



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL  
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

*“ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE UN  
CALDERO CLEAVER - BROOKS - MODELO: CB 600 – 800 – 300”*

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Industrial

AUTOR: Manuel Fernando Diaz Cabrera  
AUTOR: Agustín Steeven Rivera de la Cruz  
TUTOR: Ana Fabiola Terán Alvarado

Guayaquil-Ecuador  
2023

---

Calle Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja • Casilla 2074 • Teléfono: (593) 74135250 • Correo electrónico:  
rector@ups.edu.ec • www.ups.edu.ec • Cuenca - Ecuador



## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Manuel Fernando Diaz Cabrera con documento de identificación N° 0916218605 y Agustin Steeven Rivera de la Cruz con documento de identificación N° 0917739716; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 07 de enero del año 2023

Atentamente,

Manuel Fernando Diaz Cabrera

0916218605

Agustin Steeven Rivera de la Cruz

0917739716



### CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Manuel Fernando Diaz Cabrera con documento de identificación No. 0916218605 y Agustin Steeven Rivera de la Cruz con documento de identificación No. 0917739716, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico : **“Estudio Técnico Para La Repotenciación De Un Caldero Cleaver - Brooks - Modelo: Cb 600 – 800 – 300”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 07 de enero del año 2023

Atentamente,

Manuel Fernando Diaz Cabrera  
0916218605

Agustin Steeven Rivera de la Cruz  
0917739716



### CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ana Fabiola Terán Alvarado con documento de identificación N° 0917242448, docente de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “**ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE UN CALDERO CLEAVER - BROOKS - MODELO: CB 600 – 800 – 300**”, realizado por Manuel Fernando Diaz Cabrera con documento de identificación N° 0916218605 y por Agustín Steeven Rivera de la Cruz con documento de identificación N° 0917739716, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 07 de enero del año 2023

Atentamente,

Ing. Ana Fabiola Terán Alvarado  
0917242448

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios, quien siempre ha estado presente en mi vida y quien ha sido el pilar fundamental en mi crecimiento personal y espiritual. También se lo dedico a mi esposa, Karen Patricia, ella ha sido la persona que me ha brindado un apoyo incondicional desde que la conocí. A mi madre, Judith que aunque ya no está físicamente, siempre fue quien creyó en mí y nunca dejó de orar por mí. A mi padre, Manuel, quien siempre ha tenido las palabras correctas y ha estado ahí para convertirme en un hombre responsable y de bien.

*Manuel Fernando Díaz Cabrera*

Le dedico este trabajo final a mi padre José, que a pesar de que él ya no está conmigo siempre me brindo un empujón por medio de mi madre, él fue muy constante y nunca me dejó en ningún momento, ambos me enseñaron a ser una persona con valores, con perseverancia, pues me mostraron que todo se obtiene con esfuerzo y aportaron su dosis de amor sin pedirme nada a cambio.

También le quiero dedicar este trabajo a mi hijo José Julián porque él fue parte de esta inspiración, para poder darme el valor necesario y no desfallecer en el camino universitario, el título universitario sin duda alguna llega en el momento justo de mi vida.

*Agustín Steeven Rivera De la Cruz*

## AGRADECIMIENTO

No puedo empezar de otra manera que agradeciéndole infinitamente a Dios, ya que ha sido Él, quien me ha acompañado en cada proceso y en cada decisión tomada a lo largo de mi vida, gracias por poner a cada persona en el momento correcto, gracias por haberme bendecido con una esposa excepcional y con unos padres que siempre demostraron su amor guiándome para ser una persona de bien. Gracias Señor por haberme traído hasta aquí.

Aunque no pueda leerlo, le agradezco a mi madre, Judith Cabrera por haberme amado sin importar cuan equivocado estuve durante varios años de mi vida, por haber orado y por nunca haber perdido la fe en mí. Si estoy escribiendo estas palabras es en gran parte gracias a ella. Agradezco los consejos que me dio, muchas veces con mano dura pero siempre con amor. Siento calma porque sé que cerró sus ojos confiada en que nunca volvería yo a cometer los errores que tanto dolor le causaron.

A mi padre, Manuel Díaz, por amarme, por guiarme, por corregirme, por ser el mejor papá del mundo, por haber estado presente siempre que lo necesité, por nunca haber bajado los brazos para poder llevar la provisión a casa y darme educación a mi y a mis hermanos. Gracias por enseñarme lo que es la responsabilidad y lo importante que es hacer las cosas bien, con honestidad y con esfuerzo.

Un agradecimiento diferente, especial y único para el amor de mi vida, Patricia Calderón, mi complemento, mi ayuda idónea, mi refugio terrenal. Gracias mi amor por ser quien eres, por tu amor, por tus oraciones, por tu entrega, por tu lealtad, por tu fidelidad, por la forma en la que amas a Dios. Gracias por tu apoyo y empuje para ayudarme a cumplir esta meta. Te amo.

A mis maestros, quienes siempre supieron compartir sus conocimientos con paciencia y responsabilidad académica para lograr convertirnos en profesionales destacados y con principios. Un agradecimiento especial a mi profesora y tutora, Ing. Ana Fabiola Teran Alvarado quien con experiencia y dedicación me ayudo en esta recta final del camino..

A mis tías Maria Dolores y Jacqueline Cabrera por su amor y consejos a lo largo de mi vida, por su ayuda incondicional, por nunca cerrar las puertas de sus casas, donde siempre me senti como en mi hogar.

A mis hermanos, por darme su amor, por confiar en mi y por cada abrazo sincero que nos hemos dado a lo largo de nuestras vidas. Te amo.

A mis compañero de tesis, Agustin Rivera, por soportar mi carácter, por las malas noches y sobre todo por las ganas y el empeño que les has dedicado al trabajo de titulación.

*Manuel Fernando Diaz Cabrera*

## AGRADECIMIENTO

Primero que nada, dar gracias a DIOS por la sabiduría que me ha regalado a lo largo de este tiempo, soy consciente de que nunca me dejó solo, por las oraciones que le dedicaba, incluso con mi inestabilidad emocional porque sentía que mi vida no tenía sentido debido a las situaciones difíciles que tuve que pasar para estar aquí.

También a mi madre Luisa Carmela de la Cruz Gonzales, porque siempre ha estado para mí, ella, la que con regaños y consejos brindados, ni en mi peor momento me abandonó, siempre me dio ese plus, ese empujón, diciéndome que yo si podía lograrlo, también por sus oraciones en las madrugadas que hacían alimentar mi alma y mi ego día a día, te doy gracias por ser siempre mi apoyo incondicional, te pido que me perdones por todas las veces que falle y te doy gracias por ser esa guerrera que siempre se ha caracterizado, con lo cual me enseñó que las metas se cumplen, la palabra te amo queda corto en estas pequeñas líneas, no puedo dejar de dedicarle unas palabras a mi padre José Agustín Rivera Borbor porque a pesar de que no está conmigo en esta tierra, desde arriba nunca me abandonó, espero los dos estén muy felices por mí y disculpen por haberlos hecho esperar tanto.

A mis hermanos José, Karen, Vicky, Livingston y Estefanía (desde el cielo) Rivera por haberme cuidado siempre, desde que era pequeño hasta el día de hoy, por apoyarme, por corregirme, por consentirme las veces que pudieron y siempre priorizando mi bienestar por encima del suyo, por ellos que alguna vez dejaron de comer por mí, y así yo pueda comer algo en la Universidad, sé que siempre podré contar con ellos, los adoro mucho y quiero que sepan que una parte de esta tesis esta con ustedes.

A Adriana y mi hijo José Julián Rivera Lucas, que me dieron esa fuerza de seguir estudiando, yo estaba decidido a dejar los estudios, pero estuvieron pendientes de mí y siempre me ayudaron en los pasos que vengo dando a lo largo de este recorrido.

A mis grandes amigos personales y de clases que conocí en estos últimos años dentro de la universidad, siempre han estado cuando se los ha necesitado, por los acolites, por las fiestas, por los peloteos que creamos en esta etapa universitaria.

A los docentes por compartir sus conocimientos para que en el ámbito laboral no fallemos, para ser buenos profesionales, un agradecimiento muy grato y especial a la docente y tutora Ing. Ana Fabiola Terán Alvarado cuyo corto tiempo nos fue una gran guía para estar aquí durante nuestro proceso de proyecto técnico, la cual compartió parte de su experiencia y nos asesoró para un mejor trabajo.

A mi compañero del proyecto técnico, Fernando Díaz, por ser una gran persona y amigo, por todo, por ser paciente conmigo y por sus consejos, con lo cual fui madurando y por el empeño que dimos para el proyecto de titulación.

*Agustin Steeven Rivera De la Cruz*

## RESUMEN

En el siguiente trabajo técnico se describirá el Estudio técnico para la repotenciación de un caldero Cleaver - Brooks - modelo: CB 600 – 800 – 300 perteneciente a la empresa PROCARSA, con el objetivo de mejorar el funcionamiento y rendimiento del equipo que generará el suministro de vapor para la fabricación de cartón corrugado.

En toda empresa, negocio, o industria debe de existir una planificación de mantenimientos periódicos, en base a pedidos de cada departamento, dicha planificación es medible como objetivo, y cumplirla, significa para la empresa que se reduzcan los paros, fallos, contratiempos, o cualquier tipo de retrasos que provoquen mermas en la producción, ya que esto afectará económicamente, y también conllevarán tiempo, uno de los factores más importantes dentro de cualquier tipo de industria.

La optimización, es lo que consideramos la capacidad de gestionar los recursos y el tiempo de una forma eficiente, esto es una habilidad que las empresas valoran cada vez más en sus trabajos junto a su mano de obra, teniendo como objetivo la optimización de procesos a través de herramientas del análisis establecido. Se tiene como objetivos, el cambio integral de tuberías del caldero, pruebas ultrasónicas para revisión del hogar de la caldera, realizar servicios de ensayos no destructivos, una reconstrucción refractaria de la puerta posterior, la reparación del hogar del caldero, mantenimiento correctivo de motor del blower, el reemplazo de válvula de seguridad, el mantenimiento correctivo de motor del compresor de aire atomización, el cambio de elementos eléctricos en mal estado.

En el presente documento se realiza un estado del arte en el marco teórico teniendo como antecedente elementos y detalles de los elementos presentes en la repotenciación, también un detalle de los elementos y de los procesos para la optimización de la caldera, estos están descritos en el marco metodológico, teniendo como resultados un mejor rendimiento del caldero.

**Palabras Claves:** Optimización, caldera, Cleaver – Brooks, 5S, Mantenimiento y Estudio técnico.

## ABSTRACT

In the following technical work, Technical Study for the repowering of a Cleaver - Brooks boiler - model: CB 600 – 800 – 300 belonging to the company PROCARSA will be described, with the aim of improving the operation and performance of the equipment that will generate the supply of steam for the manufacture corrugated cardboard.

In every company, business, or industry there must be periodic maintenance planning, or based on order orders (O.P.), which is measurable as an objective, complying with it, means for the company that there are no stoppages, failures, unforeseen mechanical , or any type of delays that cause losses, since these will not only be economic, but also take time, one of the most important factors within any type of industry.

Optimization is what we consider the ability to manage resources and time efficiently, this is a skill that companies increasingly value in their work with their workforce, with the objective of optimizing processes through established analysis tools. Its objectives are the integral change of boiler pipes, ultrasonic tests to review the boiler home, non-destructive testing services, a refractory reconstruction of the rear door, repair of the boiler home, corrective maintenance of the engine blower, safety valve replacement, corrective maintenance of atomization air compressor motor, change of electrical elements in poor condition.

In the present document, a state of the art is carried out in the theoretical framework, having as background elements and details of the elements present in the repowering, also a detail of the elements and processes for the optimization of the boiler, these are described in the methodological framework, resulting in a better performance of the boiler.

**Keywords:** Optimization, boiler, Cleaver - Brooks, 5S, Maintenance and Technical Study.

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	I
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	II
DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES .....	III
DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VIII
RESUMEN .....	X
ABSTRACT .....	XI
ÍNDICE GENERAL .....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XVI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIX
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XX
INTRODUCCIÓN.....	21
EL PROBLEMA.....	24
1.1 Antecedentes .....	24
1.2 Justificación del Problema.....	25
1.3 Grupo Objetivo (Beneficiario) .....	26
1.4 Delimitación .....	26
1.4.1 Delimitación Temporal.....	26
1.4.2 Delimitación Geográfica.....	26
1.4.3 Delimitación Académica.....	27
1.5 Objetivos .....	27
1.5.1. Objetivo General .....	27
1.5.2. Objetivo Específicos .....	27
CAPÍTULO II .....	28
MARCO TEÓRICO .....	28
2.1 Caldera .....	28
2.2 Partes de una caldera.....	28
2.2.1. Quemadores.....	29
2.2.2. Hogar .....	29
2.2.3. Circuito de humos .....	29
2.2.4. Caja de humos.....	29

2.2.5. Chimenea .....	29
2.2.6. Salida de agua .....	29
2.2.7. Circuito del agua.....	30
2.2.8. Cámara de vapor .....	30
2.2.9. Salida de vapor.....	30
2.3. Presostatos.....	30
2.4. Tipos de calderas.....	32
2.4.1. Calderas de gasoil.....	32
2.4.2. Calderas eléctricas.....	32
2.4.3. Calderas de biomasa.....	33
2.4.4. Calderas de gas y gas natural .....	34
2.4.5. Calderas de vapor.....	34
2.4.6. Calderas peritubulares o de tubos de humo.....	35
2.4.6.1. Componentes de una caldera de tubos o peritubulares .....	36
2.5. Tipos de mantenimientos.....	37
2.5.1. Mantenimiento Predictivo .....	38
2.5.1.1 Mantenimiento Preventivo .....	38
2.5.1.2 Mantenimiento Correctivo .....	39
2.6. Metodología 5s.....	39
2.7. Los 5 pasos del 5s .....	40
2.7.1. Seiri: Organizar y Seleccionar .....	40
2.7.2. Seiton: Ordenar .....	40
2.7.3. Seiso: Limpiar .....	40
CAPÍTULO III .....	42
MARCO METODOLÓGICO .....	42
3.1. Función del departamento de mantenimiento.....	42
3.2. Mantenimiento Mecánico.....	43
3.3 Mantenimiento eléctrico .....	44
3.3.1 Material del espejo .....	44
3.3.2 Concretos refractarios para reparación del espejo.....	44
3.4. Estudio técnico para el cambio de espejo posterior.....	45
3.5. Análisis técnico para el cambio integral del banco de tuberías.....	54
3.5.1. Reparación hogar.....	60

3.5.2. Reemplazo de válvula de alimentación de agua.....	62
3.5.3. Puertas (delanteras y posterior): .....	63
3.5.4. Hogar del caldero .....	65
3.5.5. Mantenimiento preventivo del motor del compresor de aire.....	65
3.5.6. Mantenimiento preventivo del motor del ventilador.....	68
3.6 Análisis técnico para determinar el tiempo de aplicación del mantenimiento periódico.....	71
3.6.1. Sistema de combustión:.....	71
3.7. Estudio técnico para la reparación del sistema eléctrico y reemplazo de partes de equipos averiados.....	73
3.8.Cronograma de actividades desarrolladas.....	75
3.9 Presupuesto .....	76
CAPÍTULO IV.....	77
4.1. RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROYECTO.....	77
4.1.1. Cambio integral de tuberías de caldera CB400-800.....	77
4.1.2. Servicios de ensayos no destructivos.....	77
4.1.3. Reconstrucción refractaria de puertas posterior.....	78
4.1.4. Reparación hogar caldero Cleaver Brooks .....	78
4.1.5. Mantenimiento preventivo de motor del blower.....	79
4.1.7. Mantenimiento preventivo de motor del compresor de aire atomizació.....	81
4.1.8. Cambio de elementos eléctricos en mal estado .....	83
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES.....	87
Bibliografía .....	88
ANEXOS .....	90
Anexo 1 .....	90
Anexo 2 .....	96
Anexo 3 .....	102
Anexo 4 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 5 .....	941
Anexo 6 .....	963
Anexo 7 .....	974
Anexo 8 .....	1052
Anexo 9 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.6</b>

Anexo 10 ..... ¡Error! Marcador no definido.0  
Anexo 11 ..... ¡Error! Marcador no definido.2

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : <i>Ubicación Geográfica</i> .....	27
Figura 2: Partes de una caldera .....	28
Figura 3: Componentes del presostato.....	31
Figura 4: Calderas de gasoil .....	32
Figura 5: Calderas eléctricas .....	33
Figura 6: Calderas de biomasas .....	33
Figura 7: Calderas de gasoil .....	34
Figura 8: Calderas de vapor.....	35
Figura 9: Calderas de gasoil .....	35
Figura 10: Componentes de caldera tubular .....	36
Figura 11: Metodología aplicativa de las 5S. ....	41
Figura 12: Organigrama del departamento de mantenimiento .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 13: Análisis químico del material del espejo.....	44
Figura 14: Dimensiones del corte de espejo nuevo Frontal .....	45
Figura 15: Dimensiones del corte de espejo nuevo .....	46
Figura 16: Diseño y corte de espejo nuevo.....	46
Figura 17: Corte de contorno de espejo en mal estado.....	47
Figura 18: Corte del espejo .....	47
Figura 19: Desmontaje del espejo en mal estado.....	47
Figura 20: Preparación de la junta del contorno de corte del material antiguo con el espejo nuevo.....	48
Figura 21: Montaje de espejo nuevo.....	29
Figura 22: Alineación de espejo nuevo.....	49
Figura 23: Pruebas de planicidad en el espejo.....	30
Figura 24: Pase de raíz entre junta de anillo del cuerpo y el espejo.....	30
Figura 25: Pase de raíz entre junta de tubo hogar y el espejo nuevo .....	501
Figura 26: Prueba con tinta penetrante antes de la soldadura exterior – Ensayos no destructivos.....	51
Figura 27: Soldadura exterior de junta entre anillo del cuerpo y espejo nuevo.....	52
Figura 28: Repelado de junta entre anillo del cuerpo y el espejo nuevo .....	52
Figura 29: E poch 1000 i para pruebas de ultrasonido en hogar y espejo .....	53
Figura 30: Dimensiones del corte para cambio de tuberías y barras tensoras.....	54
Figura 31: Desmontaje de banco de tuberías en mal estado.....	34

Figura 32: Montaje de 304 tubos nuevos. ....	55
Figura 33: Expansión y rebordeo de 304 puntas de tubos en el espejo delantero.....	55
Figura 34: Soldadura con argón de 150 puntas de tubos en el espejo posterior.....	56
Figura 35: Prueba con tinta penetrante después de la soldadura y rebordeo.....	56
Figura 36: Desmontaje de puerta posterior y demolición de material refractario .....	57
Figura 37: Desalojo y limpieza de refractario removido. ....	57
Figura 38: Anclajes en material para soporte de refractario .....	58
Figura 39: Construcción de malla de refuerzo para estructura del bafle .....	58
Figura 40: Fundición del bafle.....	59
Figura 41: Fundida del espesor de concreto para cámara de fuego.....	59
Figura 42: Retiro de encofrado .....	60
Figura 43: Desmontaje de tejas en mal estado.....	60
Figura 44: Limpieza e instalación de nuevas tejas .....	61
Figura 45: Resane de la superficie del calderín.....	61
Figura 46: Bypass y montaje de nudos en válvulas.....	62
Figura 47: Soldadura de reductor para montaje de válvula.....	62
Figura 48: Montaje de válvula finalizada .....	63
Figura 49: Limpieza de la puerta delantera, espejo delantero y construcción de anclajes de agarre del material aislante. ....	63
Figura 50: Cambio de material de aislamiento térmico.....	64
Figura 51: Cambio de pernos nuevos y tuercas de bronce nuevas.....	64
Figura 52: Limpieza y deshollinaje del tubo hogar del caldero.....	65
Figura 53: Desmontaje de compresor.....	66
Figura 54: Cambio de Filtros .....	66
Figura 55: Mantenimiento de las tuberías.....	67
Figura 56: Mantenimiento en línea de aire .....	67
Figura 57: Desmontaje de ventilador y plato distribuidor.....	68
Figura 58: Desarme del motor .....	68
Figura 59: Cambio de rodamientos del motor .....	69
Figura 60: Aplicación de barniz de aislamiento.....	69
Figura 61: Ensamble del motor .....	70
Figura 62: Montaje de ventilador de tiro forzado.....	70
Figura 63: Mantenimiento de sistema de combustión, bloque regulador y damper.....	71

Figura 64: Mantenimiento de sistema de combustión completo.....	72
Figura 65: Mantenimiento del precalentador de combustible.....	72
Figura 66: Sistema Eléctrico en deterioro.....	73
Figura 67: Sistema Eléctrico elementos en mal estado .....	74
Figura 68: Reemplazo de elementos en mal estado del sistema eléctrico.....	74
Figura 69: Actividades de la repotenciación del caldero .....	75
Figura 70: Caldera después de la repotenciación .....	78
Figura 71: Antes y después del mantenimiento en motor del blower .....	79
Figura 72: Cronograma del mantenimiento en motor del blower.....	80
Figura 73: Reemplazo de válvulas de seguridad .....	81
Figura 74: Antes y después del mantenimiento en el sistema de aire comprimido.....	82
Figura 75: Cronograma de mantenimiento en el sistema de aire comprimido.....	82
Figura 76: Antes y después del mantenimiento del sistema eléctrico .....	83
Figura 77: Antes y después del reemplazo de válvulas de alimentación de agua .....	84

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Cronograma de actividades desarrolladas de proyecto técnico.....	75
Tabla 2. Presupuesto.....	76

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: INFORME No. IT-045-PRO .....	900
Anexo 2: REPORTE FOTOGRAFICO .....	966
Anexo 3 Ficha Técnica .....	1022
Anexo 4 Concreto Refractario.....	89
Anexo 5 Material de espejo .....	941
Anexo 6 Certificaciones de material para tubos .....	963
Anexo 7 Certificaciones de calificación de procedimiento .....	974
Anexo 8 Especificaciones del procedimiento de soldadura .....	1052
Anexo 9 Inspección por radiografía.....	106
Anexo 10 Procedimiento de soldadura.....	<b>¡Error! Marcador no definido.0</b>
Anexo 11 Registro de calificación de soldadura.....	<b>¡Error! Marcador no definido.2</b>

## INTRODUCCIÓN

Los procesos industriales tienden a ser fortalecidos integrando el uso de sistemas de automatización, por medio de dispositivos que faciliten el control, teniendo que realizar los mantenimientos correspondientes para extender la vida útil de los equipos.

La caldera es un dispositivo a presión, el cual tiene la función de transformar un fluido de base líquida a vapor, en este proceso se realiza la denominada transferencia de calor en donde el fluido se calienta, produciéndose el cambio de estado. Existen diferentes tipos de calderas, variando respecto a la capacidad, posición, tipo de combustible, etc.

La utilización del vapor en los procesos industriales será revisada de una forma muy minuciosa ya que debido a sus propiedades físicas y termodinámicas es necesario tener el caldero con un buen mantenimiento, para que potencien el sistema y generen ahorro de recursos, la caldera más eficiente es la cual se le ha dado el mantenimiento respectivo. La caldera nos está dando una generación de ahorro en costos de operación, la disminución ante el consumo energético y nos garantiza, seguridad, confiabilidad y la eficacia en cada proceso que se vaya a utilizar.

También es importante que se realicen los mantenimientos semestrales y/o anuales dependiendo de la necesidad del cliente para evitar daños en la caldera y perjudicar la producción de la empresa, también es importante contar con los respuestos originales de la misma caldera y que se pueda realizar una limpieza interna para que cumpla su función de forma óptima.

La repotenciación del caldero ha sido una de las mejores decisiones por parte de la empresa Procarsa, ya que desde antes del siniestro que se explica más adelante, tenía muchos paros, provocando desperdicios, disminución de calidad y deficiencia en la producción, solo por la falta de mantenimiento del mismo y el mal estado de sus elementos y era un riesgo constante para el personal que laboraba en dicha maquina industrial.

Después de la repotenciación se deberá aplicar un programa de mantenimiento que garantice el buen funcionamiento de la caldera, lo cual permitirá tener un mínimo de paradas no programadas y así se evitará altos costos de reparación

Se sugiere llevar un registro del funcionamiento de la caldera con las lecturas de presión y temperatura de combustible, presión de aire de atomización, presión de vapor, etc., ya que es importante monitorear estos valores y así poder actuar con rapidez ante cualquier anomalía que pueda evitar que el caldero trabaje correctamente.

Para el presente trabajo de titulación se optó por la repotenciación de una caldera Cleaver – Brooks, la cual pertenece a PROCARSA, que tiene como objetivo el producir empaques de cartón corrugado para la exportación de banano en el país creada en el año de 1965 por un grupo de inversionistas.

Actualmente PROCARSA ha mantenido sus niveles de producción, contando con todos sus equipos operativos para la fabricación de cartón corrugado y sus derivados, pero durante el tercer trimestre del año 2020 el caldero Cleaver-Brooks CB 600–800-300 (caldero #2) presentó fallas de funcionamiento.

El 2 de noviembre del 2021 PROCARSA sufrió daños por el incendio que se originó en el área de almacenaje de bobinas de papel ubicado en la ciudad de Duran, por lo que el caldero quedó fuera de servicio durante un periodo aproximado de 9 meses.

Debido a este problema varios equipos fueron sometido a estudios para su reparación integral por medio de un contratista teniendo como participe a la empresa DITEINCORP S.A.

Para esto se plantea la repotenciación mediante el trabajo técnico de un caldero Cleaver - Brooks - modelo: CB 600 – 800 – 300 perteneciente a la empresa PROCARSA, con el objetivo de mejorar el funcionamiento y rendimiento del equipo que generará el suministro de vapor para la fabricación de cartón corrugado.

En el trabajo de repotenciación de la caldera se implementó un cambio de espejos, planos para el nuevo espejo de la caldera, teniendo una validación para las soldaduras y pruebas no invasivas que están en la sección de anexo 7, un cambio en el sistema del banco de tuberías con un certificado del proceso mediante un evaluador externo que fue realizado por el laboratorio SENDRE CIA. LTDA.

En el presente documento se realiza un estado del arte en el marco teórico teniendo como antecedentes, elementos y detalles presentes en la repotenciación, también un detalle de los procesos para la optimización de la caldera, estos están descritos en el marco metodológico, teniendo como resultados un mejor rendimiento del caldero.

En el desarrollo del trabajo se abarca lo siguiente:

En el capítulo 1, se presentará el problema, su grado de importancia y los resultados que obtendremos con el desarrollo de este tema, en el mismo se efectuará la enunciación y los objetivos correspondientes.

El capítulo 2, es el desarrollo del marco contextual, los soportes teóricos y conceptuales del troubleshooting en una empresa productora de insumos de papel y cartón corrugado. El desarrollar un marco teórico nos permite una mejor comprensión de la problemática de este proyecto. En este capítulo se desarrollan los conceptos básicos referentes al troubleshooting. Posteriormente, se estudia y se definen las herramientas que serán utilizadas en la implementación física del proyecto técnico.

Mediante esta implementación se puede comprender mejor, cuáles son los pasos o procesos que se deben realizar para la repotenciación del caldero, adicional nos permite conocer cuáles son los puntos críticos que deben ser tomados en cuenta durante el mantenimiento. Por tanto, fue necesario identificar los puntos más importantes y con estos se realizó el diagrama de procesos, antes y después de la implementación de las herramientas, con la finalidad de optimizar los tiempos del mantenimiento.

En el capítulo 3, es el desarrollo del marco metodológico donde se plantean los recursos empleados en la repotenciación, los análisis y pruebas no invasivas al hogar del caldero y el cronograma de actividades desarrolladas.

En el capítulo 4, se detallan los resultados del proyecto, evidencias de la repotenciación un estudio del antes y después de la implementación del presente proyecto.

Finalmente, en el capítulo 5 se presentan las respectivas conclusiones y recomendaciones del proyecto.

# CAPÍTULO 1

## EL PROBLEMA

### 1.1 Antecedentes

En 1965 un grupo de inversionistas constituyen PROCARSA con el objetivo de producir empaques de cartón corrugado para la exportación de banano en el país.

En el año 1981 inicia una nueva era en la compañía, cuya meta era llevarla a ser la industria principal de cartón corrugado en el Ecuador, teniendo que en 1991 se definen estrategias de crecimiento, lo cual resultó en el traslado de las operaciones al cantón Duran, nuevo centro industrial de la provincia del Guayas.

En 1994, la compañía DOLE adquiere el total de las acciones de PROCARSA, integrándola a su red mundial de negocios, posteriormente en octubre del 2009, DOLE vendió las acciones de PROCARSA a la empresa comercializadora de cartones y papeles SURPAPEL S.A.

A la actualidad la compañía se ha consolidado como una de las principales firmas cartoneras del país, abasteciendo sus productos a los más importantes exportadores del Ecuador. Su capacidad de producción bordea el 65% de su capacidad instalada (180 mil TM anuales), lo que releva un potencial de expansión.

Actualmente Procarsa ha mantenido sus niveles de producción, contando con todos sus equipos operativos para la fabricación de cartón corrugado y sus derivados, pero durante el tercer trimestre del año 2020 el caldero Cleaver-Brooks CB 600-800-300 (caldero #2) presentó fallas de funcionamiento y sufrió daños por el incendio que se originó en el área de almacenaje de bobinas de papel, por lo que quedo fuera de servicio durante un periodo aproximado de 9 meses. Debido a esto el equipo fue sometido a un estudio para su reparación integral.

