



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RELEVO DE ESFUERZOS EN LA FABRICACIÓN DE
TANQUES DE TRANSPORTE DE GAS PROPANO BAJO LA CERTIFICACIÓN ASME PARA
UNA EMPRESA DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS, EN LA EMPRESA
DE DESARROLLOS METÁLICOS, S.A.**

David Andrés Chajón Quiroa

Asesorado por el Ing. Erwin Alfredo Izeppi Oliva

Guatemala, agosto de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RELEVO DE ESFUERZOS EN LA FABRICACIÓN DE
TANQUES DE TRANSPORTE DE GAS PROPANO BAJO LA CERTIFICACIÓN ASME PARA
UNA EMPRESA DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS, EN LA EMPRESA
DE DESARROLLOS METÁLICOS, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DAVID ANDRÉS CHAJÓN QUIROA

ASESORADO POR EL ING. ERWIN ALFREDO IZEPPI OLIVA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdoba Estrada
EXAMINADOR	Ing. Alex Suntecun Castellanos
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RELEVO DE ESFUERZOS EN LA FABRICACIÓN DE TANQUES DE TRANSPORTE DE GAS PROPANO BAJO LA CERTIFICACIÓN ASME PARA UNA EMPRESA DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS ALIFATICOS, EN LA EMPRESA DE DESARROLLOS METALICOS, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial, con fecha mayo de 2018.

David Andrés Chajón Quiroa

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas.
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.
Facultad de Ingeniería.
U.S.A.C.
Presente.

Estimado Ingeniero César Ernesto Urquizú Rodas.

Por este medio, hago constar que yo, el Ingeniero Mecánico Industrial Erwin Alfredo Izeppi Oliva, con colegiado número diez mil quinientos sesenta y dos (10,562), doy como visto bueno el desarrollo del trabajo de investigación final de graduación del alumno David Andrés Chajón Quiroa, identificado con CUI 2801 20648 0101, alumno a quien he podido apoyar como asesor de su protocolo de tesis.

Dando por concluido el desarrollo de la misma investigación y planteando las soluciones inmediatas y efectivas para el beneficio de la empresa donde se desarrolló la misma.

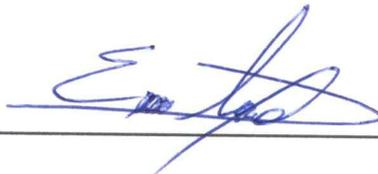
Doy por concluido de forma eficiente ante mi persona el desarrollo de su trabajo de investigación, como tema: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE RELEVO DE ESFUERZOS EN LA FABRICACIÓN DE TANQUES DE TRANSPORTE DE GAS PROPANO BAJO LA CERTIFICACIÓN ASME PARA UNA EMPRESA DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS.**

Línea de investigación: Diseño de procesos.

Área: Producción y operaciones.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración.

Atentamente.



Erwin Alfredo Izeppi Oliva
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado 10562

Ingeniero Erwin Alfredo Izeppi Oliva.

Colegiado número 10,562.



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.047.021

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE RELEVO DE ESFUERZOS EN LA FABRICACIÓN DE TANQUES DE TRANSPORTE DE GAS PROPANO BAJO LA CERTIFICACIÓN ASME PARA UNA EMPRESA DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS**, presentado por el estudiante universitario **David Andrés Chajón Quiroa**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

*Ing. José Rolando Chávez Salazar
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 4,317*

Ing. José Rolando Chávez Salazar
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, abril de 2021.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.069.021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE RELEVO DE ESFUERZOS EN LA FABRICACIÓN DE TANQUES DE TRANSPORTE DE GAS PROPANO BAJO LA CERTIFICACIÓN ASME PARA UNA EMPRESA DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS**, presentado por el estudiante universitario **David Andrés Chajón Quiroa**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4.272

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2021.

/mgp



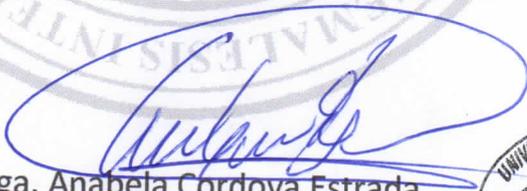
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 - 24189102

DTG. 345.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE RELEVO DE ESFUERZOS EN LA FABRICACIÓN DE TANQUES DE TRANSPORTE DE GAS PROPANO BAJO LA CERTIFICACIÓN ASME PARA UNA EMPRESA DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS, EN LA EMPRESA DE DESARROLLOS METÁLICOS, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **David Andrés Chajón Quiroa**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, agosto 2021

AACE/cc

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme la oportunidad de pertenecer a tan prestigiosa casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por haber participado durante toda mi formación académica y darme el apoyo como estudiante y futuro profesional.
La empresa	Por su apoyo para realizar este trabajo de investigación y propuesta científica para optar al grado de Ingeniero Mecánico Industrial.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Reseña histórica de la empresa	1
1.2. Información general.....	1
1.2.1. Ubicación.....	2
1.2.2. Instalaciones.....	2
1.2.3. Misión	2
1.2.4. Visión.....	2
1.2.5. Política de calidad.....	3
1.2.6. Certificación	3
1.3. Proyectos.....	4
1.3.1. Proyectos especiales.....	5
1.3.2. Estructuras.....	5
1.3.3. Tuberías	6
1.3.4. Tanques de alta presión bajo normas ASME.....	6
1.3.5. Tanques elevados	6
1.4. Hidrocarburos alifáticos	7
1.4.1. Gas propano	9
1.5. Normas de referencia	13

1.5.1.	Normas ASME.....	14
1.5.2.	Normas API-650.....	16
1.5.3.	Norma UL-58 y UL-142	16
1.5.4.	Marca de seguridad UL	17
2.	SITUACIÓN ACTUAL	19
2.1.	Descripción del producto.....	19
2.1.1.	Tanques de alta presión bajo normas ASME	19
2.1.2.	Certificación de los tanques de alta presión	19
2.2.	Materia prima	23
2.2.1.	Acero SA 516 grado 70	24
2.2.2.	Acero SA 612	26
2.3.	Propiedades mecánicas	27
2.3.1.	Dureza.....	27
2.3.2.	Fragilidad.....	30
2.3.3.	Tenacidad.....	30
2.3.4.	Maleabilidad	31
2.4.	Propiedades físicas	31
2.4.1.	Dimensiones.....	32
2.4.2.	Conductividad térmica.....	32
2.5.	Descripción del proceso	32
2.5.1.	Mecanizado	33
2.5.2.	Unión por soldadura	33
2.5.2.1.	Soldadura por proceso de arco sumergido.....	34
2.5.2.2.	Atmosfera protectora.....	35
2.5.3.	Tratamiento térmico	36
2.5.3.1.	Relevo de esfuerzos.....	36
2.5.3.2.	Gráficas de relevado	38

2.5.4.	Variables del proceso	39
2.5.4.1.	Temperatura	39
2.5.4.1.1.	Temperatura ascendente	39
2.5.4.1.2.	Temperatura de sostenimiento	40
2.5.4.1.3.	Temperatura descendente	41
2.5.4.2.	Tiempo.....	41
2.5.4.3.	Factores metalúrgicos	42
2.5.4.4.	Gases de combustión	42
2.5.4.5.	Aislamiento	43
2.5.4.6.	Fibra cerámica	46
2.6.	Equipo necesario.....	47
2.6.1.	Horno de tratamiento	47
2.6.2.	Carro de carga.....	48
2.6.3.	Quemadores industriales.....	49
2.6.4.	Sopladores industriales	49
2.6.5.	Chimeneas industriales	49
2.6.6.	Medidores de temperatura.....	50
2.6.7.	Termopares	50
2.6.8.	Tanque y medidor de combustible.....	50
2.6.9.	Dispositivos de seguridad.....	51
2.7.	Análisis de desempeño.....	52
2.7.1.	Estándares.....	52
2.7.2.	Regulaciones bajo normas ASME	53
2.8.	Distribuciones de planta	54
2.8.1.	Distribución de acuerdo al proceso.....	54
2.8.2.	Distribución de acuerdo al producto	56

3.	PROPUESTA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RELEVO DE ESFUERZOS	57
3.1.	Diseño del sistema	57
3.1.1.	Dimensiones del área específica.....	58
3.1.2.	Dimensiones del horno de tratamiento térmico	60
3.1.3.	Dimensiones del carril y carro de carga	72
3.1.4.	Rendimiento del combustible	75
3.1.5.	Aislamiento térmico	80
3.1.6.	Carro de carga	81
3.1.7.	Iluminación	86
3.1.8.	Ventilación.....	86
3.1.9.	Temperatura.....	87
3.1.10.	Ruido.....	91
3.1.11.	Funcionamiento y capacidad del sistema.....	92
3.1.12.	Salud y seguridad ocupacional.....	93
3.2.	Planeación del proceso	96
3.2.1.	Sistema controlado.....	97
3.2.2.	Capacidad del proceso de relevado	99
3.2.3.	Gráficas de relevado	101
3.2.3.1.	Aumento de temperatura sin control ..	101
3.2.3.2.	Aumento de temperatura controlado ..	101
3.2.3.3.	Sostenimiento.....	102
3.2.3.4.	Caída controlada	102
3.2.4.	Diagrama de tiempo de relevado	103
3.2.5.	Ensayos de dureza no destructivos.....	103
3.2.5.1.	Durómetros.....	105
4.	DESARROLLO DEL DISEÑO.....	109
4.1.	Ubicación y dimensionamiento del área.....	109

