	5	\$ 0.50	\$ 2.50	7.01	\$ 0.36	2.87
<b>Subtotal 1</b>					<b>\$ 0.36</b>	<b>2.87</b>
<b>2.MANO DE OBRA</b>						
Especificación	Cantidad	Journal/hora	Costo	Rendimiento	Costo Total	Porcentaje
	A	B	C=A*B	R(m <sup>2</sup> /h)	D=C/R	%
Supervisor	1	\$ 12.00	\$ 12.00	7.01	\$ 1.71	13.80
Especialista Técnico	1	\$ 10.00	\$ 10.00	7.01	\$ 1.43	11.50
Ayudante	10	\$ 2.80	\$ 28.00	7.01	\$ 3.99	32.19
<b>Subtotal 2</b>					<b>\$ 7.13</b>	<b>57.48</b>
<b>3.MATERIALES</b>						
Especificación	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Porcentaje	
		A	B	C=A*B	%	
Grata circular	U	0.07	\$ 12.00	\$ 0.84	6.77	
Guaípe	U	1	\$ 0.10	\$ 0.10	0.81	
Thiner	gal	0.24	\$ 15.12	\$ 3.63	29.25	
Paño de limpieza	U	1	\$ 0.10	\$ 0.10	0.81	
Cepillo metálico	U	0.1	\$ 2.50	\$ 0.25	2.01	
<b>Subtotal 3</b>					<b>\$ 4.92</b>	<b>39.64</b>
<b>4.TRANSPORTE</b>						
Especificación	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo Total	Porcentaje	
		A	B	C=A*B	%	
<b>Subtotal 4</b>					<b>\$ 0.00</b>	<b>0.00</b>
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 12.41	100.00
COSTO INDIRECTO (12 %)					\$ 1.49	
UTILIDADES (12 %)					\$ 1.49	
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>					<b>\$ 15.39</b>	

Fuente: (Propia)

### 2.1.3.1.3. Inspección y reparación de anclajes

Tabla 2.10. Inspección y reparación de anclajes.

Código:	EPN-PT-CP 003		Hor/día	10		
Unidades :	m <sup>2</sup>		Días	7		
Rendimiento:	7.01		Horas totales:	70	Área [m <sup>2</sup> ]	491
Rubro	<b>INSPECCIÓN Y REPARACIÓN DE ANCLAJES</b>					
<b>1.EQUIPOS</b>						
Especificación	Cantidad	Tarifa/hora	Costo	Rendimiento	Costo Total	Porcentaje
	A	B	C=A*B	R(m <sup>2</sup> /h)	D=C/R	%
Herramienta menor	5	\$ 0.50	\$ 2.50	7.01	\$ 0.36	3.63
Soldadora 3000 A	1	\$ 2.50	\$ 2.50	7.01	\$ 0.36	3.63
Generador	1	\$ 5.00	\$ 5.00	7.01	\$ 0.71	7.26
<b>Subtotal 1</b>					<b>\$ 1.43</b>	<b>14.53</b>
<b>2.MANO DE OBRA</b>						
Especificación	Cantidad	Journal/hora	Costo	Rendimiento	Costo Total	Porcentaje
	A	B	C=A*B	R(m <sup>2</sup> /h)	D=C/R	%
Supervisor	1	\$ 12.00	\$ 12.00	7.01	\$ 1.71	17.43
Especialista Técnico	1	\$ 10.00	\$ 10.00	7.01	\$ 1.43	14.53
Soldador ASME	1	\$ 5.47	\$ 5.47	7.01	\$ 0.78	7.95
Mecánico de montaje	1	\$ 4.00	\$ 4.00	7.01	\$ 0.57	5.81
Ayudante de mecánico	4	\$ 2.80	\$ 11.20	7.01	\$ 1.60	16.27
Inspector END VT Nivel II	1	\$ 10.00	\$ 10.00	7.01	\$ 1.43	14.53
<b>Subtotal 2</b>					<b>\$ 7.51</b>	<b>76.52</b>
<b>3.MATERIALES</b>						
Especificación	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Porcentaje	
		A	B	C=A*B	%	
Angulos de soporte de acero A36 65*65*6, long=6m.	U	0.013	\$ 57.36	\$ 0.75	7.60	
Electrodos SMAW E309	kg	0.01	\$ 9.00	\$ 0.09	0.92	
Perno de anclaje acero inoxidable M10X75	U	0.05	\$ 0.86	\$ 0.04	0.44	
<b>Subtotal 3</b>					<b>\$ 0.88</b>	<b>8.95</b>
<b>4.TRANSPORTE</b>						
Especificación	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo Total	Porcentaje	
		A	B	C=A*B	%	
<b>Subtotal 4</b>					<b>\$ 0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 9.81</b>	<b>100.00</b>
<b>COSTO INDIRECTO (12 %)</b>					<b>\$ 1.18</b>	
<b>UTILIDADES (12 %)</b>					<b>\$ 1.18</b>	
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>					<b>\$ 12.17</b>	

Fuente: (Propia)



### 2.1.3.1.4. Instalación de aislamiento térmico con celular glass, mineral fiber, perlita expandida

Tabla 2.11. Instalación de aislamiento térmico con perlita expandida.

Código:	EPN-PT-CP 004	Hor/día	10			
Unidades :	m <sup>2</sup>	Días	28			
Rendimiento:	1.75	Horas totales:	280	Área [m <sup>2</sup> ]	491	
Rubro	<b>INSTALACIÓN DE AISLANTE TÉRMICO CON PERLITA EXPANDIDA</b>					
<b>1.EQUIPOS</b>						
Especificación	Cantidad	Tarifa/hora	Costo	Rendimiento	Costo Total	Porcentaje
	A	B	C=A*B	R(m <sup>2</sup> /h)	D=C/R	%
Herramienta menor	4	\$ 0.50	\$ 2.00	1.75	\$ 1.14	0.90
Montacarga	1	\$ 8.00	\$ 8.00	1.75	\$ 4.56	3.62
<b>Subtotal 1</b>					<b>\$ 5.70</b>	4.52
<b>2.MANO DE OBRA</b>						
Especificación	Cantidad	Journal/hora	Costo	Rendimiento	Costo Total	Porcentaje
	A	B	C=A*B	R(m <sup>2</sup> /h)	D=C/R	%
Supervisor	1	\$ 12.00	\$ 12.00	1.75	\$ 6.84	5.43
Especialista Técnico	1	\$ 10.00	\$ 10.00	1.75	\$ 5.70	4.52
Instalador	1	\$ 5.00	\$ 5.00	1.75	\$ 2.85	2.26
Ayudante	10	\$ 2.80	\$ 28.00	1.75	\$ 15.97	12.66
<b>Subtotal 2</b>					<b>\$ 31.36</b>	24.86
<b>3.MATERIALES</b>						
Especificación	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Porcentaje	
		A	B	C=A*B	%	
Plancha de celular glass 450x600x65	U	0.130	\$ 39.28	\$ 5.12	4.06	
Plancha de mineral fiber 900x300x65	U	2.688	\$ 14.73	\$ 39.60	31.39	
Plancha de perlita expandida 900x300x75	U	0.855	\$ 37.11	\$ 31.74	25.17	
Tornillos autoroscantes 1/4"x1/2", por 200 unid.	U	0.002	\$ 19.64	\$ 0.04	0.03	
Tuerca + arandela de acero inoxidable, paquete x24	U	0.002	\$ 4.91	\$ 0.01	0.01	
Chaqueta de aluminio liso 2x1mx7mm	U	0.974	\$ 11.29	\$ 10.99	8.72	
Sunchos x430m	m	0.880	\$ 1.78	\$ 1.57	1.24	
<b>Subtotal 3</b>				<b>\$ 89.07</b>	70.61	
<b>4.TRANSPORTE</b>						
Especificación	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo Total	Porcentaje	
		A	B	C=A*B	%	
<b>Subtotal 4</b>				<b>\$ 0.00</b>	0.00	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>\$ 126.14</b>	<b>100.00</b>	
<b>COSTO INDIRECTO (12 %)</b>				<b>\$ 15.14</b>		
<b>UTILIDADES (12 %)</b>				<b>\$ 15.14</b>		
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>				<b>\$ 156.42</b>		

Fuente: (Propia)

### 2.1.3.1.5. Instalación de aislamiento térmico con celular glass, mineral fiber, silicato de calcio

Tabla 2.12. Instalación de aislamiento térmico con silicato de calcio.