Una vez que se realizó el análisis del estado del caldero se definieron los siguientes puntos críticos:

1. Cambio integral de tuberías de caldero
2. Servicios de ensayo no destructivos.
3. Reconstrucción refractaria de puerta posterior
4. Mantenimiento anual calderas 400-1000 BHP
5. Reparación hogar caldero
6. Mantenimiento preventivo de motor de blower

7. Reemplazo de válvula de seguridad
8. Mantenimiento preventivo de motor del compresor de aire atomización
9. Cambio de elementos eléctricos en mal estado.

## **1.2 Justificación del Problema.**

Esta empresa cartonera se ha mantenido siempre en un rango superior a otras empresas relacionadas, uno de los objetivos es seguir trabajando por ser una empresa socialmente responsable y esto implica, realizar conexiones con otras empresas que estén en la misma línea de valores, además de respetar y seguir las regulaciones impuestas por el Estado Ecuatoriano.

Procarsa es una empresa dedicada también a la exportación e importación de todo tipo de cartón papel, entre otros. Una de sus cualidades es que provee materiales debidamente calificados, comprometiéndose así a ser una empresa responsable con el ambiente.

Debido a su constante demanda de productos y por la producción que se veía afectada, se tomó la decisión de realizar el mantenimiento correctivo al caldero Cleaver – Brooks que llevaba sin funcionar varios meses para así solucionar los problemas mencionados.

Una vez tomada la decisión de realizar la reparación, la empresa Procarsa se vio en la necesidad de buscar una empresa especialista con experiencia y hacer contrataciones de proveedores para cubrir el mantenimiento del caldero Cleaver – Brooks, se tiene que mencionar que para el proceso se tenían que pagar materiales y mano de obra a la empresa contratista.

“La principal ventaja de un mantenimiento correctivo es que permite recuperar un equipo en mal estado, con esto se puede alargar la vida útil de la maquinaria por medio del cambio de las piezas defectuosas y la corrección de los fallos que

presenta”. Como se menciona, que se permite alargar la vida útil de la maquinaria, otra herramienta disponible para este efecto es realizar un mantenimiento preventivo, lo cual ayudará a identificar los problemas antes de que sea necesario aplicar el mantenimiento correctivo.

Esto consiste en un proceso de planeación dentro del cual se programará el mantenimiento, donde se deben cambiar elementos en mal estado y consumibles en

el caldero, así se disminuyen las posibilidades de fallas y se reducen los tiempos de para del caldero, lo cual va a incrementar la operatividad de este.

### **1.3 Grupo Objetivo (Beneficiario)**

Como principales beneficiarios constan los autores de este proyecto técnico, el cual servirá para obtener el título y poder ejercer como Ingenieros Industriales en base a los conocimientos adquiridos dentro de la Universidad Politécnica Salesiana. Así demostraremos la experiencia que la Universidad nos otorgó y dentro de nuestro ámbito laboral a futuro realizar nuevos proyectos.

La Compañía Procarsa S.A. es el segundo beneficiario ya que al estar operativo el caldero, van a poder suministrar o cumplir con la demanda de vapor que tienen las máquinas para la fabricación de cartón corrugado.

Como tercer y último beneficiario se puede nombrar a la comunidad de empresas que utilizan productos de cartón y sus derivados para la exportación de sus productos.

### **1.4 Delimitación**

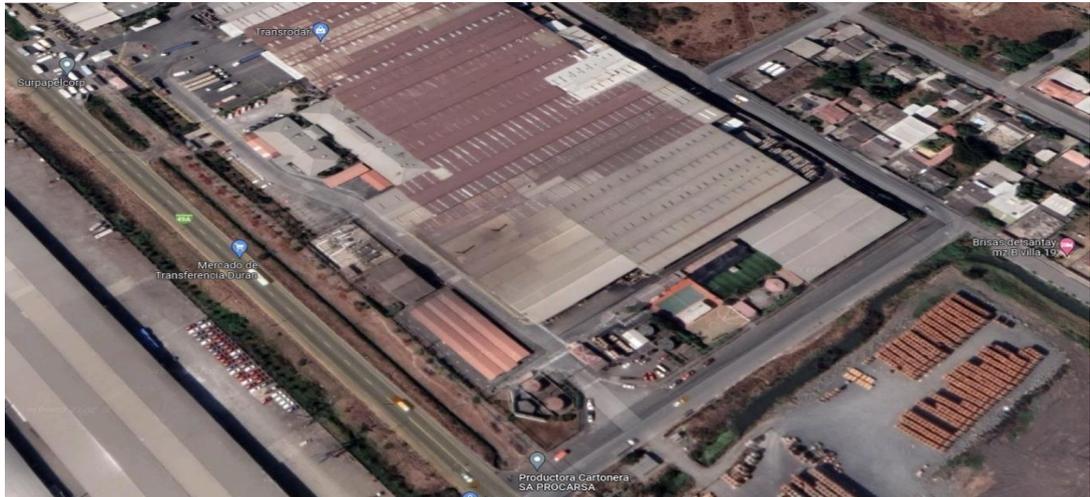
#### **1.4.1 Delimitación Temporal**

El tiempo de duración estipulado fue de seis meses a partir de la aprobación de este proyecto por parte de las autoridades de Procarsa S.A. Inicialmente se lograron registrar los puntos problemáticos para así, identificar las técnicas que se deben utilizar para obtener los mejores resultados durante el mantenimiento.

#### **1.4.2 Delimitación Geográfica**

El proyecto se desarrolló en una planta productiva de insumos ubicada en la ciudad de Guayaquil.

**Figura 1 : Ubicación Geográfica**



Fuente: *Autores*

### **1.4.3 Delimitación Académica**

Las materias que permiten realizar este proyecto son:

- Fundamentos de Materiales
- Ingeniería de Métodos
- Resistencia de Materiales
- Seguridad e Higiene
- Mantenimiento
- Supervisión Industrial
- Administración de Proyectos
- Gestión de Calidad.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Realizar el estudio técnico de la repotenciación y el mantenimiento del caldero Cleaver Brooks - modelo: CB 600–800-300 para su puesta en línea.

### **1.5.2. Objetivo Específicos**

- Realizar la investigación de los datos técnicos necesarios para el montaje y proceso de soldadura del nuevo espejo posterior del caldero.
- Realizar la investigación de los datos técnicos para el montaje y proceso de soldadura del nuevo banco de tuberías.

Realizar el estudio técnico para realizar la reconstrucción del material refractario de la puerta posterior y del calderín.

Realizar el estudio técnico para la ejecución del mantenimiento periódico del caldero y sus periféricos en base a las recomendaciones del fabricante. Realizar el estudio técnico para efectuar la reparación del sistema eléctrico y reemplazo de partes de equipos averiados.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

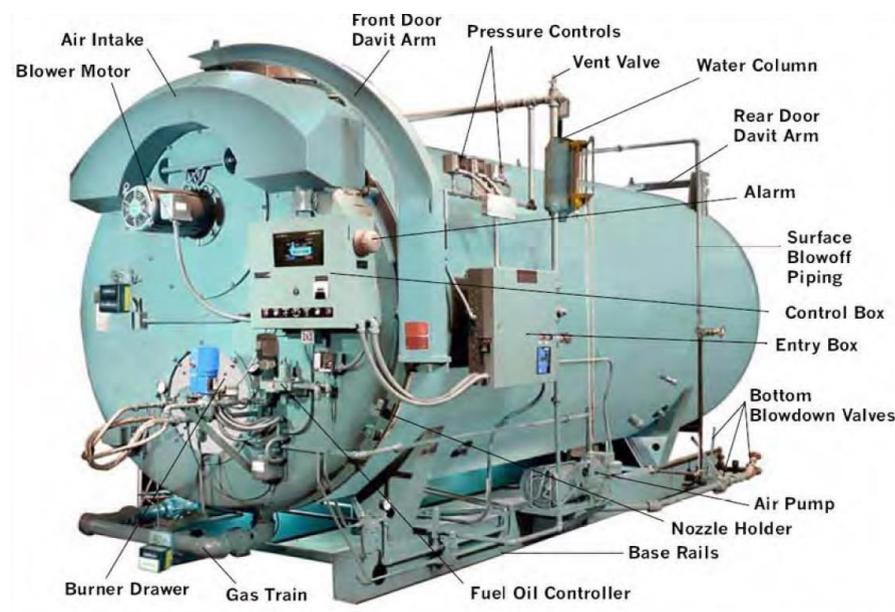
#### 2.1 Caldera

Una caldera es una maquina cuya principal función es la de generar grandes cantidades de vapor de agua, entrando en la clasificación de sistemas de calefacción, que tienen como principio la circulación del calor dentro de un espacio cerrado (Aguirre-Díaz, 2006).

#### 2.2 Partes de una caldera

En la Figura 2 se detalla la estructura de una caldera y el funcionamiento interno tomando de referencia el trabajo (Colcha Cambal, 2014).

**Figura 2: Partes de una caldera**



Autor: (Colcha Cambal, 2014).

### **2.2.1. Quemadores**

Son los equipos que generan la combustión dentro de la caldera, y su tipo dependerá del tipo de combustible que consuma, para una caldera un quemador tipo pistola, tiene varios componentes eléctricos como el transformador que eleva el voltaje de 240 V a 10.000 V, los electrodos que son los que reciben la señal del transformador y generan la chispa para el encendido de la llama piloto, la fotocelda que es el dispositivo que va a sensor y controlar el encendido de la llama principal y dará la señal para que encienda la bomba de combustible que alimentará al quemador (Maldonado, 2017)

### **2.2.2. Hogar**

El hogar de una caldera, también conocido como la cámara de combustión, es la zona de la caldera donde se lleva a cabo la combustión, dando lugar a altas temperaturas y donde se genera el calor necesario para lograr la ebullición del agua (Moreno Velasco, 2013).

### **2.2.3. Circuito de humos**

Se trata de la zona en donde se produce el intercambio de calor o intercambio de energía entre los gases de combustión y el agua (Iriarte, 2001).

### **2.2.4. Caja de humos**

Es el lugar en donde son llevados los gases de combustión, luego de pasar por el circuito de humos, y en donde son redirigidos hacia la chimenea (Mellado, 2010).

### **2.2.5. Chimenea**

Por lo general, es una tubería o varias tuberías por donde los gases de combustión son expulsados a los alrededores del sistema (Llumiyinga, 2021).

### **2.2.6. Salida de agua**

Es por donde sale el agua que no llega a convertirse en vapor, luego del intercambio térmico (Levenspiel, 2014).

### 2.2.7. Circuito del agua

Es el lugar donde el agua eleva su temperatura y cambia de fase a vapor por conducción, a través de las paredes que la contienen (McCabe, 2016).

### 2.2.8. Cámara de vapor

Es donde se almacena el vapor que luego sale al sistema industrial mediante tuberías (Gonzales Lecaros, 2014).

### 2.2.9. Salida de vapor

Es por donde el vapor sale directamente a la industria, para ser utilizado como fuente de calor (Marbán Macías, 2017).

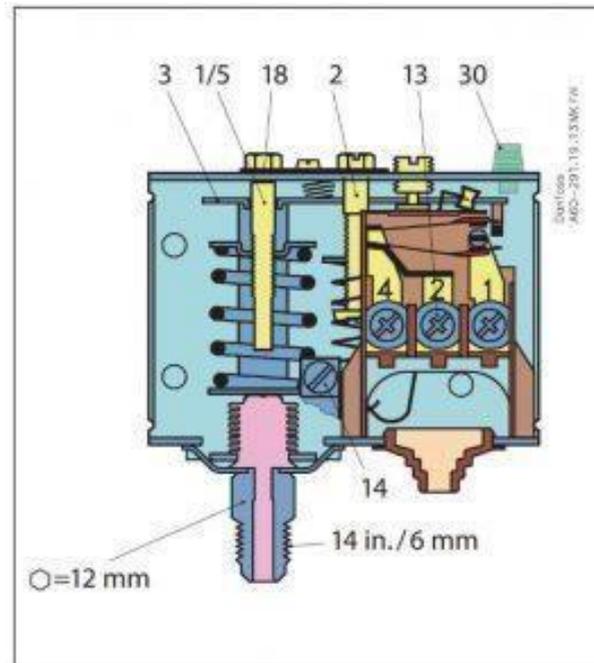
## 2.3. Presostatos

El presostato, también conocido como **interruptor de presión**, es un dispositivo electromecánico que tiene como función abrir o cerrar circuitos en función a la presión ajustada (Rodríguez Ramírez, 2014).

El funcionamiento es simple, primero debemos de regular el presostato a la presión que deseamos que se active. Esta regulación se hace mediante un tornillo que por lo general se encuentra en la parte superior, dependiendo del fabricante una cantidad de vueltas representa una determinada presión ejercida sobre el muelle interno (Chambi Pereyra, 2021).

En la Figura 3 se detalla los elementos del presostato que va instalado en la tubería por donde pasa el fluido que vamos a sensor, en el que el fluido aplicará cierta presión y esta, al igualar a la presión del muelle provocará que se cierren los contactos del elemento, teniendo que cuando la presión caiga por debajo de la presión del muelle, entonces los contactos se abrirán.

**Figura 3: Componentes del presostato**



Fuente: (Chambi Pereyra, 2021).

Donde:

1. Tornillo ajuste de presión
2. Tornillo de ajuste diferencial
3. Muelle o brazo principal
13. Terminales eléctricos de alimentación y control
14. Terminal de tierra
30. Botón de reset

## 2.4. Tipos de calderas

### 2.4.1. Calderas de gasoil

Su uso y fabricación se han reducido debido al avance de otros modelos y sobre todo por la alta contaminación que genera la quema de gasoil. Sin embargo, este tipo de calderas se siguen usando en lugares retirados como haciendas o espacios sin acceso a gas natural o gas propano. En este tipo de caldera el agua se calienta en las tuberías gracias a la combustión de gasoil, teniendo ventajas ya que son económicas y eficientes, pero, como mencionamos antes, son más contaminantes que las calderas de gas natural (Yerro Lizarazu, 2018).

**Figura 4: Calderas de gasoil**



Fuente: (Yerro Lizarazu, 2018)

### 2.4.2. Calderas eléctricas

Estas calderas cuentan con un elemento eléctrico (termostato), el cual se calibra para que encienda o apague las resistencias eléctricas. El vapor de este tipo de caldera se logra a través de energía eléctrica. Es un sistema de calefacción usado por hogares y sectores urbanos.

**Figura 5: Calderas eléctricas**



Fuente: *(Yerro Lizarazu, 2018)*

#### **2.4.3. Calderas de biomasa**

Utilizan como combustible elementos de desechos, considerados biomasa: madera, cáscaras, huesos vegetales. Son un tipo evolucionado de calderas que permiten generar un mínimo de contaminación en comparación con otros modelos.

**Figura 6: Calderas de biomasa**



Fuente: *(Yerro Lizarazu, 2018)*

#### 2.4.4. Calderas de gas y gas natural

Son las más utilizadas a nivel mundial, especialmente en departamentos y viviendas, y a través del tiempo se han perfeccionado alternativas y mejoras en lo referente a consumo de combustible y contaminación.

**Figura 7: Calderas de gasoil**



Fuente: (Yerro Lizarazu, 2018)

#### 2.4.5. Calderas de vapor

Para aumentar todavía más la eficiencia, algunas calderas limitan la temperatura del agua a unos 50 °C. Esta opción, aunque aumenta el tiempo de encendido de la caldera, reduce considerablemente su consumo ya que no necesita mucha potencia, además de facilitar la condensación (Ferreiro Torres, 2016).

La eficiencia de este tipo de equipos es tan importante que ya se han tomado medidas legales para prohibir las calderas más derrochadoras e inseguras, que desde 2010 está prohibida la venta de calderas de baja eficiencia que no tienen ningún sistema ahorrador, las que funcionaban con carbón como combustible, y las llamadas calderas atmosféricas, es decir, las que realizaban la combustión en contacto con el aire de la habitación en la que estaba el equipo (Cameron, 2017).

**Figura 8: Calderas de vapor**



Fuente: BOSCH (*bosch*)

#### 2.4.6. Calderas peritubulares o de tubos de humo

Está formada por un cuerpo cilíndrico de disposición horizontal, incorpora interiormente un paquete multitubular de transmisión de calor y una cámara superior de formación y acumulación de vapor, el hogar y los tubos están completamente rodeados de agua, la llama se forma en el hogar pasando los humos por el interior de los tubos de los pasos siguientes para finalmente ser conducidos hacia la chimenea, una de sus desventajas es que presentan una elevada pérdida de carga en los humos (ANTONIO, 2013).

**Figura 9: Calderas de gasoil**

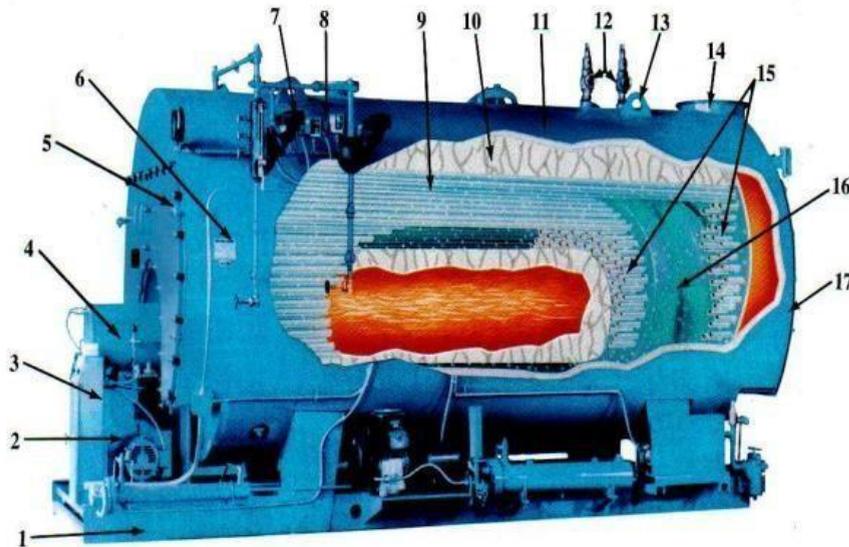


Fuente: (*Yerro Lizarazu, 2018*)

### 2.4.6.1. Componentes de una caldera de tubos o peritubulares

En la Figura 10 se detallan los elementos de la caldera peritubular, la cual pertenece a la caldera que se realiza la repotenciación.

**Figura 10: Componentes de caldera tubular**



Fuente: (Yerro Lizarazu, 2018)

- 1.- La base de la caldera está hecha de acero y tiene rodillos que facilita su traslado y ayuda a la distribución equilibrada de peso.
- 2.- El quemador fue instalado en un borde de la base lo cual la hace compacta.
- 3.- Posee un tablero que contiene las borneras y contactos en donde se distribuyen tanto las señales de los sensores ubicados en las calderas como las señales de salidas y entradas del PLC y los voltajes de alimentación (110v, 24 vdc).
- 4.- La caldera tiene un quemador de combustible (fuel oil #6 - bunker) y este fue diseñado para que funcione de manera óptima en conjunto con el blower.
- 5.- La puerta delantera posee aislamiento térmico y con bisagras que permiten la inspección y mantenimiento de manera fácil.
- 6.- Placa con información y características de la caldera.

- 7.- La caldera tiene sistemas de protección tanto del accionamiento de la bomba por nivel de agua y del corte por bajo nivel de agua, estos sensores evitan que la caldera funcione sin agua.
- 8.- Cuenta con sensores de control, modulación y alta presión que permiten una eficiente utilización del combustible y la operación segura de la caldera.
- 9.- Los tubos que componen los pasos (2do, 3er y 4to) en el interior la caldera son de acero de 2 pulgadas de diámetro.
- 10.- En el interior de la caldera existe un amplia área (domo) que asegura la calidad de vapor seco.
- 11.- El caldero está revestido con un material de aislamiento de fibra mineral que evita la pérdida de temperatura y aumenta la eficacia del sistema.
- 12.- El caldero posee dos válvulas de seguridad de vapor o válvulas de alivio de agua.
- 13.- El caldero tiene dos agarraderas de acero que permiten el fácil izaje de la caldera para su montaje o desmontaje.
- 14.- Los gases residuales que se generan por la combustión, fluyen a través de los pasos para su evacuación y aprovechamiento por medio de la chimenea.
- 15.- La caldera posee varios pasos (recorrido de los gases de combustión), en cada uno existen paquetes de tubos y cada paso está separado por un baffle para evitar tensiones peligrosas.
- 16.- El agua que en su mayoría se aloja en la parte interna baja del cuerpo de la caldera permite el mayor intercambio de calor aumentando la eficiencia de esta.
- 17.- Tiene una puerta posterior que se encuentra construida con material refractario (concreto refractario y cemento aislante).

## **2.5. Tipos de mantenimientos**

En la industria en general existen decenas de empresas de diferentes tecnologías que utilizan equipos generadores de vapor para sus procesos de producción. Los daños y problemas mecánicos, eléctricos, de control, etc., son muy comunes en estas máquinas, lo que podría provocar situaciones de peligro a sus operadores y

trabajadores de áreas cercanas, si no realiza el debido mantenimiento y la correcta operación. Es entonces necesario que una entidad que domine los principios de funcionamiento y operación de los generadores de vapor, se realice los estudios técnicos necesarios de todos los segmentos del caldero que necesiten mantenimiento, ya sea preventivo y/o correctivo, de manera que se reduzca el porcentaje de las situaciones de riesgo y que aumente la eficiencia de este equipo.

### **2.5.1. Mantenimiento Predictivo**

Ocurre antes de que se presente una falla y consiste en la revisión periódica de ciertos aspectos ya sea de hardware o software de cualquier equipo o dispositivo. El principal objetivo de este mantenimiento es evitar las consecuencias de los fallos imprevistos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento predictivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento predictivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran. Además, debemos agregar que el mantenimiento preventivo en general se ocupa en la determinación de condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de un equipo en mención, este tipo de mantenimiento nos ayuda en reducir los tiempos que pueden generarse por mantenimiento correctivo (Prieto, 2016)

#### **2.5.1.1 Mantenimiento Preventivo**

El estudio de fallas de un equipo deriva dos tipos de averías; aquellas que generan resultados que obliguen a la atención de los equipos mediante Mantenimiento Correctivo y las que se presentan con cierta regularidad y que ameriten su prevención (Prieto, 2016).

El mantenimiento preventivo es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la periodicidad de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas críticas, probabilidad de aparición de averías, vida útil, y otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o evitar la presencia de fallas. El mantenimiento preventivo es el conjunto de acciones necesarias para conservar un equipo en buen estado independientemente de la aparición de las fallas (Prieto, 2016).

Este tipo de mantenimiento busca asegurar que las condiciones normales de operación de un elemento, equipo o sistema sean cumplidas, es decir, que el equipo esté libre de polvo, que sus lubricantes conserven sus características y que sus elementos consumibles tales como filtros, mangueras, correas, etc., sean sustituidas dentro de su vida útil (Prieto, 2016).

### **2.5.1.2 Mantenimiento Correctivo**

Comprende las actividades de reparación y mantenimiento para corregir las fallas de una manera integral a mediano plazo. Las acciones más comunes que se realizan son: modificación de alternativas de proceso, modificación de elementos de máquinas, cambios de especificaciones, ampliaciones revisión de elementos básicos de mantenimiento y conservación (Prieto, 2016).

Este tipo de actividades es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento y/o entes foráneos, dependiendo de la magnitud costos, especialización necesaria; su intervención tiene que ser planificada y programada en el tiempo para que su ataque evite paradas injustificadas (Prieto, 2016).

## **2.6. Metodología 5s**

En un estudio de (Reyes, 2017) denominado “La Metodología 5S como estrategia para la mejora continua en industrias del Ecuador y su impacto en la Seguridad y Salud Laboral” que se puede representarse como un sistema que posibilita la creación de las condiciones necesarias para la implementación de nuevas soluciones técnicas; se basa en ideas innovadoras, la optimización del espacio de trabajo y el proceso de producción se realizan también; adopta un enfoque sistemático que implica el trabajo en equipo, incluyendo la participación de todos los empleados, y se centra en la aplicación total de la organización del trabajo y la adaptación del espacio de trabajo.

Se denomina como la metodología de las 5s debido a las iniciales de las palabras japonesas: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke que significan clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina.

## **2.7. Los 5 pasos del 5s**

### **2.7.1. Seiri: Organizar y Seleccionar**

La aplicación de las acciones Seiri preparan los lugares de trabajo para que estos sean más seguros y productivos, está relacionado con la seguridad, ante la presencia de elementos innecesarios, el ambiente de trabajo es tenso, impide la visión completa de las áreas de trabajo, dificulta observar el funcionamiento de los equipos y máquinas, las salidas de emergencia quedan obstaculizadas haciendo todo esto que el área de trabajo sea más insegura (Pérez Sierra, 2017).

### **2.7.2. Seiton: Ordenar**

Consiste en ordenar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad, aplicando la segunda de las 5s, tendrá el beneficio de encontrar fácilmente lo que estamos buscando, aumentando nuestra agilidad en el trabajo y por tanto nuestra productividad (Delgado Loor, 2020).

### **2.7.3. Seiso: Limpiar**

Implica la implementación de labores de limpieza en el espacio en el que se cumplen los procesos, el hecho de disponer espacios aseados implica la eliminación de los obstáculos y por ende, de los riesgos de accidentes, la limpieza es una compromiso compartido por toda la organización. Cada miembro, en su propia zona de trabajo (García Mimbela, 2019).

### **2.7.4. Seiketsu: Mantener la Limpieza**

Es el cuarto paso del método 5S. Significa "limpieza estandarizada". Se deriva del paso de una única vez *Seiso* el cual hizo que la fábrica "brillara de limpia" y estableció el estándar para la limpieza (Acosta Chávez, 2019).

### **2.7.5. Shitsuke: Rigor en la aplicación de consignas y tareas**

Realizar la auto inspección de manera diaria. Cualquier momento es bueno para revisar cómo estamos con respecto a la aplicación de los 5 pasos ya mencionados. Instaurar hojas de control, mejorar los patrones de las actividades realizadas con el fin de aumentar la fiabilidad de los medios y el buen funcionamiento de los equipos. En definitiva, ser dedicados y responsables para mantener una buena eficiencia en la aplicación de la metodología de las 5s (Sacristán, 2005).

Figura 11: Metodología aplicativa de las 5S.

	1 Limpieza inicial	2 Optimización	3 Formalización	4 Continuidad
<b>Organización y selección</b>	Separar lo que sirve de lo que no sirve	Clasificar lo que sirve	Implantar normas de orden en el puesto	Estabilizar y mantener lo alcanzado en las etapas anteriores  Practicar la mejora  Cuidar el nivel de referencia alcanzado  Evaluar (Auditoría 5S)
<b>Orden</b>	Tirar lo que no sirve	Definir la manera de dar un orden a los objetos	Colocar a la vista las normas así definidas	
<b>Limpieza</b>	Limpiar las instalaciones/ máquinas/ equipos	Identificar focos de suciedad y localizar los lugares difíciles de limpiar y buscar una solución	Buscar las causas de suciedad y poner remedio para evitarlas	
<b>Mantener la limpieza</b>	Eliminar todo lo que no sea higiénico	Determinar las zonas sucias	Implantar y aplicar las gamas de limpieza	
<b>Rigor en la aplicación</b>	Acostumbrarse a aplicar la 5S en el seno del puesto de trabajo y respetar los procedimientos en vigor en el lugar de trabajo			

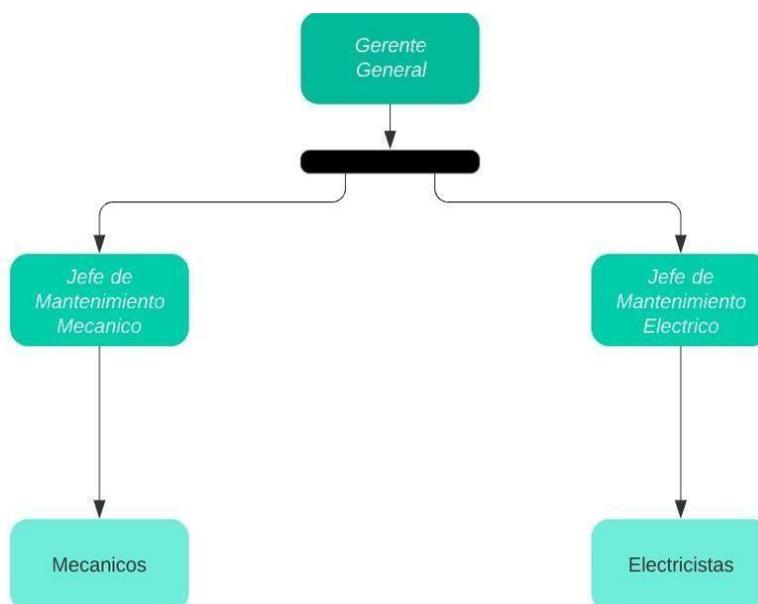
Fuente: Orden y limpieza en el puesto de trabajo (Sacristán, 2005)

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

En el planteamiento del presente proyecto para la repotenciación de un caldero Cleaver Brooks se toma en cuenta el organigrama de la Figura 12 donde se integran los departamentos de mantenimiento, mecánico y departamento eléctrico.