4.2.	Costos	120
4.2.1.	Horno	124
4.2.2.	Carro de carga.....	126
4.2.3.	Quemadores de gas propano industriales	128
4.2.4.	Sopladores industriales	132
4.2.5.	Chimeneas.....	133
4.2.6.	Medidores de temperatura.....	135
4.2.7.	Termostatos.....	135
4.2.8.	Tanque de combustible	135
4.2.9.	Medidor de combustible.....	136
4.2.10.	Dispositivos de seguridad.....	136
4.3.	Plan del diseño	137
4.4.	Montaje del equipo	137
4.4.1.	Implementación del diseño	138
4.5.	Funcionamiento y producción.....	140
4.6.	Manejo controlado del sistema	141
4.6.1.	Emisión de gases de combustión	144
4.6.2.	Mejoras en el tiempo de fabricación	146
4.6.3.	Producto terminado	148
4.7.	Logística en el proceso.....	148
4.7.1.	Áreas señalizadas	151
4.7.2.	Vía de carga y descarga.....	154
4.8.	Salud y seguridad ocupacional.....	155
4.8.1.	Rutas seguras.....	159
4.8.2.	Rutas de evacuación	161
4.8.3.	Equipos de protección y seguridad personal	161
4.8.4.	Equipos contra incendios.....	162
4.9.	Entidades responsables	162
4.9.1.	Montaje y mantenimiento de equipo	163

5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA.....	165
5.1.	Eficiencia del uso de combustible	165
5.2.	Mantenimiento de equipo	170
	5.2.1. Preventivo	171
	5.2.2. Correctivo	172
5.3.	Temperaturas controladas	172
5.4.	Condiciones ambientales internas	174
5.5.	Emisión de gases de combustión.....	175
5.6.	Resultados obtenidos.....	175
	5.6.1. Eficiencia del sistema.....	176
	5.6.2. Rentabilidad	178
5.7.	Funcionamiento.....	180
5.8.	Productividad	181
5.9.	Acciones correctivas	184
	CONCLUSIONES.....	187
	RECOMENDACIONES	189
	BIBLIOGRAFÍA.....	191
	APÉNDICES.....	193

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Consejo de normas y certificación	4
2.	Señal de peligrosidad.....	10
3.	Escalas de dureza de uso industrial actuales	28
4.	Descripción del método.....	35
5.	Gráfica de relevado de esfuerzo	38
6.	Aislamiento térmico <i>KAOWOOL</i>	45
7.	Posición del carro de carga.....	48
8.	Distribución de acuerdo al proceso	55
9.	Distribución de acuerdo al producto.....	56
10.	Área de ubicación específica	59
11.	Vista lateral del diseño del horno para tanques de transporte de GLP de 12 000 galones.....	62
12.	Vista lateral del diseño del horno para tanques de transporte de GLP de 12 000 galones.....	63
13.	Vista frontal del diseño del horno para tanques de transporte de GLP de 12 000 galones.....	64
14.	Vista frontal interna del diseño del horno para tanques de transporte de GLP de 12 000 galones.....	65
15.	Vista de perfil del diseño del horno para tanques de transporte de GLP de 12 000 galones.....	66
16.	Vista frontal interna del diseño del horno para tanques de transporte de GLP de 12 000 galones.....	67
17.	Medidas del tanque de trasporte de gas propano	71

18.	Carro de carga	73
19.	Disposición de ruedas con dos rodamientos	74
20.	Casquillo liso para ruedas.....	74
21.	Estructura de tanque de almacenamiento de GLP para suministro del combustible del horno	77
22.	Tubería galvanizada cédula 40.....	77
23.	Manguera especial de neopreno	78
24.	Características de reguladores LV4403TR4	79
25.	Especificaciones de manómetro	80
26.	Aislamiento térmico en el horno.....	81
27.	Carro de carga.....	82
28.	Estructura de carro de carga	83
29.	Riel del carro de carga.....	83
30.	Rodamiento de carro y riel.....	84
31.	Eje y chumacera del rodamiento del carro de carga.....	85
32.	Termo higrómetro Modelo RH30.....	88
33.	Conexión del pirómetro.....	91
34.	Aislamiento térmico.....	99
35.	Aumento de temperatura controlado.....	102
36.	Sostenimiento	103
37.	Sincronía del diseño eficiente	110
38.	Área 1 propuesta	111
39.	Sistema de rieles propuestos.....	112
40.	Fuente o línea de gas para quemadores	113
41.	Plano de tanque estacionario GLP	114
42.	Balance de masa para un horno intermitente	115
43.	Rueda de carro de carga	128
44.	Relación entre el rendimiento de la combustión	129
45.	Quemador mecánico.....	131

46.	Elementos de ajuste de la combustión en un quemador eléctrico con control digital de la combustión	132
47.	Plan del diseño.....	137
48.	Soldadura utilizando proceso de SMAW	139
49.	Triangulo de la combustión	140
50.	Ciclo en el proceso de producción	149
51.	Recipiente esférico.....	167
52.	Zona de salida de combustible y aire de un quemador de horno rotatorio.....	168
53.	Esquema de principio de un quemador modulante con control digital de la combustión, regulación de velocidad y control de oxígeno	177
54.	Variables que desvían posiblemente los resultados	184

TABLAS

I.	Prefijos	8
II.	Características	9
III.	Peligrosidad	10
IV.	Tipos de peligro	11
V.	Datos importantes	12
VI.	Riesgos y primeros auxilios.....	13
VII.	Especificaciones y estándares del acero SA 519 grado 70.....	25
VIII.	Composición química del acero SA 519 grado 70	26
IX.	Composición química del acero SA 612.....	26
X.	Temperatura ascendente	40
XI.	Temperatura de sostenimiento.....	40
XII.	Tiempo	41
XIII.	Características del aislante <i>Kaowool</i>	44

XIV.	Composición de los componentes del cemento refractario.....	60
XV.	Propiedades y composición química del acero SA 36	70
XVI.	Tiempos de calibración de termo higrómetro	89
XVII.	Dimensiones	92
XVIII.	Composición química de Acero SA 516 Grado 70.....	105
XIX.	Propiedades mecánicas de Acero SA 516 Grado 70.....	105
XX.	Cuantificación del costo (\$) de mano de obra para la instalación fase 1	120
XXI.	Cuantificación del costo (\$) de mano de obra para la instalación fase 2	121
XXII.	Cuantificación del costo (\$) de mano de obra para la instalación fase 3.....	121
XXIII.	Cuantificación del costo (\$) de mano de obra para la instalación fase 4.....	122
XXIV.	Cuantificación del costo (\$) de mano de obra para la instalación fase 5.....	122
XXV.	Factores a considerar para costos de instalación del horno.....	125
XXVI.	Factores que conforman el costo de un carro de carga.....	127
XXVII.	Valores del poder comburivoro y fumígeno de los combustibles	141
XXVIII.	Efectos de color	152
XXIX.	Presiones máxima y mínima en los tanques de almacenamiento de instalaciones centralizadas	173
XXX.	Puntos críticos en las acciones correctivas	185
XXXI.	Atributos del responsable de calidad	186
XXXII.	Personal responsable de supervisión	186

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
Kg	Kilogramo
Kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
Psi	Libra por pulgada cuadrada
Pa	unidad de presión o esfuerzo del Sí, llamado Pascal (N/ m ²).
±	Más menos
m²	Metro cuadrado
mm	Milímetro
ft/s	Pies sobre segundo
%	Por ciento
psi	Pound per square inch (libra por pulgada cuadrada)
in (pulg)	pulgadas
KPa	1 000 Newton por metro cuadrado

GLOSARIO

Acero	Aleación de hierro que contiene entre 0,04 y 2,25 % de carbono y a la que se le añaden elementos en cantidades pequeñas como níquel, cromo, manganeso, silicio o vanado, entre otros.
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.
Calidad	Es la conformidad y aceptación de un producto, aprobando las condiciones finales por las cuales fue elaborado y entregado.
Capacidad	Cantidad de aire libre realmente aspirado por un compreso. Generalmente se expresa en m ³ /min.
Consumo no registrado	Consumo de energía no medido por alteración de condiciones de suministro. Es decir, es un consumo no cobrado.
Corrosión	alteración que causa el medio ambiente en un objeto manufacturado.
Gas	Estado de agregación de la materia en el cual, bajo ciertas condiciones de temperatura y presión, sus moléculas interaccionan solo debidamente entre sí, sin formar enlaces moleculares.

Gestión de calidad	Es el compromiso de toda una organización para hacer bien las cosas, es decir, afecta a cada persona en una organización y, por lo tanto, para que la gestión de la calidad sea próspera y exitosa, debe ser aceptada por todos los integrantes de la organización.
Mejora continua	Es la base para asegurar la estabilización del proceso y la posibilidad de mejora. Cuando hay crecimiento y desarrollo en una organización o comunidad, es necesaria la identificación de todos los procesos y el análisis mensurable de cada paso.
Servicio al cliente	Atención prestada al consumidor por medio de un conjunto de actividades, con el fin de solucionar dudas e inquietudes relacionadas a su problema actual.
Sostenibilidad	Proceso de gestión posterior a la implementación de proyectos de recuperación a fin de garantizar que el área recuperada permanezca en gestión normal y que no vuelva a caer en situación de conflicto.
Temperatura	Los términos de calor y temperatura son bastante frecuentes y es también bastante frecuente el confundirlos. La temperatura se define como la intensidad o nivel de la energía calorífica y es indicador de la velocidad molecular.

Tensión

Acción o efecto de un cuerpo sometido a la acción de fuerzas opuestas que lo atraen.

RESUMEN

El proceso de producción de recipientes a presión utilizados como tanques de transporte para gas propano certificados bajo la marca comercial de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos ASME por sus siglas en inglés, involucra necesariamente un tratamiento de relevo de esfuerzos como procedimiento final de fabricación para reducir la alta dureza adquirida especialmente en las uniones de soldadura por arco sumergido homogeneizando la dureza y demás propiedades mecánicas del material de fabricación garantizando así un producto terminado certificado para soportar altas presiones y cargas de transporte.