Código:	EPN-PT-CP 004	Hor/día	10			
Unidades :	m <sup>2</sup>	Días	28			
Rendimiento:	1.75	Horas totales:	280	Área [m <sup>2</sup> ]	491	
Rubro	<b>INSTALACIÓN DE AISLANTE TÉRMICO CON SILICATO DE CALCIO</b>					
<b>1.EQUIPOS</b>						
Especificación	Cantidad	Tarifa/hora	Costo	Rendimiento	Costo Total	Porcentaje
	A	B	C=A*B	R(m <sup>2</sup> /h)	D=C/R	%
Herramienta menor	4	\$ 0.50	\$ 2.00	1.75	\$ 1.14	0.80
Montacarga	1	\$ 8.00	\$ 8.00	1.75	\$ 4.56	3.20
<b>Subtotal 1</b>					<b>\$ 5.70</b>	<b>4.00</b>
<b>2.MANO DE OBRA</b>						
Especificación	Cantidad	Journal/hora	Costo	Rendimiento	Costo Total	Porcentaje
	A	B	C=A*B	R(m <sup>2</sup> /h)	D=C/R	%
Supervisor	1	\$ 12.00	\$ 12.00	1.75	\$ 6.84	4.80
Especialista Técnico	1	\$ 10.00	\$ 10.00	1.75	\$ 5.70	4.00
Instalador	1	\$ 5.00	\$ 5.00	1.75	\$ 2.85	2.00
Ayudante	10	\$ 2.80	\$ 28.00	1.75	\$ 15.97	11.21
<b>Subtotal 2</b>					<b>\$ 31.36</b>	<b>22.02</b>
<b>3.MATERIALES</b>						
Especificación	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Porcentaje	
		A	B	C=A*B	%	
Plancha de celular glass 450x600x65	U	0.130	\$ 39.28	\$ 5.12	3.59	
Plancha de mineral fiber 900x300x65	U	2.688	\$ 14.73	\$ 39.60	27.80	
Plancha de silicato de calcio 900x300x76	U	0.855	\$ 56.19	\$ 48.06	33.74	
Tornillos autoroscantes 1/4"x1/2", por 200 unid.	U	0.002	\$ 19.64	\$ 0.04	0.03	
Tuerca + arandela de acero inoxidable, paquete x24	U	0.002	\$ 4.91	\$ 0.01	0.01	
Chaqueta de aluminio liso 2x1mx7mm	U	0.974	\$ 11.29	\$ 10.99	7.72	
Sunchos x430m	m	0.880	\$ 1.78	\$ 1.57	1.10	
<b>Subtotal 3</b>				<b>\$ 105.40</b>	<b>73.98</b>	
<b>4.TRANSPORTE</b>						
Especificación	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo Total	Porcentaje	
		A	B	C=A*B	%	
<b>Subtotal 4</b>				<b>\$ 0.00</b>	<b>0.00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>\$ 142.46</b>	<b>100.00</b>	
<b>COSTO INDIRECTO (12 %)</b>				<b>\$ 17.10</b>		
<b>UTILIDADES (12 %)</b>				<b>\$ 17.10</b>		
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>				<b>\$ 176.65</b>		

Fuente: (Propia)

### 2.1.3.2. Costos del proceso de aislamiento térmico en tubería

Para el análisis de precios unitarios entre el aislamiento perlita expandida y silicato de calcio, se analiza un proyecto denominado “Línea de suministro de Fuel oil de diámetro de 10”, desde la REE hasta la Central Térmica de Esmeraldas con 2000 m de longitud.

Este proyecto trabaja con 3 etapas que son las siguientes:

- Desmontaje del aislamiento térmico de silicato de calcio.
- Limpieza de las tuberías y Traslado de desecho
- Instalación del aislamiento térmico con perlita expandida o aislamiento térmico con silicato de calcio.

La duración de este proyecto será 20 días para el rubro de desmontaje de aislamiento térmico, 10 días para el rubro de limpieza de tuberías y finalmente 30 días para la etapa de instalación de aislamiento térmico con un total de 60 días (2 meses)

Cada etapa se denominará un rubro para el Análisis de Precios Unitarios APUs, con un código EPN-PT-CP-XXX, (Escuela Politécnica Nacional-Proyecto de Titulación – Castro-Piarpuezán-xxx)

En la Tabla 2.13. se describe las tarifas correspondientes al salario mensual del personal que se necesita para este proyecto.

Tabla 2.13. Precio de sueldos.

<b>Precio</b>	<b>Mensual (30días - 300 horas)</b>
Supervisor	\$3.600.00
Técnico	\$3.000.00
Ayudantes	\$1.182.00

Fuente:(Propia)

## 2.1.3.2.1. Desmontaje del aislamiento térmico de silicato de calcio

Tabla 2.14. Desmontaje del aislamiento térmico silicato de calcio.

Código:	EPN-PT-CP 006	Horas/día: 10				
Unidades :	m	Días =20				
Rendimiento:	10m/h	Total Horas=200	Cantidad Total :2000m			
<b>Rubro</b>	<b>Desmontaje del aislamiento térmico con silicato de calcio</b>					
<b>1.EQUIPOS</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>R</b>	<b>D=C/R</b>	<b>%</b>
Herramienta menor	4	\$0.500	\$2.00	10	\$0.20	4.37
						0.00
						0.00
<b>Subtotal 1</b>					<b>\$0.20</b>	<b>4.37</b>
<b>2.MANO DE OBRA</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa /hora</b>	<b>Costo (hora)</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>R</b>	<b>D=C/R</b>	<b>%</b>
Supervisor	1	\$13.00	\$13.00	10	\$1.30	28.41
Especialista Técnico	1	\$11.00	\$11.00	10	\$1.10	24.04
Ayudantes de mecánica	4	\$4.94	\$19.76	10	\$1.98	43.18
<b>Subtotal 2</b>					<b>\$4.38</b>	<b>95.63</b>
<b>3.MATERIALES</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>%</b>	
<b>Subtotal 4</b>				<b>\$0.00</b>		
<b>4. TRANSPORTE</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa /hora</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>%</b>	
<b>Subtotal 4</b>				<b>\$0.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$4.58</b>	<b>100.00</b>
<b>COSTO INDIRECTO (12%)</b>					<b>\$0.55</b>	
<b>UTILIDADES (12%)</b>					<b>\$0.55</b>	
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>					<b>\$5.67</b>	

Fuente: (Propia)

## 2.1.3.2.2. Limpieza de las tuberías y Traslado de desecho

Tabla 2.15. Limpieza de las tuberías y Traslado de desecho.

Código:	EPN-PT-CP 007	Horas: 10				
Unidades :	m	Días =10				
Rendimiento:	20m/h	Total Horas=100	Cantidad Total:2000m			
<b>Rubro</b>	<b>Limpieza de las tuberías y Traslado de desecho</b>					
<b>1.EQUIPOS</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>R</b>	<b>D=C/R</b>	<b>%</b>
Herramienta menor	4	\$0.50	\$2.00	20	\$0.10	3.72
Amoladora	1	\$0.94	\$0.94	20	\$0.05	1.75
Compresor de aire 185 CFM sullair 80-150PSI	1	\$1.13	\$1.13	20	\$0.06	2.09
Generador Portátil	1	\$3.57	\$3.57	20	\$0.18	6.65
<b>Subtotal1</b>					<b>\$0.38</b>	<b>14.21</b>
<b>2.MANO DE OBRA</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa /hora</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>R</b>	<b>D=C/R</b>	<b>%</b>
Supervisor	1	11.5	11.5	20	\$0.58	21.41
Especialista Técnico	1	\$10.00	\$10.00	20	\$0.50	18.62
Ayudantes de mecánica	4	\$3.94	\$15.76	20	\$0.79	29.35
						0.00
<b>Subtotal 2</b>					<b>\$1.86</b>	<b>69.38</b>
<b>3.MATERIALES</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>%</b>	
Grata	0.3	U	\$0.08	\$0.023	0.84	
Guaípe	0.5	U	\$0.05	\$0.025	0.93	
Thiner	1	Canecas (5galones)	\$0.04	\$0.04	1.30	
Trapo	0.5	U	\$0.05	\$0.03	0.93	
<b>Subtotal 3</b>				<b>\$0.11</b>	<b>4.00</b>	
<b>4.TRASPORTE</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>	
	<b>A</b>	<b>U</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>%</b>	
Camioneta	1	1	\$0.33	\$0.33	12.40	
					0.00	
					0.00	
<b>Subtotal 4</b>				<b>\$0.33</b>	<b>12.40</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$2.69</b>	<b>100.00</b>
<b>COSTO INDIRECTO (12%)</b>					<b>\$0.32</b>	
<b>UTILIDADES 12%</b>					<b>\$0.32</b>	
<b>COSTO TOTAL UNITARIO</b>					<b>\$3.01</b>	

Fuente: (Propia)

### 2.1.3.2.3. Instalación del aislamiento térmico perlita expandida

Tabla 2.16. Instalación del aislamiento perlita expandida.