**Figura 12: Organigrama del departamento de mantenimiento**



Fuente: Autores

### 3.1. Función del departamento de mantenimiento

Dentro de la división de tareas que comprende una empresa organizada, el departamento de mantenimiento se encarga de utilizar efectivamente las instalaciones existentes, estableciendo sistemáticamente un servicio técnico que resulte eficiente, eficaz, seguro y económico de todos los activos industriales.

El departamento de mantenimiento pone en marcha actividades que deben ser desarrolladas en orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica, los equipos de producción, herramientas y demás componentes activos, de las diferentes instalaciones de una empresa.

Desde este punto de vista se piensa que el éxito de la empresa, no se reduce sólo a la inversión en nuevas líneas de producción y a la transferencia de modernas tecnologías, sino que es indispensable utilizarlas de manera que se optimice el rendimiento y la vida útil de los elementos activos, dado que pueden dañarse, estando expuestos a desgastes por el uso, paso del tiempo y accidentes laborales. Por lo tanto, estamos hablando de que el fin es la conservación del servicio en general.

En concreto, uno de los objetivos generales del área, sería disminuir los paros por fallas imprevistas en la cadena de producción, las cuales van surgiendo a medida que avanza el desarrollo tecnológico, dado que las instalaciones se vuelven cada vez más complejas y automatizadas. Aumentar la inversión en cuanto al mantenimiento de los equipos productivos ayudaría en buena parte, a minimizar el costo total de la producción, evitando grandes pérdidas.

La importancia del mantenimiento procede, por tanto, de la necesidad de contar con un departamento que permita restablecer rápidamente las condiciones de operación ideal, para reducir al mínimo las pérdidas de producción y a su vez aumentar la seguridad de los operarios.

En la implementación del proyecto se toman en cuenta los mantenimientos mecánico y eléctrico para la repotenciación de la caldera en PROCARSA.

### **3.2. Mantenimiento Mecánico**

Es una categoría dentro de la gestión de mantenimiento que abarca el mejoramiento de la eficiencia de la maquinaria, el desarrollo de los procedimientos de mantenimiento mecánicos y da garantía de la implementación a la realización de inspecciones de las instalaciones para identificar y solucionar problemas para la comprobación de sistemas mecánicos de la empresa para asegurar la funcionalidad (Lovera Bello, 2015).

Realiza los estudios y mantenimientos de rutina a los equipos, examina y diagnostica las averías de los equipos y vehículos además identifica el modo de repararlas, examina las partes del equipo para solicitar las piezas de repuesto y montarlas, brinda un informe detallado de las reparaciones realizadas. Este tipo de actividades es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento y/o entes foráneos, dependiendo de la magnitud costos, especialización (Pita Endara, 2010)

### 3.3 Mantenimiento eléctrico

Es una categoría donde los electricistas de mantenimiento trabajan en empresas manufactureras y de ingeniería, en el mantenimiento y reparación de máquinas y equipos eléctricos, sus tareas son las de realizar inspecciones en el equipamiento eléctrico de cara a facilitar la detección de estos posibles problemas en su rendimiento, bien mediante acciones correctivas

Realizan las planificaciones y controlan las actividades de los mantenimientos eléctricos de las instalaciones eléctricas en media y baja tensión dentro de la empresa y analiza las operaciones de grupos, los paneles eléctricos en el sistema, gestiona los trabajos de mantenimiento eléctrico de los equipos e instalaciones semanal como mensualmente en la planta, supervisa las actividades técnicas y administrativas del área (Palma Diaz, 2018).

#### 3.3.1 Material del espejo

El espejo consta del material denominado TE WATE® 20/35 es un moldeable aislante excelente con una densidad muy baja y un alto valor aislante, este material exhibe muy poca contracción y es un excelente material de respaldo, en la Figura 13 se muestra el análisis químico del material del espejo, en la sección de Anexo 5 se detalla su hoja de datos.

**Figura 13: Análisis químico del material del espejo**

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
23.3	0.5	35.1	7.9	25.7	5.2	1.1	1.2

Fuente: Autores

#### 3.3.2 Concretos refractarios para reparación del espejo

Para la reparación del espejo se utilizó el concreto refractario que está compuesto por sus agregados (comúnmente sílice y alúmina), ofrece una alta resistencia al calor generado por la combustión, además de un buen aislamiento.

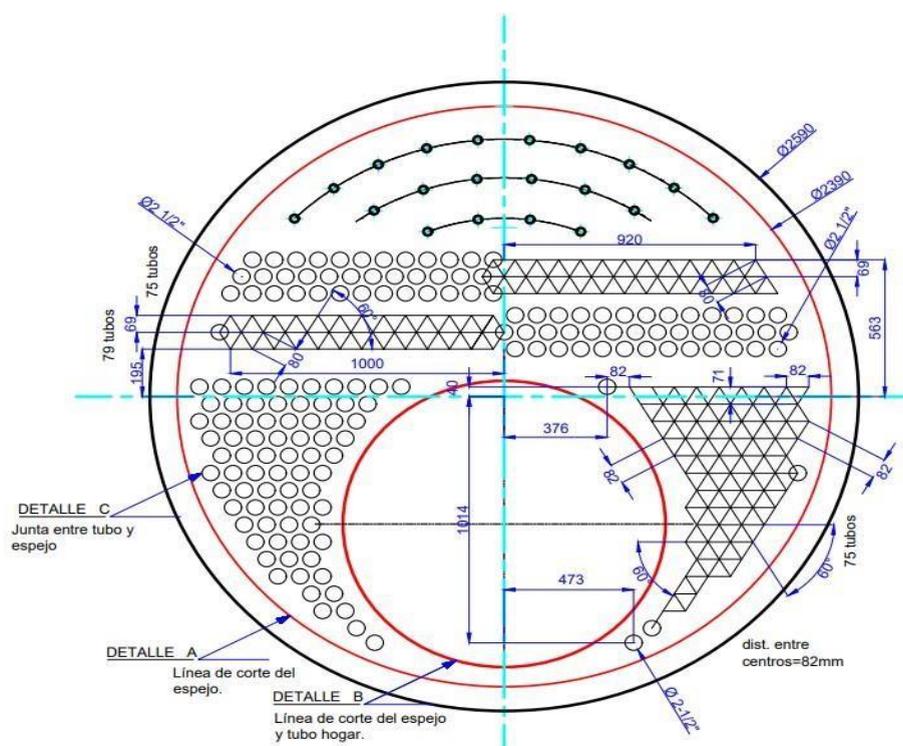
Teniendo que el cemento refractario o aluminoso es la base para preparar el concreto refractario, contiene elementos que lo vuelven resistente al calor en el Anexo 4 se detalla los materiales del compuesto utilizado en el proceso de repotenciación de la caldera basados en un estudio de producción industrial, utilizando los procedimientos descritos en las Normas Técnicas Colombianas NTC.

### 3.4. Estudio técnico para el cambio de espejo posterior

En el planteamiento del presente proyecto técnico, primero se realiza un análisis de las partes a reparar en la repotenciación, para luego completar los trabajos que se detallan a continuación.

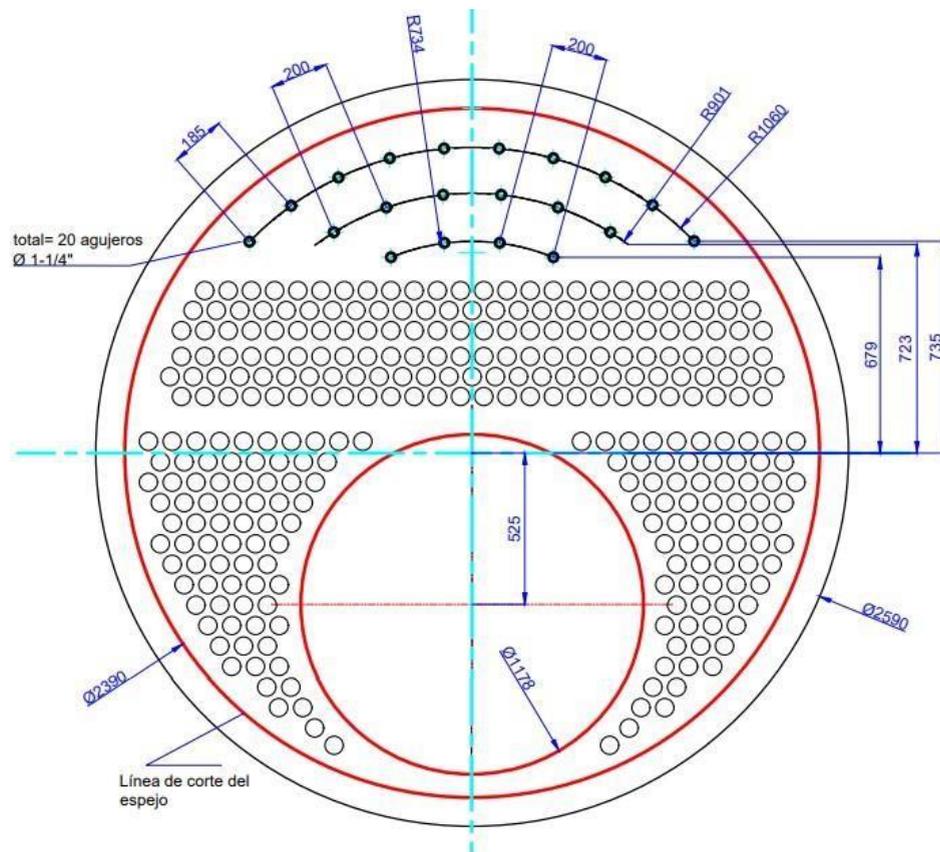
Mediante una solicitud realizada a PROCARSA referente a un caldero Cleaver Brooks se plantea el cambio de los componentes en el espejo posterior realizando un mantenimiento y reemplazo del espejo en base al modelo CB 600-800-300, en la Figura 14 se muestra los planos de las dimensiones del nuevo espejo de la caldera.

**Figura 14: Dimensiones del corte de espejo nuevo Frontal**



Fuente: Autores

**Figura 15: Dimensiones del corte de espejo nuevo**



Fuente: Autores

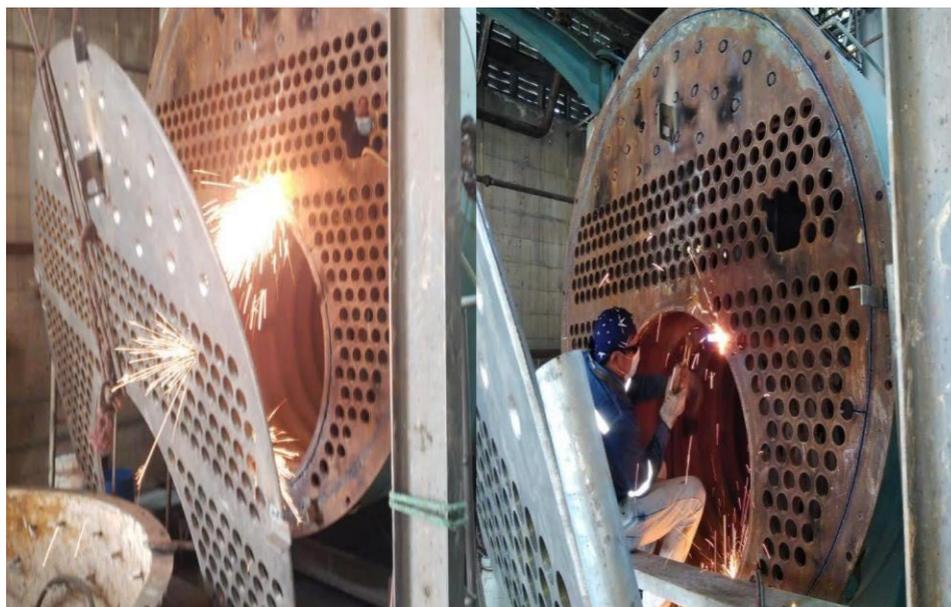
**Figura 16: Diseño y corte de espejo nuevo.**



Fuente: Autores

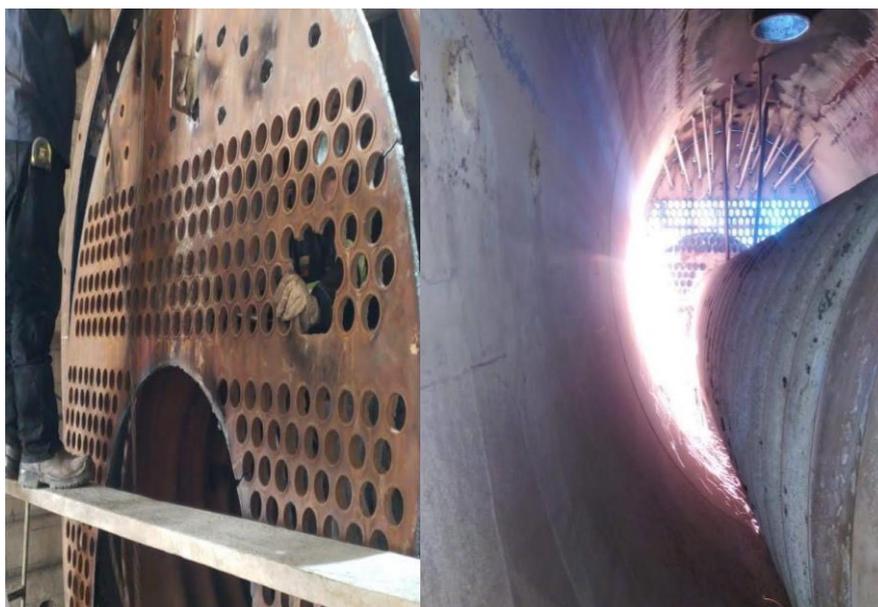
Para el reemplazo del espejo es necesario realizar un corte en el contorno de la caldera con el espejo como se muestra en la Figura 17 y 18.

**Figura 17: Corte de contorno de espejo en mal estado**



Fuente: Autores

**Figura 18: Corte del espejo**



Fuente:  
Autores

Al momento del desmontaje que se muestra en la Figura 19, se aprecia un deterioro en la parte interna del espejo el cual cumplió su vida útil.

**Figura 19: Desmontaje del espejo en mal estado.**

**Figura 19: Desmontaje del espejo en mal estado.**



Fuente: Autores

En la separación total del espejo, es necesario preparar el contorno de la caldera con una nueva junta de soldadura que reemplace el material anterior para acoplarse con el nuevo espejo como se muestra en la Figura 20.

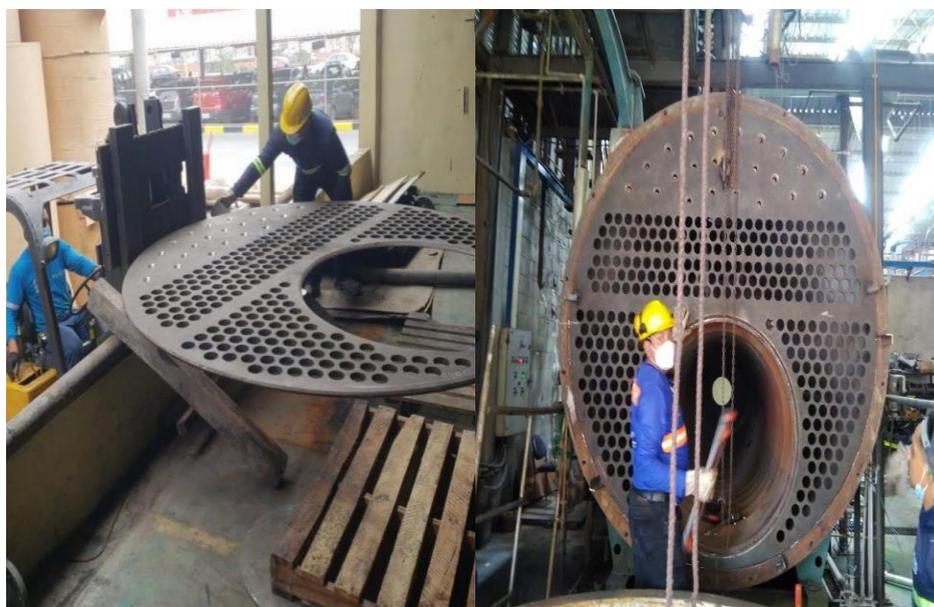
**Figura 20: Preparación de la junta del contorno de corte del material antiguo con el espejo nuevo**



Fuente: Autores

En el montaje del espejo nuevo que se muestra en la Figura 21 es necesario realizar un balance o calibración de la posición con el hogar del caldero.

**Figura 21: Montaje de espejo nuevo.**



Fuente: Autores

Después de colocar los espejos es necesario realizar una alineación como se detalla en la Figura 22.

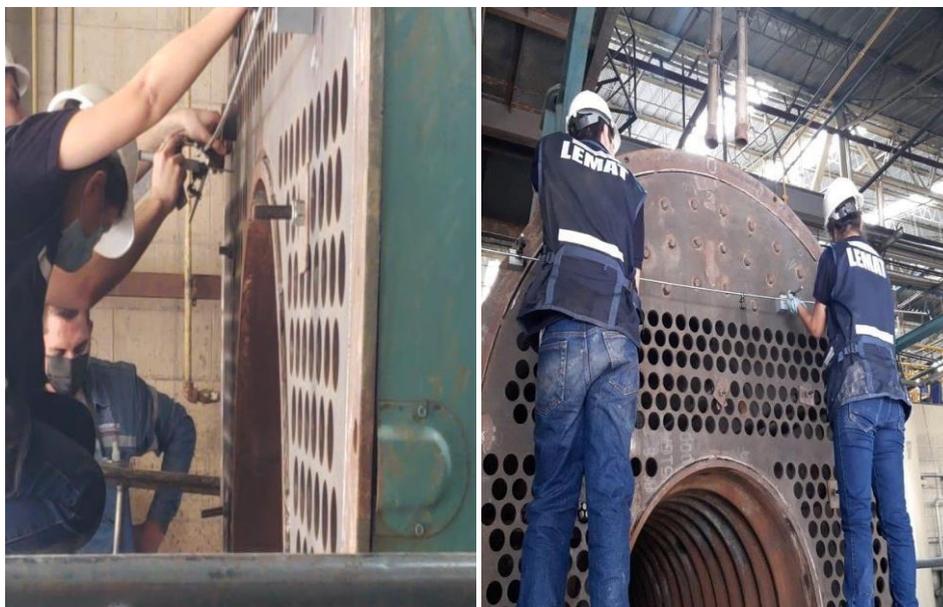
**Figura 22: Alineación de espejo nuevo**



Fuente: Autores

Es necesario realizar una prueba de planicidad, teniendo una tolerancia a la zona de instalación de 0.1mm siguiendo las líneas anteriores del espejo cambiado como se detalla en la Figura 23.

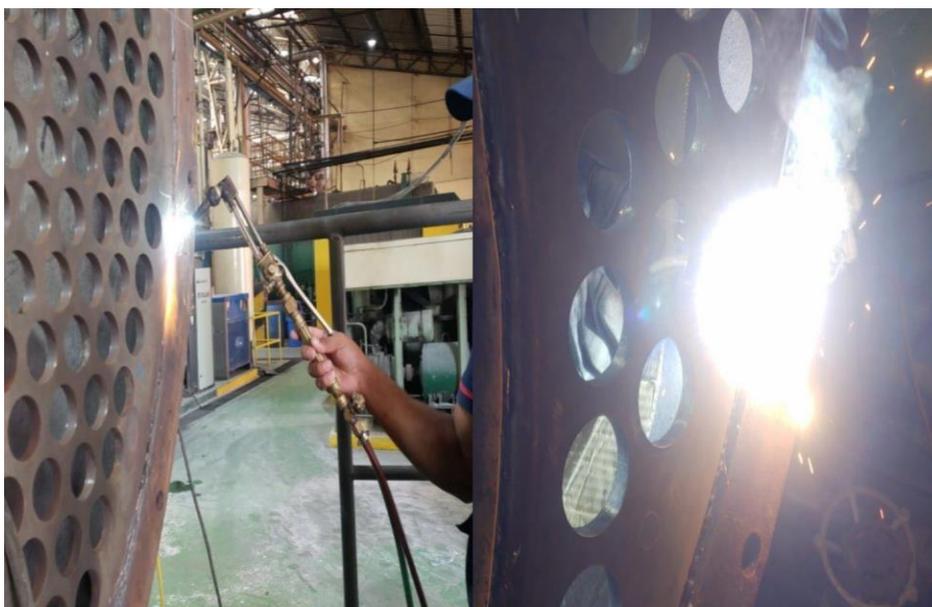
**Figura 23: Pruebas de planicidad en el espejo**



Fuente: Autores

Al momento de tener un margen de planicidad óptimo se procede a realizar el pase de raíz entre junta de anillo del cuerpo y el espejo nuevo como se muestra en la Figura 24.

**Figura 24: Pase de raíz entre junta de anillo del cuerpo y el espejo**



Fuente: Autores

En la instalación del espejo con el hogar del caldero es necesario realizar una junta mediante soldadura como se muestra en la Figura 25.

**Figura 25: Pase de raíz entre junta de tubo hogar y el espejo nuevo.**



Fuente: Autores

Posterior a las pruebas de planicidad y al pase de soldadura entre el espejo y el hogar de la caldera se debe hacer una prueba con tinta penetrante denominada prueba de ensayos no destructivos.

**Figura 26: Prueba con tinta penetrante antes de la soldadura exterior – Ensayos no destructivos.**



Fuente: Autores

En la sección exterior del espejo se refuerza mediante una soldadura para juntar el anillo del cuerpo con el hogar de la caldera como se detalla en la Figura 27.

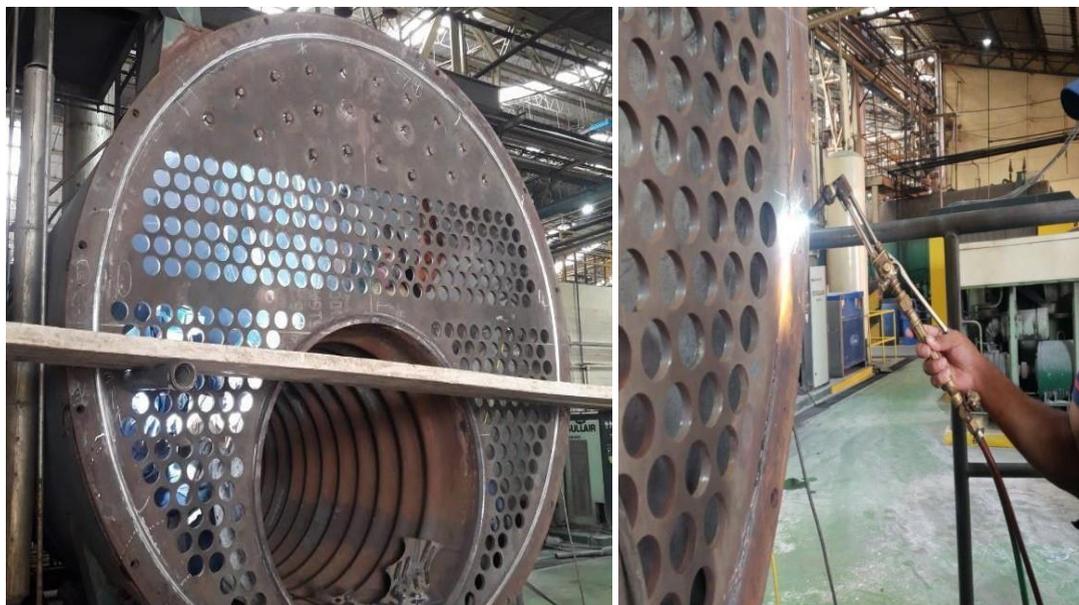
**Figura 27: Soldadura exterior de junta entre anillo del cuerpo y espejo nuevo.**



Fuente: Autores

Posteriormente al proceso de soldadura se realiza un repelado de junta entre anillo del cuerpo y el espejo nuevo como se detalla en la Figura 28.

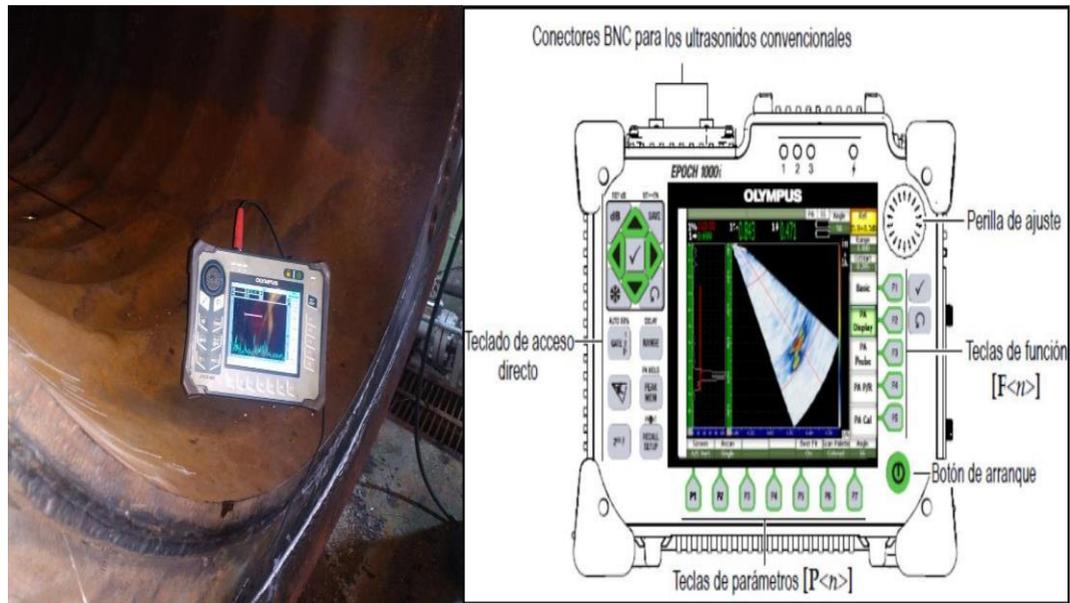
**Figura 28: Repelado de junta entre anillo del cuerpo y el espejo nuevo**



Fuente: Autores

Al finalizar la ubicación, soldadura, pruebas de planicidad se procede a realizar unas pruebas de ultrasonido (UT), analizando el relieve del interior del hogar, si consisten alguna falla de soldadura como se muestra en la Figura 29.

**Figura 29: E poch 1000 i para pruebas de ultrasonido en hogar y espejo**

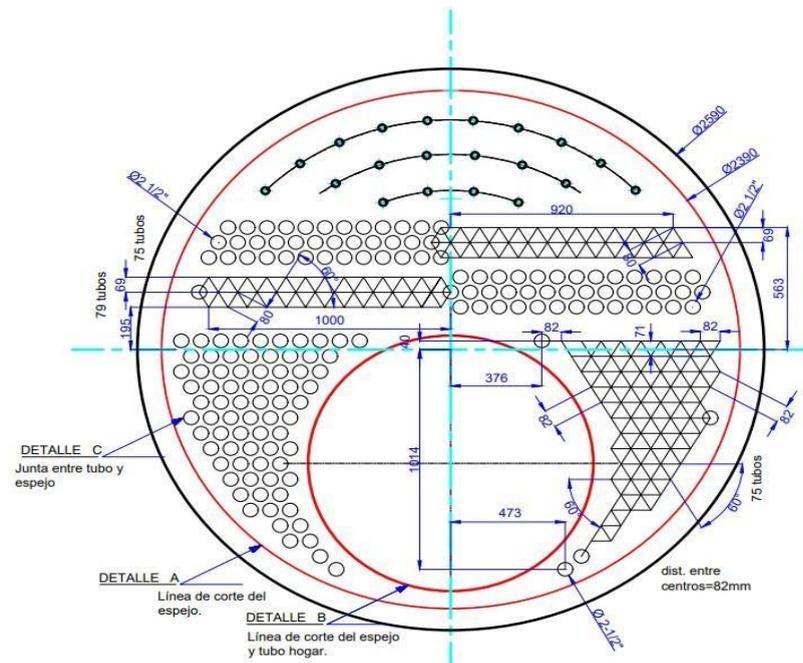


Fuente: Autores

### 3.5. Análisis técnico para el cambio integral del banco de tuberías

En la revisión del interior se observa un desgaste en los tubos por lo que se realizó el desmontaje de 304 tubos como se detalla en la Figura 30 los cuales presentan un desgaste estructural debido a la corrosión ocasionada por las incrustaciones de elementos los químicos presentes en el agua. En la sección de Anexos 6 se detallan los certificados del fabricante para el banco de tuberías.

**Figura 30: Dimensiones del corte para cambio de tuberías y barras tensoras**



Fuente: Autores

**Figura 31: Desmontaje de banco de tuberías en mal estado.**



Fuente: Autores

En el espejo se prepararon 608 hoyos para asentamiento de tubos en ambos espejos.