El desarrollo de la investigación del procedimiento descrito requiere de un diseño específico que busque mejorar la eficiencia y capacidad del proceso de producción con un espacio físico e infraestructura especialmente para este sistema de relevo de esfuerzos.

Además, debido a la falta de un sistema de relevo de esfuerzos específico y definido con sus características propias dentro de la planta de producción, el procedimiento de relevado indispensable de realizar toma mucho más tiempo por el montaje y preparación de un espacio adecuado dentro de la planta y de todos los componentes y maquinaria para llevar a cabo el proceso.

Esto implica riesgo de seguridad de igual manera a pesar de que se implementan medidas de seguridad al realizar el procedimiento, el montar y desmontar este sistema implica ciertos riesgos para los trabajadores dentro de la planta y los operarios del sistema. De igual manera las condiciones en las

que se lleva a cabo el relevado no son las adecuadas y están limitadas en función del clima, por último, la planta no utiliza al máximo los recursos internos de la empresa para el funcionamiento del sistema y esto incurre directamente en los gastos de operación del procedimiento.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de relevo de esfuerzos para tanques a presión de transporte de gas propano en la gama de 1 000 a 12 000 galones de capacidad para una empresa de transporte de hidrocarburos alifáticos.

Específicos

1. Identificar la necesidad del proceso de producción para la implementación del sistema de relevo de esfuerzos.
2. Definir el área específica del diseño del sistema de relevo de esfuerzos.
3. Desarrollar el diseño para el sistema de relevo de esfuerzos bajo las especificaciones del código ASME.
4. Establecer el uso del combustible gas propano para el funcionamiento del sistema de relevo de esfuerzos.
5. Mejorar las condiciones térmicas y herméticas del procedimiento de relevado de esfuerzos para la producción de los tanques de transporte de gas propano.
6. Mejorar el tiempo y el proceso de fabricación de los tanques de transporte de gas propano.

7. Garantizar la salud y seguridad ocupacional de los operarios que hagan uso del sistema de relevo de esfuerzos y del personal en general dentro de la planta.
8. Cumplir con las garantías de la certificación ASME.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la empresa Desarrollos Metálicos S.A. se especializa en construcciones y fabricaciones de artículos y estructuras metálicas de alta calidad bajo la marca TIPIC S.A. Una de sus principales actividades es la fabricación de tanques metálicos de contención y transporte para distintos propósitos.

Para la fabricación de tanques de alta calidad con certificación ASME específicamente diseñados para soportar altas presiones se debe realizar el proceso de fabricación detallado con material de alta calidad y con los procedimientos necesarios y destacados que garanticen la seguridad para la contención y el transporte, así como la calidad y durabilidad. Estos tanques normalmente son fabricados para la contención y el transporte de hidrocarburos alifáticos a presión tal como lo es el gas propano.

Es muy importante que en la producción de los tanques de transporte de gas propano se desarrolle un proceso de relevo de esfuerzos a la estructura finalizada del tanque para homogeneizar la dureza y sus propiedades mecánicas, garantizando bajo la certificación ASME un tanque de alta calidad capaz de soportar altas presiones.

El diseño pensado del proceso de relevo de esfuerzos definido se va a enfocar a la rentabilidad del mismo utilizando al máximo los recursos propios de la empresa.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Reseña histórica de la empresa

TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. es una empresa con un giro industrial, que se especializa en construcciones y fabricaciones metálicas de alta calidad, bajo la marca TIPIC, S.A. su existencia inicio en el año de 1960 cuando fue fundada por PITTSBURGH DES-MOINES STEEL COMPANY de Estados Unidos de América bajo la razón social PITTSBURGH DES-MOINES & CO, S.A.

Sus métodos y prácticas de fabricación se fundamentan tanto en la tecnología francesa como en la americana. Hasta 1968 contaron con técnicos franceses y a partir de esa fecha cuentan indefinidamente con la participación de técnicos nacionales de alta capacidad y experiencia. Participan activamente en sector de la construcción.

1.2. Información general

En el siguiente apartado se presentan los datos en general de la empresa objeto de estudio TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A., iniciando con la ubicación, seguidamente se da la descripción de las instalaciones de la misma, continuando con la misión, visión, políticas de calidad y certificación de la misma.

1.2.1. Ubicación

La planta de producción de TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. Guatemala, se encuentra ubicada en la Avenida Petapa 53-01, zona 12, Ciudad Guatemala.

1.2.2. Instalaciones

En la planta de TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A., ubicada en la zona 12 de la ciudad capital con 9 000 metros cuadrados, cuentan con amplias instalaciones en el área de producción, y equipos especializados para corte, rolado, dobleces y soldadura robótica y convencional, operados por personal calificado y con experiencia para lograr los estándares de calidad que identifican a la empresa adaptándose a las necesidades.

1.2.3. Misión

Ser la principal empresa de fabricación y montaje en la industria metalmecánica (Tanques para agua, aceites comestibles, melazas, petróleo y sus derivados, estructuras metálicas de todo tipo, tuberías, puentes, montajes mecánicos y otros productos para las exigencias del mercado actual). Nos destacaremos por la calidad y estar a la vanguardia de procesos para nuestros proyectos y por brindar el mejor servicio a nuestros clientes. Nuestra finalidad es trabajar para lograr la satisfacción total de nuestros clientes, empleados y accionistas.¹

1.2.4. Visión

“Ser el mejor aliado de nuestros clientes y empresas que desarrollan proyectos que requieran de nuestros servicios, brindándoles la atención y las soluciones de alto valor frente a sus necesidades.”²

¹ TIPIC, S.A. *Antecedentes históricos*. p. 2.

² *Ibíd.*

1.2.5. Política de calidad

En TIPIC, S.A. somos estrictamente cuidadosos en la búsqueda de la excelencia en todos los procesos, fabricación y montaje en campo. Tenemos como objetivo principal NUESTRA MISIÓN, llenar por completo las expectativas de nuestros clientes, por medio de nuestros servicios que queden satisfechos por completo. Lo lograremos con el compromiso de todos nosotros como empresa, haciendo de la calidad un hábito de trabajo.³

1.2.6. Certificación

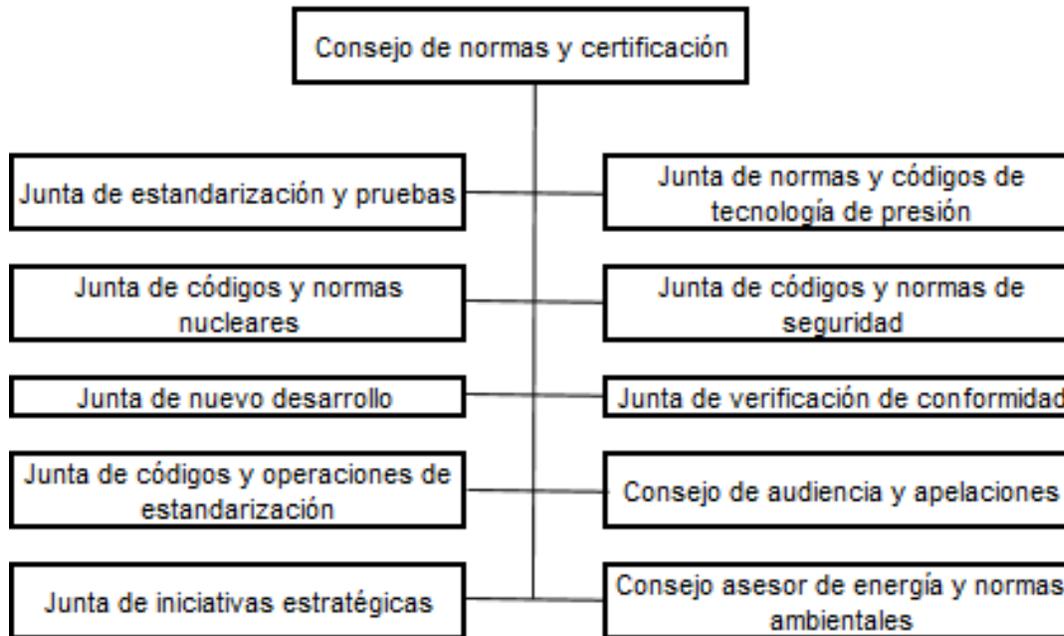
TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. está acreditada para utilizar las estampas U y T de ASME, y R del NB, de acuerdo con las reglas aplicables a los códigos de dichas organizaciones.

Las categorías otorgadas por ASME abarcan la fabricación de tanques estacionarios y para transporte, ambos diseñados para operar a presiones mayores a 15 PSI. Además, TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. también está certificada por el NB, en el rubro dirigido a inspecciones, alteraciones y reparaciones de tanques de alta presión. Contar con certificaciones de este tipo, le permite a TIPIC, S.A. Desarrollos Metálicos, S.A. asegurarle al mercado que el producto que fabrica cumple con todos los estándares y normativas internacionales que garantizan un equipo de calidad y seguro para la operatividad requerida.

Las normas sobre las que se basan las certificaciones abarcan procesos calificados para la obtención de materia prima, personal operativo y actividades de fabricación.

³ TIPIC, S.A. *Antecedentes históricos*. p. 2.

Figura 1. Consejo de normas y certificación



Fuente: elaboración propia.

1.3. Proyectos

En esta sección se plasma la parte práctica de los proyectos llevados a cabo por la empresa TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. entre estas actividades propias de distintas ramas de la ingeniería, como la elaboración de piezas especiales para la industria, estructuras, tuberías, tanques de alta presión bajo normas ASME y tanques elevados.