Código:	EPN-PT-CP 008	Horas: 10				
Unidades :	m	Dias =30				
Rendimiento:	6.6	Total Horas=300		Cantidad Total :2000m		
<b>Rubro</b>	<b>Instalacion del ailamiento PERLITA EXPANDIDA</b>					
<b>1.EQUIPOS</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>R</b>	<b>D=C/R</b>	<b>%</b>
Herramienta menor	6	0.5	3	6.6	\$0.45	0.36
Camioneta	1	10	10	6.6	\$1.52	1.22
<b>Subtotal 1</b>					<b>\$1.97</b>	<b>1.58</b>
<b>2.MANO DE OBRA</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>R</b>	<b>D=C/R</b>	<b>%</b>
Supervisor	1	12	12	6.6	\$1.82	1.46
Especialista Técnico	1	10	10	6.6	\$1.52	1.22
Ayudantes	6	3.94	23.64	6.6	\$3.58	2.87
						0.00
<b>Subtotal 2</b>					<b>\$6.92</b>	<b>5.55</b>
<b>3.MATERIALES</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>%</b>	
Cañuelas de Perlita Expandida	m	1.1	80	\$88.00	70.58	
Sunchos	m	4.55	1.78	\$8.10	6.50	
Lamina de aluminio	m2	1.014	10.2	\$10.34	8.30	
Tornillo Autorroscante	U	10.4	0.9	\$9.36	7.51	
						0.00
<b>Subtotal 3</b>				<b>\$115.80</b>	<b>92.87</b>	
<b>TRANSPORTE</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>%</b>	
<b>Subtotal 4</b>				<b>\$0.00</b>	<b>0.00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$124.69</b>	<b>100.00</b>
<b>COSTO INDIRECTO (12%)</b>					<b>\$14.96</b>	
<b>UTILIDADES 12%</b>					<b>\$14.96</b>	
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>					<b>\$154.61</b>	

Fuente: (Propia)

### 2.1.3.2.4. Instalación del aislamiento térmico silicato de calcio

Tabla 2.17. Instalación del aislamiento silicato de calcio.

Código:	EPN-PT-CP 009	Horas: 10				
Unidades :	m	Dias =20				
Rendimiento:	6.6 m/h	Total Horas=300		Cantidad Total:2000m		
<b>Rubro</b>	<b>Instalacion del ailamiento SILICATO DE CALCIO</b>					
<b>1.EQUIPOS</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>R</b>	<b>D=C/R</b>	<b>%</b>
Herramienta menor	6	0.5	3	6.6	\$0.45	0.34
Camioneta	1	10	10	6.6	\$1.52	1.14
						0.00
						0.00
<b>Subtotal 1</b>					<b>\$1.97</b>	<b>1.48</b>
<b>2.MANO DE OBRA</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>R</b>	<b>D=C/R</b>	<b>%</b>
Supervisor	1	12	12	6.6	\$1.82	1.36
Especialista Técnico	1	10	10	6.6	\$1.52	1.14
Ayudantes	6	3.94	23.64	6.6	\$3.58	2.68
						0.00
<b>Subtotal 2</b>					<b>\$6.92</b>	<b>5.18</b>
<b>3.MATERIALES</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>%</b>	
Cañuelas de SILICATO	m	1.1	88	\$96.80	72.52	
Sunchos	m	4.55	1.78	\$8.10	6.07	
Lamina de aluminio	m2	1.014	10.2	\$10.34	7.75	
Tornillo Autorroscante	U	10.4	0.9	\$9.36	7.01	
<b>Subtotal 3</b>				<b>\$124.60</b>	<b>93.34</b>	
<b>4. TRASPORTE</b>						
<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Porcentaje</b>	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>%</b>	
<b>Subtotal 4</b>				<b>\$0.00</b>	<b>0.00</b>	
TOTAL COSTO DIRECTO				\$133.49	100.00	
COSTO INDIRECTO (12%)				\$16.02		
UTILIDADES 10%				\$13.35		
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>				<b>\$162.85</b>		

Fuente: (Propia)

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1. Rendimiento del aislamiento en tanque de asfalto

En la Tabla 3.1. se muestra, la velocidad de transferencia de calor para cuerpo y techo del tanque, con y sin aislamiento térmico es:

Tabla 3.1. Comparación de velocidad de transferencia de calor, con y sin aislamiento térmico.

		VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA DE CALOR		
CUERPO	SIN AISLAMIENTO	SISTEMA: VIDRIO CELULAR + FIBRA MINERAL + CHAQUETA DE ALUMINIO	SISTEMA: VIDRIO CELULAR + PERLITA EXPANDIDA + CHAQUETA DE ALUMINIO	
	$\dot{Q}_{c1} = 821.24 \text{ kW}$	$\dot{Q}_{sis1} = 77.65 \text{ kW}$	$\dot{Q}_{sis2} = 55.71 \text{ kW}$	
TECHO	SIN AISLAMIENTO	SISTEMA: SILICATO DE CALCIO + CHAQUETA DE ALUMINIO	SISTEMA: PERLITA EXPANDIDA + CHAQUETA DE ALUMINIO	
	$\dot{Q}_{t1} = 256.89 \text{ kW}$	$\dot{Q}_{t21} = 22.17 \text{ kW}$	$\dot{Q}_{t22} = 22.17 \text{ kW}$	

Fuente: (Propia)

##### 3.1.2. Rendimiento del aislamiento en tuberías

En la Tabla 3.2. se observa el flujo de calor con aislamiento y sin aislamiento térmico en tuberías es:

Tabla 3.2. Flujo de calor con aislamiento térmico y sin aislamiento.

FLUJO DE CALOR		
Tubería	Sin aislamiento	$\dot{Q} = 1890.31 \text{ W/m}$
	Con asilamineto perlita expandida	$\dot{Q} = 154.84 \text{ W/m}$
	Con asilamineto silicato de calcio	$\dot{Q} = 154.84 \text{ W/m}$

Fuente: (Propia)

##### 3.1.3. Análisis de costos

Como resultado del desarrollo de los precios unitarios a continuación se muestran cuadros comparativos de costo de instalación entre los aislamientos térmicos en estudio.

##### 3.1.3.1. Resultados comparativos de costos en tanques de asfalto

En la Tabla 3.3. se muestra el costo total del proyecto con utilización de perlita expandida.



Tabla 3.3. Resultados de costos con aislamiento de perlita expandida.

RUBROS	UNIDADES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
DESINSTALACIÓN AISLAMIENTO TÉRMICO EN TANQUE DE ASFALTO Y TRASLADO DE MATERIAL DE DESECHO	m <sup>2</sup>	491	\$ 34.73	\$ 17,053.43
LIMPIEZA DE SUPERFICIE	m <sup>2</sup>	491	\$ 15.39	\$ 7,554.55
INSPECCIÓN Y REPARACIÓN DE ANCLAJES	m <sup>2</sup>	491	\$ 12.17	\$ 5,974.73
INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO TÉRMICO CON PERLITA EXPANDIDA	m <sup>2</sup>	491	\$ 156.42	\$ 76,799.93
SUMA TOTAL				\$ 107,382.64

Fuente: (Propia)

En la Tabla 3.4. se muestra el costo total del proyecto con utilización de silicato de calcio.