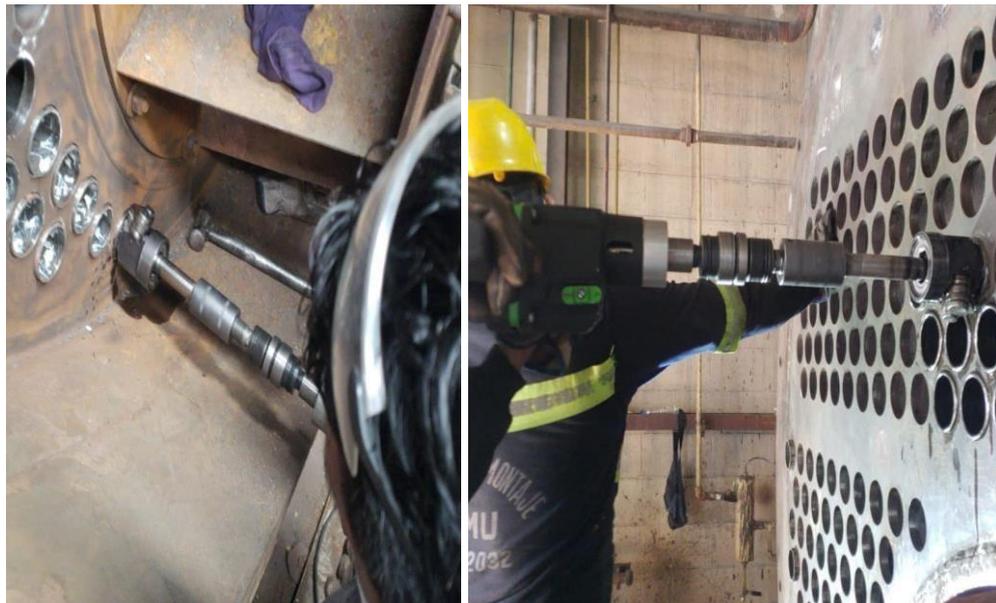
**Figura 32: Montaje de 304 tubos nuevos.**



Fuente: Autores

Para la instalación de los tubos se realiza la expansión de la punta de los tubos en la junta con los hoyos del espejo como se muestra en la Figura 33.

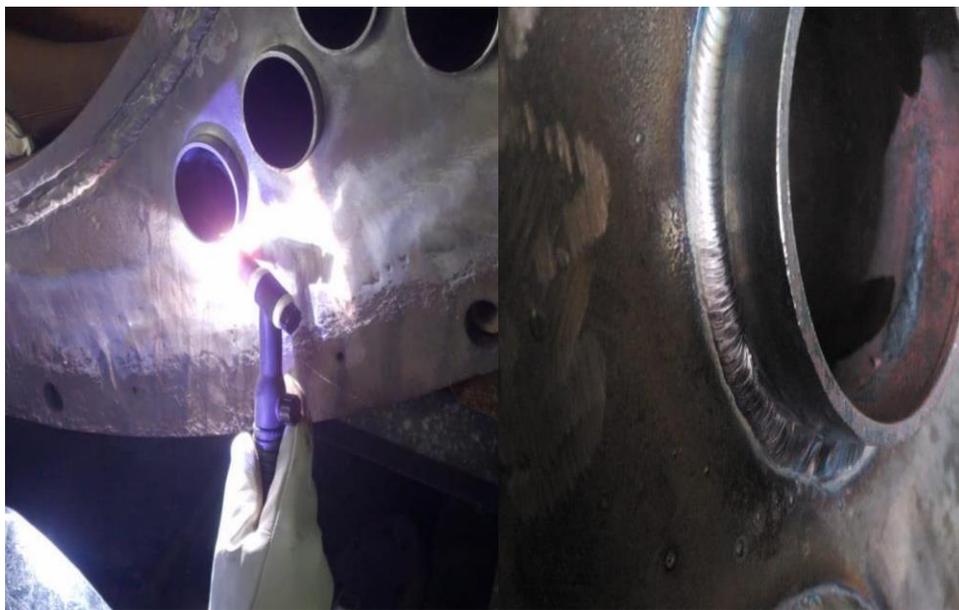
**Figura 33: Expansión y rebordeo de 304 puntas de tubos en el espejo delantero.**



Fuente: Autores

Al finalizar el proceso de expansión de los tubos con el “expander” se procede a realizar el rebordeo en la punta de los tubos en el espejo delantero y se aplica la soldadura con argón a las 150 puntas de tubos en el espejo posterior.

**Figura 34: Soldadura con argón de 150 puntas de tubos en el espejo posterior.**



Fuente: Autores

Al finalizar el cambio integral de las tuberías en la caldera se efectúa una prueba con tinta penetrante después de la soldadura y rebordeo como se muestra en la Figura 35.

**Figura 35: Prueba con tinta penetrante después de la soldadura y rebordeo**



Fuente: Autores

### 3.6. Estudio técnico para la reconstrucción del material refractario de la puerta posterior y el calderín.

En la etapa de reconstrucción de la puerta posterior del caldero es necesario un reemplazo del material refractario. Se procede a desmontar la puerta posterior y desalojar dicho material como se detalla en la Figura 36 y 37.

**Figura 36: Desmontaje de puerta posterior y demolición de material refractario**



Fuente: Autores

**Figura 37: Desalojo y limpieza de refractario removido.**



Fuente: Autores

Al momento de remover el material se procede a instalar un anclaje en material de acero inoxidable para soportar refractario como se muestra en la Figura 38.

**Figura 38: Anclajes en material para soporte de refractario**



Fuente: Autores

Teniendo los anclajes instalados se debe instalar una malla de refuerzo para la estructura del baffle en el interior de la puerta véase en Figura 39.

**Figura 39: Construcción de malla de refuerzo para estructura del baffle**



Fuente: Autores

En la estructura del bafle se realiza la instalación de encofrado y posterior fundición del cemento refractario como parte de su reconstrucción (Véase en la Figura 40)

**Figura 40: Fundición del bafle**



Fuente: Autores

Al tener la base de la fundición se procede a instalar cemento aislante en la cámara de fuego teniendo en cuenta lo especificado por el fabricante como se muestra en la Figura 37, teniendo que realizar el retiro del encofrado (véase en Figura 41)

**Figura 41: Fundida del espesor de concreto para cámara de fuego**



Fuente: Autores

**Figura 42: Retiro de encofrado**



Fuente: Autores

### **3.5.1. Reparación hogar.**

En la reparación interna del hogar de la caldera se tendrán que seguir una serie de pasos comenzando por el desmontaje de tejas en mal estado (véase en Figura 38), teniendo que realizar una limpieza previa a la instalación de las nuevas tejas (Véase en Figura 43).

**Figura 43: Desmontaje de tejas en mal estado**



Fuente: Autores

**Figura 44: Limpieza e instalación de nuevas tejas**



Fuente: Autores

Posterior a la instalación de las nuevas tejas se realiza un resane a la superficie del calderín como se muestra en la Figura 45.

**Figura 45: Resane de la superficie del calderín**



Fuente: Autores

### 3.5.2. Reemplazo de válvula de alimentación de agua.

En la parte del suministro de agua hacia la caldera se realizó un mantenimiento mediante la preparación de baipás para montaje de válvula y un montaje de nudos universales para la instalación (véase en Figura 46)

**Figura 46: Bypass y montaje de nudos en válvulas**



Fuente: Autores

Es necesario la instalación de un reductor para el montaje de la válvula de alimentación del agua véase en Figura 47 y el proceso ya culminado en la Figura 48.

**Figura 47: Soldadura de reductor para montaje de válvula**



Fuente: Autores

**Figura 48: Montaje de válvula finalizada**

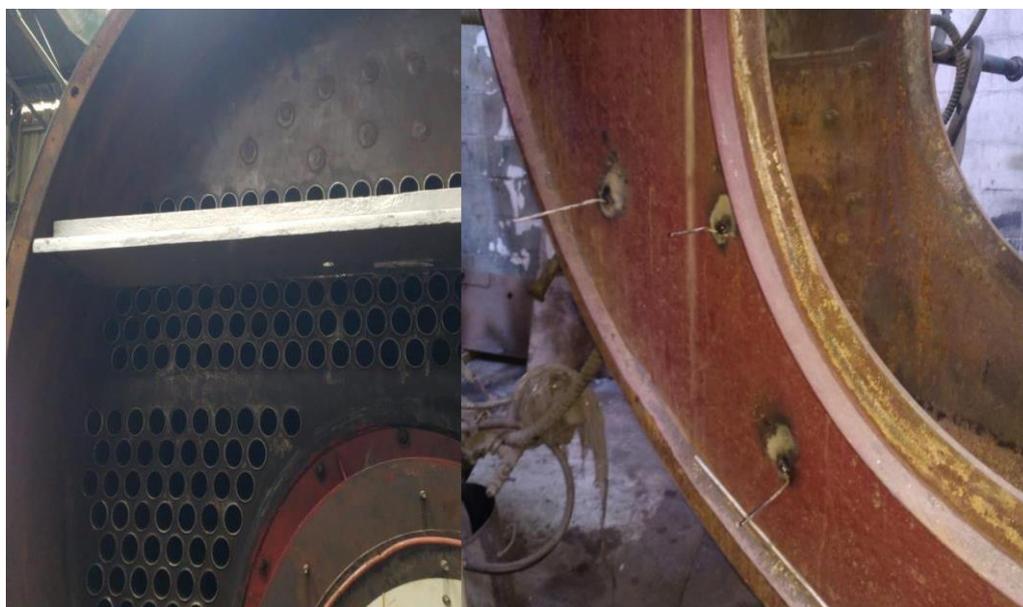


Fuente: Autores

### **3.5.3. Puertas (delanteras y posterior):**

En la figura 49 se muestra la limpieza de la puerta delantera y el montaje de nuevos anclajes para agarre del material aislante.

**Figura 49: Limpieza de la puerta delantera, espejo delantero y construcción de anclajes de agarre del material aislante.**



Fuente: Autores

Al tener finalizada la limpieza y montaje de anclajes se procede a realizar el cambio de material de aislamiento térmico de la puerta delantera como se muestra en la Figura 50.

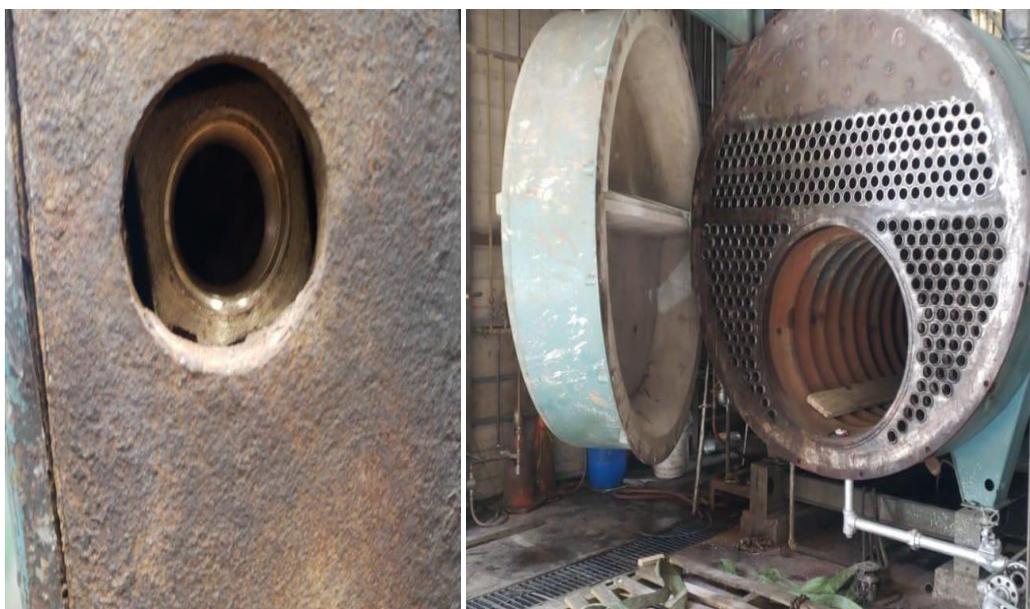
**Figura 50: Cambio de material de aislamiento térmico**



Fuente: Autores

Cambio de pernos nuevos y tuercas de bronce nuevas.

**Figura 51: Cambio de pernos nuevos y tuercas de bronce nuevas.**



Fuente: Autores

### 3.5.4. Hogar del caldero

Limpieza y deshollinaje del tubo hogar del caldero.

**Figura 52: Limpieza y deshollinaje del tubo hogar del caldero.**



Fuente: Autores

### 3.5.5. Mantenimiento preventivo del motor del compresor de aire

Dentro del mantenimiento un elemento importante es el compresor de aire encargado de suministrar la presión de aire para la atomización del combustible. Teniendo que dar un mantenimiento se procede al desarme del compresor y cambio de filtros (véase en la Figura 53).

**Figura 53: Desmontaje de compresor**



Fuente: Autores

**Figura 54: Cambio de Filtros**



Fuente: Autores

Al realizar el cambio de filtro se realizan un mantenimiento del ventilador y las tuberías del compresor (véase en Figura 55), también un mantenimiento a las líneas de aire (Véase en Figura 56).

**Figura 55: Mantenimiento de las tuberías**



Fuente: Autores

**Figura 56: Mantenimiento en línea de aire**



Fuente: Autores

### 3.5.6. Mantenimiento preventivo del motor del ventilador.

En el detalle del mantenimiento preventivo al motor del ventilador de tiro forzado, se procede a realizar desmontaje del plato distribuidor de aire, del ventilador y del motor de la puerta delantera y véase en Figura 57 y 58.

**Figura 57: Desmontaje de ventilador y plato distribuidor**



Fuente: Autores

**Figura 58: Desarme del motor**



Fuente: Autores

En el mantenimiento es necesario cambiar rodamientos ya que presentan desgastes lo cual afecta al trabajo del motor véase en la Figura 59.

**Figura 59: Cambio de rodamientos del motor**



Fuente: Autores

En el mantenimiento de la bobina del motor se debe aplicar un barniz de aislamiento como se muestra en la Figura 60.

**Figura 60: Aplicación de barniz de aislamiento**



Fuente: Autores

Después de aplicar el barniz se realiza el ensamble del motor con sus rodamientos al eje de este como se aprecia en la Figura 61,

**Figura 61: Ensamble del motor**



Fuente: Autores

**Figura 62: Montaje de ventilador de tiro forzado**



Fuente: Autores

### 3.6 Análisis técnico para determinar el tiempo de aplicación del mantenimiento periódico

Ante la realidad de las empresas industriales así como la cultura y la razón de ser de las organizaciones, se hace obligatorio que a partir de las nuevas tendencias tal como lo son el mantenimiento total, el mantenimiento centrado en confiabilidad y el mantenimiento clase mundial que han sido desarrollados y han abarcado el mundo, se realice un análisis para determinar los tipos de mantenimiento.

Para extender el tiempo de vida útil de la caldera es necesario realizar mantenimientos periódicos a ciertos sistemas explicados a continuación.

#### 3.6.1. Sistema de combustión:

El encargado de la combustión es uno de los equipos más importantes en las calderas térmicas, destinado a extraer la energía calorífica del combustible y entregársela al fluido que circula por su interior, agua o vapor, es necesario realizar el mantenimiento de la boquilla, difusor, electrodo de encendido, cabezal de combustión (cañón), fotorresistencia de control de llama, visor de llama, en conjunto una limpieza de dámper e instalación de nuevo kit de empaques para el bloque regulador como se muestra en las Figuras 63 y 64.

**Figura 63: Mantenimiento de sistema de combustión, bloque regulador y damper.**



Fuente: Autores

**Figura 64: Mantenimiento de sistema de combustión completo**



Fuente: Autores

### 3.6.2. Bloque regulador y precalentador de combustible:

El encargado de precalentar el combustible que ingresa al bloque regulador es el precalentador, teniendo en cuenta esto, se realiza el desarme de este, el cambio de empaques y el respectivo mantenimiento de limpieza del precalentador.

**Figura 65: Mantenimiento del precalentador de combustible**

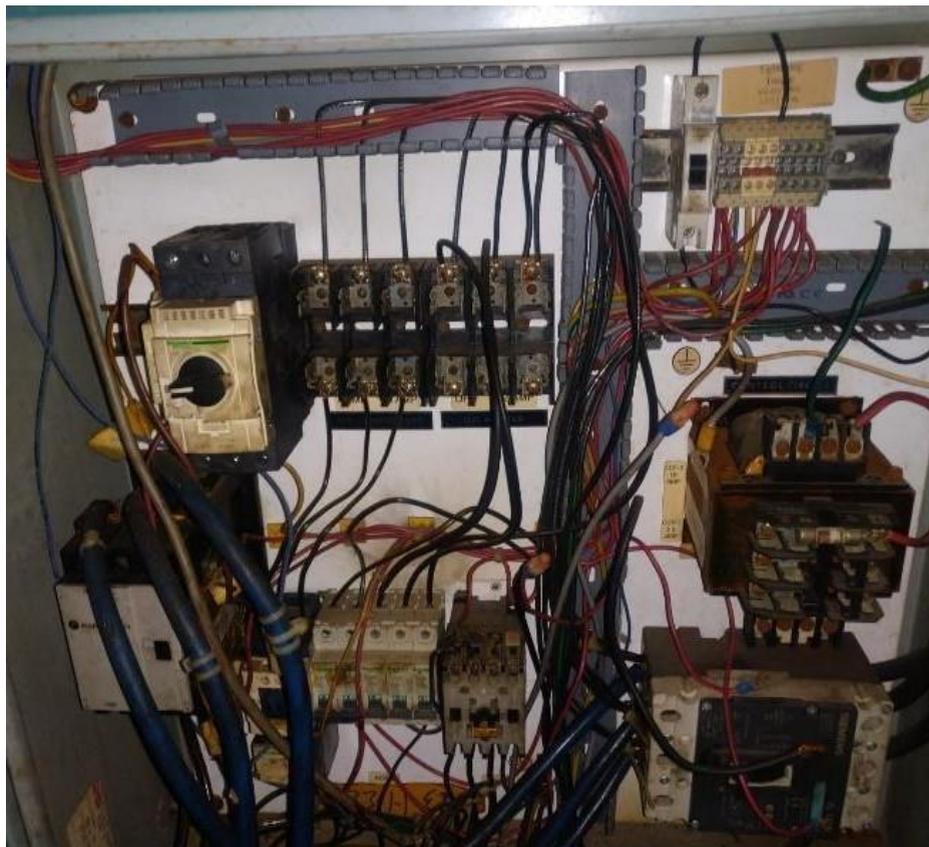


Fuente: Autores

### 3.7. Estudio técnico para la reparación del sistema eléctrico y reemplazo de partes de equipos averiados

En la revisión técnica del sistema eléctrico se encontró un deterioro en el sistema de cableado como se aprecia en la Figura 66 por lo q se procedió a medir la continuidad entre las secciones de cable, teniendo que realizar un cambio en dicho cableado.

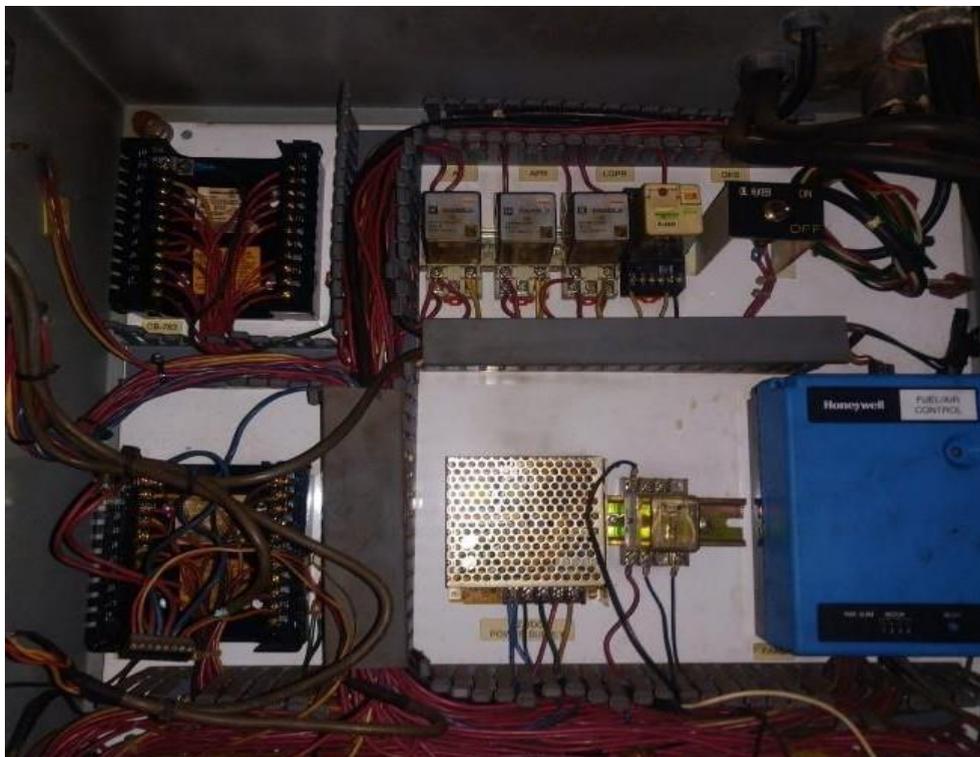
**Figura 66: Sistema Eléctrico en deterioro**



Fuente: Autores

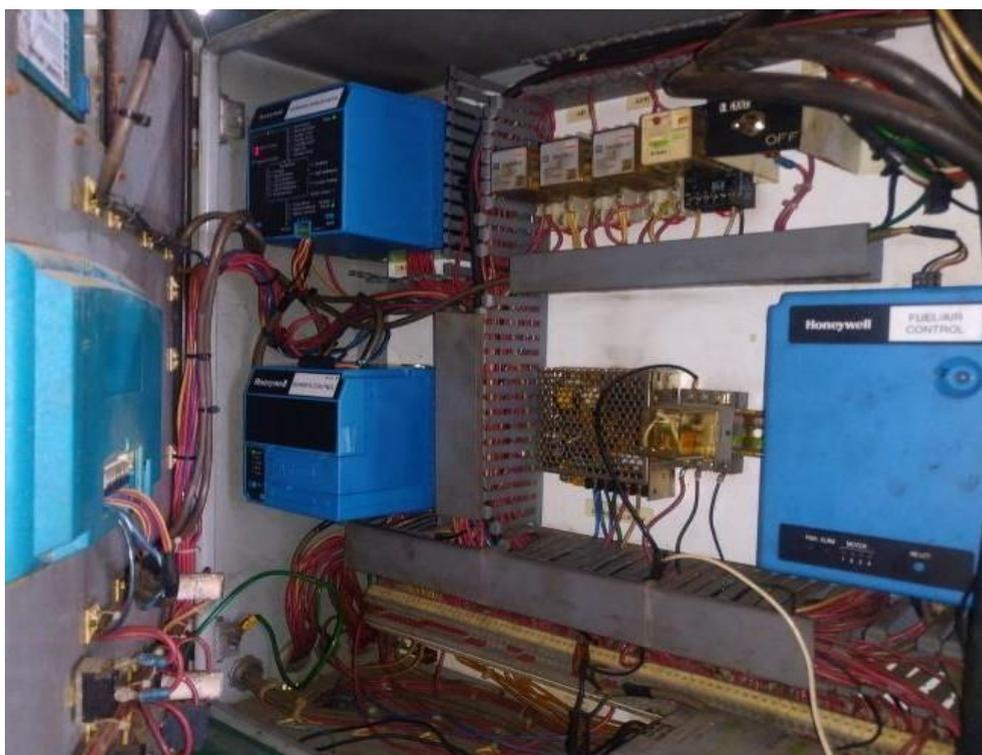
Se procede a realizar un mantenimiento a manera de reemplazar el cableado, limpieza del tablero y sustituir contactores en mal estado como se muestra en la Figura 67 de los elementos anteriores y la Figura 68 luego del reemplazo.

**Figura 67: Sistema Eléctrico elementos en mal estado**



Fuente: Autores

**Figura 68: Reemplazo de elementos en mal estado del sistema eléctrico**



Fuente: Autores

### 3.8. Cronograma de actividades desarrolladas.

El diseño y el desarrollo del análisis técnico tienen una duración de siete meses, los cuales tienden a detallarse a continuación en la Tabla 3.

Tabla 1. Cronograma de actividades desarrolladas de proyecto técnico.

Actividades	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021
Aprobación del Anteproyecto	X						
Levantamiento de información		X	X				
Estudios y mantenimiento al caldero			X	X			
Análisis de los resultados				X	X		
Redacción del documento					X		
Revisión del documento						X	
Aprobación del documento							X

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 64 se detallan las actividades que se realizaron en el caldero.



Figura 69: Actividades de la repotenciación del caldero

Fuente:  
Autores

### 3.9 Presupuesto.

Tabla 2. Presupuesto

Actividades	Costos del proyecto
	\$ DOLARES
Cambio integral de tuberías de caldera CB400-800	\$18.651,15
Servicios de ensayo no destructivo	\$ 4.656,00
Reconstrucción refractaria de puertas posterior	\$ 3.880,00
Mantenimiento anual calderos 400-1000 BHP	\$ 2.037,00
Reparación hogar caldero Cleaver Brooks	\$776,00
Mantenimiento preventivo de motor del blower	\$727,50
Reemplazo de válvula de seguridad	\$679,00
Mantenimiento preventivo de motor del compresor de aire atomización	\$679,00
Cambio de elementos eléctricos en mal estado	\$567,45
Reemplazo de válvula de alimentación de agua	\$ 480,15
. Construcción de nueva línea de atomización de aire	\$261,90
Limpieza con desplazador de humedad, ajuste y revisión de elementos eléctricos prueba	\$145,50
<b>Total</b>	<b>\$33.540,65</b>

Fuente: Autores

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

En el desarrollo del presente proyecto se plantea la repotenciación de una caldera teniendo como resultado los puntos detallados en esta sección posterior a los mantenimientos .

#### **4.1. RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROYECTO**

##### **4.1.1. Cambio integral de tuberías de caldera CB400-800.**

En la sección 3.5 se detalla el trabajo que se realizó para cambiar las tuberías de la caldera Cleaver, teniendo una mejora en la cantidad de vapor que genera la caldera al reemplazar las tuberías en mal estado.

Es necesario una validación del trabajo mediante una evaluación de la empresa SENDRE CIA LTDA con una prueba de análisis de material empleado en la soldadura como se detalla en la sección del Anexo 7.

##### **4.1.2. Servicios de ensayos no destructivos**

La validación y pruebas de ensayo no destructivos se realizó mediante el uso del ultrasonido teniendo una validación de las radiografías mediante una evaluación de la empresa SENDRE CIA LTDA como se detalla en la sección del Anexo 8.

#### 4.1.3. Reconstrucción refractaria de puertas posterior

En la reconstrucción de la puerta posterior se obtiene un tiempo menor para la generación del vapor, teniendo como un cambio significativo ya que un antecedente era un tiempo de espera superior para la generación de vapor. Para la validación se realizó una inspección por radiografía en la empresa SENDRE CIA LTDA como se detalla en la sección del Anexo 9.

#### 4.1.4. Reparación hogar caldero Cleaver Brooks

En la figura 71 se muestra la caldera posterior a la repotenciación teniendo como resultado un equipo totalmente funcional, al reparar el hogar se evita las pérdidas de potencia al momento del funcionamiento del caldero.

**Figura 70: Caldera después de la repotenciación**



Fuente: Autores

#### 4.1.5. Mantenimiento preventivo de motor del blower

En el trabajo de mantenimiento se logró identificar las señales tempranas de algún defecto para minimizar averías en el motor teniendo como objetivo mejorar el flujo de vapor en el área de la caldera en la Figura 71 se muestra el motor en un estado anterior y luego del mantenimiento.

**Figura 71: Antes y después del mantenimiento en motor del blower**



Fuente: Autores

**CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MOTOR DEL BLOWER  
(VENTILADOR DE TIRO FORZADO)**

**Figura 72: Cronograma del mantenimiento en motor del blower**

N°	ACTIVIDAD	INICIO	DURACIÓN	COMPLETADO	PERÍODOS		
					1	2	3
1	Desmontaje del plato distribuidor	1	1	100%			
2	Desmontaje del ventilador de tiro forzado	1	1	100%			
3	Desmontaje del motor	1	1	100%			
4	Desarme del motor	2	1	100%			
6	Aplicación de barniz de aislamiento al bobinado	2	1	100%			
7	Montaje de rodamientos nuevos	3	1	100%			
8	Ensamble del motor	3	1	100%			
9	Montaje del motor	3	1	100%			
10	Montaje del ventilador de tiro forzado	3	1	100%			
11	Montaje del plato distribuidor	3	1	100%			

Fuente: Autores

#### **4.1.6. Reemplazo de válvula de seguridad**

En el trabajo de reemplazo de las válvulas de seguridad que trabajan ante cualquier fallo del aire comprimido mostraban una capa de óxido tanto en el interior e exterior por lo tanto se procede a realizar el cambio ya que tienen como función la regulación de manera lenta de la presión ante un estado de sobrepresión del aire comprimido del aparato para no dañar la maquinaria ni tampoco herir a las personas u operadores que estén cerca.



**Figura 73: Reemplazo de válvulas de seguridad**

Fuente:  
Autores

#### **4.1.7. Mantenimiento preventivo de motor del compresor de aire atomización**

En el mantenimiento del sistema del motor de aire comprimido conectado a la caldera se observó las señales tempranas de desgaste en el sistema de tuberías como se aprecia en la Figura 74, dichos cambios están detallados en la sección 3.6.6, posterior a esto se logró minimizar averías en el motor.