1.3.1. Proyectos especiales

La principal actividad de TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. se basa en la transformación del acero, y la realización de proyectos de estructuras metálicas, entre otras. Sin embargo, también se han llevado a cabo proyectos que involucran actividades propias de varias ramas de la ingeniería tales como la elaboración de piezas especiales para la industria, se han realizado proyectos especiales para la industria azucarera, petrolera y empresas de gran prestigio a nivel nacional e internacional.

1.3.2. Estructuras

Una estructura metálica es cualquier estructura donde la mayoría de las partes, que la forman son materiales metálicos, normalmente acero. Las estructuras metálicas se utilizan por norma general en el sector industrial porque tienen excelentes características para la construcción, son muy funcionales y su coste de producción es más barato que otro tipo de estructuras. Normalmente cualquier proyecto de ingeniería, arquitectura, entre otras, utiliza estructuras metálicas.

TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. tiene capacidad de fabricación de todo tipo de estructuras metálicas como:

- Naves industriales
- Edificios
- Puentes
- Pasarelas
- Gasolineras
- Bodegas

- Estructuras complejas

1.3.3. Tuberías

Las tuberías se fabrican en diversos materiales en función de consideraciones técnicas y económicas. Suele usarse el hierro fundido, acero, latón, cobre, plomo, entre otros. TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. tiene la capacidad de fabricación y montaje de tuberías de cualquier diámetro. Se han construido con años de experiencia, tuberías de alta y baja presión para refinerías, hidroeléctricas, terminales marítimas, entre otras.

1.3.4. Tanques de alta presión bajo normas ASME

TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. tiene la capacidad de fabricación y montaje de tanques de alta presión certificados bajo las normas ASME esto comprueba constantemente la calidad de los estándares de soldadura utilizados por la organización. Se emplean las especificaciones disponibles en la norma para garantizar que en el proceso de fabricación de los tanques cumplan con las características esperadas, ya que en estos tanques se almacenaran gases químicos o derivados del petróleo, además de productos volátiles en estado líquido o gaseoso. Se evalúan los requerimientos del comprador para que la empresa desarrollo una propuesta viable, económica y certificada.

1.3.5. Tanques elevados

Pueden ser utilizados para almacenar agua, otro uso frecuente es cuando algunas comunidades, no son abastecidas de agua cotidianamente por el servicio municipal, y ofrecen construir tanques elevados para que la comunidad tenga agua cuando la necesite. Los tanques elevados se encuentran también

en los conjuntos o unidades habitacionales, donde algunas veces se pueden ver tanque elevados para el suministro de agua de manera local a la unidad habitacional, ya que el servicio municipal no se da abasto con toda la unidad habitacional.

Este tanque elevado, tiene que ser de materiales permeables en el depósito, y al igual que cualquier otro depósito de agua, necesita de mantenimiento para garantizar su buen funcionamiento. Estos tanques son llenados directamente de una toma municipal y si así se requiere se utilizan sistemas de bombeo, para su llenado. En muchas ocasiones estos cuentan con depósitos subterráneos que son utilizados como depósitos temporales, en donde se bombea el agua hacia el tanque elevado que es el principal depósito.

El hecho de que este elevado facilita la distribución del agua que almacenan, que en algunas ocasiones utiliza pequeñas estaciones de distribución que pueden ser depósitos subterráneos más pequeños, para la alimentación a las casas o destinos del agua almacenada.

Constructivamente un tanque albedo requiere de cálculos estructurales y de análisis de materiales, además el peso del tanque debe ser considerado ante su construcción, y la ubicación idónea para él. TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. tiene la capacidad de fabricación y montaje de tanques elevados de cualquier capacidad y elevación para almacenamiento de agua potable.

1.4. Hidrocarburos alifáticos

Los hidrocarburos alifáticos son compuestos orgánicos constituidos por carbono e hidrógeno, en los cuales los átomos de carbono forman cadenas abiertas. Los hidrocarburos alifáticos de cadena abierta se clasifican en

alcanos, álcenos o alquenos y alcinos o alquinos. Los primeros son los que presentan solo enlaces sencillos entre átomos de carbono, mientras que los alquenos y alquinos presentan enlaces doble y triple respectivamente. Cuando la cadena alifática se cierra formando un anillo, se denomina hidrocarburo alicíclico, hidrocarburo alifático cíclico o cicloalcano.

- **Nomenclatura**

Los alcanos, alquenos y alquinos se distinguen porque en su nomenclatura se utilizan la terminación -ano -eno -ino respectivamente. La primera parte del nombre, el prefijo, indica el número de átomos de Carbono que constituyen la cadena. Por ejemplo, Metano es un alcano de un solo átomo, el propeno es un alqueno de tres átomos y el etino es un alquino de dos átomos. Los diez primeros prefijos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla I. **Prefijos**

No. de átomos de carbono	Prefijo
1	Met
2	Et
3	Prop
4	But
5	Pent
6	Hex
7	Hept
8	Oct
9	Non
10	Dec

Fuente: elaboración propia.

1.4.1. Gas propano

Está tipificado como un gas altamente volátil, sin olor ni color, la demanda para uso comercial y residencial es elevada, y su comercialización es directamente proporcional, la capacidad de almacenaje o propiedades físicas de los tanques deberá satisfacer cargas de presión elevadas, además de incorporar aleaciones de metales que soporten temperaturas bajas o muy elevadas. El gas propano es otro elemento volátil, su concentración se encuentra en los rangos de 1,8 % al 9,3 % de volumen, y al estar en contacto con el aire se disipa rápidamente, de igual manera al entrar en contacto con una fuente de ignición se produce la mezcla explosiva inmediata, el color de la llama es azul.

Su principal aprovechamiento es para uso energético como combustible, por las condiciones de procesado y adquisición como derivado del petróleo satisface la demanda global en horas como fuente principal de energía.

- Características

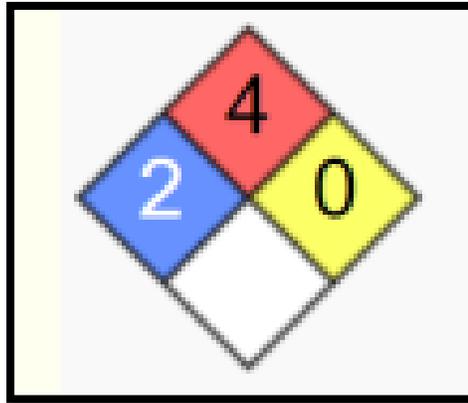
Tabla II. **Características**

Característica	Valor
Densidad	1,83 kg/m ³
Masa molar	44 g/mol
Punto de ebullición	-42 °C
Punto de fusión	-188 °C
Temperatura crítica	94 °C
Poder calorífico	22 000 kcal/m ³

Fuente: elaboración propia.

- Peligrosidad

Figura 2. **Señal de peligrosidad**



Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Peligrosidad**

Característica	Valor
Punto de inflamabilidad	169,15 °K (-104 °C)
Temperatura de auto ignición	813,1 °K (540 °C)
Frases R	R12
Frases S	S2, S9, S16

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. Tipos de peligro

Tipo de peligro / exposición	Peligros agudos / síntomas	Prevención	Primeros auxilios / lucha contra incendios
Incendio	Extremadamente Inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con polvo, dióxido de carbono.
Explosión	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas. Utilídense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Datos importantes**

<p>Estado físico y aspecto. Gas inodoro incoloro comprimido licuado.</p> <p>Peligros físicos: El gas es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. El gas es más denso que el aire y puede acumularse en las zonas más bajas produciendo una deficiencia de oxígeno. Como resultado del flujo y agitación, entre otros, se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>Peligros químicos.</p> <p>Límites de exposición: MAK: 1 000 ppm, 1800 mg/m³; Categoría de limitación de pico: II (4); Riesgo para el embarazo: grupo D; (DFG 2006).</p>	<p>Vías de exposición. La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>Riesgo de inhalación: Al producirse pérdidas en zonas confinadas, esta sustancia puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno en el aire.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración: La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida</p>
--	--

Fuente: elaboración propia.

- Riesgos

Tabla VI. **Riesgos y primeros auxilios**

Riesgo	Primeros auxilios
Inhalación	Podría causar sueño y la pérdida de conocimiento, provocando un desmayo o intoxicación. Se deberá alejar de la fuente de exposición, despejar las vías de respiración y contactar a los bomberos y la brigada de emergencia de la empresa.
Piel	Se deberá proporcionar abundante agua, no se debe retirar las prendas, contactar a la brigada de emergencia de la empresa y a los bomberos.
Ojos	Se deberá emplear abundante agua, no frotar o utilizar alguna crema, contactar inmediatamente a la brigada de emergencia de la empresa y a los bomberos.
Ingestión	Si existiese el caso, pero se valora que sería muy remoto, ya que es un gas, se deberá trasladar inmediatamente a un centro asistencial.

Fuente: elaboración propia.

1.5. Normas de referencia

En el campo relacionado a la ingeniería, una norma es un conjunto de restricciones, especificaciones, reglamentos, definiciones técnicas y características ya establecidas por un grupo de especialistas o instituciones internacionales que aseguran la calidad del trabajo o productos para todo tipo de proceso desarrollado en cualquier parte del mundo, es así como al emplear

una norma técnica de referencia para procesar o producir algún bien o servicio, se podrá garantizar y certificar que cumple con altos estándares de calidad.