Tabla 3.4. Resultado de costos con aislamiento de silicato de calcio

RUBROS	UNIDADES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
DESINSTALACIÓN AISLAMIENTO TÉRMICO EN TANQUE DE ASFALTO Y TRASLADO DE MATERIAL DE DESECHO	m <sup>2</sup>	491	\$ 34.73	\$ 17,053.43
LIMPIEZA DE SUPERFICIE	m <sup>2</sup>	491	\$ 15.39	\$ 7,554.55
INSPECCIÓN Y REPARACIÓN DE ANCLAJES	m <sup>2</sup>	491	\$ 12.17	\$ 5,974.73
INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO TÉRMICO CON SILICATO DE CALCIO	m <sup>2</sup>	491	\$ 176.65	\$ 86,736.81
SUMA TOTAL				\$ 117,319.53

Fuente: (Propia)

### 3.1.3.2. Resultados comparativos de costos en tuberías

En la Tabla 3.5. se muestra el costo total del proyecto con utilización de perlita expandida.

Tabla 3.5. Resultado de costos con perlita expandida.

RUBROS	UNIDADES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
DESMONTAJE DEL AISLAMIENTO TÉRMICO	m	2000	\$ 5.67	\$ 11,340.00
LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE DE LA TUBERÍA	m	2000	\$ 3.01	\$ 6,020.00
INSTALACIÓN DEL AISLAMIENTO DE PERLITA EXPANDIDA	m	2000	\$ 154.61	\$ 309,220.00
SUMA TOTAL				\$ 326,580.00

Fuente: (Propia)

En la Tabla 3.6. se muestra el costo total del proyecto con utilización de silicato de calcio

Tabla 3.6. Resultado de costos con silicato de calcio.

RUBROS	UNIDADES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
DESMONTAJE DEL AISLAMIENTO TÉRMICO	m	2000	\$ 5.67	\$ 11,340.00
LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE DE LA TUBERÍA	m	2000	\$ 3.01	\$ 6,020.00
INSTALACIÓN DEL AISLAMIENTO DE SILICATO DE CALCIO	m	2000	\$ 162.85	\$ 325,700.00
SUMA TOTAL				\$ 343,060.00

Fuente: (Propia)

## **3.2. Discusiones**

### **3.2.1. Comparación de velocidad de transferencia de calor en la superficie de tanque de asfalto con y sin aislamiento**

#### **3.2.1.1. Comparación de velocidad de transferencia de calor en el cuerpo**

Como se observa en la Tabla 3.1. la velocidad de transferencia de calor en el cuerpo del tanque sin aislamiento es mayor que, si este se encuentra con aislamiento.

El sistema de aislamiento térmico en el cuerpo compuesto por vidrio celular, fibra mineral paralelamente y cubiertas de chaqueta de aluminio, representa un 90.54 % menos de la velocidad de transferencia de calor en comparación a la superficie sin aislamiento.

El sistema de aislamiento térmico en el cuerpo compuesto por vidrio celular y perlita expandida paralelamente y cubiertas de chaqueta de aluminio, representa un 93.22% menos de la velocidad de transferencia de calor en comparación a la superficie sin aislamiento.

Entre los dos sistemas de aislamiento térmico mencionado anteriormente se tiene una diferencia de 22 kW aproximadamente, siendo el que tiene menor velocidad de transferencia de calor, el sistema con el componente de perlita expandida.

#### **3.2.1.2. Comparación de velocidad de transferencia de calor en el techo**

Una vez realizado los cálculos de velocidad de transferencia de calor en el techo del tanque sin aislamiento se tiene un 91.36 % más que el sistema aislado, tanto con silicato de calcio y perlita expandida, que tienen la misma velocidad de transferencia de calor.

### **3.2.2. Comparación de flujo de calor en la superficie de tuberías de asfalto con y sin aislamiento**

Como se observa en la Tabla 3.2. el flujo de calor en la superficie de la tubería sin aislamiento es 91.8 % más que la superficie con aislamiento de perlita expandida y/o silicato de calcio, recalando que el coeficiente de conductividad térmica de estos dos aislamientos es aproximadamente igual, evidenciando diferencias casi nulas en el flujo de calor.

### 3.2.3. Comparación entre el aislamiento con perlita expandida o silicato de calcio

Tabla 3.7. Comparación entre el aislamiento con perlita expandida y silicato de calcio

<b>Propiedades</b>	<b>Perlita Expandida</b>	<b>Silicato de Calcio</b>	<b>Ventajas</b>
Absorción de agua	Nula absorción de agua, sin las propiedades físicas	Silicato de Calcio absorbe más del 88 % de agua, alterando las propiedades físicas	La perlita expandida puede ser instalada a la intemperie en días de lluvia
Corrosión en aceros al carbono	El ph de la perlita expandida de aproximadamente 10 inhibe la corrosión	El menor ph del Silicato de Calcio, aumenta la velocidad de corrosión.	La perlita expandida al tener mayor ph, traducido en una menor acides da la ventaja que en instalaciones como tuberías no provoque corrosión
Densidad Aparente	Al tener menor densidad aparente es mejor el comportamiento de conductividad	Los valores mayores de densidad aparente reflejan el aumento de conductividad térmica	La densidad aparente en relación con la temperatura influye en el aumento de la conductividad térmica, sobre todo en el silicato de calcio
Incombustibilidad	Cero llama, cero humos, cero olores	Cero llama, cero humos, cero olores	Perlita expandida es capaz de soportar altas temperaturas, protegiendo a los equipos en situaciones de incendios.
Duración en el tiempo	Vida útil de 10 años	Vida útil de 4-5 años	La perlita expandida es un compuesto que no se ve afectado por la humedad, ya que no absorbe agua como otros aislamientos
Absorción de hidrocarburos	Absorbe < 50 %	Absorbe > 80 %	Frente a siniestros suscitados la perlita expandida absorbe menos hidrocarburos protegiendo a los equipos

Fuente: (Propia)

### 3.2.4. Costos perlita expandida VS silicato de calcio

Según la tabla 3.3. y 3.4. en el rubro de instalación se observa una diferencia de 10% siendo el silicato de calcio el aislamiento más costoso en comparación a la perlita expandida.

De igual manera en las tablas 3.5. y 3.6. en los rubros de instalación de aislamiento tiene una diferencia del 10%.

En lo que corresponden a los valores totales de los proyectos con el uso de perlita expandida y silicato de calcio, tanto en tanques como tuberías hay una diferencia aproximadamente del 6% al 7 %.

### **3.2.5. Gestión de desechos de aislamiento térmico**

Durante el proceso de desinstalación de aislamiento térmico se generan una serie de desechos de aislamiento térmico utilizado como: silicato de calcio, fibra mineral y celular glass, que corresponden a material inorgánico. Además de la chaqueta de aluminio que va a ser reemplazada, debido a la finalización de su vida útil.

El tratamiento de desechos de aislamientos térmicos se debe realizar de acuerdo con la normativa local y los gestores ambientales autorizados para su manejo. El proceso inicia con el aprovechamiento del aislamiento térmico como reciclaje, y posterior uso en diversos procesos industriales como relleno para productos farmacéuticos orales, como antiácido, fertilizante agrícola y principalmente como aglomerante (Calcio, 1995).

Posteriormente el material que ha sufrido cambios en sus propiedades físicas y químicas mantiene el siguiente proceso (ExcelAG, 2014):

- Trituración
- Neutralización
- Deposito en relleno o uso en suelo agrícola

Finalmente, el aluminio en forma de planchas se recicla separándolo, limpiándolo y compactando con la finalidad de crear bloques para su posterior fundición, creando nuevo material para su uso (Inforeciclaje, 2010).

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. Conclusiones**

- En el presente proyecto se ha desarrollado una metodología de instalación de aislamiento térmico en tanques de asfalto y líneas de tuberías, existentes en la Refinería Esmeraldas, basada en el uso de perlita expandida, partiendo del proceso de instalación, la fiabilidad energética, el costo del proceso y las diversas ventajas que este aislamiento presenta.
- La visita técnica ejecutada a las instalaciones de la Refinería Estatal de Esmeraldas permitió conocer de cerca la función de los sistemas de aislamiento térmico específicamente en tanques de asfalto y líneas de tuberías de procesos, además de su estado actual y la necesidad de proponer el reemplazo de los mismo con materiales tecnológicamente desarrollados en la actualidad como es la perlita expandida.
- De acuerdo con la especificación UOP 9-11-1 se realizó un proceso de instalación de recubrimiento térmico con perlita expandida comparándose con silicato de calcio, determinando que no existe diferencia alguna.
- En el rubro de instalación del aislamiento térmico correspondiente al análisis de precios unitarios, se logra evidenciar la diferencia del precio de perlita expandida del 10% menos que el silicato de calcio en tanques de asfalto, y en tuberías obteniendo una diferencia del 7%.
- Se concluye que el uso de perlita expandida como aislamiento térmico, presenta una gran viabilidad técnica en el reemplazo del silicato de calcio, debido a su similar comportamiento térmico y menores costos para la adquisición del material.