**Figura 74: Antes y después del mantenimiento en el sistema de aire comprimido**



Fuente: Autores

**Figura 75: Cronograma de mantenimiento en el sistema de aire comprimido**

**CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MOTOR DEL COMPRESOR DE AIRE PARA ATOMIZACIÓN**

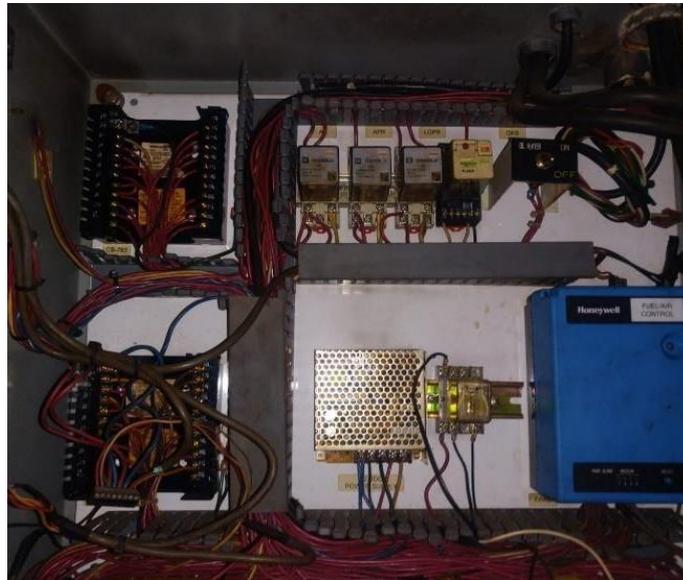
N° PORCENTAJE	ACTIVIDAD	INICIO	DURACIÓN COMPLETADO	PERÍODOS		
				1	2	3
1	Desmontaje del compresor	1	1	100%		
2	Desarme del motor	1	1	100%		
3	Mantenimiento al portafiltro tipo biruta	1	1	100%		
4	Mantenimiento al filtro del compresor	1	1	100%		
5	Cambio de filtro tipo biruta	1	1	100%		
6	Cambio de filtro del compresor	1	1	100%		
7	Mantenimiento del ventilador del compresor	2	1	100%		

Fuente: Autores

#### 4.1.8. Cambio de elementos eléctricos en mal estado

En el cambio de elementos eléctricos se obtiene como resultado la activación de actuadores de manera más rápida ya que los equipos anteriores mostraban enclavamientos que afectaban al equipo al momento de su funcionamiento en la Figura 75 se detalla lo realizado y los cambios en dicho sistema eléctrico.

**Figura 76: Antes y después del mantenimiento del sistema eléctrico**



Fuente: Autores

#### 4.1.9. Reemplazo de válvula de alimentación de agua

En la figura 76 se detalla el reemplazo de las válvulas a manera de evitar posibles daños internos en el sistema de tubos por corrosión por oxido ayudando a que el sistema tenga un funcionamiento sin problemas.

**Figura 77: Antes y después del reemplazo de válvulas de alimentación de agua**



Fuente: Autores

## CONCLUSIONES

En el estudio técnico para el cambio de espejos es necesario realizar pruebas no invasivas como la de ultrasonido y líquido no corrosivo a manera de certificar que no se encuentren imperfecciones en el hogar y el espejo.

En el reemplazo del banco de tuberías es necesaria una inspección detallada de que no se encuentre óxido e incrustaciones en la superficie de los mismos, al realizar el cambio es necesario expandir y usar soldadura TIG.

Teniendo un plan de mantenimiento periódico se obtiene una pérdida calorífica dentro de la caldera en un rango óptimo determinado por el fabricante.

En el mantenimiento preventivo del sistema eléctrico, se optó por reemplazar los cables que presentaban un deterioro en el sistema eléctrico y resistencias, cambio de contactos y fuentes de alimentación para un óptimo desempeño de la caldera.

CUADRO COMPARATIVO CALDERO CLEAVER-BROOKS Modelo: CB 600-800-300		
	Valor	
Mantenimiento Integral Caldero Cleaver-Brooks-modelo: CB 600-800-300	\$170.000,00	Consiste en efectuar una serie de mediciones o ensayos en el equipo, prolongando la continuidad de su vida útil.
Nueva Caldero Cleaver-Brooks-modelo: CB 600-800-300	\$400.000,00	El presupuesto de la empresa no permite la compra del Caldero.

Es recomendable el mantenimiento integral del Caldero Cleaver-Brooks-modelo: CB 600-800-300, ya que su uso es necesario para el funcionamiento de la empresa y es complicado comprar uno nuevo por su elevado costo.

## **RECOMENDACIONES**

Se sugiere realizar un estudio técnico del quemador de la caldera a manera de disminuir alguna pérdida de temperatura y consumo de energía.

Se debe realizar un mantenimiento preventivo anual en todo el sistema del hogar de la caldera como tuberías en los espejos en conjunto a una revisión visual del sistema en general.

Realizar un cambio de filtros del sistema de flujo de agua, inspecciones visuales y control de pruebas de fugas.

Realizar una prueba de ultrasonido dentro del hogar de la caldera cada 12 meses para constatar alguna imperfección dentro de la misma

## Bibliografía

- Acosta Chávez, C. V. (2019). *Mejora del proceso de gestión de almacenes en una empresa de comercialización de equipos de cómputo.*
- Aguirre-Díaz, G. J.-M.-M. (2006). *a Caldera de La Catedral, Sierra de Las Cruces, una caldera al norponiente de la Ciudad de México.* Puerto Vallarta, Jal., México: Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana:.
- ANTONIO, J. &. (2013). *CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA MÁQUINA PASTEURIZADORA DE LECHE ETAPA 2.*
- bosch. (s.f.). Obtenido de <https://boschcalderas.com/>
- Cameron, J. &. (2017). *Retomemos la economía: Una guía ética para transformar nuestras comunidades.* Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Castillo, M. Á. (2008). *dma.fi.upm.es.* Obtenido de Tutorial de Introducción de Lógica Borrosa:  
[http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica\\_borrosa/web/tutorial\\_fuzzy/contenido3.html](http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica_borrosa/web/tutorial_fuzzy/contenido3.html)
- Chambi Pereyra, H. F. (2021). *Diseño de cámara frigorífica para congelar 300kg de trucha a-20° C mediante análisis de poder calorífico con software solidwork.*
- Colcha Cambal, A. L. (2014). *Diseño de un sistema para el tratamiento del agua de alimentación a la caldera para prevenir la corrosión en la Planta de Lácteos de Tunshi .*
- Delgado Loor, S. M. (2020). *Diseño de la metodología 5'S en el área de producción para la cevichería" Aquí está Marcelo's".* Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química.
- Ferreiro Torres, M. (2016). *Valoración termo-económica y diseño térmico de calderas supercríticas de carbón pulverizado en plantas térmicas con captura de CO2.*
- García Mimbela, K. N. (2019). *Propuesta de implementación de herramientas lean manufacturing en las áreas de producción y logística para reducir los costos de la empresa Piel Trujillo SAC.*
- Gonzales Lecaros, S. N. (2014). *Desarrollo de un sistema de control predictivo multivariable de un generador de vapor de tubos de agua.*
- Iriarte, A. &. (2001). *Quemador de residuos forestales para calentamiento de agua como aporte auxiliar a canteros de invernaderos solares.* Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 5.
- Levenspiel, O. (2014). *Flujo de fluidos e intercambio de calor.* Reverté.

- Llumiquinga, A. &. (2021). *Estudio del comportamiento de la temperatura en el flujo de los gases combustionados de un motor a gasolina en su sistema de escape mediante el ciclo de conducción*. PTEC-593.
- Lovera Bello, D. A. (2015). *Implementación del procedimiento RAMS en el montaje de un sistema mecánico automatizado para la inspección de tapa defectuosa por medio de visión artificial en cervecería Bavaria Tocancipa*.
- Maldonado, L. S. (2017). *Caldero industrial de 15 HP como módulo didáctico en el ITSSB de la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil: n Memorias del tercer Congreso Internacional de Ciencias Pedagógicas: Por una educación inclusiva: con todos y para el bien de todos.
- Marbán Macías, S. (2017). *Diseño de generadores de vapor para plantas termosolares de concentración comparando el uso de sales fundidas y aceite sintético como fluido de transferencia térmica*.
- McCabe, W. L. (2016). *Operaciones básicas de ingeniería química*.
- Mellado, E. A. (2010). *Sostenibilidad en centros sanitarios. Plataforma*.
- Moreno Velasco, V. J. (2013). *Estado del arte de instrumentación y estructuras de control de calderas*.
- Palma Diaz, C. &. (2018). *Manual de procedimientos de seguridad para control de riesgos eléctricos en instalaciones eléctricas de baja tensión*.
- Pérez Sierra, V. &. (2017). *Metodología dinámica para la implementación de 5's en el área de producción de las organizaciones*.
- Pita Endara, S. (2010). *Estructuración y plan de procesos del departamento mecánico de la empresa de ferrocarriles del Ecuador regional norte*.
- Prieto, M. I. (2016). *ReInI-UTCV [UTCV] Gestión de calidad y eficiencia energética Productos del desarrollo tecnológico y la innovación Tesis de Ingeniería*. Obtenido de Mantenimiento Predictivo.: <http://reini.utcv.edu.mx:80/handle/123456789/738>
- Reyes, J. V.-S.-V.-A. (2017). *La Metodología 5S como estrategia para la mejora continua en industrias del Ecuador y su impacto en la Seguridad y Salud Laboral*. Polo del conocimiento, 2(7), 1040-1059.
- Rodríguez Ramírez, J. G. (2014). *Diseño e implementación de un banco didáctico electroneumático controlado por PLC*.
- Yerro Lizarazu, D. (2018). *Proyecto de sustitución de caldera de gasoil por caldera de biomasa en CIN Ochagavía*.

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Anexo 1: INFORME No. IT-045-PRO

Ing.

**Milton Garofalo**  
**Jefe de Mantenimiento**  
**PRODUCTORA CARTONERA S.A.**

**Durán.-**

**Ref.: Informe Técnico Preliminar**

**Repotenciación Caldero Cleaver**

**Brooks – Caldero 2.**

Estimado Ing. Milton Garofalo, por medio del presente ponemos a su consideración el informe técnico preliminar por el avance de los trabajos realizados en el equipo indicado en la referencia.

#### **1. ANTECEDENTES.**

Entre la contratante PROCARSA S.A. y la contratista DITEINCORP S.A. se ha aprobado el presupuesto No. 203, según la orden de trabajo # 300449, donde se nos asignan los trabajos para la repotenciación del caldero, marca Cleaver Brooks, modelo: CB 600–800-300 ubicado en la planta industrial de la contratante. Por tal motivo, con fecha 02 de marzo del año en curso se inicia la intervención del equipo, de lo cual presentamos el siguiente informe.

#### **2. TRABAJOS REALIZADOS.**

- **Cambio de espejo posterior.**

Diseño y corte de espejo nuevo.

Corte de contorno de espejo en mal estado. Desmontaje del espejo en mal estado.

Preparación de la junta del contorno de corte del material antiguo con el espejo nuevo.

Montaje de espejo nuevo.

Alineación de espejo nuevo

Pruebas de planicidad del espejo nuevo.

Pase de raíz entre junta de anillo del cuerpo y el espejo nuevo.

Pase de raíz entre junta de tubo hogar y el espejo nuevo.

Prueba con tinta penetrante antes de la soldadura exterior - Ensayos no destructivos.

Soldadura exterior de junta entre anillo del cuerpo y espejo nuevo.

Soldadura exterior de junta entre tubo hogar y espejo nuevo.

Soldadura interior de junta entre anillo del cuerpo y espejo nuevo.

Soldadura interior de junta entre tubo hogar y espejo nuevo.

Repelado de junta entre anillo del cuerpo y el espejo nuevo.

Repelado de junta entre tubo hogar y el espejo nuevo.

Pruebas de ultrasonido (UT) - Ensayos no destructivos.

Prueba con tinta penetrante después de la soldadura exterior - Ensayos no destructivos.

- **Cambio integral del banco de tuberías.**

Desmontaje de 304 tubos.

Corte de tubos nuevos.

Preparación de 608 puntas de tubos y huecos para asentamiento de tubos en ambos espejos.

Montaje de 304 tubos nuevos.

Expansión y rebordeo de 304 puntas de tubos en el espejo delantero.

Expansión y rebordeo de 154 puntas de tubos en el espejo posterior

(parte superior).

Expansión y soldadura con argón de 150 puntas de tubos en el espejo posterior (parte inferior).

Prueba con tinta penetrante después de la soldadura y rebordeo - Ensayos no destructivos.

- **Reconstrucción refractaria de puerta posterior.**

Desmontaje de puerta posterior.

Remoción de material refractario en mal estado. Desalojo y limpieza de refractario removido.

Instalación de anclajes en material de acero inoxidable para soportar refractario. Construcción de malla para refuerzo de estructura del bafle.

Instalación de encofrado para fundición del bafle. Fundición del bafle.

Extensión del tubo de observación.

Fundición en espesor determinado por el fabricante de cemento aislante en tapa posterior cámara de gases.

Fundición en espesor determinado por el fabricante de concreto refractario en tapa posterior cámara de fuego.

Retiro de encofrado en puerta posterior.

- **Reparación hogar.**

Desmontaje de tejas en mal estado.

Preparación de calderín para montaje de tejas nuevas. Montaje de tejas nuevas.

Resane de la superficie que forma el calderín.

- **Reemplazo de válvula de alimentación de agua.**

Preparación de bypass para montaje de válvula

Soldadura de reductores para montaje de válvula.

Montaje de válvula.

- **Mantenimiento preventivo del motor del compresor de aire.**

Desarme del compresor.

Cambio de filtros.

Mantenimiento del ventilador.

Mantenimiento de pintura del compresor.

- **Mantenimiento preventivo del motor del ventilador.**

Desmontaje del motor de la puerta delantera. Desmontaje del plato distribuidor de aire. Desmontaje del ventilador.

Desacople del motor de su base. Desarme del motor para mantenimiento. Cambio de rodamientos del eje del motor.

Mantenimiento de la bobina del motor con barniz de aislamiento. Armado del motor.

Montaje del motor en su base.

Montaje del ventilador.

Montaje del plato distribuidor de aire.

Montaje del motor en la puerta  
delantera.

- **Mantenimiento Anual**

- **Puertas (delanteras y posterior):**

Limpeza y deshollinaje del espejo delantero.

Construcción e instalación de nuevos anclajes en acero para agarre del material  
aislante en puerta delantera.

Cambio de material de aislamiento térmico de puerta  
delantera. Cambio de plancha expandida en mal estado.

Cambio de pernos nuevos y tuercas de bronce nuevas.

Montaje de puerta posterior.

- **Hogar del caldero:**

Limpeza y deshollinaje del tubo hogar del caldero.

- **Línea de agua:**

Mantenimiento de pintura de la línea de alimentación de agua al caldero.

- **Lado de agua:**

Retiro de empaques hand holes (registros de mano) del lado  
de agua. Cierre de registros de lado de agua.

Apertura del control de nivel de agua, limpieza de corrosión, cambio de empaque y  
cierre.

Mantenimiento de limpieza a válvulas de seguridad.

- **Sistema de combustión:**

**Mantenimiento de**

**quemador:**

- Boquilla.
- Difusor.
- Electrodo de encendido .
- Cabezal de combustión (cañón).
- Fotorresistencia de control de llama.
- Visor de llama.
- Limpieza de dámper.
- Instalación de nuevo kit de empaques para quemador.

- Montaje de quemador en caldero.

**Bloque regulador y precalentador de combustible:**

- Desarme del bloque regulador.
  - Cambio de kit de bloque regulador.
  - Desarme del precalentador.
  - Mantenimiento del precalentador
- **Sistema eléctrico:**
- Se realiza el ajuste de todos los contactos eléctricos y la limpieza de los tableros. Se cambian los elementos que se encontraban en mal estado.
- **Cuerpo del caldero.**
- Mantenimiento de pintura general del caldero.
- **Chimenea (salida de gases).**
- Reparación de grietas en la parte baja.  
Limpieza y pintura general de la misma.

**3. OBSERVACIONES.**

Dentro del mantenimiento falta realizar el montaje de los siguientes

elementos: Dos válvulas de seguridad.

Dos acuastatos.

**4. CONCLUSIONES.**

Una vez finalizados los avances de los trabajos de mantenimientos, preventivos y correctivos contratados, concluimos lo siguiente:

El cambio del espejo posterior y el reemplazo del banco de tuberías, se realizaron dentro de los parámetros revisados por la compañía fiscalizadora, con los procesos aprobados y el soldador calificado.

La reconstrucción del refractario de la puerta posterior se realizó sin novedades. Los trabajos del mantenimiento anual se realizaron sin novedades.

Algunos de los elementos electrónicos de control de la modulación fueron reemplazados.

**5. RECOMENDACIONES.**

Realizar los mantenimientos periódicos del caldero.

## 6. ENTREGA RECEPCIÓN.

Con los antecedentes expuestos en el Punto Nro. 1 de este informe, realizada la constatación física de los trabajos ejecutados y considerando que los mismos cumplen con las especificaciones técnicas y han sido ejecutados de conformidad y a solicitud de la contratante, se deja constancia de que, en esta fecha, la **CONTRATISTA ENTREGA** y la **CONTRATANTE RECIBE *el avance de los trabajos en un***

***98%, precisando que no existen vicios ni deficiencias***, mismos que incluyen mano de obra, equipos y materiales (de ser el caso) e indicado en la proforma y correspondiente orden de compra, que han estado a cargo de la contratista.

Para constancia, los intervinientes suscriben el presente instrumento en la ciudad de **Guayaquil**, al **4 de enero de 2023**, indicados en dos ejemplares de igual tenor, contenido y valor.

**Sr. Fernando Díaz C**

**Vicepresidente**

**DITEINCORP S.A.**

**Ing. Milton Garofalo**

**Jefe de Mantenimiento**

**PROCARSA S.A.**

## Anexo 2

### Anexo 2: REPORTE FOTOGRAFICO







Alineación de espejo nuevo.



Alineación de espejo nuevo.



Pruebas de planicidad del espejo nuevo.



Pruebas de planicidad del espejo nuevo.



Limpieza de bisel del espejo nuevo.

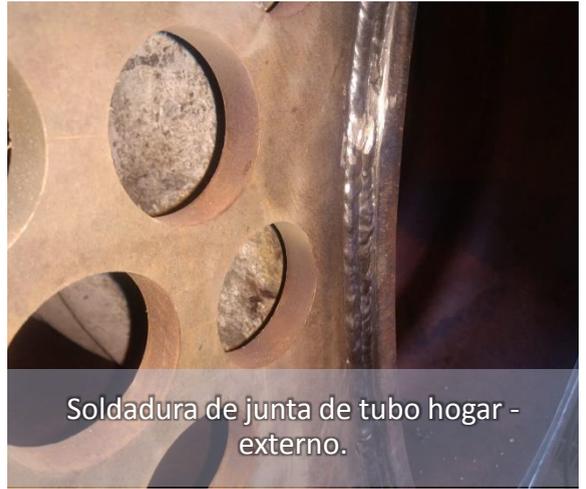


Juntas listas para soldadura de espejo nuevo.





Soldadura de junta de anillo del cuerpo - externo.



Soldadura de junta de tubo hogar - externo.



Repeleado exterior listo.



Prueba con tinta penetrante antes de soldadura final - Junta anillo y espejo - Ensayos no destructivos.



Prueba con tinta penetrante antes de soldadura final - Junta tubo hogar y espejo.



Prueba con tinta penetrante antes de soldadura final - Ensayos no destructivos.



Anexo 3 Ficha Técnica



# Caldera "Cleaver Brooks" modelo CB.

---



## ¿Por qué Cleaver Brooks modelo CB?

Por ser una caldera compacta totalmente automática para aceite, gas o combinación de 60 a 800 caballos caldera vapor o agua caliente que cuenta con las siguientes ventajas:

- Inigualada economía de combustible. Construcción de cuatro pasos y tiro forzado; quemador de diseño eficiente.
- Mantenimiento sencillo. Puertas embisagradas o suspendidas; tablero de control modular, quemador retráctil.
- Operación silenciosa. Único ventilador sin caja que reúne los estrictos requisitos de nivel de ruido para hospitales y escuelas.
- Superficie de calefacción. 0.465 m<sup>2</sup> (5 pies cuadrados) por cada caballo caldera, la mayor área en calderas compactas.
- Automática, segura. Gabinete de control a la altura de los ojos del operador; controles de combustión centralizados; fuego modulado; protección electrónica de flama.
- Control de combustible. Precalentador de combustible eléctrico y de vapor, controlador de aceite combustible integrado; leva dosificadora de combustible.
- Combustión limpia. Relaciones aire combustible balanceadas, compuerta rotatoria, compresor de aire de diseño CB, quemador de diseño eficiente para aceite o gas.

- Compacta. Unidad completa de un solo proveedor. Las Calderas Cleaver Brooks se diseñan, construyen y prueban por una sola compañía. Para posteriormente embarcarse a su lugar de instalación, listas para su montaje y puesta en marcha inmediata. Todo esto bajo un solo responsable. Selmec Equipos Industriales, S.A. de C.V.

### Un Paquete Completo.

La Caldera CB es un paquete que consiste de un recipiente de presión, quemador, ventilador, controles y otros componentes ensamblados en una unidad totalmente probada en fábrica. Los componentes son seleccionados para operar en forma conjunta, lográndose así la eficiencia térmica más alta, una operación confiable y una máxima seguridad.

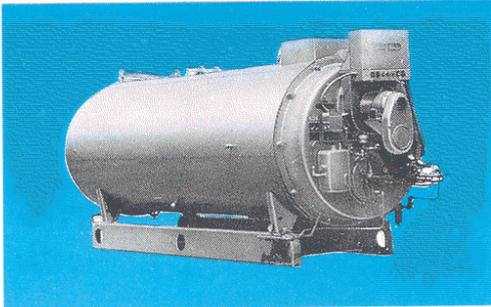
La Caldera esta diseñada para una rápida instalación y conexión a las líneas de servicio. Cleaver Brooks originó el concepto de Calderas paquete en 1931. Hoy en día cada vez más compradores eligen Cleaver Brooks, una preferencia que indica, que Cleaver Brooks es su mejor compra en Calderas-Paquete de vapor o agua caliente. Con una ventaja más, de que una sola compañía es responsable de su sistema generador de vapor o agua caliente: Selmec Equipos Industriales, S.A. de C.V.

## Características Exclusivas: resultado de la Investigación y Desarrollo Cleaver Brooks

### Operación Automática y Segura.

Protección electrónica contra falla de flama. Localizado a la altura del operador, el gabinete de control centralizado contiene el arrancador magnético del motor del ventilador, controles de programación, interruptores y el control electrónico de falla de flama. Clavijas modulares hacen sencilla la futura conversión de la caldera para quemar otro combustible.

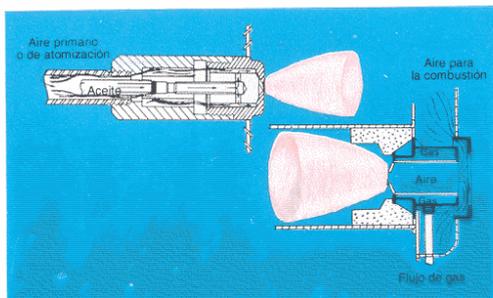
Protegiendo la caldera contra falla de flama (piloto o flama principal) están los controles electrónicos, ingeniosamente sensibles a la presencia o ausencia de flama. Los controles de programación proveen la secuencia adecuada de encendido para una operación confiable y segura. Otras protecciones contra temperatura, presión y bajo nivel de agua. Un calentador de combustible combinado, eléctrico y



de vapor, precalienta el aceite pesado y permite el flujo de aceite en los arranques en frío. Un sistema proporcional aire - combustible es modulante en todo el rango de la flama.

### Quemadores CB Construidos Integralmente

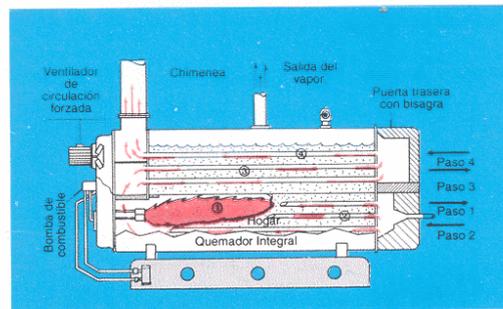
Diseñados para una combustión limpia. Las calderas CB están garantizadas para operar hasta con el 85% de eficiencia en gas o aceite combustible. El quemador de atomización por aire a baja presión ha comprobado su eficiencia con aceite ligero (Diesel) o aceites pesados. La boquilla del quemador, hace una atomización del aceite combustible tan perfecta, que lo quema como si fuera gas. En cada ciclo de operación, la boquilla y las líneas del aceite son purgadas para asegurar un limpio encendido. Debido a que el diseño de la boquilla determina el grado de atomización, no se requieren ajustes posteriores.



La alta velocidad y la entrada anular del quemador en las Calderas CB a gas igualmente eficientes, requieren menos de  $0.14 \text{ kg/cm}^2$  ( $1 \text{ lb/plg}^2$ ) para su operación. La alta velocidad y la turbulencia del gas aseguran una combustión en torbellino, necesaria para una combustión completa.

Las Calderas CB con combinación de combustible, operan con gas o aceites combustibles. Toma menos de un minuto cambiar de aceite a gas o viceversa.

### Cuatro Normas de Diseño.



Básicas para operar con alta eficiencia y larga vida.

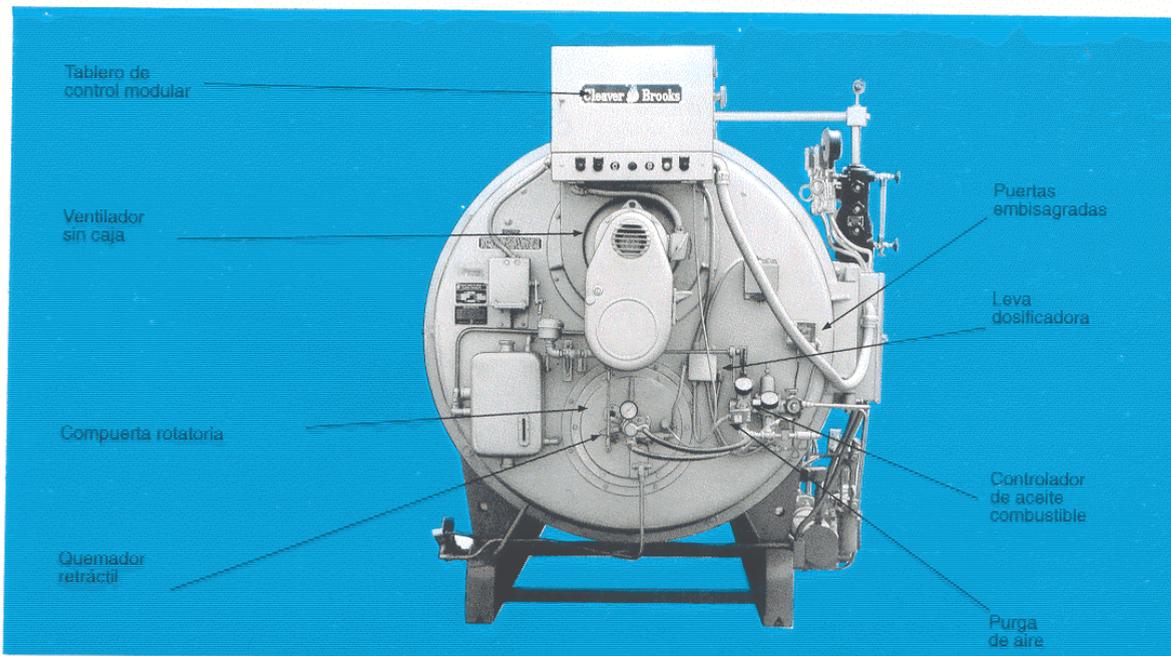
- Trayectoria de gases en cuatro pasos. La alta velocidad de los gases de combustión es mantenida a lo largo de los cuatro pasos reduciendo el área de la sección a través de la cual pasan los gases. Resultado: alta transferencia de calor entre los gases de combustión y el agua de la caldera.
- $0.465$  metros cuadrados ( $5$  pies cuadrados) de superficie de calefacción por caballo caldera. La mayor área ofrecida en cualquier caldera compacta. Lo que significa larga vida y años de uniforme obtención de su capacidad máxima a la eficiencia garantizada.
- Tiro forzado: Un ventilador sin caja provee el aire frío y limpio del cuarto de calderas a la presión y cantidad requerida. Purgas sistemáticas limpian todas

las líneas de combustible de la caldera antes y después de la combustión.

- Hogar inferior: Los gases más calientes de la

combustión se encuentran en la parte inferior de la caldera para una operación segura y eficiente.

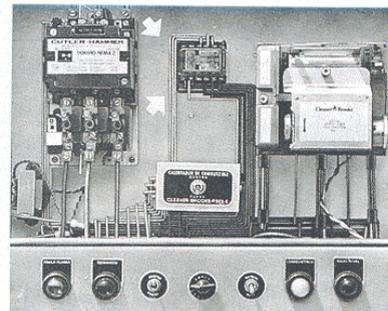
## *Eficiente Funcionamiento y Mínimo Mantenimiento*



### **Tablero de Control Modular Patentado**

Los módulos polarizados, por medio de clavijas, pueden ser utilizados para convertir la caldera de aceite a gas o viceversa, combinación de combustibles o a cualquier tipo de combustible disponible sin necesidad de re-alambrar el gabinete de control.

La parte inferior está articulada y contiene luces funcionales que indican: bajo nivel de agua, falla de flama, demanda de carga y válvula de combustible "energizada".