1.5.1. Normas ASME

Las normas, no tiene fuerza de ley, se consideran voluntarias y sirven como guías. ASME publica normas y certifica a los usuarios de las normas para asegurar que son capaces de fabricar productos que cumplan con dichas normas. La empresa emplea el conjunto de normas que puedan ser adoptadas y empleadas en sus procesos y desarrollo de tanques industriales, además garantizan que las soldaduras realizadas cumplen con los mismos niveles de seguridad requeridos en este conjunto de normas.

- Códigos y normas ASME utilizados en TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A.

Los códigos y normas con los que actualmente se encuentra certificada la empresa para trabajar con recipientes a presión son la sección VIII referida a las reglas para la construcción de recipientes a presión, la sección IX referida a soldadura y la sección XII referida a tanques de transporte.

- Reglas para la construcción de recipientes a presión.

ASME VIII es el código de construcción de recipientes a presión y abarca el diseño, la fabricación y la inspección de recipientes a presión y las pruebas en el taller de fabricación. Según las consideraciones de diseño del recipiente a presión, este código se ha separado en 3 divisiones:

- División 1 - Cubre una presión de hasta 3 000 psi

- División 2 - Cobre hasta 10,000 psi
- División 3 - Se puede utilizar para presión superior a 10,000 psi
- Soldadura: desarrollo y calificación de procedimientos de soldadura y soldadura fuerte.

Esta sección contiene reglas relacionadas con la calificación de soldadura, soldadura fuerte y procedimientos de fusión según lo exigen otras secciones de BPVC para la fabricación de componentes.

También cubre las reglas relacionadas con la calificación y recalificación de soldadores, braseros y operadores de máquinas de soldadura, soldadura fuerte y fusión para que puedan realizar soldaduras, soldadura fuerte o fusión de plástico como lo requieren otras secciones de BPVC en la fabricación de componentes. Los datos de soldadura, soldadura fuerte y fusión cubren variables esenciales y no esenciales específicas del proceso de unión utilizado.

El alcance que tiene esta sección abarca los códigos de construcción, términos y definiciones los requisitos que son aplicables a la calificación de todo el personal y todos los procedimientos para:

- Soldadura
- Soldadura fuerte
- Fusión plástica
- Tanques de transporte.

El alcance de esta sección cubre la construcción, inspección en servicio, modificación y reparación de tanques de transporte utilizados para el transporte

de mercancías peligrosas por todos los medios de transporte; desarrollar criterios para la acreditación de los fabricantes de estos tanques; y estándares que sean adecuados para referencia por las autoridades reguladoras y las organizaciones de seguridad en todo el mundo.

1.5.2. Normas API-650

La norma API-650 es una de las normas más extensas, puntuales y críticas, ya que por medio de ella se puede garantizar que el diseño y la fabricación de un tanque cumple con los requerimientos mínimos acerca de la buena calidad en los materiales empleados para la construcción, además, que se cumplieron un conjunto de inspecciones que permitieron continuar en cada fase o etapa de construcción y que las chapas de acero fueron soldadas.

1.5.3. Norma UL-58 y UL-142

UL (*Underwriters Laboratories*) es una consultoría de seguridad y certificación de la empresa. Estas normas son para tanques de acero superficiales para combustibles líquidos e inflamables en donde se dan las especificaciones de construcción aplicables a los tanques como:

- Tanques primarios o principales
- Tanques horizontales cilíndricos
- Tanques verticales cilíndricos
- Tanques rectangulares
- Tanques con compartimiento secundario, doble pared
- Tanques horizontales cilíndricos con doble pared
- Tanques verticales cilíndricos con doble pared
- Tanques con dique

- Soportes para los tanques
- Accesorios, componentes y construcciones especiales
- Métodos de prueba

1.5.4. Marca de seguridad UL

Cuando la Marca UL aparece en un producto significa que UL ha realizado ensayos en muestras representativas del producto y que ha determinado que este cumple con las normativas vigentes u otros requisitos aplicables con respecto a su potencial riesgo de incendio, descarga eléctrica y peligros mecánicos.

La Marca UL en un producto representa la conformidad del fabricante con la normativa vigente de forma continuada. Cada año UL otorga su Marca de seguridad a más de 20,000 millones de productos en todo el mundo. UL es el único organismo de certificación de terceros autorizado para conceder la Marca UL.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Descripción del producto

Los tanques de transporte de gas propano que produce TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. son tanques de alta calidad normados, certificados y estampados bajo los códigos ASME correspondientes, garantizando al consumidor un producto terminado con las más altas medidas de seguridad en su mecanizado y producción a cargo de personal altamente capacitado, brindando un producto confiable y seguro para su uso cuidando de la integridad humana e infraestructura que lo rodee, así mismo son tanques capacitados para soportar las altas presiones que genera este gas durante su contención y transporte evitando cualquier fuga o accidente. La capacidad que maneja TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. para estos tanques de transporte de gas propano es de 12 000 galones de volumen.

2.1.1. Tanques de alta presión bajo normas ASME

La empresa necesita desarrollar el conjunto de procesos necesarios para la construcción de los nuevos tanques, por eso desea adaptarse al uso de las normas ASME y que permitan diseñar, fabricar y garantizar que los nuevos tanques bajo los nuevos procesos sean cien por ciento seguros y eficientes.

2.1.2. Certificación de los tanques de alta presión

Es de suma relevancia describir paso a paso el procedimiento para la certificación: por lo tanto, la organización que solicita la certificación es el

solicitante. Una vez obtenido el certificado el solicitante pasa a ser el fabricante. La solicitud debe ser tramitada a través de CA Connect al menos con seis meses de adelanto antes de la fecha fijada para la revisión. ASME procesa la solicitud solo después de haber recibido los formularios y la tarifa correspondiente.

El procedimiento para la obtención del certificado de autorización y marcado de certificación ASME BPVC para las secciones no nucleares del código ASME se dividió en siete pasos y es el siguiente:

- Primer paso

Obtener los formularios de solicitud e información sobre precios, se pueden tramitar la solicitud en línea a través de CA Connect. La solicitud se presenta como autorización para el registro al *National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors*. El solicitante debe tener un contrato de inspección vigente o un acuerdo con una agencia autorizada de inspección (AIA).

- Segundo paso

Los libros pueden ser adquiridos tanto en copia en papel o electrónicamente directamente de ASME o de distribuidores autorizados.

- Tercer paso

Establecer e implementar un sistema de control de la calidad (SCC) para cumplir con todos los requisitos del código, incluidos los siguientes puntos:

- Procedimientos para la soldadura, END, prueba hidrostática, tratamiento térmico y calibración.
 - Demostración de los procedimientos de END al AIA.
 - Cualificación del personal de soldeo y NDE.
 - Material.
 - Diseño.
 - Fabricación.
 - Examen (por el fabricante).
 - Inspección (por el inspector autorizado (AI) de la AIA).
 - Pruebas a presión.
 - Marcado y certificación.
- Cuarto paso

El AIA podrá ayudar al solicitante a desarrollar una descripción por escrito del SCC en forma de manual. El manual se somete a la aceptación por parte del AIA.

Una guía para los equipos de revisión ASME será proporcionada por ASME a los solicitantes de certificados de autorización ASME para utilizarlo para referenciar los párrafos de su manual con los requisitos de control aplicables según el código. Este documento será rellenado por el solicitante con anterioridad a la revisión conjunta y da una idea adicional de los elementos a ser considerados en el SCC.

- Quinto paso

Preparación de la revisión conjunta:

El propósito de la revisión es la evaluación del SCC del solicitante y su implementación. Las funciones de fabricación deben ser demostradas mediante hardware y software utilizando trabajo real, un modelo o una combinación de ambos. El solicitante debe demostrar en un equipo que será fabricado para el tipo de certificado solicitado. Además de la fabricación del recipiente al completo o en parte, se deberá demostrar también lo siguiente:

- Planos
 - Cálculos
 - Lista de partes
 - Diario de notas con los equipos examinados e inspeccionados debidamente firmado como realizado.
 - Solicitudes de material internas y externas.
 - Informes de pruebas de materiales.
 - Cualificaciones de los procedimientos de soldadura y soldadores.
 - Cualificaciones de procedimientos y personal de END.
 - Registros de pruebas de END.
 - Informe de Datos del Fabricante (si el recipiente no está finalizado no debe ser firmado).
- Sexto paso

La Revisión Conjunta se lleva a cabo conjuntamente con el Designado ASME y el AIA. La Revisión dura normalmente un día y medio y se realiza en las siguientes fases:

La revisión del manual llevará medio día y se realizará fuera de las instalaciones del solicitante por el equipo de revisión ASME junto con el

representante del AIA únicamente. El procedimiento de la revisión involucra los siguientes pasos:

- Reunión de apertura
 - Breve recorrido de la planta de producción
 - Debate de los comentarios al manual
 - Implementación del software
 - Implementación del hardware
 - Reunión privada del equipo para decidir si procede o no la emisión del certificado.
 - Reunión de cierre.
- Séptimo paso

La recomendación del equipo se envía al Committee on Boiler & Pressure Vessel Conformity Assessment (CBPVCA), que tiene la responsabilidad de emitir o no el certificado.

2.2. Materia prima

La empresa se ha caracterizado desde que fue fundada a emplear materiales y agregados de alta calidad, su principal materia prima es el acero de grado 70 para los tanques que transportaran gases, los electrodos son comprados en una empresa nacional reconocida por comercializar materiales tipo A de alta calidad, y los gases son transportados hacia las instalaciones. Al mismo tiempo, los materiales que lo componen son muy abundantes en el planeta a diferencia de otros metales que son mucho más escasos y difíciles de conseguir. La generación de acero es mucho más accesible en términos de costos que otros metales o aleaciones.