## **4.2. Recomendaciones**

- Se recomienda el uso de aislamiento de perlita expandida en la industria ecuatoriana gracias a las propiedades térmicas que presenta.
- Optar por realizar un análisis térmico y económico utilizando en la totalidad de la superficie de tanques de asfalto el aislamiento de perlita expandida, reemplazando mineral fiber y celular glass, debido a su bajo precio en el mercado.
- Se recomienda análisis de una manera más amplio el proyecto desde el punto de vista de seguridad, salud y medio ambiente.
- Analizar el comportamiento de la perlita expandida frente a siniestros comunes que se presentan en refinerías; como derrames de crudo.
- Realizar un estudio amplio de la perlita expandida en la industria nacional que abarque el uso de este mineral en otras aplicaciones diferentes al aislamiento térmico.

## Bibliografía

- Afelma, A. (2016). Guía de buenas prácticas en el aislamiento industrial. 16.
- Alfran. (15 de Marzo de 2017). *Grupo Aldomer*. Obtenido de <http://tienda.alfran.es/portal/documents/10180/24431/FT+PLACA+Silicato+C%C3%A1lcico+1000+N.pdf/6c4ff1cf-5f1f-487e-ad1b-d691e0955c9c>
- Angel, F. (2 de Mayo de 2011). *Unamacor*. Obtenido de <http://www.grupounamacor.com/?p=1147>
- Arciresa. (21 de Abril de 2015). *Arillas Refractarias S.A.* Obtenido de <http://www.arciresa.es/Perlita.pdf>
- Azaros. (19 de Enero de 2018). *Insertec*. Obtenido de <http://www.insertec-store.es/media/store/seguridad-es/4510200.pdf>
- Brunssen. (25 de 11 de 2017). *Comercial Industrial*. Obtenido de <http://www.comercioindustrial.net/productos.php?id=aislantes%20fibra%20mineral&mt=aislantes>
- Calcio, I. T. (1995). *COSMOS*. Recuperado el 5 de Mayo de 2018, de <https://www.cosmos.com.mx/wiki/silicato-de-calcio-4cnm.html>
- Cengel, Y. A. (2000). *Trasferencia de Calor y Masa*. México: The McGraw-Hill.
- Construmatica. (10 de Octubre de 2017). Obtenido de [http://www.construmatica.com/construpedia/Materiales\\_Aislantes\\_Ac%C3%BAsticos](http://www.construmatica.com/construpedia/Materiales_Aislantes_Ac%C3%BAsticos)
- ExcelAG. (24 de Abril de 2014). *El Productor*. Recuperado el 5 de Mayo de 2018, de <http://elproductor.com/articulos-tecnicos/articulos-tecnicos-agricolas/importancia-del-silicio-en-la-fertilizacion-de-cultivos-agricolas-y-en-particular-en-la-produccion-bananera/>
- Incropera, F. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor, 4a. ed.* México: Prentice Hall.
- Inforeciclaje. (2010). *Inforeciclaje*. Recuperado el 20 de Mayo de 2018, de <http://www.inforeciclaje.com/reciclaje-aluminio.php>
- Isover. (26 de Octubre de 2017). *Saint Gobain*. Obtenido de <https://www.isover-aislamiento-tecnico.es/industria/aplicaciones/aislamiento-termico-industria>
- Kaefer. (4 de Octubre de 2017). *Aislamiento para calor*. Obtenido de [http://www.kaefer.com.mx/Aislamiento\\_para\\_Calor.html](http://www.kaefer.com.mx/Aislamiento_para_Calor.html)
- Pascual, S. (27 de 10 de 2017). *C y M San Pascual*. Obtenido de <http://cym-sanpascual.cl/wp-content/uploads/2014/05/Ficha-tecnica-Silicato-de-Calcio.pdf>
- PETROECUADOR, E. (19 de 04 de 2017). OFICIO N° 10529-OPE-GTO-2017. *Respuesta a solicitud de información de estudiante de la Escuela Politécnica Nacional*. Quito.
- Science. (25 de Octubre de 2017). *Conceptos de Electricidad*. Obtenido de <http://electronico.scienceontheweb.net/aislantes.html>

Specification, U.-S. (s.f.). *External Thermal Insulation* . East Algonquin Road.

Ulloa, R. (8 de Diciembre de 2015). *Slide Share*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/RubnUlloaMontes/vidrio-celular>

UNE. (5 de Marzo de 2017). *Norma UNE 80304:2001*. Obtenido de <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion4.Tipos.CEMENTOS.pdf>

UOP. (1985). STANDARD SPECIFICATION 9-11-1. En UOP, *External Thermal Insulation* (págs. 1-46). Illinois.



## **Anexos**

### **ANEXO I**

PLANO DE CONJUNTO DE SOPORTE DE AISLAMIENTO TÉRMICO DE  
TANQUE DE ASFALTO



**ANEXO II**  
EJEMPLO DE REPORTE DE INSPECCIÓN PARA TANQUES

Fecha: 01/01/2018  
 N° Trabajo: 001  
 N° Reporte: PT-C&P-001

## INFORME DE INSPECCIÓN DE AISLAMIENTO DE TANQUES/EQUIPOS

<b>Nombre del Proyecto:</b>	<i>PROYECTO DE TITULACIÓN</i>
<b>Nombre y N° de identificación del tanque:</b>	<i>AOV – 12</i>
<b>Especificación de aislante</b>	<b>Aceptación</b>
<b>1) Limpieza de la superficie:</b>	<i>Aplica</i>
<b>2) Material aislante:</b>	<i>Aplica – perlita expandida en techo Aplica – fibra mineral en cuerpo Aplica – celular glass en la base del tanque</i>
<b>3) Espesor de aislante y número de capas:</b>	<i>65 mm – 1 capa en cuerpo 50 mm – 1 capa en techo</i>
<b>4) Cubierta antihumedad (vapor-barrier):</b>	<i>Aplica</i>
<b>5) Chaqueta metálica:</b>	<i>Plancha de aluminio corrugado en cuerpo 0.4mm de espesor, y distancia entre crestas 32mm. Plancha de aluminio liso en techo, entre 0.4 y 0.5 mm de espesor.</i>
<b>Resultado de la Inspección</b>	<b>Aceptación</b>
<b>1) Limpieza de la Superficie:</b>	<i>Satisfactorio</i>
<b>2) Material Aislante:</b>	<i>Aplica – perlita expandida en techo Aplica – fibra mineral en cuerpo Aplica – celular glass en la base del tanque</i>
<b>3) Espesor de aislante y número de capas:</b>	<i>Igual</i>
<b>4) Cubierta antihumedad (vapor-barrier):</b>	<i>Satisfactorio</i>
<b>5) Chaqueta metálica:</b>	<i>Satisfactorio</i>
<b>6) Inspección visual final:</b>	<i>Satisfactorio</i>

<b>Firma:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Firma:</b>
<b>Revisado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Revisado por:</b>
<b>Contratante:</b>	<b>Contratista:</b>	<b>Subcontratista:</b>
<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

**ANEXO III**  
EJEMPLO DE REPORTE DE INSPECCIÓN PARA TUBERÍAS

**Fecha:** 01/01/2018  
**N° Trabajo:** 001  
**N° Reporte:** PT-C&P-002

## INFORME DE INSPECCIÓN DE AISLAMIENTO DE TUBERÍAS

**Nombre del Proyecto:** PROYECTO DE TITULACIÓN

**N° de Línea e Identificación:** 10"-P-51007-A1A1-S65

Esp. Aislante N° Línea	Limpieza superficie	Materia Aislante	Espesor Aislante	Barrera Vapor	Chaqueta	Inspección Visual Final	Observaciones
07	Aceptable	Aislamiento Térmico con venas de vapor	65mm	Aplica	Satisfactorio	Satisfactorio	

<b>Firma:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Firma:</b>
<b>Revisado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Revisado por:</b>
<b>Contratante:</b>	<b>Contratista:</b>	<b>Subcontratista:</b>
<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

**ANEXO IV**  
COTIZACIONES



**IDMACERO CIA. LTDA.**

Fecha Expediente: 2018-01-11 09:58 AM

Dirección: Av. Pedro de Santa Marín 525 - 06 Boston

Teléfono: 2870003  
2879875

CREDITO: FINANCIERO  
INGRESOS:

**PROFORMA SIN VALOR COMERCIAL**

Cliente:	Consumidor Final	Numero:	PROF-0909
Dirección:	na na	Fecha pedido:	3/02/18 0:00
Numero de Cuentas:	1	Condición de Pago:	SIN CREDITO
Contacto:		Vendedor:	NAVARRETE MONTAÑO

Codigo	Cantidad	Descripcion	Valor	Descuento (U)	Valor Total
PAL-004	1.0000	TOOL ALUMINO LISO 570 1 X 2	22.0300	0.0000	22.03
PAC-004	1.0000	TOOL ALUM CORR 1.50MM 4 X 6 14.95	55.6100	0.0000	55.61

banonuevo hon

<b>Subtotal</b>	77.64
<b>Descuento</b>	0.00
<b>Subtotal - Descuento</b>	77.64
<b>Impuesto</b>	9.32
<b>Total</b>	86.96

\_\_\_\_\_  
IDMACERO CIA.