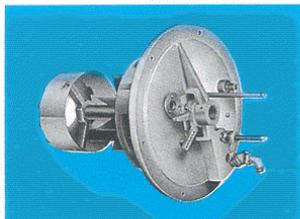
### Exclusivo Ventilador sin Caja

Corazón del eficiente y silencioso sistema de tiro forzado. El impulsor centrífugo de aluminio vaciado provee aire para la combustión en relación balanceada con el combustible proporcionado. Nunca necesita limpieza. Acoplado directamente, sin bandas ó rodamientos especiales.



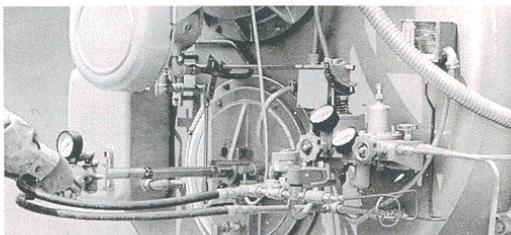
### Compuerta Rotatoria

Este control de aire, maquinado, con acción de autolimpieza ofrece control adecuado del aire y estabilidad en la combustión. En conjunto con la leva dosificadora, provee exactas relaciones aire - combustible tan necesarias para mantener una alta eficiencia en la combustión.



### Quemador Retractil que Ahorra Tiempo

La boquilla del quemador requiere alrededor de 40 segundos para ser quitada y reemplazada en la Caldera CB de aceite. Mangueras flexibles permiten al operador quitar el quemador para inspección o limpieza, sin desconectar las líneas de aceite o abrir la tapa frontal.

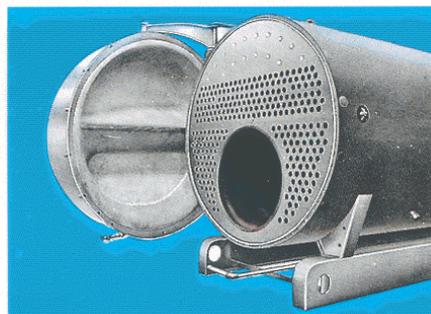


### Puertas Embisagradas Patentadas

Las puertas se abren rápida y fácilmente en la Caldera CB sin necesidad de desconectar alambreado eléctrico, líneas de combustible o líneas de fuerza.

El refractario se muestra en su totalidad tan pronto como la tapa trasera es abierta, exponiéndose también los tubos.

Una bisagra de diseño ajustable asegura un cierre hermético después de cada apertura.



### Leva Dosificadora

La forma de la leva CB que controla el flujo de combustible está diseñada de tal manera, que proporciona el aire requerido para la combustión del aceite o gas. Un orificio variable asegura excelente característica de flujo con respecto a la viscosidad del aceite. Para cualquier carga se mantiene una exacta relación aire-combustible.



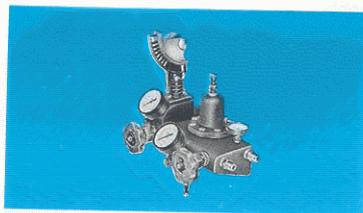
### Controlador de Aceite Combustible

#### Exclusivo.

Un conjunto de acero vaciado combina todos los aparatos de medición, reguladores y válvulas usadas en el sistema de aceite CB.

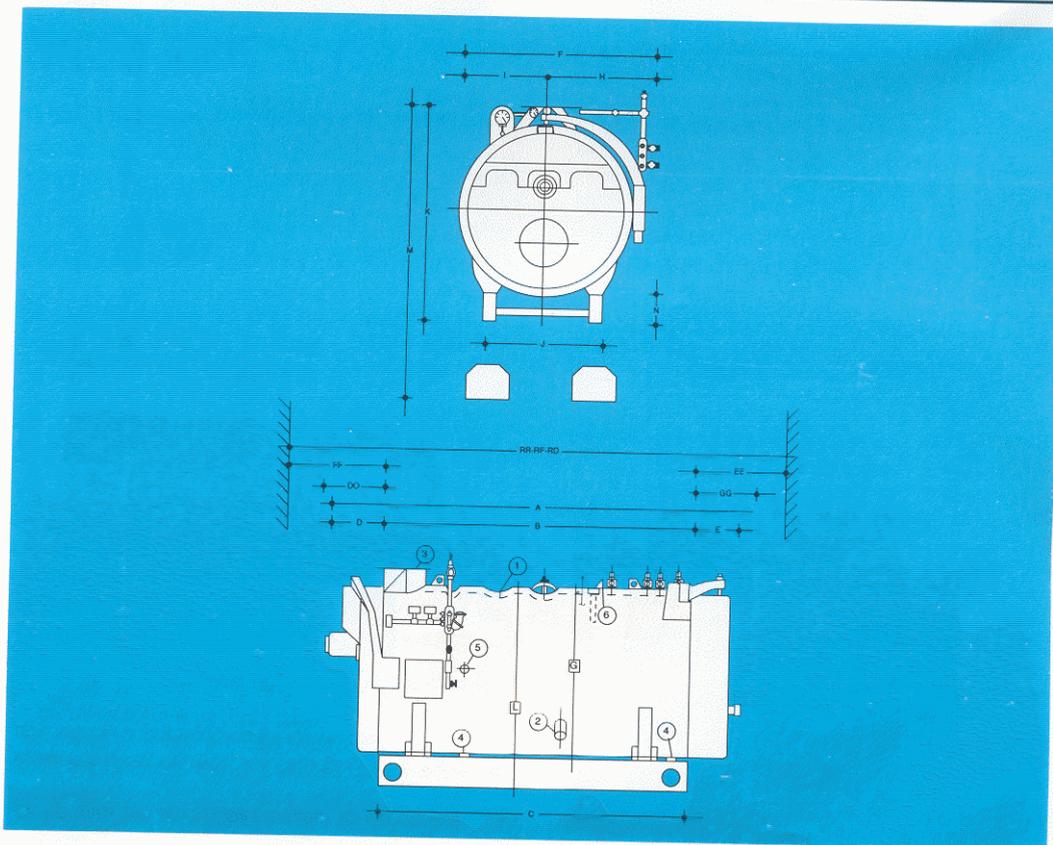
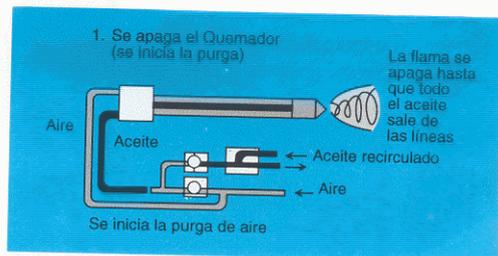
Comprobado y de diseño integral elimina más de 40

conexiones. El conjunto de acero sirve como normalizador de calor para permitir que el aceite fluya fácilmente.



**El Aire Purga de Aceite a las Líneas.**  
El aire es introducido a la línea de abastecimiento de combustible y fuerza a salir el aceite de la tubería del

quemador y de la boquilla. La flama se mantiene hasta que se consume todo el aceite. El siguiente encendido se hace con aceite caliente. No hay goteo de combustible o boquillas carbonizadas.



## Dimensiones Generales y Capacidades

### Capacidad en caballos caldera

	60	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700
Capacidad Nominal kg / h vapor a 100°C	939	1252	1565	1956	2347	3130	3912	4695	5477	6260	7825	9690	10955
Calorías de Salida kcal / h x 10 <sup>6</sup>	0.507	0.676	0.845	1.05	1.26	1.69	2.11	2.53	2.95	3.38	4.22	5.07	5.91
Superficie de calefacción m <sup>2</sup>	27.9	37.2	46.5	58.12	69.7	93	116.2	139.5	162.7	186	232.3	279	325.5
<b>Eficiencia Total (Relación Combustible-Vapor a</b>													
Plena Carga con Pre-Diesel Poder Calorífico 9220 kcal / lt	82.0%	82.5%	83.0%	82.0%	83.0%	83.5%	82.0%	82.5%	83.5%	83.0%	84.0%	84.5%	84.5%
Operación de Combustión Poder Calorífico 10100 kcal / lt	82.5%	79.5%	83.5%	82.5%	83.5%	84.0%	83.5%	83.0%	84.0%	83.5%	84.5%	85.0%	85.0%
8.8 kg / cm <sup>2</sup> Gas Natural Poder Calorífico 8900 kcal / m <sup>3</sup>	78.5%	79.5%	80.0%	78.5%	79.5%	80.0%	79.0%	79.5%	80.0%	79.5%	80.5%	81.0%	81.0%
<b>Consumo de Combustible</b>													
Diesel lt / h	67	89	110	140	166	220	279	333	384	442	546	651	759
Combustible m <sup>3</sup> / h	61	84	100	127	150	199	254	302	349	401	495	591	689
Gas Natural m <sup>3</sup> / h	72	96	119	151	179	236	300	358	415	478	590	703	821
<b>Longitud Total (m )</b>													
A Longitud Cuerpo Entre Bridas	3540	4531	5013	4505	5115	5902	5166	5651	6613	5423	6287	7201	8039
B Longitud Base de la Caldera	2346	3337	3819	3185	3794	4582	3677	4353	5115	3673	4737	5652	6490
C Longitud Base de la Caldera	2305	3778	3778	3150	3759	4547	3632	4318	5080	3635	4699	5613	6452
D Extensión Tapa Frontal	686	686	686	686	813	813	864	864	864	813	813	813	813
E Extensión Tapa Trasera	508	508	508	508	508	508	635	635	635	737	737	737	737
<b>Ancho Total</b>													
F Diámetro Interno del Cuerpo	1771	1772	1772	1921	1921	1921	2451	2451	2451	2972	2972	2972	2972
G Centro a Exterior Columna de Nivel	1219	1219	1219	1524	1524	1524	1981	1981	1981	2438	2438	2438	2438
H Centro a Exterior Cubierta	1098	1098	1098	1092	1092	1092	1397	1397	1397	1676	1676	1676	1676
I Exterior Bases de la Caldera	673	673	673	829	829	829	1054	1054	1054	1295	1295	1295	1295
J Altura Base Caldera a Brida Chimenea	933	933	933	1308	1308	1308	1645	1645	1645	1823	1823	1823	1823
K Altura Base Caldera a Salida de Vapor	1864	1864	1864	2210	2210	2210	2664	2664	2664	3258	3258	3258	3258
L Altura Total del Piso a Brida Chimenea	1699	1699	1699	1957	1957	1957	2400	2400	2400	3004	3004	3004	3004
M Altura de la Base	2016	2016	2016	2362	2362	2362	2816	2816	2816	3410	3410	3410	3410
N Salida de Vapor (m.m.)	305	305	305	305	305	305	305	254	254	457	457	457	457
<b>Diámetro de Conexiones</b>													
1 Alimentación de Agua	76	76	102	102	102	152	152	152	152	203	203	203	203
2 Ducto Salida de Gases (Diámetro)	32	32	32	38	38	38	51	51	51	64	64	64	64
3 Purga de Fondo Frontal y Posterior	254	305	305	406	406	406	508	508	508	610	610	610	610
4 Indicador de Temperatura-Caldera	32	32	32	38	38	38	38	38	38	51	51	51	51
5 Purga Continua	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
6 El frente (m m)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
<b>Longitud Mínima para Mantenimiento Espacio al los Tubos se Sacan por el frente</b>													
FF Espacio al frente si los tubos se sacan por Atras	2150	3150	3650	2950	3550	4350	3350	4050	4800	3460	4320	5250	6100
EE Espacio Atras si los Tubos se Sacan por el frente	1397	1397	1397	1397	1397	1397	1600	1600	1600	1854	1854	1854	1854
GG Sacan por Atras	1397	1397	1397	1702	1702	1702	2261	2261	2261	2743	2743	2743	2743
<b>Longitud Mínima del Cuarto de Calderas para abrir puertas y Cambiar Fluses:</b>													
RF Por la parte Frontal de la Caldera (m.m.)	5952	7843	8825	7497	8706	10234	8582	9969	11480	9149	10873	12717	14406
RD A Traves de Puerta o Ventana	5095	6090	6572	6249	6858	7646	7493	8941	8432	9296	10210	11049	11409
RR Por la Parte Trasera de la Caldera	5852	7843	8825	7802	9011	10599	9243	10629	12141	10038	11762	13606	15295
<b>Peso de la Caldera (Con-siéndose la Máquina sin Vibraciones)</b>													
kg Vacía	2971	3719	4218	5624	6123	7212	10297	11521	12700	16329	18597	21001	24176
kg Ahogada	4559	6101	6921	9103	10339	12260	16592	19610	21813	25687	30357	35294	40778
kg Nivel Normal	4296	5742	6524	8516	9620	11371	15196	17418	19715	23287	27352	31627	36782
<b>Requerimientos Eléctricos</b>													
hp Motor Bomba de Combustible Diesel	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1
hp Motor Bomba de Combustible Pesado	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3
kw Calentador Eléctrico	5	5	5	5	5	5	5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
kw Compresor de Aire (espesor, cuerpo, plg)	2	2	2	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	3	3	5	5
<b>Motor del Ventilador (a Nivel del Mar)</b>													
hp Utilizando Gas	5	5	5	7.5	7.5	10	10	10	15	15	20	20	30
hp Utilizando Aceite	5	5	5	7.5	7.5	10	10	10	15	15	20	20	30

Nota: Las dimensiones y características de la caldera de 600 caballos caldera son proporcionadas por solicitud

## Anexo 4

### Anexo 4 Concreto Refractario

#### CONCRAX 1500

Clasificación	Clase D	
NTC - 814 , ASTM C - 401		
Análisis Químico %		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	49.5	
SiO <sub>2</sub>	39.0	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.3	
TiO <sub>2</sub>	2.0	
CaO	7.5	
MgO	0.3	
Álcalis	0.4	
Cono Pirométrico Equivalente (PCE)	32	
Temperatura equivalente °C	1717	
NTC - 706 , ASTM C-24		
Máxima temperatura de servicio recomendada °C	1540	
Máximo tamaño de grano mm	5	
Material seco requerido por metro cúbico kg	2000 - 2100	
Agua de preparación cm <sup>3</sup> de agua/kg de material seco	120 - 135	
NTC - 988 , ASTM C - 860		
Densidad volumétrica °C - g/cm <sup>3</sup>	110	2.00 - 2.10
ASTM C - 134	1000	1.80 - 1.85
	1260	1.85 - 1.90
	1370	1.85 - 1.90
	1480	1.95 - 2.00
Módulo de ruptura en frío °C - Mpa ( kg/cm <sup>2</sup> )	110	5.0 - 8.0 ( 50 - 80 )
	1000	1.5 - 2.5 ( 15 - 25 )
	1260	4.0 - 6.0 ( 40 - 60 )
NTC - 988 , ASTM C-133	1370	12.0 - 14.0 ( 120 - 140 )
	1480	14.0 - 15.0 ( 140 - 150 )

## CONCRETOS REFRACTARIOSSILICO - ALUMINOSOS

**CONCRAX 1500**

Resistencia a la compresión	110	25.0 - 40.0 ( 250 - 400 )
en frío C - Mpa ( kg/cm <sup>2</sup> )	1000	9.0 - 11.0 ( 90 - 110 )
NTC - 682 , ASTM C - 133	1260	13.0 - 15.0 ( 130 - 150 )
	1370	29.0 - 31.0 ( 290 - 310 )
	1480	50.0 - 54.0 ( 500 - 540 )

Cambio lineal permanente C - %	1000	0.0 - 0.3C
NTC - 988 , ASTM C - 401 y ASTM C - 865	1260	0.2C - 0.5C
	1370	0.3C - 0.6C
	1480	1.0C - 1.5C

Presentación Sacos de 25 kg

Los datos anteriores están basados en los resultados promedios de las pruebas de control realizadas sobre lotes de producción industrial, utilizando los procedimientos descritos en las Normas Técnicas Colombianas (NTC) y ASTM donde ellas sean aplicables, y no deben emplearse para efectos de especificaciones garantizadas.

C = Contracción  
1999-11-12



NO WARRANTY IS EXPRESSED OR IMPLIED REGARDING THE ACCURACY OF THIS INFORMATION, THE SUITABILITY OF THE PRODUCT FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR THE RESULTS TO BE OBTAINED BY THE USE OF THE PRODUCT. USERS EXPRESSLY ASSUME ALL RISKS AND LIABILITIES ARISING FROM THE USE OF OR RELIANCE UPON THIS INFORMATION.

### Anexo 6

### Anexo 5 Certificaciones de material para tubos

五矿晋口钢板有限责任公司 WIN METALS YINGKOU WEPIDU W PLATE CO.,LTD. 辽宁省晋口市凌河区渤海街1166号 TEL: +86 427 2833888 FAX: +86 427 2833888		产品质量证明书 INSPECTION CERTIFICATE																									
订货单位 PURCHASER HAPPY SINO RESOURCES	收货单位 CONSIGNEE HAPPY SINO RESOURCES	产品名称 PRODUCT 锅炉和压力容器钢 Boilers and pressure vessels steel	合同编号 CONTRACT NO. YGR1ZANN201227045-Q4																								
技术标准/牌号 SPEC/GRADE ASTM A516/AS16M; ASTM A516	交货状态 DELIVERY CONDITION 热轧(AR)	签发日期 DATE OF ISSUE 20210226	证明书编号 CERTIFICATE NO. 210226Z00479																								
车号 TRAIN NO.																											
炉号 HEAT NO.		批号 LOT NO.	规格 DIMENSION	数量 QTY	重量 WEIGHT KG	分析区域 ANALYSIS AREA	化学成分 CHEMICAL ANALYSIS %										屈服强度 YIELD STRENGTH MPa	抗拉强度 TENSILE STRENGTH MPa	伸长率 ELONGATION %								
20210617A		S12060100	19.1x2440x12000	4	17,560	L	C	Si	Mn	P	S	Al	Ni	Cu	Cr	V	Nb	Ti	Mo	B	Co	W	As	0.025	380	536	28
21105611A		S12060100	19.1x2440x12000	1	4,390	L	0.168	0.190	0.460	0.015	0.014	0.015	0.014	0.015	0.014	0.015	0.014	0.015	0.014	0.015	0.014	0.015	0.014	0.015	360	522	28.5
21103141A		S12140966	19.1x2440x12000	2	8,749	L	0.178	0.209	0.440	0.016	0.015	0.015	0.014	0.015	0.014	0.015	0.014	0.015	0.014	0.015	0.014	0.015	0.014	0.015	373	511	22
					合计(TOTAL):	T																					
注释 NOTES A.A. ANALYSIS REGION L: 熔体成分 MELTING COMPOSITION 拉伸长度(GAUGE LENGTH) L <sub>0</sub> =200mm Coa=C+Cu+Ni+Cr+Mo CoaB=Mo+C AGARD-TENSILE STRENGTH AGARD-TENSILE STRENGTH According to EN 10204 3.1		本产品已按照标准要求进行制造和检验, 其结果符合要求, 特此证明。 WE HEREBY CERTIFY THAT MATERIAL DESCRIBED HAS MANUFACTURED AND TESTED WITH SATISFACTORY RESULTS IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF THE ABOVE MATERIAL SPECIFICATION															冶金技术处处长 DIRECTOR OF METALLURGICAL DEPARTMENT 										
																	20210305-160916		第1页, 共1页 Page 1 of 1								



沧州乾成钢管股份有限公司  
 Cangzhou Qiancheng Steel-Pipe Co., Ltd

地址 Add: Industrial Areas Yanshan County HeBei Province, China

### 质量证明书 MATERIAL TEST CERTIFICATE (EN 10204 3.1)

买方 Buyer: Possin GmbH

订单号/合同号 CONTRACT NO.: P00309

标准 Standard: ASTM A-192 Edition 1991

货物描述 Description of goods: ASTM A192 SMLS STEEL TUBE

序号	批号	炉号	规格 specification			制造方法	钢级	支数	米数	重量	拉伸试验 Tensile test		
NO.	Batch NO.	Heat NO.	外径 Diameter (mm)	最小壁厚 Thickness (mm)	长度 Length (M)	Making method	Steel grade	Pieces	Metres	Weight (MT)	屈服强度 Y.S. Mpa	抗拉强度 T.S. Mpa	延伸率 E.L.%
1	114	20819	50.8	2.9	7.5	Cold drawing	A-192	300	2250	8.480	210	355	37
2	123	10920	63.5	3.0	7.5	Cold drawing	A-192	800	6000	29.540	215	368	38
3													
4													
5													
6													
TOTAL									1100	8250	38.020		
序号		冲击实验 Blow Test		化学成分 Chemical Composition (%)									
NO.	横向冲击 AK Transverse	纵向冲击 AK Longitudinal	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Ti
1	/	/	0.170	0.200	0.460	0.017	0.014	/	/	/	/	/	/
2	/	/	0.168	0.190	0.440	0.015	0.014	/	/	/	/	/	/
3													
4													
5													
6													
序号	冷弯试验 Cold Bending	扩口试验 Flaring Test	超声检测 UT	涡流检测 ET	尺寸 Dimensional	外观 Visual	硬度值 Hardness Test Value (HRB)	热处理 Heat Treatment 温度 Temp. 时间 Time		水压试验 Hydro Test (Mpa)			
1	Qualified	Qualified	Qualified	Qualified	Qualified	Qualified	70	660±10°C	40 mins	12.8/10S			
2	Qualified	Qualified	Qualified	Qualified	Qualified	Qualified	71	660±10°C	40 mins	11.9/10S			
3													
4													
5													
6													

制表/Tubulation: 李慧琳

审核 Auditor:

日期/Date: 2018/4/12

由扫描全能王扫描创建

## Anexo 7

## Anexo 7 Certificaciones de calificación de procedimiento



REPRESENTACIONES Y SERVICIOS  
EN ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

- ☞ RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL
- ☞ ULTRASONIDO
- ☞ PARTICULAS MAGNÉTICAS
- ☞ LÍQUIDOS PENETRANTES
- ☞ CORRIENTES INDUCIDAS
- ☞ INSPECCION VISUAL
- ☞ ANALISIS DE MATERIALES
- ☞ ASESORÍA EN SOLDADURA Y CORROSIÓN

**SENDRE Cía. Ltda.**

CDLA. LA GARZOTA, MZ. 138 - SOLAR 7

TELF.S.: 2656093 - 2655288

E-MAIL: sendre@gye.satnet.net

www.sendre.com.ec

GUAYAQUIL - ECUADOR

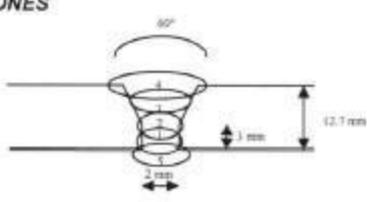
<b>CLIENTE:</b> DITEINCRP Atención: Ing. Pedro Correa		<b>PROYECTO:</b> CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA.	
<b>INFORME</b> SENDRE N° 341/2021	<b>PROCEDIMIENTO N°</b> RT 01/15	<b>FECHA</b> Julio 06/2021	<b>N° DE PAGS.</b> 1/2
<b>INFORME DE INSPECCION POR RADIOGRAFIA</b>			
<b>INFORMACION GENERAL:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente de radiación: Iridio 192</li> <li>• Exposición: 31.5 y 25.0 Ci-min</li> <li>• Distancia fuente-objeto: 300 mm.</li> <li>• Distancia objeto-película: 14.7 y 8.35 mm</li> <li>• Película: AGFA D7</li> <li>• Revelado: Manual</li> <li>• Norma aplicada: ASME Sección V, Artículo 2 y ASME Sección IX</li> <li>• Técnica: Simple Pared/ Simple Imagen</li> <li>• Penetrámetro: ASTM 1-B</li> <li>• Pantallas de plomo: 0.127 mm / 0.127 mm</li> <li>• Densidad observada: 2.0 - 4.0</li> <li>• Tamaño de la fuente: 2.7 mm</li> <li>• Iluminación: Natural <input checked="" type="checkbox"/> Artificial <input type="checkbox"/></li> </ul>			
<b>ELEMENTOS INSPECCIONADOS:</b> 2 PLANCHAS (PROBETAS) SOLDADAS.			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Material:</b> Acero                      <b>Espesor:</b> 12.7 y 6.35 mm                      <b>Sobremonta:</b> 2 mm</li> <li>- La inspección se realizó para la detección de eventuales defectos internos en las soldaduras.</li> <li>- Condición de la superficie: libre de irregularidades.</li> </ul>			
<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS PROBETAS</b>			
<b>WPS</b>	<b>Proceso</b>	<b>Material</b>	<b>Espesor</b>
01-21	FCAW	SA 516 Gr. 70	12.7 mm
02-21	GTAW	SA 36	6.35 mm
			<b>Posición</b>
			1G
			1G
<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS RADIOGRAFÍAS:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- DITEINCRP</li> <li>- CAL. PRO.: Calificación de Procedimiento</li> <li>- FCAW o GTAW: Proceso de Soldadura.</li> <li>- 1G: Posición de Soldadura.</li> </ul>			
Total de planchas (probetas) soldadas: 2			
<b>TOTAL DE RADIOGRAFÍAS (EXPOSICIONES): 2</b>			
<b>RESULTADOS</b>			
Se adjunta hoja de resultados.			
<i>Representaciones y Servicios en Ensayos no Destructivos SENDRE Cía. Ltda.</i>			



## SENDRE CIA. LTDA.

### QW-483 PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO

**Company Name/ Empresa:** .....DITEINGORP S.A.....  
**PQR N°** .....01-21..... **WPS N°** .....01-21..... **Date/Fecha:** .....Julio 9 de 2021...  
**Revisions** .....0..... **Dates:** .....  
**Revisiones** .....  
**Fechas:** .....  
**Welding Process(es)** ...FCAW... **Type(s):** .....Semi-automático.....  
**Procesos Soldadura** ..... **Tipo(s):** (Automatic, Manual, Machine or Semi-Auto)  
**Reference Code** ...ASME Sección IX Ed. 2019... (Automático, Manual, Máquina o Semi-automático)  
**Código de Referencia** .....

JOINTS (QW 402) UNIONES	BASE METALS (QW 403) METAL BASE																																																															
 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>PASE N°</th> <th>PRC.</th> <th>CLASE</th> <th>DIAM (mm)</th> <th>AMPS</th> <th>VOLT</th> <th>VEL. AVAN. (mm/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>FCAW</td> <td>E71T1</td> <td>1.2</td> <td>158</td> <td>22.3</td> <td>108</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>FCAW</td> <td>E71T1</td> <td>1.2</td> <td>162</td> <td>23.0</td> <td>115</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>FCAW</td> <td>E71T1</td> <td>1.2</td> <td>162</td> <td>23.0</td> <td>118</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>FCAW</td> <td>E71T1</td> <td>1.2</td> <td>165</td> <td>23.0</td> <td>119</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>FCAW</td> <td>E71T1</td> <td>1.2</td> <td>165</td> <td>23.0</td> <td>127</td> </tr> </tbody> </table>	PASE N°	PRC.	CLASE	DIAM (mm)	AMPS	VOLT	VEL. AVAN. (mm/min)	1	FCAW	E71T1	1.2	158	22.3	108	2	FCAW	E71T1	1.2	162	23.0	115	3	FCAW	E71T1	1.2	162	23.0	118	4	FCAW	E71T1	1.2	165	23.0	119	5	FCAW	E71T1	1.2	165	23.0	127	<p><b>Material Spec.</b> .....SA-516.....  <b>Esp. material</b> .....  <b>Type or Grade</b> .....70.....  <b>Tipo o grado</b> .....  <b>P N° ..1.. Group N° ..2.. to P N° ..1.. Group N° ..2..</b>  <b>Thickness</b> .....12.7 mm.....  <b>Espesores</b> .....  <b>Diameter</b> .....  <b>Diámetro</b> .....  <b>Maximum Pass Thickness</b> .....3.0 mm.....  <b>Espesor de pase máximo</b> .....  <b>Other/Otro</b> .....</p>																					
PASE N°	PRC.	CLASE	DIAM (mm)	AMPS	VOLT	VEL. AVAN. (mm/min)																																																										
1	FCAW	E71T1	1.2	158	22.3	108																																																										
2	FCAW	E71T1	1.2	162	23.0	115																																																										
3	FCAW	E71T1	1.2	162	23.0	118																																																										
4	FCAW	E71T1	1.2	165	23.0	119																																																										
5	FCAW	E71T1	1.2	165	23.0	127																																																										
<p><b>FILLER METALS (QW 404) METAL DE APORTACIÓN</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;"><b>SFA Specification</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td><i>Especificación SFA</i></td> <td style="text-align: center;">5.20</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>AWS Classification</b></td> <td style="text-align: center;">E71T1</td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Clasificación AWS</i></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Filler Metal F N°</b></td> <td style="text-align: center;">6</td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Metal de aportación F N°</i></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Weld Metal Analysis A N°</b></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Análisis del metal depositado A N°</i></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Size of Filler Metal</b></td> <td style="text-align: center;">1.2 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Tamaño del material de aporte</i></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Filler metal product form</b></td> <td style="text-align: center;">Electr. tubular</td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Forma del producto del material de aporte</i></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Supplemental Filler Metal</b></td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Metal de aporte suplementario</i></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Electrode Flux Classification</b></td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Clasificación de fundente</i></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Flux Type/Tipo de fundente</b></td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Flux Trade Name/Nombre comercial</i></td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Weld Metal Thickness</b></td> <td style="text-align: center;">12.7 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Espesor de metal depositado</i></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Other/Otros</b></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	<b>SFA Specification</b>	1	2	<i>Especificación SFA</i>	5.20		<b>AWS Classification</b>	E71T1		<i>Clasificación AWS</i>			<b>Filler Metal F N°</b>	6		<i>Metal de aportación F N°</i>			<b>Weld Metal Analysis A N°</b>	1		<i>Análisis del metal depositado A N°</i>			<b>Size of Filler Metal</b>	1.2 mm		<i>Tamaño del material de aporte</i>			<b>Filler metal product form</b>	Electr. tubular		<i>Forma del producto del material de aporte</i>			<b>Supplemental Filler Metal</b>	N/A		<i>Metal de aporte suplementario</i>			<b>Electrode Flux Classification</b>	N/A		<i>Clasificación de fundente</i>			<b>Flux Type/Tipo de fundente</b>	N/A		<i>Flux Trade Name/Nombre comercial</i>	N/A		<b>Weld Metal Thickness</b>	12.7 mm		<i>Espesor de metal depositado</i>			<b>Other/Otros</b>			<p><b>POSITION (QW 405) POSICIÓN</b></p> <p><b>Position of Groove</b> .....1G.....  <i>Posición del Chaffan</i> .....  <b>Weld Progression</b> .....  <i>Secuencia de soldadura</i> .....  <b>(Uphill, Downhill)</b>  <b>Ascendente, descendente</b>  <b>Other/Otros</b> .....</p> <hr/> <p><b>PREHEAT (QW 406) PRECALENTAMIENTO</b></p> <p><b>Preheat Temp</b> .....25 °C.....  <i>Temperatura precalentamiento</i> .....  <b>Interpass Temp</b> .....120 °C.....  <i>Temperatura entrepasadas</i> .....  <b>Other/Otros</b> .....</p>
<b>SFA Specification</b>	1	2																																																														
<i>Especificación SFA</i>	5.20																																																															
<b>AWS Classification</b>	E71T1																																																															
<i>Clasificación AWS</i>																																																																
<b>Filler Metal F N°</b>	6																																																															
<i>Metal de aportación F N°</i>																																																																
<b>Weld Metal Analysis A N°</b>	1																																																															
<i>Análisis del metal depositado A N°</i>																																																																
<b>Size of Filler Metal</b>	1.2 mm																																																															
<i>Tamaño del material de aporte</i>																																																																
<b>Filler metal product form</b>	Electr. tubular																																																															
<i>Forma del producto del material de aporte</i>																																																																
<b>Supplemental Filler Metal</b>	N/A																																																															
<i>Metal de aporte suplementario</i>																																																																
<b>Electrode Flux Classification</b>	N/A																																																															
<i>Clasificación de fundente</i>																																																																
<b>Flux Type/Tipo de fundente</b>	N/A																																																															
<i>Flux Trade Name/Nombre comercial</i>	N/A																																																															
<b>Weld Metal Thickness</b>	12.7 mm																																																															
<i>Espesor de metal depositado</i>																																																																
<b>Other/Otros</b>																																																																

*Roberto Fierro I.*

PQR N° ..... 01-21.....Rev..0....