2.2.1. Acero SA 516 grado 70

El acero ASME SA 516 grado es uno de los grados de acero más populares. Está destinado principalmente para su uso en recipientes a presión soldados donde la tenacidad de muesca es importante. Estas calidades cubren una gama de resistencias a la tracción de 55 a 90 MPa y esta versatilidad explica gran parte de la popularidad de las especificaciones.

Este acero estructural de grano fino puede ser perfectamente soldados tanto manualmente como utilizando equipo automático por medio de todos los procesos de soldadura conocidos.

La placa de acero resistente a HIC es utilizada por los fabricantes de calderas y recipientes a presión. Por lo general, estará certificado para los grados 60, 65 y 70, por lo que una placa puede cumplir los requisitos para cualquiera de los tres grados SA516 60/65/70 + HIC. Una vez que se produce la placa SA516, se prueba una muestra para ver si cumple con TM0284, con el estándar NACE para la evaluación de aceros, conductos a presión y resistencia al agrietamiento inducido por hidrógeno, utilizando una de dos soluciones de prueba.

En términos simplistas, estas son soluciones ácidas que imitan los efectos corrosivos de las condiciones que inducen el cracking de HIC. El acero permanece en la solución durante unos días y luego se examina bajo un microscopio y se registran las grietas que se han formado.

Este material está restringido a muy bajo contenido de azufre, fósforo y otros elementos residuales. Las pruebas de HIC se realizan en función del calor y espesor en asociación con el estándar NACE TM0284. CLR (relación de

longitud de grietas), CTR (relación de grosor de grietas) y CSR (relación de sensibilidad de grietas) ofrecen excelentes resultados en consonancia con la calidad del producto de acero.

- Resistencia a la tracción

Las planchas de acero de carbono SA516-70 pueden resistir desde 70,000 libras por pulgada cuadrada (psi) hasta 90,000 psi. Su resistencia a la tensión es de 38,000 psi. El grado 70 representa las planchas de acero de carbono más fuertes especificadas por el ASTM, *American Society for Testing and Materials* (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales)

Tabla VII. **Especificaciones y estándares del acero SA 519 grado 70**

Composición	Porcentaje (%)	Composición	Porcentaje (%)
Carbono	0,10 / 0,22	Cobre	0,3
Silicio	0,6	Níquel	0,3
Manganeso	1 / 1,7	Molibdeno	0,08
Fósforo	0,03	Niobio	0,01
Azufre	0,03	Titanio	0,03
Aluminio	0,02	Vanadio	0,02
Cromo	0,3		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Composición química del acero SA 519 grado 70**

Estándar	Descripción
ASME	SA 516 grado 70
Din Standard	-
Estándar Británico	BS1501-224-490A/B
Norma Europea	EN10028 P355GH

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. **Acero SA 612**

El acero SA 612 es un acero aleado con carbono, manganeso y silicio destinado a los recipientes a presión, soldados a temperatura baja y moderada. La norma ASTM A612 se ajusta a los requisitos de sus propiedades mecánicas. Los usos más comunes para los que está destinado este tipo de acero es la fabricación de tanques y cilindros de gas propano.

Tabla IX. **Composición química del acero SA 612**

Composición	Porcentaje (%)
Carbono	0,25
Silicio	0,15 / 0,40
Manganeso	1 / 1,35
Fósforo	0,035
Azufre	0,035

Fuente: elaboración propia.

2.3. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas y físicas del acero pueden variar enormemente dependiendo de su composición y porcentaje de impurezas como fósforo o sulfuro. De esta manera, cuando se quieren lograr unas mejores propiedades mecánicas y físicas sobre otras, el acero puede ser aleado con cromo, cobalto, cobre, molibdeno, níquel, nitrógeno, selenio, tántalo, titanio, tungsteno o vanadio.

La composición y propiedades del acero varían ampliamente. El acero en general tiene un contenido de carbón inferior al que se encuentra en el hierro, y un menor número de impurezas que las encontradas en otros metales. En general, las propiedades físicas como la densidad, conductividad eléctrica y térmica no varían mayormente de una aleación a otra. Sin embargo, las propiedades mecánicas como la resistencia, la ductilidad y la dureza dependen enormemente del tipo de aleación y composición del acero.

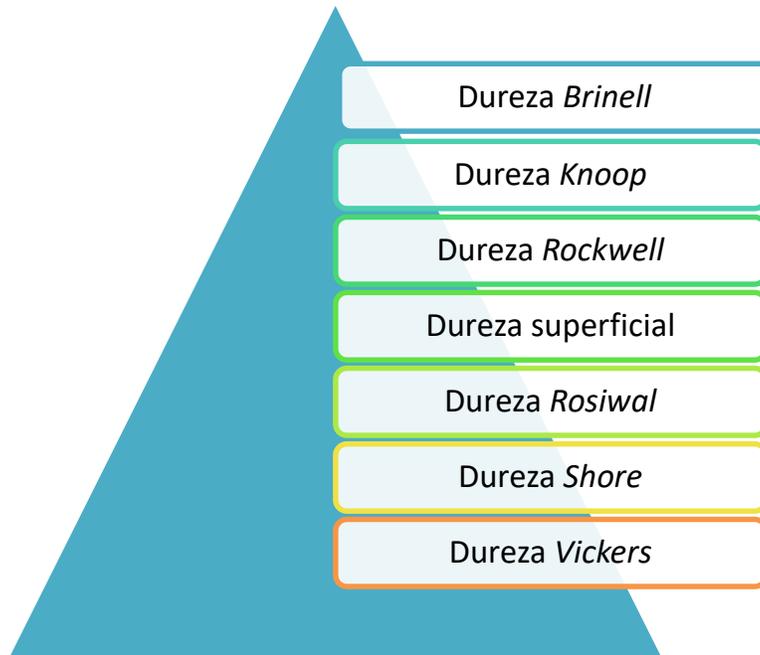
2.3.1. Dureza

La dureza es una propiedad física de los materiales que consiste básicamente en la firme unión de las moléculas que la conforman, impidiendo así que cualquier otro objeto o sustancia lo parta, lo penetre, o lo comprometa. La dureza se utiliza en como una magnitud en diversas áreas industriales en las que se requiere medir la capacidad de aguante o resistencia de peso que tienen diversos materiales para que se les dé un uso óptimo.

Un ejemplo de estas industrias son las que se encargan de fabricar elementos básicos para la construcción de una edificación o estructura, metalurgia, carpintería, entre otras en las que es vital saber cuál es su

composición, como se podrían unir con otros materiales para crear estructuras sólidas.

Figura 3. Escalas de dureza de uso industrial actuales



Fuente: elaboración propia.

- Ensayos de dureza

Esto depende de los datos para verificar el tratamiento térmico, la integridad estructural y la calidad de los componentes para determinar si un material tiene las propiedades necesarias para su uso previsto. A través de los años, el establecimiento de medios de pruebas es cada vez más productivo y eficaz a través de refinar el diseño tradicional de pruebas ha dado paso a nuevos métodos de vanguardia que realizan e interpretan las pruebas de dureza más eficazmente que nunca.

El resultado es una mayor capacidad y dependencia de dejar que el instrumento haga el trabajo, contribuyendo a aumentos sustanciales en el rendimiento y consistencia y continuando haciendo pruebas de dureza muy útiles en aplicaciones industriales y asegurando que los materiales utilizados en las cosas que se utilizan cada día contribuyen a un mundo diseñado con excelencia, eficiente y seguro. Los ensayos de dureza por penetración más comunes y utilizados son los siguientes:

- Ensayo de dureza *Rockwell*

Rockwell es un método rápido, desarrollado para el control de producción, y que cuenta con una lectura directa de los resultados. La dureza *Rockwell* (HR) se calcula midiendo la profundidad de la penetración después de haber forzado un penetrador en un material de muestra a una carga dada.

- Ensayo de dureza *Vickers*

La dureza *Vickers* (HV) se calcula midiendo las longitudes diagonales causadas por una penetración realizada a través de introducir un penetrador piramidal de diamante con una carga dada en un material de muestra. El tamaño de las diagonales de la penetración se lee ópticamente a fin de determinar la dureza usando una tabla o fórmula.

- Ensayo de dureza de *Knoop*

La dureza *Knoop* (HK) es una alternativa a los ensayos *Vickers* dentro del rango de micro durezas, cuya finalidad es la de principalmente superar las fracturas en los materiales quebradizos (como, por ejemplo, la cerámica), para también facilitar los ensayos en capas finas. El penetrador es un diamante

piramidal asimétrico. El tamaño del penetrador está basado en la medida de una diagonal longitudinal que se lee ópticamente a fin de determinar la dureza.

- Ensayo de dureza de *Brinell*

La penetración *Brinell* ofrece una impresión de un tamaño relativamente grande con una bola de carbón de tungsteno de denominación HBW, siendo W el símbolo químico del tungsteno. El tamaño de la penetración se lee ópticamente a fin de determinar la dureza. Las aplicaciones típicas son los forjados y los fundidos cuyos elementos estructurales son de gran tamaño e inhomogéneos o cuyas estructuras son demasiado toscas para someterse a otros métodos como el *Rockwell* o *Vickers* y obtener un resultado representativo.

2.3.2. Fragilidad

Someter a un material a su punto máximo de carga o tracción provoca que sufra de alguna ruptura o fisura, y la fragilidad en los materiales es su punto permisible que puede soportar el trabajo rustico deseado, además que se podría denotar como el momento justo de su límite de calidad.

2.3.3. Tenacidad

La tenacidad de los materiales se refiere a la capacidad que tienen los materiales de absorber cantidades de energía sin romperse. En esencia, la tenacidad se refiere a una fuerza aplicada súbitamente como un impacto, a un volumen determinado del material y que este material pueda absorber dicha energía sin romperse.