	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Aislamiento Térmico para Tubería, Tanques de Procesos en Caliente y Frío</li> <li>*Refractarios, para Calderos, Tubos de Fuego, Cámaras de Fuegos, Hornos,</li> <li>*Aislantes Lana de Roca, Lana de Vidrio, Perlita, Cañuelas, etc.</li> <li>*Telas aislantes para altas temperaturas</li> <li>*Fabricación de Extractores Edificos Ventilación forzada</li> <li>*Fabricación de Ductos de Aire, Camaras y Sistemas de Extracción forzada</li> <li>*Mantenimiento y Soldadura en Acero Negro, Inoxidable, Procesos Tig, Mig</li> <li>*Instalación de Líneas de Vidrio cubiertas de techo de Naves Industriales</li> </ul>	<p>Ruc: 1792264200001  Teléf.: 02-3991628  Cel.: 0995427294  Diré: Sangolquí</p>
---	--	--

Sangolquí, 10 de Noviembre del 2017

OFERTA No. 001

Señores: CIMEPI

Atención: Ing. Gabriela Castro / Ing Marlon Piarpuezán

Presente

REF: SUMINISTRO DE MATERIAL

Por medio del presente documento, ponemos a su consideración el listado de costos de material aislante perlita expandida

### 2.- LISTADO DE PRECIOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	PERLITA PERLITEMP (PLACA DE DIMENSIONES 910 MM X 300 MM X 2" ESP.)	U	1	24,86	24,86
2	PLANCHA DE ALUMINIO 0,7 mm	m2	1	10,2	11,2
3	SUNCHO DE 3/4" x 1/32" ACERO INOXIDABLE	m	1	1,78	1,78
4	ALAMBRE SS304, # 8	KG	1	26,84	26,84
5	TORNILLO 5/8", SS304	UND	1	0,09	0,10
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>64,78</b>
				<b>IVA 14%</b>	<b>9,07</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>73,85</b>

3.- Forma de pago contra entrega del material,

4.- Las cantidades del material aislante Perlita Expandida dependiendo de las cantidades que se solicite estarán para importar. Tiempo estimado 7 semanas, los demás materiales están para entrega inmediata

Esperando que esta cotización sea de su aceptación,

Muy Atentamente,

DAVID LEMA  
Coordinador de Proyecto

CLIENTE: ING. DANIEL ZAPATA, Mac  
 DIRECCION: Guajalá 541-10  
 TELEFONO: 0969880979  
 CONTACTO: ING. DANIEL ZAPATA, Mac  
 CIUDAD: QUITO

Tenemos el agrado de cotizar lo siguiente

ITEM	CODIGO	CANT	DESCRIPCION	UN	UNITARIO	DISCTO	TOTAL	TIEMPO ENTREGA
1	47-49-2171 87023-6	14.00	POWPLAGE 24"X 18"AWG 4'80P	UNIDAD	36.00	0.00	1,980.00	INMEDIATO
1	47-49-2171 87023-6	140.00	PLACA CHR 3mm3mm4.2' 78kg/td FORO 3/8"	UNIDAD	14.20	0.00	4,180.00	8-10 SEMANAS
1	47-49-2171 87023-6	425.00	PLACA PERLITA 2' PERLTEMP	UNIDAD	28.48	0.00	10,103.80	INMEDIATO
1	47-49-2171 87023-6	325.00	CÁMERA PERLITA 10"X12" 2' PERLTEMP	UNIDAD	80.00	0.00	26,000.00	8-10 SEMANAS

VALOR DE LA OFERTA: 13 USIAS  
 LUGAR DE ENTREGA: NUESTRAS OFICINAS  
 CONDICIONES DE PAGO: 30% AVANCO, RESTO CONTRA ENTREGA  
 PLAZO DE ENTREGA: INDICADO EN CADA ITEM  
 TIEMPO DE GARANTIA: 1 AÑO CONTRA DEFECTOS DE FABRICACION

<b>SUMA</b>	48,102.00
<b>DESCUENTO</b>	0.00
<b>SUBTOTAL</b>	48,102.00
<b>12% IVA</b>	5,772.25
<b>TOTAL</b>	<b>53,874.50</b>

ATENCIÓN:

LES AGRADECEREMOS

ventas@disetec-ec.com  
 j.hendavato@disetec-ec.com

**CLIENTE:** CIMEPI ( COLEGIO DE INGENIEROS MECANICOS DE PICHINCHA)  
**DIRECCION:** Juan de Velasco N26-183 y Av. Orellana  
**TELEFONO:** 2568710  
**CONTACTO:** \*  
**CIUDAD:** QUITO

Te damos el agrado de cotizar lo siguiente:

ITEM	CODIGO	CANT	DESCRIPCION	UN	UNITARIO	DSCTO	TOTAL	TIEMPO ENTREGA
1	AT-P-35 X32028-P	1.00	PLACA PERLITA 1 1/2" PERLITEMP (330X330)mm	UNIDAD	21.87	0.00	21.87	INMEDIATO SALVO VENTA STOCK
2	AT-P-35 X32052-P	1.00	PLACA PERLITA 2" PERLITEMP (330X330)mm	UNIDAD	26.45	0.00	26.45	INMEDIATO SALVO VENTA STOCK
3	AT-P-35 X32015-P	1.00	PLACA PERLITA 3" PERLITEMP (330X330)mm	UNIDAD	43.15	0.00	43.15	INMEDIATO SALVO VENTA STOCK
4	AT-R011A11 HSE	1.00	ALUMINO LISO 0.5mm x 1.20 ANCHO REC. PVC (METRO LINEAL)	UN	8.93	0.00	8.93	INMEDIATO SALVO VENTA STOCK
5	AT-R011A11 HSE	1.00	ALUMINO LISO 0.8mm x 1.20 ANCHO REC. PVC (METRO LINEAL)	UN	8.93	0.00	8.93	INMEDIATO SALVO VENTA STOCK
6	ATG-0.75-65 3H	1.00	GRAPA PARA ZUNCHO DE 3/4"	UNIDAD	0.18	0.00	0.18	INMEDIATO SALVO VENTA STOCK
7	ATG-0.5-452 3H	1.00	GRAPA PARA ZUNCHO DE 1/2"	UNIDAD	0.14	0.00	0.14	INMEDIATO SALVO VENTA STOCK
8	AT-ZUNCHO 1/2INCH	1.00	ZUNCHO 1/2" ROLLO DE 2.78 M.	UN	2.34	0.00	2.34	INMEDIATO SALVO VENTA STOCK
9	AT-ZUNCHO 3/4INCH	1.00	ZUNCHO 3/4" ROLLO DE 268 M.	UN	2.90	0.00	2.90	INMEDIATO SALVO VENTA STOCK

VALORES DE LA OFERTA: 15 DIAS  
 LUGAR DE ENTREGA: NUESTRA OFICINA  
 CONDICIONES DE PAGO: CONTADO  
 PLAZO DE ENTREGA: INMEDIATO  
 TIEMPO DE GARANTIA: 1 AÑO CONTRA DEFECTOS DE FABRICACION

<b>SUMA</b>	113.88
<b>DESCUENTO</b>	0.00
<b>SUBTOTAL</b>	113.88
<b>12% IVA</b>	13.67
<b>TOTAL</b>	<b>127.55</b>