<b>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW 407)</b> <b>TRATAMIENTO TÉRMICO POSTSOLDEO</b>  Temperature ..... N/A..... <i>Temperatura</i> Time ..... N/A..... <i>Tiempo</i> Other/Otros .....	<b>GAS (QW 408)</b> <b>GAS</b> Percent Composition/Porcentaje de composición <table border="1"> <tr> <td>Gas(es)</td> <td>Mixture</td> <td>Flow rate</td> </tr> <tr> <td>CO<sub>2</sub></td> <td>100%</td> <td>40-50 lt/min</td> </tr> </table> Shielding ..... <i>Protección</i> Trailing ..... <i>Arrastre</i> Backing ..... <i>Respaldo</i>	Gas(es)	Mixture	Flow rate	CO <sub>2</sub>	100%	40-50 lt/min
Gas(es)	Mixture	Flow rate					
CO <sub>2</sub>	100%	40-50 lt/min					
<b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW 409)</b> <b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b>  Current ..... DIRECTA..... <i>Corriente</i> Polarity ..... DCEP..... <i>Polaridad</i> Amps ..... 158-165..... Volts ... 22 3-23.0..... <b>Mode of Metal Transfer for GMAW (FCAW)</b> ..... <i>Modo de Transferencia metálica</i> Heat Input ..... 1957 J/mm..... <i>Calor de aporte</i> Other/Otros .....	<b>TECHNIQUE (QW 410)</b> <b>TÉCNICA</b>  Travel Speed ..... 108-127 mm/min..... <i>Velocidad</i> String or Weave Bead ..... Oscilante..... <i>Aportación recta u oscilante</i> Oscillation ... 2 veces el tamaño del material de aporte.. <i>Oscilación</i> Multipass or Single Pass (Per side) ..... Múltiples ..... <i>Pasadas simples o múltiples</i> Single or Multiple Electrodes ..... Simple..... <i>Electrodo simple o múltiple</i> Stick Out: ..... 15 mm.....						

**TENSILE TEST (QW 150)**  
**ENSAYO DE TRACCIÓN**

SPECIMEN PROBETA	WIDTH ANCHO	THICKNESS ESPESOR	AREA SECCIÓN	ULTIMATE TOTAL LOAD CARGA MÁX	ULTIMATE STRENGTH ESFUERZO MÁXIMO (N/mm <sup>2</sup> )	TYPE OF FAILURE AND LOCATION TIPO Y LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA
Nº	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N)		
1	19.20	12.45	239.04	127,000	533	Ductil y en la soldadura
2	19.11	12.30	235.05	125,000	533	Ductil y en la soldadura

**GUIDED BEND TEST (QW 160)**  
**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO**

TYPE AND FIGURE No TIPO Y FIGURA No	RESULT RESULTADO	TYPE AND FIGURE No TIPO Y FIGURA No	RESULT RESULTADO
LATERAL QW-462.2	APROBADO	LATERAL QW-462.2	APROBADO
LATERAL QW-462.2	APROBADO	LATERAL QW-462.2	APROBADO

PQR N° 01-21 Rev 0

**TOUGHNESS TEST (QW 170)**  
**ENSAYOS DE TENACIDAD**

SPECIMEN PROBETA N°	NOTCH LOCATION UBICACIÓN ENTALLA	SPECIMEN SIZE DIMENSIÓN DE LA PROBETA	TEST TEMP. TEMP. DE ENSAYO	IMPACT VALUES VALORES DE IMPACTO			DROP WEIGHT ENSAYO DE CAÍDA DE PESO BREAK (Y/N) ROTA (S/N)
				Kg-m	% Shear % Corte	Mils	

**FILLET - WELD TEST (QW 180)**  
**ENSAYO DE SOLDADURA EN ÁNGULO**

<b>Result - Satisfactory:</b> Yes .....	No .....	<b>Penetration into Parent Metal:</b> Yes .....	No .....
<i>Resultado - Satisfactorio:</i> Si .....	No .....	<i>Penetración en el metal base:</i> Si .....	No .....
<b>Macro - Result</b> .....			
<i>Resultados Macrografia</i> .....			

**OTHER TESTS**  
**OTROS ENSAYOS**

<b>Type of Test</b> ..... RT .....	<b>Result</b> ... APROBADO (SENDRE N° 341/2021) .....
<i>Tipo de Ensayo</i> .....	<i>Resultado</i> .....
<b>Deposit Analysis</b> .....	.....
<i>Análisis del depósito</i> .....	.....
<b>Other</b> .....	.....
<i>Otros</i> .....	.....

**Welder's Name** ..... SENEN DARÍO MORALES ARTEAGA .....

*Nombre del soldador* .....

**Clock N°** ..... 096359719-0 ..... **Stamp N°** ..... SM .....

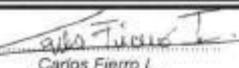
*Ident. N°* ..... *Marca N°* .....

**Test conducted by:** ..... SENDRE/LEMAT ..... **Laboratory Test N°** ..... 21-221 (ESPOL) .....

*Ensayos conducidos por:* ..... *Ensayo de Lab. N°* .....

We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code, 2019 Edition.

*Certificamos que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del Código ASME, Sección IX, Edición 2019.*

<b>Manufacturer:</b> .....	<b>Certified by:</b> 	<b>Date:</b> Julio 9 de 2021
<i>Constructor</i> .....	<i>Certificado por</i> Carlos Fierro I. CWI # 09073921 EXP. 7/1/2024	<i>Fecha:</i> .....

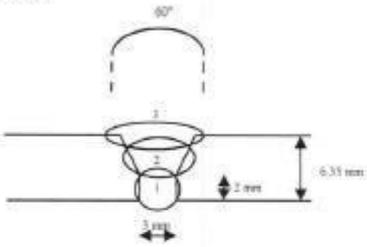
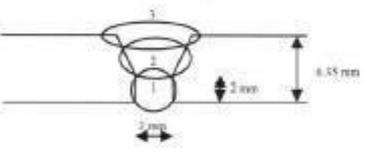


SENDRE Cia. Ltda.

## SENDRE CIA. LTDA.

### QW-483 PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Company Name/Empresa: .....DITEIN CORP S.A.....  
 PQR N° .....02-21..... WPS N° .....02-21..... Date/Fecha: .....Julio 9 de 2021...  
 Revisions .....0..... Dates: .....  
 Revisiones ..... Fechas: .....  
 Welding Process(es) ...GTAW... Type(s): .....Manual.....  
 Procesos Soldadura Tipo(s): (Automatic, Manual, Machine or Semi-Auto)  
 Reference Code...ASME Sección IX Ed. 2019... (Automático, Manual, Máquina o Semi-automático)  
 Código de Referencia

<p><b>JOINTS (QW 402)</b> <b>UNIONES</b></p>  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>PASE N°</th> <th>PRC.</th> <th>CLASE</th> <th>DIAM (mm)</th> <th>AMPS</th> <th>VOLT</th> <th>VEL. AVAN. (mm/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>GTAW</td> <td>ER70S-6</td> <td>2.4</td> <td>110</td> <td>20.2</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>GTAW</td> <td>ER70S-6</td> <td>2.4</td> <td>125</td> <td>20.8</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>GTAW</td> <td>ER70S-6</td> <td>2.4</td> <td>125</td> <td>21.0</td> <td>47</td> </tr> </tbody> </table>  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>PASE N°</th> <th>PRC.</th> <th>CLASE</th> <th>DIAM (mm)</th> <th>AMPS</th> <th>VOLT</th> <th>VEL. AVAN. (mm/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>GTAW</td> <td>ER70S-6</td> <td>2.4</td> <td>110</td> <td>20.2</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>GTAW</td> <td>ER70S-6</td> <td>2.4</td> <td>125</td> <td>20.8</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>GTAW</td> <td>ER70S-6</td> <td>2.4</td> <td>125</td> <td>21.0</td> <td>47</td> </tr> </tbody> </table>	PASE N°	PRC.	CLASE	DIAM (mm)	AMPS	VOLT	VEL. AVAN. (mm/min)	1	GTAW	ER70S-6	2.4	110	20.2	56	2	GTAW	ER70S-6	2.4	125	20.8	55	3	GTAW	ER70S-6	2.4	125	21.0	47	PASE N°	PRC.	CLASE	DIAM (mm)	AMPS	VOLT	VEL. AVAN. (mm/min)	1	GTAW	ER70S-6	2.4	110	20.2	56	2	GTAW	ER70S-6	2.4	125	20.8	55	3	GTAW	ER70S-6	2.4	125	21.0	47	<p><b>BASE METALS (QW 403)</b> <b>METAL BASE</b></p> <p>Material Spec. ....SA-36.....          Esp. material .....          Type or Grade .....          Tipo o grado .....          P N° ..1.. Group N° ..1.. to P N° ..1.. Group N° ..1..          Thickness .....6.35 mm.....          Espesores .....          Diameter .....          Diámetro .....          Maximum Pass Thickness .....2.5 mm.....          Espesor de pase máximo .....          Other/Otro .....</p> <p>Material Spec. ....SA-36.....          Esp. material .....          Type or Grade .....          Tipo o grado .....          P N° ..1.. Group N° ..1.. to P N° ..1.. Group N° ..1..          Thickness .....6.35 mm.....          Espesores .....          Diameter .....          Diámetro .....          Maximum Pass Thickness .....2.5 mm.....          Espesor de pase máximo .....          Other/Otro .....</p>
PASE N°	PRC.	CLASE	DIAM (mm)	AMPS	VOLT	VEL. AVAN. (mm/min)																																																			
1	GTAW	ER70S-6	2.4	110	20.2	56																																																			
2	GTAW	ER70S-6	2.4	125	20.8	55																																																			
3	GTAW	ER70S-6	2.4	125	21.0	47																																																			
PASE N°	PRC.	CLASE	DIAM (mm)	AMPS	VOLT	VEL. AVAN. (mm/min)																																																			
1	GTAW	ER70S-6	2.4	110	20.2	56																																																			
2	GTAW	ER70S-6	2.4	125	20.8	55																																																			
3	GTAW	ER70S-6	2.4	125	21.0	47																																																			
<p><b>FILLER METALS (QW 404)</b> <b>METAL DE APORTACIÓN</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 35%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 35%; text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>SFA Specification</td> <td style="text-align: center;">5.18</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Especificación SFA</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>AWS Classification</td> <td style="text-align: center;">ER70S-6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Clasificación AWS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Filler Metal F N°</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Metal de aportación F N°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Weld Metal Analysis A N°</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td></td> </tr> </table>		1	2	SFA Specification	5.18		Especificación SFA			AWS Classification	ER70S-6		Clasificación AWS			Filler Metal F N°	6		Metal de aportación F N°			Weld Metal Analysis A N°	1		<p><b>POSITION (QW 405)</b> <b>POSICIÓN</b></p> <p>Position of Groove .....1G.....          Posición del Chafan .....          Weld Progression .....          Secuencia de soldadura .....          (Uphill, Downhill)          Ascendente, descendente)</p>																																
	1	2																																																							
SFA Specification	5.18																																																								
Especificación SFA																																																									
AWS Classification	ER70S-6																																																								
Clasificación AWS																																																									
Filler Metal F N°	6																																																								
Metal de aportación F N°																																																									
Weld Metal Analysis A N°	1																																																								

PQR N° ..... 02-21.....Rev...0....

<b>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW 407)</b> <b>TRATAMIENTO TÉRMICO POSTSOLDEO</b>  Temperature ..... N/A..... <i>Temperatura</i> Time ..... N/A..... <i>Tiempo</i> Other/Otros .....	<b>GAS (QW 408)</b> <b>GAS</b> Percent Composition/Porcentaje de composición <table border="1"> <tr> <th>Gas(es)</th> <th>Mixture</th> <th>Flow rate</th> </tr> <tr> <td>Argón</td> <td>100%</td> <td>15 p<sup>3</sup>/hr</td> </tr> </table> Shielding ..... <i>Protección</i> Trailing ..... <i>Arrastre</i> Backing ..... <i>Respaldo</i>	Gas(es)	Mixture	Flow rate	Argón	100%	15 p <sup>3</sup> /hr
Gas(es)	Mixture	Flow rate					
Argón	100%	15 p <sup>3</sup> /hr					
<b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW 409)</b> <b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b>  Current ..... DIRECTA..... <i>Corriente</i> Polarity ..... DCEN..... <i>Polaridad</i> Amps ..... 110-125..... Volts ... 20.2-21.0.... <b>Mode of Metal Transfer for GMAW (FCAW)</b> ..... <i>Modo de Transferencia metálica</i> Heat Input ..... 3351 J/mm..... <i>Calor de aporte</i> Other/Otros .....	<b>TECHNIQUE (QW 410)</b> <b>TÉCNICA</b>  Travel Speed ..... 47-56 mm/min..... <i>Velocidad</i> String or Weave Bead ..... Oscilante..... <i>Aportación recta u oscilante</i> Oscillation ... 2 veces el tamaño del material de aporte... <i>Oscilación</i> Multipass or Single Pass (Per side) .... Múltiples.... <i>Pasadas simples o múltiples</i> Single or Multiple Electrodes ..... Simple..... <i>Electrodo simple o múltiple</i> Stick Out: ..... 5 mm .....						

**TENSILE TEST (QW 150)**  
**ENSAYO DE TRACCIÓN**

SPECIMEN PROBETA	WIDTH ANCHO	THICKNESS ESPESOR	AREA SECCIÓN	ULTIMATE TOTAL LOAD CARGA MÁX	ULTIMATE STRENGTH ESFUERZO MÁXIMO	TYPE OF FAILURE AND LOCATION TIPO Y LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA
N°	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N)	(N/mm <sup>2</sup> )	
1	19.06	5.84	111.31	51,000	461	Dúctil y fuera de la soldadura
2	19.12	5.64	107.84	50,000	460	Dúctil y fuera de la soldadura

**GUIDED BEND TEST (QW 160)**  
**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO**

TYPE AND FIGURE No TIPO Y FIGURA No	RESULT RESULTADO	TYPE AND FIGURE No TIPO Y FIGURA No	RESULT RESULTADO
CARA QW-462.3(a)	APROBADO	RAIZ QW-462.3(a)	APROBADO
CARA QW-462.3(a)	APROBADO	RAIZ QW-462.3(a)	APROBADO

PQR N° .... 02-21....Rev...0....

**TOUGHNESS TEST (QW 170)  
ENSAYOS DE TENACIDAD**

SPECIMEN PROBETA N°	NOTCH LOCATION UBICACIÓN ENTALLA	SPECIMEN SIZE DIMENSIÓN DE LA PROBETA	TEST TEMP. TEMP. DE ENSAYO	IMPACT VALUES VALORES DE IMPACTO			DROP WEIGHT ENSAYO DE CAÍDA DE PESO BREAK (Y/N) ROTA (S/N)
				Kg-m	% Shear % Corte	Mils	

**FILLET - WELD TEST (QW 180)  
ENSAYO DE SOLDADURA EN ÁNGULO**

<b>Result - Satisfactory:</b> Yes .....	No .....	<b>Penetration into Parent Metal:</b> Yes .....	No .....
Resultado - Satisfactorio: Si	No	Penetración en el metal base: Si	No
<b>Macro - Result</b> .....			
Resultados Macrografía .....			

**OTHER TESTS  
OTROS ENSAYOS**

<b>Type of Test</b> .....RT.....	<b>Result</b> ...APROBADO (SENDRE N° 341/2021)....
Tipo de Ensayo	Resultado
<b>Deposit Analysis</b> .....	.....
Análisis del depósito	
<b>Other</b> .....	.....
Otros	

**Welder's Name** .....SENEN DARÍO MORALES ARTEAGA.....

Nombre del soldador

**Clock N°** ..... 096359719-0..... **Stamp N°** .....SM.....

Ident. N° ..... Marca N°

**Test conducted by:** .....SENDRE/LEMAT..... **Laboratory Test N°** .....21-222 (ESPOL).....

Ensayos conducidos por: ..... Ensayo de Lab. N°

We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code, 2019 Edition.

Certificamos que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del Código ASME, Sección IX, Edición 2019.

<b>Manufacturer:</b> .....	<b>Certified by:</b> 	<b>Date:</b> Julio 9 de 2021
Constructor	Controlado por Carlos Fierro I. CWI # 09073921 EXP 7/1/2024	Fecha:



SENDRE Cia. Ltda.

Anexo 8 Especificaciones del procedimiento de soldadura

**SENDRE CIA. LTDA.**

**QW-482 WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)  
ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**

Company Name/Empresa: .....DITEINCORP S.A.....  
 WPS N° ... 03-21... Supporting PQR N° ... 01-21... Date/Fecha ... Julio 16/2021.....  
 Revisions .....0..... Dates: .....  
 Revisiones ..... Fechas .....  
 Welding Process(es) ... FCAW.... Type(s): ... Semi-automático...  
 Procesos de Soldadura Tipo(s): (Automatic, Manual, Machine or Semi-Auto)  
 Reference Code ASME Sección IX Ed. 2019 (Automático, Manual, Máquina o Semi-automático)  
 Código de Referencia

<p><b>JOINTS (QW 402)</b> <b>UNIONES</b></p> <p>Joint Design ... Junta tipo T con penetración completa...  <i>Diseño de junta</i></p> <p>Root Spacing .....2-3 mm.....  <i>Separación de raíz</i></p> <p>Backing (YES) (NO) ..... Sí.....  <i>Respaldo (Si) (NO)</i></p> <p>Backing Material ..... E71T1.....  <i>Material de respaldo</i></p>	<table border="1"> <tr> <td>Electrode Flux (Class) <i>Electrodo polvo (clase)</i></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Flux Type <i>Tipo de fundente</i></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Flux Trade Name <i>Nombre comercial de fundente</i></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Consumable insert <i>Anillos consumibles</i></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Other/Otros:</td> <td></td> </tr> </table>	Electrode Flux (Class) <i>Electrodo polvo (clase)</i>	N/A	Flux Type <i>Tipo de fundente</i>	N/A	Flux Trade Name <i>Nombre comercial de fundente</i>	N/A	Consumable insert <i>Anillos consumibles</i>	N/A	Other/Otros:															
Electrode Flux (Class) <i>Electrodo polvo (clase)</i>	N/A																								
Flux Type <i>Tipo de fundente</i>	N/A																								
Flux Trade Name <i>Nombre comercial de fundente</i>	N/A																								
Consumable insert <i>Anillos consumibles</i>	N/A																								
Other/Otros:																									
<p><b>BASE METALS (QW 403)</b> <b>METALES BASE</b></p> <p>P N° ...1... Group N° ...2... to P N° ..1.. Group N° ...2...  <i>Type and Degree of Material</i> ..... SA-516 Gr. 70.....  <i>Tipo y Grado del material</i></p> <p>Thickness Range ...19.05 mm y 28.0 mm....  <i>Rango de espesor</i></p> <p>Pipe Diam Range ..... TODOS.....  <i>Rango diámetro tubo</i></p> <p>Maximum Pass Thickness ≤ 13 mm..... Sí.....  <i>Máximo espesor de pase</i></p> <p>Other/Otros .....</p>	<p><b>POSITION (QW 405)</b> <b>POSICIÓN</b></p> <p>Position of Groove ..... TODAS.....  <i>Posición del Chaffan</i></p> <p>Welding Progression. ASCENDENTE/DESCENDENTE  <i>Secuencia de soldadura</i></p> <p>Other/Otros.....</p>																								
<p><b>FILLER METALS (QW 404)</b> <b>METALES DE APORTACIÓN</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Spec. N° (SFA) <i>Especif. N°</i></td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>AWS N° (Class)</td> <td>5.20</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F N°</td> <td>E71T1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A N°</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Size of filler metals <i>Tamaño del material de aporte</i></td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Filler metal product form <i>Forma del material de aporte</i></td> <td>1.2 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Supplemental filler metal <i>Material de aporte suplementario</i></td> <td>Electr. tubular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Weld Metal Thickness Range <i>Rango de espesores del metal soldado</i></td> <td>NA</td> <td></td> </tr> </table>	Spec. N° (SFA) <i>Especif. N°</i>	1	2	AWS N° (Class)	5.20		F N°	E71T1		A N°	6		Size of filler metals <i>Tamaño del material de aporte</i>	1		Filler metal product form <i>Forma del material de aporte</i>	1.2 mm		Supplemental filler metal <i>Material de aporte suplementario</i>	Electr. tubular		Weld Metal Thickness Range <i>Rango de espesores del metal soldado</i>	NA		<p><b>PREHEAT (QW 406)</b> <b>PRECALENTAMIENTO</b></p> <p>Preheat Temp. Min .....20 °C.....  <i>Temperatura precal.</i></p> <p>Interpass Temp. Max .....200 °C.....  <i>Temperatura entre pasadas</i></p> <p>Preheat Maintenance .....  <i>Mantenimiento del precal.</i></p> <p>Other/Otros .....</p>
Spec. N° (SFA) <i>Especif. N°</i>	1	2																							
AWS N° (Class)	5.20																								
F N°	E71T1																								
A N°	6																								
Size of filler metals <i>Tamaño del material de aporte</i>	1																								
Filler metal product form <i>Forma del material de aporte</i>	1.2 mm																								
Supplemental filler metal <i>Material de aporte suplementario</i>	Electr. tubular																								
Weld Metal Thickness Range <i>Rango de espesores del metal soldado</i>	NA																								

<p><b>POST WELD HEAT TREATMENT (QW 407)</b> <b>TRATAMIENTO TÉRMICO POSTSOLDEO</b></p> <p>Temperature ..... N/A..... <i>Temperatura</i></p> <p>Time Range ..... N/A..... <i>Tiempo</i></p> <p>Other/Otros .....</p>	<p><b>TECHNIQUE (QW 410)</b> <b>TÉCNICA</b></p> <p>Spring or Weave Bead ..... OSCILANTE..... <i>Aportación recta u oscilante</i></p> <p>Orifice or Gas Cup Size .....</p> <p>Initial Interpass Cleaning ..... CEPILLADO..... <b>(Brushing, Grinding, etc.)</b> <i>Limpieza, inicial y entrepasadas (Cepillado, esmerilado, etc.)</i></p> <p>Method of Back Gouging ..... ESMERILADO..... <i>Método de limpiar la raíz</i></p> <p>Oscillation ...2 VECES EL DIÁMETRO DEL ALAMBRE... <i>Oscilación</i></p> <p>Contact tube to work distance ..... 15 – 25 mm..... <i>Distancia tubo contacto</i></p> <p>Multipass or single pass ..... MULTIPLE..... <i>Pasadas simples o múltiples</i></p> <p>Single or Multiple Electrodes ..... SIMPLE..... <i>Simple o múltiples electrodos</i></p> <p>Electrode Spacing ..... N/A..... <i>Espaciamiento de electrodos</i></p> <p>Travel Speed (Range) ..... 80-130 mm/min..... <i>Velocidad (Rango)</i></p> <p>Other/Otros : .....</p>																															
<p><b>GAS (QW 408)</b> <b>GAS</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Percent Composition/Porcentaje de composición</b></p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:30%;"></th> <th style="width:20%;">Gas(es)</th> <th style="width:20%;">Mixture</th> <th style="width:30%;">Flow rate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Shielding</b> <i>Protección</i></td> <td>CO<sub>2</sub></td> <td>100%</td> <td>30-50 lt/min</td> </tr> <tr> <td><b>Trailing</b> <i>Arrastre</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Backing</b> <i>Respaldo</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Gas(es)	Mixture	Flow rate	<b>Shielding</b> <i>Protección</i>	CO <sub>2</sub>	100%	30-50 lt/min	<b>Trailing</b> <i>Arrastre</i>				<b>Backing</b> <i>Respaldo</i>				<p><b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW 409)</b> <b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b></p> <p>Current ..... DIRECTA..... <i>Corriente</i></p> <p>Polarity ..... DCEP..... <i>Polaridad</i></p> <p>Transfer Mode .....</p> <p><i>Modo de Transferencia</i></p> <p>Heat input Max ..... 3500 J/mm..... <i>Modo de Transferencia</i></p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">PASE Nº</th> <th style="width:10%;">PROC.</th> <th style="width:10%;">CLASE</th> <th style="width:10%;">DIAM (mm)</th> <th style="width:10%;">AMPS</th> <th style="width:10%;">VOLTS</th> <th style="width:10%;">VELOC. AVAN. MM/MIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 a n</td> <td>FCAW</td> <td>E71T1</td> <td>1.2</td> <td>140-220</td> <td>22-28</td> <td>80-130</td> </tr> </tbody> </table>	PASE Nº	PROC.	CLASE	DIAM (mm)	AMPS	VOLTS	VELOC. AVAN. MM/MIN	1 a n	FCAW	E71T1	1.2	140-220	22-28	80-130	<p><b>SKETCH</b> <b>CROQUIS</b></p> <p>The sketch shows a vertical weld joint with a 30-degree angle. The total length of the weld is 28.0 mm. The gap between the electrodes is 2-3 mm. The height of the weld is 19.05 mm. The sketch is labeled with '28.0 mm', '30°', '2-3 mm', and '19.05 mm'.</p>
	Gas(es)	Mixture	Flow rate																													
<b>Shielding</b> <i>Protección</i>	CO <sub>2</sub>	100%	30-50 lt/min																													
<b>Trailing</b> <i>Arrastre</i>																																
<b>Backing</b> <i>Respaldo</i>																																
PASE Nº	PROC.	CLASE	DIAM (mm)	AMPS	VOLTS	VELOC. AVAN. MM/MIN																										
1 a n	FCAW	E71T1	1.2	140-220	22-28	80-130																										
<p>Prepared by: ..... <i>Elaborado por</i></p> <p>Approved by: <u>Carlos Fierro I.</u> Date: ...Julio 16/2021... <i>Aprobado por</i> <span style="float: right;"><i>Fecha:</i></span></p> <p style="text-align: center;">CW1 # 09073921 EXP. 7/1/2024</p>																																



## SENDRE CIA. LTDA.

### QW-482 WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

**Company Name/Empresa:** .....DITEINCORP S.A.....  
**WPS N°** ... 01-21... **Supporting PQR N°** ... 01-21... **Date/Fecha** ...Julio 9/2021.....  
**Revisions** .....0..... **Dates:** .....  
**Revisiones** ..... **Fechas** .....  
**Welding Process(es)** ... FCAW.... **Type(s):** ...Semi-automático...  
**Procesos de Soldadura** ..... **Tipo(s):** (Automatic, Manual, Machine or Semi-Auto)  
**Reference Code ASME Sección IX Ed. 2019** ..... **(Automático, Manual, Máquina o Semi-automático)**  
**Código de Referencia** .....