Se debe principalmente al grado de cohesión entre moléculas. La fragilidad, la flexibilidad y la elasticidad son algunas propiedades que suelen confundirse con la tenacidad, aunque no se trata de sinónimos, sino que cada una de estas nociones hace referencia a particularidades específicas de los materiales. La tenacidad de un material depende directamente de cómo esté constituido el mismo, de su estructura molecular. Típicamente, los materiales que exhiben una mayor tenacidad son aquellos que también son materiales dúctiles.

2.3.4. Maleabilidad

La maleabilidad es la propiedad de adquirir una deformación mediante una compresión sin romperse. A diferencia de la ductilidad, que permite la obtención de hilos, la maleabilidad favorece la obtención de delgadas láminas de material, también es considerada como una propiedad cualitativa.

El elemento conocido más maleable es el oro. También presentan esta característica otros metales como el platino, la plata, el cobre y el hierro. Los materiales maleables suelen ser utilizados con fines tecnológicos, específicamente en las soldaduras. Por otra parte, los metales maleables tienen otra ventaja, que es que presentan una escasa reacción, entonces, son muy poco plausibles de ser afectados por cuestiones como la corrosión o el óxido.

2.4. Propiedades físicas

Las propiedades físicas de los materiales son aquellas que logran cambiar la materia sin alterar su composición, dependen de la estructura y el procesamiento del material, describen características como el magnetismo, el

calor, la conductividad térmica, conductividad eléctrica, conductividad magnética, entre otras.

2.4.1. Dimensiones

Las dimensiones de los tanques de transporte de gas propano (GLP) producidos por TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. son las siguientes:

- Diámetro: 2 340 mm
- Espesor de chapa: Cuerpo 11,22 mm
- Espesor de chapa: Cabezales 6,35 mm

2.4.2. Conductividad térmica

Según las normas ASME y otro grupo de normas que garantizan el adecuado procesamiento de los materiales para la construcción de equipos en la industria, reconoce la conductividad térmica como la propiedad de un material natural o compuesto con baja resistencia al intercambio de temperatura, dicho de otra forma, este tipo de conductividad podrá ser elevado en materiales con baja densidad de carbono.

2.5. Descripción del proceso

El proceso de relevo de esfuerzos es un procedimiento estandarizado que se le efectúa a los tanques de transporte de gas propano mecánicamente terminados con el fin de aliviar los esfuerzos internos del material y alcanzar una homogeneidad ideal en toda la estructura terminada garantizándola bajo la certificación ASME capacitada para soportar altas presiones.

2.5.1. Mecanizado

El mecanizado de los tanques de transporte de gas propano que produce TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. consiste en formar a base de planchas de los aceros de materia prima SA 516 grado 70 o SA 612 las dimensiones necesarias y darles la forma cilíndrica normada, estas planchas de acero posteriormente se unirán a través de un proceso de soldadura establecido.

2.5.2. Unión por soldadura

La Unión entre las piezas que forman una estructura metálica, puede efectuarse mediante soldadura. Para los trabajos realizados en taller, el medio de unión más usado y económico es la soldadura.

- Ventajas

La unión entre piezas por soldadura presenta las siguientes ventajas:

- El tiempo de preparación es menor en relación a otros métodos de uniones.
- Las uniones prácticamente no se deforman y son estancas.
- Las uniones son más sencillas y tiene mejor apariencia.

A pesar de todo esto, emplear soldaduras requiere de precauciones a la hora de su ejecución en obra; llevarlas a cabo exige personal calificado, los encargados de realizar estos trabajos deben llevar protección y deben cuidarse las soldaduras a la intemperie sobre todo en tiempos inclementes; toda su ejecución requiere de control de calidad.

El tipo de unión de soldadura utilizado por TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. para los tanques de transporte de gas propano es el método de soldadura por arco sumergido.

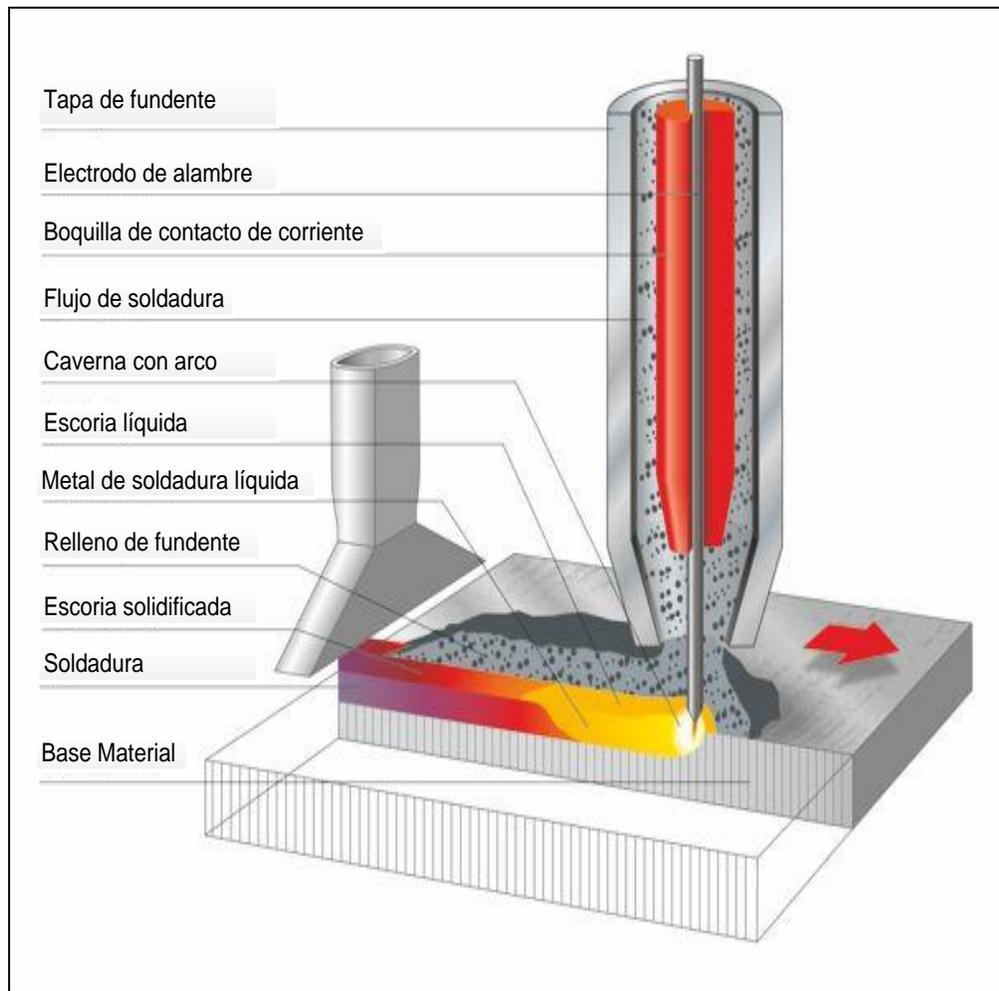
2.5.2.1. Soldadura por proceso de arco sumergido

La soldadura por arco sumergido es el tipo de soldadura que se utiliza para las uniones en la fabricación de los tanques de transporte de gas propano en TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. Se emplea el arco eléctrico como procedimiento, parte de este proceso es realizado por los mejores operarios en la empresa, quienes se encuentran certificados a nivel internacional.

La soldadura por arco sumergido pasa a ser económicamente rentable a partir de un espesor de chapa de 6 mm. El procedimiento se aplica tanto para la soldadura de uniones como para el recargue de capas de protección anti-desgaste y anticorrosiva. Pueden soldarse aceros no aleados y aleados, como aceros al cromo níquel.

La empresa no dispone de líneas automatizadas, y todo el trabajo se realiza de forma manual, garantizando además que se cumplan las restricciones de las normas conjuntas para la construcción y fabricación de depósitos que más adelante transporten gases altamente corrosivos y de alta presión, así es como se emplean técnicas especiales para colocar a los técnicos en ángulos agudos y de difícil acceso.

Figura 4. Descripción del método



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.5.2.2. Atmosfera protectora

Para la realización de estos procesos se emplea la cubierta de polvo granulado, se desprende escoria que sirve para proteger y garantizar que la zona de soldadura se encuentre libre de agentes externos y contaminantes. Este fundente granular realiza dos funciones en el proceso de soldadura, el

primero es que su calor provoca la fusión del metal de aportación, mientras que, por otra parte, este fundente crea un efecto de barrera protectora contra las inclusiones del aire, además de desoxidar la unión entre los óxidos propios de metal base.

2.5.3. Tratamiento térmico

La ingeniería mecánica establece diferentes formas, procesos y procedimientos para cumplir con niveles de dureza y tenacidad en ciertos materiales, para el tratamiento térmico se somete el material a trabajar a altas temperaturas en un tiempo prolongado dentro de un horno especial, porque al estar así se logra la descomposición molecular, luego de las especificaciones ideales al material en uso o requerido, se procederá a extraer el material y dejarlo expuesto a temperatura ambiente, enfriado en algún químico especial o dentro del mismo horno, la complejidad del método a emplear dependerá del tiempo de fabricación, del recurso disponible y de las necesidades requeridas.

2.5.3.1. Relevos de esfuerzos

El relevo de esfuerzos es la eliminación de tensión a través de un tratamiento térmico controlado y detallado que se lleva a cabo en productos metálicos, con el fin de minimizar las tensiones residuales presentes en la pieza, homogeneizar la dureza y las propiedades mecánicas en toda la estructura, reduciendo así el riesgo de cambios dimensionales o fallas mecánicas durante los procesos adicionales de fabricación o el uso final del componente.