**Cliente :** CIMEPI  
**Dirección:** Juan De Velasco 26/183 y Av. Orellana  
**Ciudad :** QUITO  
**Teléfono :** 2529 818  
**Atención :** Ing. MARLON PIARPUEZAN

Tenemos el agrado de cotizarles la provisión de los materiales de aislamiento térmico y la mano de obra de instalación de lo que se detalla a continuación:

**DESCRIPCION DE LOS MATERIALES :**

- \* Lámina de aluminio liso de 0.7 mm de espesor con B. H. para el techo
- \* Lámina de aluminio corrugado de 0.5 mm de espesor con B. H. para el cuerpo
- \* Papel foil de aluminio como barrera de vapor en el techo del tanque
- \* Placas de Foamglass de 2" x 2 1/2" de espesor el primer anillo del Tk.
- \* Sellado de las placas de foamglass con cemento para foamglass
- \* Lana mineral de roca marca ROCKWOOL con una densidad de 100 Kg/m3 en 2 1/2" de espesor, desde una altura de 0.6 m hasta cubrir todo el cuerpo del Tk.
- \* Placas de Silicato de calcio en 2" de espesor para revestimiento del techo del Tk.
- \* Sellado de las placas de Silicato de Calcio con cemento
- \* Sujeción del aluminio con zunchos de 3/4" de acero inoxidable, tornillos autoperforantes #10 x 3/4" de acero inoxidable y resortes de acero inoxidable
- \* Sellado del aluminio con silicona para alta temperatura

Item	Descripción	UND	CANT.	P. UNIT USD.	TOTAL USD
1	Aislamiento térmico de un tanque para almacenamiento de asfalto de 12 m de diámetro x 10 m de altura con las siguientes características para el aislante térmico: - 1" anillo con foamglass de 2 1/2" de espesor x 0.6 m de alto y sellado cemento para foamglass - Reeto del cuerpo hasta la altura de 10 m con manta de lana mineral de roca en 2 1/2" de espesor - Tacho del tanque con placas de silicato de calcio en 2" de espesor y sellado con cemento para silicato de calcio - Protección de las placas de silicato de calcio con papel foil de aluminio y aluminio liso de 0.7 mm de espesor y con barrera de humedad - Aluminio para el cuerpo del Tk con lámina de aluminio corrugado y con barrera de humedad - Sujeción del aluminio con tornillos, zunchos y resortes de acero inoxidable, y sellado con silicona para alta temperatura.	U	3	110,562.00	330,562.00
<b>SUMA</b>					110,562.00
<b>SUB-TOTAL</b>					110,562.00
<b>IVA 12%</b>					13,267.44
<b>TOTAL</b>					123,829.44

**NOTA : El precio incluye**

- \* Materiales y mano de obra de instalación.
- \* Disetec pondrá a disposición de un Supervisor de Obra y 15 técnicos para su instalación

Será por cuenta de CIMEPI

- \* Andamios armados para la instalación del aislamiento térmico
- \* Permisos de trabajo

**VALIDES DE LA OFERTA: 60 DIAS**

**Cliente :** CIMEPI  
**Dirección:** Juan De Velasco 26/183 y Av. Oxiflana  
**Ciudad :** QUITO  
**Teléfono :** 2529 818

**Atención :** Ing. MARLON PIARPUJEZAN

Tenemos el agrado de cotizarles la provisión de los materiales de aislamiento térmico y la mano de obra de instalación de lo que se detalla a continuación:

**DESCRIPCION DE LOS MATERIALES :**

- \* Lámina de aluminio liso de 0.7 mm de espesor con B. H. para el techo
- \* Lámina de aluminio corrugado de 0.5 mm de espesor con B. H. para el cuerpo
- \* Papel foil de aluminio como barrera de vapor en el techo del tanque
- \* Placas de Foamglass de 2" x 2 1/2" de espesor en el primer anillo del Tk.
- \* Sellado de las placas de foamglass con cemento para FOAMGLASS
- \* Lana mineral de roca marca ROCKWOOL con una densidad de 100 Kg/m3 en 2 1/2" de espesor desde una altura de 0.6 m hasta cubrir todo el cuerpo del Tk.
- \* Placas de PERLITA en 2" de espesor para revestimiento del techo del Tk.
- \* Sellado de las placas de Perlita con cemento PERLIFIX
- \* Sujeción del aluminio con zunchos de 3/4" de acero inoxidable, tornillos autoperforantes #10 x 3/4" de acero inoxidable y resortes de acero inoxidable
- \* Sellado del aluminio con silicona para alta temperatura

Item	Descripción	UND	CANT.	P. UNIT USD.	TOTAL USD
1	Aislamiento térmico de un tanque para almacenamiento de asfalto de 12 m de diámetro x 10 m de altura con las siguientes características para el aislante térmico: - 1° anillo con foamglass de 2 1/2" de espesor x 0.6 m de alto y sellado con cemento para foamglass - Resto del cuerpo hasta la altura de 10 m con manta de lana mineral de roca en 2 1/2" de espesor - Techo del tanque con placas de perlita en 2" de espesor y sellado cemento PERLIFIX - Protección de las placas de perlita con papel foil de aluminio - Protección de las placas de perlita con papel foil de aluminio - Aluminio para el cuerpo del Tk con lámina de aluminio corrugado y con barrera de humedad - Sujeción del aluminio con tornillos, zunchos y resortes de acero inoxidable, y sellado con silicona para alta temperatura.	u	1	99,522.00	99,522.00

**NOTA :** El precio incluye

- \* Materiales y mano de obra de instalación
- \* Disetec pondrá a disposición de un Supervisor de Obra y 15 técnicos para su instalación

<b>SUMA</b>	99,522.00
<b>SUB-TOTAL</b>	99,522.00
<b>IVA 12%</b>	11,942.64
<b>TOTAL</b>	111,464.64



La Casa del Perno RMGR Cia. Ltda.  
 Av. General Enriquez 1750  
 C.C Sangolquí Planta Baja  
 Telefax: 2334-098 / 2331-381  
 SANGOLQUÍ - ECUADOR



**LA CASA  
 DEL  
 PERNO**  
*Los Profesionales en Pernos*

R.U.C. 1792804124001

**PROFORMA**

Nro. 000000011351

www.casadelperno.com

ventas@casadelperno.com

CONTRIBUYENTE OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

FECHA : 18 Abril 2018  
 CLIENTE : CONSUMIDOR FINAL  
 CONTACTO :

DIRECCION :  
 TELEFONO:  
 CIUDAD:

VENDEDOR: ALFREDO RAUL GUERRA  
 F. PAGO : OTROS CON UTILIZACION

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIT	% DSCTO.	TOTAL
PIM1080	PERNO INOXIDABLE 304 MM 10 X 80	30.00	0.8600	0.00	25.80
RIFLM10	RODELA INOXIDABLE 304 PLANA M10	30.00	0.0800	0.00	2.40
TAP141	AUTOPERFORANTE C/HEXAGONAL P/BROCA 14 X 1 (FUER)	200.00	0.1230	5.00	24.60
RNEO14	RODELA NEOPRENO #14 X 19 MM	200.00	0.0557	5.00	11.14
VALIDEZ PROFORMA : QUINCE DIAS OBSERVACIONES:					SUMAN: DESCUENTO: SUBTOTAL: 12% I.V.A.: TOTAL:
					63.94 1.79 62.15 7.46 69.61

# SSAA

FABRICANTES DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION



Quito, D.M. 10 del 2018



Señor  
Marlon Piarpuesan  
Presente

Atendiendo tu requerimiento en alquiler ofrecemos



**EQUIPO**  
Andamio metálico de 1.5 m alto  
Con cruceta de 1.50 y/o 2 m.

**SEMANA**  
4.00

**MES**  
10.00

Costo de diario y semana de andamio y tablón es el mismo. Estos precios ya incluyen 12% de IVA.



Los alquileres son propagados, debe dejar como garantía un cheque a nombre de Santiago Saa de \$100,00 por cada módulo que rente; al momento dispongo de 26 módulos y 10 tablonés.

Mucho nos gustaría poder ayudar a logro de sus proyectos.



Atentamente,

Salomé Hernández A.  
ASISTENTE DE SANTIAGO SAA.