<b>JOINTS (QW 402)</b> <b>UNIONES</b>  <b>Joint Design</b> ..... A tope en doble V..... <i>Diseño de junta</i> <b>Root Spacing</b> ..... 2-3 mm..... <i>Separación de raíz</i> <b>Backing (YES) (NO)</b> ..... Si..... <i>Respaldo (SI) (NO)</i> <b>Backing Material</b> ..... E71T1..... <i>Material de respaldo</i>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td><b>Electrode Flux (Class)</b> <i>Electrodo polvo (clase)</i></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td><b>Flux Type</b> <i>Tipo de fundente</i></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td><b>Flux Trade Name</b> <i>Nombre comercial de fundente</i></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td><b>Consumable insert</b> <i>Anillos consumibles</i></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td><b>Other/Otros:</b></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	<b>Electrode Flux (Class)</b> <i>Electrodo polvo (clase)</i>	N/A	<b>Flux Type</b> <i>Tipo de fundente</i>	N/A	<b>Flux Trade Name</b> <i>Nombre comercial de fundente</i>	N/A	<b>Consumable insert</b> <i>Anillos consumibles</i>	N/A	<b>Other/Otros:</b>															
<b>Electrode Flux (Class)</b> <i>Electrodo polvo (clase)</i>	N/A																								
<b>Flux Type</b> <i>Tipo de fundente</i>	N/A																								
<b>Flux Trade Name</b> <i>Nombre comercial de fundente</i>	N/A																								
<b>Consumable insert</b> <i>Anillos consumibles</i>	N/A																								
<b>Other/Otros:</b>																									
<b>BASE METALS (QW 403)</b> <b>METALES BASE</b>  <b>P N°</b> ...1... <b>Group N°</b> ...2... to <b>P N°</b> ..1.. <b>Group N°</b> ...2... <b>Type and Degree of Material</b> ..... SA-516 Gr. 70..... <i>Tipo y Grado del material</i> <b>Thickness Range</b> ... 5.0 mm ≤ T ≤ 25.4 mm.... <i>Rango de espesor</i> <b>Pipe Diam Range</b> ..... TODOS..... <i>Rango diámetro tubo</i> <b>Maximum Pass Thickness ≤ 13 mm</b> ..... Si..... <i>Máximo espesor de pase</i> <b>Other/Otros</b> .....	<b>POSITION (QW 405)</b> <b>POSICIÓN</b>  <b>Position of Groove</b> ..... TODAS..... <i>Posición del Chafán</i> <b>Welding Progression</b> ASCENDENTE/DESCENDENTE <i>Secuencia de soldadura</i> <b>Other/Otros</b> .....																								
<b>FILLER METALS (QW 404)</b> <b>METALES DE APORTACIÓN</b>  <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Spec. N° (SFA)</b> <i>Especif. N°</i></td> <td>5.20</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>AWS N° (Class)</b></td> <td>E71T1</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>F N°</b></td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>A N°</b></td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Size of filler metals</b> <i>Tamaño del material de aporte</i></td> <td>1.2 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Filler metal product form</b> <i>Forma del material de aporte</i></td> <td>Electr. tubular</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Supplemental filler metal</b> <i>Material de aporte suplementario</i></td> <td>NA</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <b>Weld Metal Thickness Range</b> t ≤ 25.4 mm <i>Rango de espesores del metal soldado</i>		1	2	<b>Spec. N° (SFA)</b> <i>Especif. N°</i>	5.20		<b>AWS N° (Class)</b>	E71T1		<b>F N°</b>	6		<b>A N°</b>	1		<b>Size of filler metals</b> <i>Tamaño del material de aporte</i>	1.2 mm		<b>Filler metal product form</b> <i>Forma del material de aporte</i>	Electr. tubular		<b>Supplemental filler metal</b> <i>Material de aporte suplementario</i>	NA		<b>PREHEAT (QW 406)</b> <b>PRECALENTAMIENTO</b>  <b>Preheat Temp. Min</b> .....20 °C..... <i>Temperatura precal.</i> <b>Interpass Temp. Max</b> .....200 °C..... <i>Temperatura entre pasadas</i> <b>Preheat Maintenance</b> ..... <i>Mantenimiento del precal.</i> <b>Other/Otros</b> .....
	1	2																							
<b>Spec. N° (SFA)</b> <i>Especif. N°</i>	5.20																								
<b>AWS N° (Class)</b>	E71T1																								
<b>F N°</b>	6																								
<b>A N°</b>	1																								
<b>Size of filler metals</b> <i>Tamaño del material de aporte</i>	1.2 mm																								
<b>Filler metal product form</b> <i>Forma del material de aporte</i>	Electr. tubular																								
<b>Supplemental filler metal</b> <i>Material de aporte suplementario</i>	NA																								

<p><b>POST WELD HEAT TREATMENT (QW 407)</b> <b>TRATAMIENTO TÉRMICO POSTSOLDEO</b></p> <p>Temperature ..... N/A..... <i>Temperatura</i></p> <p>Time Range ..... N/A..... <i>Tiempo</i></p> <p>Other/Otros .....</p>	<p><b>TECHNIQUE (QW 410)</b> <b>TÉCNICA</b></p> <p>Spring or Weave Bead ..... OSCILANTE..... <i>Aportación recta u oscilante</i></p> <p>Orifice or Gas Cup Size .....</p> <p>Orificio o tam. de boquilla de gas .....</p> <p>Initial interpass Cleaning ..... CEPILLADO..... <b>(Brushing, Grinding, etc.)</b> <i>Limpieza, inicial y entrepasadas (Cepillado, esmerilado, etc.)</i></p> <p>Method of Back Gouging ..... ESMERILADO..... <i>Método de limpiar la raíz</i></p> <p>Oscillation ... 2 VECES EL DIÁMETRO DEL ALAMBRE..... <i>Oscilación</i></p> <p>Contact tube to work distance ..... 15 – 25 mm..... <i>Distancia tubo contacto</i></p> <p>Multipass or single pass ..... MULTIPLE..... <i>Pasadas simples o múltiples</i></p> <p>Single or Multiple Electrodes ..... SIMPLE..... <i>Simple o múltiples electrodos</i></p> <p>Electrode Spacing..... N/A..... <i>Espaciamiento de electrodos</i></p> <p>Travel Speed (Range) ..... 80-130 mm/min..... <i>Velocidad (Rango)</i></p> <p>Other/Otros : .....</p>																						
<p><b>GAS (QW 408)</b> <b>GAS</b></p> <p>Percent Composition/ Porcentaje de composición</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gas(es)</th> <th>Mixture</th> <th>Flow rate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Shielding <i>Protección</i></td> <td>CO<sub>2</sub></td> <td>100%</td> <td>30-50 lt/min</td> </tr> </tbody> </table> <p>Trailing <i>Arrastre</i></p> <p>Backing <i>Respaldo</i></p>		Gas(es)	Mixture	Flow rate	Shielding <i>Protección</i>	CO <sub>2</sub>	100%	30-50 lt/min	<p><b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW 409)</b> <b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b></p> <p>Current ..... DIRECTA..... <i>Corriente</i></p> <p>Polarity ..... DCEP..... <i>Polaridad</i></p> <p>Transfer Mode .....</p> <p>Modo de Transferencia .....</p> <p>Heat input Max ..... 3500 J/mm..... <i>Modo de Transferencia</i></p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>PASE Nº</th> <th>PROC.</th> <th>CLASE</th> <th>DIAM (mm)</th> <th>AMPS</th> <th>VOLTS</th> <th>VELOC. AVAN. MM/MIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 a n</td> <td>FCAW</td> <td>E71T1</td> <td>1.2</td> <td>140-220</td> <td>22-28</td> <td>80-130</td> </tr> </tbody> </table>	PASE Nº	PROC.	CLASE	DIAM (mm)	AMPS	VOLTS	VELOC. AVAN. MM/MIN	1 a n	FCAW	E71T1	1.2	140-220	22-28	80-130
	Gas(es)	Mixture	Flow rate																				
Shielding <i>Protección</i>	CO <sub>2</sub>	100%	30-50 lt/min																				
PASE Nº	PROC.	CLASE	DIAM (mm)	AMPS	VOLTS	VELOC. AVAN. MM/MIN																	
1 a n	FCAW	E71T1	1.2	140-220	22-28	80-130																	
<p><b>SKETCH CROQUIS</b></p>																							
<p>Prepared by: ..... Approved by: <i>Carlos Fierro I.</i> Date: ... Julio 9/2021.... <i>Elaborado por</i> <i>Aprobado por</i> <i>Fecha:</i></p> <p style="text-align: center;">Carlos Fierro I. CWI # 09073921 EXP. 7/1/2024</p>																							









REPRESENTACIONES Y SERVICIOS  
EN ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

- § RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL
- § ULTRASONIDO
- § PARTÍCULAS MAGNÉTICAS
- § LÍQUIDOS PENETRANTES
- § CORRIENTES INDUCIDAS
- § INSPECCION VISUAL
- § ANALISIS DE MATERIALES
- § ASESORÍA EN SOLDADURA Y CORROSIÓN

## SENDRE Cía. Ltda.

CDLA. LA GARZOTA, MZ. 138 – SOLAR 7

TELF.S.: 2656093 – 2655288  
E-MAIL: sendre@gye.satnet.net  
www.sendre.com.ec  
GUAYAQUIL - ECUADOR

<b>CLIENTE:</b> DITEINCorp Atención: Ing. Pedro Correa		<b>PROYECTO:</b> CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA.	
<b>INFORME</b> SENDRE N° 341/2021	<b>PROCEDIMIENTO N°</b> RT 01/15	<b>FECHA</b> Julio 06/2021	<b>N° DE PAGS.</b> 1/2

### INFORME DE INSPECCION POR RADIOGRAFIA

#### INFORMACION GENERAL:

- Fuente de radiación: Iridio 192
- Exposición: 31.5 y 25.0 Ci-min
- Distancia fuente-objeto: 300 mm.
- Distancia objeto-película: 14.7 y 8.35 mm
- Película: AGFA D7
- Revelado: Manual
- Norma aplicada: ASME Sección V, Artículo 2 y ASME Sección IX
- Técnica: Simple Pared/ Simple Imagen
- Penetrómetro: ASTM 1-B
- Pantallas de plomo: 0.127 mm / 0.127 mm
- Densidad observada: 2.0 – 4.0
- Tamaño de la fuente: 2.7 mm
- Iluminación: Natural  Artificial

#### ELEMENTOS INSPECCIONADOS: 2 PLANCHAS (PROBETAS) SOLDADAS.

- **Material:** Acero                      **Espesor:** 12.7 y 6.35 mm                      **Sobremonta:** 2 mm
- La inspección se realizó para la detección de eventuales defectos internos en las soldaduras.
- Condición de la superficie: libre de irregularidades.

#### IDENTIFICACIÓN DE LAS PROBETAS

<u>WPS</u>	<u>Proceso</u>	<u>Material</u>	<u>Espesor</u>	<u>Posición</u>
01-21	FCAW	SA 516 Gr. 70	12.7 mm	1G
02-21	GTAW	SA 36	6.35 mm	1G

#### IDENTIFICACIÓN DE LAS RADIOGRAFÍAS:

- DITEINCorp
- CAL. PRO.: Calificación de Procedimiento
- FCAW o GTAW: Proceso de Soldadura.
- 1G: Posición de Soldadura.

Total de planchas (probetas) soldadas: 2

**TOTAL DE RADIOGRAFÍAS (EXPOSICIONES): 2**

#### RESULTADOS

Se adjunta hoja de resultados.

*Representaciones y Servicios  
en Ensayos no Destructivos  
SENDRE Cía. Ltda.*



Anexo 10 Procedimiento de soldadura

**SENDRE CIA. LTDA.**

**QW-482 WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)  
ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**

Company Name/Empresa: .....DITEIN CORP S.A.....  
 WPS N° ... 02-21... Supporting PQR N° ... 02-21... Date/Fecha ...Julio 9/2021.....  
 Revisions .....0..... Dates: .....  
 Revisiones ..... Fechas .....  
 Welding Process(es) ...GTAW... Type(s): ...Manual...  
 Procesos de Soldadura Tipo(s): (Automatic, Manual, Machine or Semi-Auto)  
 Reference Code ASME Sección IX Ed. 2019 (Automático, Manual, Máquina o Semi-automático)  
 Código de Referencia

<p><b>JOINTS (QW 402)</b> <b>UNIONES</b></p> <p>Joint Design ..... A filete.....                  Diseño de junta                  Root Spacing .....                  Separación de raíz                  Backing (YES) (NO) .....                  Respaldo (SI) (NO)                  Backing Material .....                  Material de respaldo</p>	<p><b>Electrode Flux (Class)</b> ..... N/A                  Electrodo polvo (clase)  <b>Flux Type</b> ..... N/A                  Tipo de fundente  <b>Flux Trade Name</b> ..... N/A                  Nombre comercial de fundente  <b>Consumable insert</b> ..... N/A                  Anillos consumibles                  Other/Otros: .....</p>																																							
<p><b>BASE METALS (QW 403)</b> <b>METALES BASE</b></p> <p>P N° ...1... Group N° ...1... to P N° ..1.. Group N° ...2...                  Type and Degree of Material SA-53 Gr. B a SA516 Gr.70                  Tipo y Grado del material                  Thickness Range ..... TODOS.....                  Rango de espesor                  Pipe Diam Range ..... TODOS.....                  Rango diámetro tubo                  Maximum Pass Thickness ≤ 13 mm ..... Sí.....                  Máximo espesor de pase                  Other/Otros .....</p>	<p><b>POSITION (QW 405)</b> <b>POSICIÓN</b></p> <p>Position of Groove ..... TODAS.....                  Posición del Chaffan                  Welding Progression. ASCENDENTE/DESCENDENTE                  Secuencia de soldadura                  Other/Otros.....</p>																																							
<p><b>FILLER METALS (QW 404)</b> <b>METALES DE APORTACIÓN</b></p> <table border="0"> <tr> <td>Spec. N° (SFA)</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Especl. N°</td> <td>5.18</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AWS N° (Class)</td> <td>ER70S-6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F N°</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A N°</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Size of filler metals</td> <td>2.4 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño del material de aporte</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Filler metal product form</td> <td>Varilla</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Forma del material de aporte</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Supplemental filler metal</td> <td>NA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Material de aporte suplementario</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Weld Metal Thickness Range t ≤ 12.7 mm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rango de espesores del metal soldado</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Spec. N° (SFA)	1	2	Especl. N°	5.18		AWS N° (Class)	ER70S-6		F N°	6		A N°	1		Size of filler metals	2.4 mm		Tamaño del material de aporte			Filler metal product form	Varilla		Forma del material de aporte			Supplemental filler metal	NA		Material de aporte suplementario			Weld Metal Thickness Range t ≤ 12.7 mm			Rango de espesores del metal soldado			<p><b>PREHEAT (QW 406)</b> <b>PRECALENTAMIENTO</b></p> <p>Preheat Temp. Min .....20 °C.....                  Temperatura precal.                  Interpass Temp. Max .....200 °C.....                  Temperatura entre pasadas                  Preheat Maintenance .....                  Mantenimiento del precal.                  Other/Otros .....</p>
Spec. N° (SFA)	1	2																																						
Especl. N°	5.18																																							
AWS N° (Class)	ER70S-6																																							
F N°	6																																							
A N°	1																																							
Size of filler metals	2.4 mm																																							
Tamaño del material de aporte																																								
Filler metal product form	Varilla																																							
Forma del material de aporte																																								
Supplemental filler metal	NA																																							
Material de aporte suplementario																																								
Weld Metal Thickness Range t ≤ 12.7 mm																																								
Rango de espesores del metal soldado																																								

<p><b>POST WELD HEAT TREATMENT (QW 407)</b> <b>TRATAMIENTO TÉRMICO POSTSOLDEO</b></p> <p>Temperature ..... N/A..... <i>Temperatura</i></p> <p>Time Range ..... N/A..... <i>Tiempo</i></p> <p>Other/Otros .....</p>	<p><b>TECHNIQUE (QW 410)</b> <b>TÉCNICA</b></p> <p>Spring or Weave Bead ..... OSCILANTE..... <i>Aportación recta u oscilante</i></p> <p>Orifice or Gas Cup Size .....</p> <p>Initial Interpass Cleaning ..... CEPILLADO..... <b>(Brushing, Grinding, etc.)</b> <i>Limpieza, inicial y entrepasadas</i> <i>(Cepillado, esmerilado, etc.)</i></p> <p>Method of Back Gouging .....</p> <p>Método de limpiar la raíz</p> <p>Oscillation ... 2 VECES EL DIÁMETRO DEL ALAMBRE..... <i>Oscilación</i></p> <p>Contact tube to work distance ..... 5 – 10 mm..... <i>Distancia tubo contacto</i></p> <p>Multipass or single pass ..... MULTIPLE..... <i>Pasadas simples o múltiples</i></p> <p>Single or Multiple Electrodes ..... SIMPLE..... <i>Simple o múltiples electrodos</i></p> <p>Electrode Spacing ..... N/A..... <i>Espaciamiento de electrodos</i></p> <p>Travel Speed (Range) ..... 40-70 mm/min..... <i>Velocidad (Rango)</i></p> <p>Other/Otros : .....</p>																														
<p><b>GAS (QW 408)</b> <b>GAS</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Percent Composition/Porcentaje de composición</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 5px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gas(es)</th> <th>Mixture</th> <th>Flow rate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Shielding <i>Protección</i></td> <td>Ar</td> <td>100%</td> <td>12-20 p<sup>3</sup>/hr</td> </tr> <tr> <td>Trailing <i>Arrastre</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Backing <i>Respaldo</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Gas(es)	Mixture	Flow rate	Shielding <i>Protección</i>	Ar	100%	12-20 p <sup>3</sup> /hr	Trailing <i>Arrastre</i>				Backing <i>Respaldo</i>				<p><b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW 409)</b> <b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b></p> <p>Current ..... DIRECTA..... <i>Corriente</i></p> <p>Polarity ..... DCEN..... <i>Polaridad</i></p> <p>Transfer Mode .....</p> <p><i>Modo de Transferencia</i></p> <p>Heat input Max ..... 3800 J/mm..... <i>Modo de Transferencia</i></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 5px;"> <thead> <tr> <th>PASE N°</th> <th>PROC.</th> <th>CLASE</th> <th>DIAM (mm)</th> <th>AMPS</th> <th>VOLTS</th> <th>VELOC. AVAN. MM/MIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 a n</td> <td>GTAW</td> <td>ER70S-6</td> <td>2.4</td> <td>100-160</td> <td>20-25</td> <td>40-70</td> </tr> </tbody> </table>	PASE N°	PROC.	CLASE	DIAM (mm)	AMPS	VOLTS	VELOC. AVAN. MM/MIN	1 a n	GTAW	ER70S-6	2.4	100-160	20-25	40-70
	Gas(es)	Mixture	Flow rate																												
Shielding <i>Protección</i>	Ar	100%	12-20 p <sup>3</sup> /hr																												
Trailing <i>Arrastre</i>																															
Backing <i>Respaldo</i>																															
PASE N°	PROC.	CLASE	DIAM (mm)	AMPS	VOLTS	VELOC. AVAN. MM/MIN																									
1 a n	GTAW	ER70S-6	2.4	100-160	20-25	40-70																									
<p><b>SKETCH CROQUIS</b></p>																															
<p>Prepared by: ..... <i>Elaborado por</i></p> <p>Approved by: <u>Carlos Fierro I.</u> Date: Julio 9/2021..... <i>Aprobado por</i> <span style="margin-left: 100px;"><i>Fecha:</i></span></p> <p style="margin-left: 150px;">Carlos Fierro I. CWI # 09073921 EXP. 7/1/2024</p>																															



# Anexo 11

## Anexo 11 – Registro de calificación de soldadura

### SENDRE CÍA LTDA.

REPRESENTACIONES Y SERVICIOS EN ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

**QW-484 WELDER PERFORMANCE QUALIFICATIONS (WPQ)**  
**REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADORES**  
 ASME SEC. IX, ED. 2019

Company Name/Empresa .....DITEIN CORP S.A.....  
 Welder's Name SENEN DARÍO MORALES ARTEAGA Identification number # 096359719-0 Stamp SM  
 Nombre del soldador Ident. # Marca  
 Welding Process (es) used ...FCAW... Type .....SEMI-AUTOMÁTICO.....  
 WPS N° .....01-21.....  
 Base material (s) welded ...SA-516 Gr.70... Thickness ...12.7 mm... Test coupon X  
 Material base soldado Espesor Production Weld

WELDING VARIABLES (QW 350) VARIABLES DE SOLDADURA	ACTUAL VALUES VALORES ACTUALES	RANGE QUALIFIED RANGO CALIFICADO
Backing (metal, weld metal, welded from both sides, flux, etc.) Respaldo	CON RESPALDO	CON RESPALDO
ASME P N° ..1.. Group N° ..2.. to ASME P N° ..1... Group N° ...2.. ASME P N° a ASME P N°		1 a 15F, 34 y 41 a 49
(X) Plate ( ) Pipe Plancha Tubo (Diámetro)		...> 610 mm....
Filler Metal Specification (SFA) 5.20 Classification Especificación Mat. aporte (SFA) Clasificación	.....E71T1.....	.....
Filler Metal F N° Material de aporte F N°	.....6.....	.....6.....
Consumable Insert for GTAW or PAW Material de consumo GTAW o PAW	.....N/A.....	.....
Weld Deposit Thickness for Each Welding Process Espesor del depósito en cada proceso	.....12.7 mm.....	TOPE y FILETE: TODOS
Welding Position (1G, 5G, etc) Posición	.....2G y 3G.....	TOPE y FILETE: F, H y V
Vertical Progression (Uphill/Downhill) Progresión Vertical (Ascendente/descendente)	ASCENDENTE	ASCENDENTE
Inert Gas Backing for GTAW, PAW or GMAW Gas inerte de respaldo para GTAW, PAW o GMAW	.....	.....
GMAW Transfer Mode GMAW Modo de transferencia	.....	.....
GTAW Welding Current Type/Polarity GTAW tipo de corriente y polaridad	.....	.....
<b>WELDING VARIABLES FOR WELDING OPERATORS (QW 350)</b>		
<b>VARIABLES DE SOLDADURA PARA OPERADORES</b>		
Direct/Remote Visual Control Control visual directo o remoto	.....	.....
Automatic Voltage Control (GTAW) Control de voltaje automático	.....	.....
Automatic Joint Tracking Avance automático	.....	.....
Welding Position (1G, 5G, etc.) Posición	.....	.....
Backing (Metal, Weld Metal, Flux, etc.) Respaldo (metal, metal de aporte, flux, etc.)	.....	.....

Welder's Name .. SENEN DARÍO MORALES ARTEAGA.... Clock ...096359719-0...

GUIDED BEND TEST RESULT (QW 160)  
**RESULTADO DE ENSAYO DE DOBLADO GUIADO**

TYPE TIPO	RESULT RESULTADO	TYPE TIPO	RESULT RESULTADO

Visual Examination of Completed Weld (QW 302.4) .....APROBADO.....  
*Ensayo Visual de la Soldadura Terminada*

Alternative Volumetric Examination Results (QW 191) ....APROBADO.... RT ...X... or UT .....  
*Resultado de la Prueba Volumétrica*

Fillet Weld ..... <i>Soldadura de Ángulo</i>	Fracture Test ..... <i>Prueba de Fractura</i>	Length and percent defects ..... <i>Longitud y Porcentaje de defectos</i>
Macro Test Fusion ..... <i>Prueba de Macro Fusión</i>	Fillet leg size ..... <i>Longitud de Cateto</i>	Concavity/Convexity ..... <i>Concavidad/Convexidad</i>

Welding Test conducted by .....Informe RT SENDRE N° 348/2021.....  
*Prueba de soldadura conducida por*

Mechanical Test conducted by .....  
*Ensayo Mecánico conducido por*

Laboratory Test # .....  
*Prueba de Laboratorio #*

We Certify that the statements in this record are correct and the test coupons were prepared, welded and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code, 2019 Ed.

*Certificamos que el contenido de este informe es correcto y que las probetas fueron preparada, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del Código ASME Sección IX, Edición 2019.*

Prepared by: ..... <i>Elaborado por</i>	Certified by: <u>Carlos Fierro I.</u> <i>Certificado por</i>	Date: Julio 14/2021.. <i>Fecha</i>
CARLOS FIERRO I. CWI 09073921 EXP 7/1/2024		

**SENDRE CÍA LTDA.**

REPRESENTACIONES Y SERVICIOS EN ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

**QW-484 WELDER PERFORMANCE QUALIFICATIONS (WPQ)**  
**REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADORES**  
**ASME SEC. IX, ED. 2019**

Company Name/Empresa .....DITEIN CORP S.A.....  
 Welder's Name SENEN DARÍO MORALES ARTEAGA Identification number # 096359719-0 Stamp SM  
 Nombre del soldador Ident. # Marca  
 Welding Process (es) used ...GTAW... Type .....MANUAL.....  
 WPS N° .....02-21.....  
 Base material (s) welded ...SA-53 Gr.B... Thickness ...3.9 mm... Test coupon X  
 Material base soldado Espesor Production Weld

WELDING VARIABLES (QW 350) VARIABLES DE SOLDADURA	ACTUAL VALUES VALORES ACTUALES	RANGE QUALIFIED RANGO CALIFICADO
Backing (metal, weld metal, welded from both sides, flux, etc.) Respaldo	SIN RESPALDO	CON o SIN RESPALDO
ASME P N° ..1... Group N° ..1... to ASME P N° ..1... Group N° ...1... ASME P N° a ASME P N°		1 a 15F, 34 y 41 a 49
( ) Plate (X) Pipe Plancha Tubo (Diámetro)	...Ø 60.3 mm...	...> 25 mm...
Filler Metal Specification (SFA) 5.18 Classification Especificación Mat. aporte (SFA) Clasificación	.....ER70S-6.....	.....
Filler Metal F N° Material de aporte F N°	.....6.....	.....6.....
Consumable Insert for GTAW or PAW Material de consumo GTAW o PAW	.....N/A.....	.....
Weld Deposit Thickness for Each Welding Process Espesor del depósito en cada proceso	.....3.9 mm.....	TOPE: t ≤ 7.8 mm FILETE: TODOS
Welding Position (1G, 5G, etc.) Posición	.....6G.....	TOPE y FILETE: F, H, V y OH
Vertical Progression (Uphill/Downhill) Progresión Vertical (Ascendente/descendente)	ASCENDENTE	ASCENDENTE
Inert Gas Backing for GTAW, PAW or GMAW Gas inerte de respaldo para GTAW, PAW o GMAW	.....	.....
GMAW/FCAW Transfer Mode GMAW/FCAW Modo de transferencia	.....	.....
GTAW Welding Current Type/Polarity GTAW tipo de corriente y polaridad	.....DCEN.....	.....
<b>WELDING VARIABLES FOR WELDING OPERATORS</b> (QW 360) <b>VARIABLES DE SOLDADURA PARA OPERADORES</b>		
Direct/Remote Visual Control Control visual directo o remoto	.....	.....
Automatic Voltage Control (GTAW) Control de voltaje automático	.....	.....
Automatic Joint Tracking Avance automático	.....	.....
Welding Position (1G, 5G, etc.) Posición	.....	.....
Backing (Metal, Weld Metal, Flux, etc.) Respaldo (metal, metal de aporte, flux, etc.)	.....	.....

Welder's Name .. SENEN DARÍO MORALES ARTEAGA.... Clock ...096359719-0...

GUIDED BEND TEST RESULT (QW 160)  
**RESULTADO DE ENSAYO DE DOBLADO GUIADO**

TYPE TIPO	RESULT RESULTADO	TYPE TIPO	RESULT RESULTADO

Visual Examination of Completed Weld (QW 302.4) .....APROBADO.....  
*Ensayo Visual de la Soldadura Terminada*

Alternative Volumetric Examination Results (QW 191) ....APROBADO.... RT ...X... or UT .....  
*Resultado de la Prueba Volumétrica*

Fillet Weld ..... <i>Soldadura de Ángulo</i>	Fracture Test ..... <i>Prueba de Fractura</i>	Length and percent defects ..... <i>Longitud y Porcentaje de defectos</i>
Macro Test Fusion ..... <i>Prueba de Macro Fusión</i>	Fillet leg size ..... <i>Longitud de Cateto</i>	Concavity/Convexity ..... <i>Concavidad/Convexidad</i>

Welding Test conducted by .....Informe RT SENDRE N° 348/2021.....  
*Prueba de soldadura conducida por*

Mechanical Test conducted by .....  
*Ensayo Mecánico conducido por*

Laboratory Test # .....  
*Prueba de Laboratorio #*

We Certify that the statements in this record are correct and the test coupons were prepared, welded and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code, 2019 Ed.

*Certificamos que el contenido de este informe es correcto y que las probetas fueron preparada, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del Código ASME Sección IX, Edición 2019.*

Prepared by: ..... <i>Elaborado por</i>	Certified by: <u>Carlos Fierro I.</u> <i>Certificado por</i>	Date: ...Julio 14/2021.. <i>Fecha</i>
CARLOS FIERRO I. CWI 09073921 EXP 7/1/2024		



SENDRE Cia. Ltda.