METAL MECÁNICA  
Santiago Saa Nemini



VENTA - ALQUILER - REPARACION

Av. De la Prensa N° 58-196 y Cristóbal Vaca de Castro Telfs.: 2 530 411 / 2290-823 Telefax: 2 252 404 Cel. 099 9663 437  
E-mail: saasoneha@gmail.com Quito - Ecuador

**ANEXO V**  
EVIDENCIAS DE LA VISITA DE CAMPO



OFICIO N° 10529-OPE-GTO-2017

Quito, D.M., 19 ABR. 2017

Señor  
Marlon Andrés Piarpuezan Enriquez  
ESTUDIANTE,  
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-EPN  
Presente.-

**ASUNTO: RESPUESTA A SOLICITUD DE INFORMACIÓN DE ESTUDIANTE DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.**

De mi consideración:

En referencia al Oficio S/N del 10 de abril de 2017, se detalla a continuación la información solicitada:

**Misión**

*"Generar riqueza y desarrollo sostenible para el Ecuador, con talento humano comprometido, gestionando rentable y eficientemente los procesos de transporte, refinación, almacenamiento y comercialización nacional e internacional de hidrocarburos, garantizando el abastecimiento interno de productos con calidad, cantidad, seguridad y salud, oportunidad, responsabilidad social y ambiental".*

**Visión**

*"Ser una empresa reconocida nacional e internacionalmente por su eficiente gestión, productos y servicios con estándares de calidad, seguridad y salud, excelencia en su talento humano, buscando siempre el equilibrio con la naturaleza y la sociedad".*

**ACTIVIDADES QUE CUMPLE REFINERÍA ESMERALDAS:**

Las principales actividades de Refinería Esmeraldas se derivan de su objetivo, que es la refinación de crudo en las unidades de las Áreas de No Catalíticas 1 y No catalíticas 2 cada una de las cuales se encuentran conformadas por las unidades de Crudo, Vacío, y Visbreaking. La destilación atmosférica se da en las unidades de Crudo que mediante el incremento de temperatura del petróleo en los hornos y su posterior separación en la torre y en las fraccionadoras se obtienen los siguientes productos: fuel gas, LPG, nafta liviana, nafta pesada, jet fuel, diésel 2 y crudo reducido. El Fuel gas se lo utiliza como combustible en los hornos y calderas, los restantes productos son enviados al almacenamiento en Satria, a excepción del crudo reducido que en forma continua pasa a la siguiente unidad en la cual se produce la destilación atmosférica al Vacío para obtener como principales productos en función de los requerimientos el gasóleo (corte gasóleo), asfalto (corte asfalto) y fondos de vacío, los dos primeros productos se envían a tanques y los fondos de vacío se procesan en las

OFICIO N° 10529-OPE-GTO-2017

Quito, D.M., 19 ABR. 2017

Señor  
Marlon Andrés Piarpuezan Enriquez  
**ESTUDIANTE.**  
**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-EPN**  
Presente.-

**ASUNTO: RESPUESTA A SOLICITUD DE INFORMACIÓN DE ESTUDIANTE DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.**

De mi consideración:

En referencia al Oficio S/N del 10 de abril de 2017, se detalla a continuación la información solicitada.

**Misión**

*"Generar riqueza y desarrollo sostenible para el Ecuador, con talento humano comprometido, gestionando rentable y eficientemente los procesos de transporte, refinación, almacenamiento y comercialización nacional e internacional de hidrocarburos, garantizando el abastecimiento interno de productos con calidad, cantidad, seguridad y salud, oportunidad, responsabilidad social y ambiental".*

**Visión**

*"Ser una empresa reconocida nacional e internacionalmente por su eficiente gestión, productos y servicios con estándares de calidad, seguridad y salud, excelencia en su talento humano, buscando siempre el equilibrio con la naturaleza y la sociedad".*

**ACTIVIDADES QUE CUMPLE REFINERÍA ESMERALDAS:**

Las principales actividades de Refinería Esmeraldas se derivan de su objetivo, que es la refinación de crudo en las unidades de las Áreas de No Catalíticas 1 y No catalíticas 2 cada una de las cuales se encuentran conformadas por las unidades de Crudo, Vacío, y Visbreaking. La destilación atmosférica se da en las unidades de Crudo que mediante el incremento de temperatura del petróleo en los hornos y su posterior separación en la torre y en las fraccionadoras se obtienen los siguientes productos: fuel gas, LPG, nafta liviana, nafta pesada, jet fuel, diésel 2 y crudo reducido. El Fuel gas se lo utiliza como combustible en los hornos y calderas, los restantes productos son enviados al almacenamiento en Setría, a excepción del crudo reducido que en forma continua pasa a la siguiente unidad en la cual se produce la destilación atmosférica al Vacío para obtener como principales productos en función de los requerimientos el gasóleo (corte gasóleo), asfalto (corte asfalto) y fondos de vacío. los

OFICIO N° 14104-PLA-2017

Quito, D.M., 12 JUN. 2017

Señorita  
Jenny Gabriela Castro Zúñiga  
Facultad de Ingeniería Mecánica  
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
Presente.

**ASUNTO:** Respuesta, Solicitud de Información de estudiante de la Escuela  
Politécnica Nacional

De mi consideración:

En referencia al oficio S/N enviado el 24 de mayo de 2017, mediante el cual solicita se facilite información relacionada con la Refinería Esmeraldas; me permito indicar que la misma será enviada al correo electrónico: [jennygaby\\_12@hotmail.com](mailto:jennygaby_12@hotmail.com).

Atentamente,



Byron Ojeda O.  
GERENTE GENERAL







**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



Memorando Nro. EPN-DIM-2017-1064-M

Quito, 13 de septiembre de 2017

**PARA:** Dr. Victor Hugo Guerrero Barragán  
Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica


**ASUNTO:** Solicitud visita técnica a Refinería

De mi consideración:

Yo, Ing. Carlos Baldeón Valeriosa M.Sc. en mi calidad de Director de Tesis de los señores estudiantes Castro Zúñiga Jenny Gabriela con C.I. 1804423554 y Número Único 201210150 y Piarpuezán Enríquez Marlon Andrés con C.I. 0401884234 y Número Único 201210517, que actualmente se encuentran desarrollando el Proyecto de Titulación "Metodología de Protección de Equipos para la Refinería Esmeraldas, mediante la instalación de un aislante térmico con perlita expandida". Por lo cual, solicito una carta donde se realice una petición de visita técnica a la Refinería Esmeraldas dirigida al Ing. Antonio Morales, Superintendente de la Refinería Esmeraldas. Las fechas requeridas para esta visita serían 29 y 30 de septiembre de 2017, en el horario de 08h00 hasta las 17h00.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

  
Msc. Carlos Oswaldo Baldeón Valeriosa  
**PROFESOR PRINCIPAL A TIEMPO COMPLETO**



**Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte"**

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 Teléfono: (02) 250 7144 Correo electrónico: departamento.mecanica@epn.edu.ec

Documento generado por Quito

Quito - Ecuador

1/1



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**DECANATO**



Oficio Nro. EPN-FIMD-2017-0217-O

Quito, 15 de septiembre de 2017

*Asunto: Autorización para realizar visita técnica - Estudiantes Facultad de Ingeniería Mecánica de la EPN*

Ingeniero  
 Antonio Morales  
 Superintendente  
**REFINERÍA DE ESMERALDAS**  
 Presente.

De mi consideración

Reciba un cordial saludo de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional.

Me dirijo a usted con el fin de solicitar su autorización para que a los señores Castro Zúñiga Jenny Gabriela con C.C. 1804423554 y Piarpuezán Enriquez Marlon Andrés con C.C. 0401884234, se les permita realizar una visita técnica a la instalaciones de la Refinería de Esmeraldas. Actualmente estos estudiantes se encuentran desarrollando el Trabajo de Titulación "Metodología de Protección de Equipos para la Refinería de Esmeraldas, mediante la instalación de un aislante térmico por perla expandida". Adicionalmente debo mencionar que la visita se efectuará los días 29 y 30 de septiembre de 2017, entre las 08:00 y las 17:00.

Agradezco de antemano por su gentil autorización.

Atentamente,

D<sup>e</sup> Victor Hugo Guerrero Barragán  
**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

gm

*Olt Eca Cristian*  
 EPPEC.18.SEP.'17.15:49

*3942000*

*EM-10061*

**Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte"**

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 Teléfono: (02) 297 6300

Quito - Ecuador