Las causas que generan la necesidad de un relevado de esfuerzos son el mecanizado, el corte o soldadura, y la deformación plástica, que provocan una

acumulación de tensiones en el material. Tales tensiones podrían provocar cambios dimensionales o fallas no deseadas si se liberan en forma no controlada, como por ejemplo incremento de dureza en ciertas partes del material haciéndolo más frágil y con mayor riesgo de falla dependiendo de su aplicación.

Para minimizar las tensiones tras el mecanizado y el riesgo de que el componente sufra cambios de dimensión o incluso hasta una falla mecánica, puede realizarse la eliminación de tensión a través de un sistema de relevo de esfuerzos.

Características del relevo de esfuerzos:

- Aumento de temperatura sin control: se inicia desde temperatura ambiente y regularmente se eleva la temperatura lo más rápido posible evitando el uso excesivo de combustible impactando en la productividad del proceso.
- Aumento de temperatura controlado: a partir de la temperatura señalada por ASME como inicio de control y a una velocidad ($^{\circ}\text{F}/\text{hr}$) también señalada por el ASME, depende directamente del espesor del material.
- Temperatura de sostenimiento: en este punto se llega a una temperatura que resulta estar en un rango, y que debe mantenerse durante un cierto lapso de tiempo, dependiendo del material y de el espesor, características proporcionadas por ASME.
- Caída de temperatura controlada: desde la temperatura de sostenimiento la temperatura decrece a una velocidad controlada hasta cierta

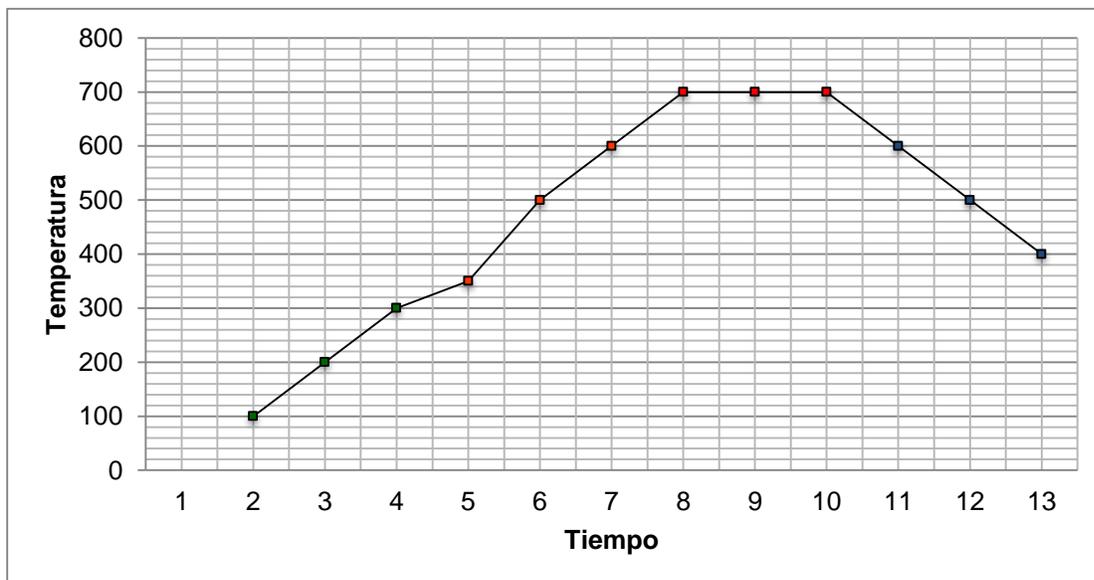
temperatura, depende del espesor del material y sus valores los estipula el ASME.

- Finalización del proceso: finalizada la caída de temperatura controlada, se apaga todo el sistema de relevado y la estructura finalizada se debe dejar dentro del horno debidamente aislada evitando corrientes de aire o factores externos que puedan provocar cambios bruscos de la temperatura dañando el alivio de tensiones en proceso.

2.5.3.2. Gráficas de relevado

La técnica de relevado y su empleo es de complejidad avanzada, para lograr obtener un entendimiento técnico de como el material es sometido a la deformación y plasticidad de la misma, se incorpora la imagen en la figura 5.

Figura 5. Gráfica de relevado de esfuerzo



Fuente: elaboración propia.

2.5.4. Variables del proceso

Para la empresa la principal variable será el error humano, por eso invierten constantemente en programas de capacitación y medición de resultados, por medio de estas acciones garantizan que los trabajos realizados a mano o en áreas semi automatizadas cumplan con los estándares de calidad programados y previstos por las normas internacionales adoptadas en el proceso de fabricación de tanques que a futuro transportaran gas propano. Otra variable critica en las instalaciones es obtener el manejo adecuado del control de temperatura dentro de los hornos donde se ingresan estos depósitos para mejorar su dureza.

2.5.4.1. Temperatura

Este control automatizado y empleado en la zona de fabricación es de alta criticidad, es muy relevante sostener un margen de temperatura esperado, porque al descender se dejan de cumplir las garantías esperadas en los materiales procesados. También se deberá supervisar que la temperatura ambiente no este superior a los 33 grados centígrados, ya que eso provocaría desfases en los controles internos de temperatura de los hornos donde se trabaja.

2.5.4.1.1. Temperatura ascendente

La temperatura ascendente debe ser controlada para el proceso de relevo de esfuerzos en los tanques de transporte de gas propano, esta se compone de dos aumentos controlados alcanzando estos puntos establecidos en un determinado tiempo durante el proceso, estas temperaturas y los intervalos de tiempo en los que se deben alcanzar se detallan a continuación:

Tabla X. **Temperatura ascendente**

Temperatura °C (°K)	Tiempo de aumento (horas)
300 (1 112)	6
600 (572)	6

Fuente: elaboración propia.

2.5.4.1.2. **Temperatura de sostenimiento**

La temperatura de sostenimiento debe ser controlada para el proceso de relevo de esfuerzos en los tanques de transporte de gas propano, esta se compone de dos sostenimientos de temperatura controlados en un determinado tiempo durante el proceso, estas temperaturas y los intervalos de tiempo en los que se deben de sostener se detallan en la siguiente tabla.

Tabla XI. **Temperatura de sostenimiento**

Temperatura °C (°K)	Tiempo de aumento (horas)
300 (1 112)	6
600 (572)	6

Fuente: elaboración propia.

2.5.4.1.3. Temperatura descendente

La temperatura descendente debe ser controlada para el proceso de relevo de esfuerzos en los tanques de transporte de gas propano, el enfriamiento debe realizarse con el aislamiento y resistencias colocadas, evitando corrientes de aire que puedan descontrolar el proceso, el tiempo de enfriamiento es de 12 horas a partir del último sostenimiento de temperatura.

2.5.4.2. Tiempo

Para lograr trabajar apegado a los procesos y procedimientos estandarizados, se incorpora en la guía de trabajo los tiempos necesarios para el traslado de los materiales necesarios que comprometen las acciones de construcción de un tanque alifático, además se incorporan los tiempos estimados de espera entre procesos o etapas de supervisión, no se trabaja de corrido sin tomar consideraciones necesarias que permitan realizar la supervisión constante en las soldaduras, juntas y puntos críticos. El tiempo total del proceso de relevado es de 24,8 horas.

Tabla XII. **Tiempo**

Temperatura °C (°K)	Tiempo de sostenimiento (horas)
300 (1 112)	0,4
600 (572)	1

Fuente: elaboración propia.

2.5.4.3. Factores metalúrgicos

Los factores metalúrgicos a tomar en cuenta sobre la materia prima utilizada para la producción de los tanques de transporte de gas propano son la composición química del acero, sus aleaciones y sus propiedades mecánicas y físicas, así como los procedimientos de soldadura realizados los cuales deben de ser desarrollados dentro de las restricciones mínimas, es decir, tratando de no realizar cambios bruscos o significativos en las temperaturas o velocidades de trabajo evitando la formación de zonas martensíticas severas.

2.5.4.4. Gases de combustión

El combustible que se utilizara para la realización del proceso de relevado de esfuerzos en los tanques fabricados es el mismo gas propano que estos transportaran debido a facilidades en cuanto a distancia y económicas para la empresa. Se deben de tomar en consideración como un factor importante durante el procedimiento de relevado las emisiones que este combustible emite, siendo la reacción química de combustión del gas propano una reacción rápida que producen una llama en donde interviene el O_2 como reactivo.

Cuando se quema un hidrocarburo en el aire este se junta con O_2 el cual se requiere en la reacción. El número de moléculas de H_2O y CO_2 se da dependiendo de la composición del hidrocarburo que actúa como combustible. El propano C_3H_8 arde en aire produciendo una llama de color azul.

Se deben tener en consideración las emisiones que ocasiona el gas propano, aunque estas no son dañinas ni toxicas, pero se deben de controlar para tener un ambiente de trabajo seguro para los colaboradores y evitar cualquier inconveniente laboral o ambiental indeseado, estas emisiones pueden

ser dióxido de carbono más agua ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) la cual es una emisión no deseada, una combustión correcta del gas propano produce cuatro moléculas de dióxido de carbono y tres de agua ($3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$).

2.5.4.5. Aislamiento

La empresa ha realizado un conjunto de estrategias que garanticen la zona de trabajo y los hornos donde ingresan los tanques para que no sufran pérdidas de calor, el aislamiento presente es un conjunto de capas de revestimiento de diferentes materiales, se emplearon desde lonas de tela, esponja industrial, cerámica para las paredes y juntas o sellos metálicos.

Un aspecto importante es que el enfriamiento del tanque debe realizarse en las condiciones de aislamiento hasta llegar a la temperatura y tiempo especificados, evitando que las corrientes de aire o factores atmosféricos internos dañen el procedimiento. Es de suma relevancia mencionar, el aislamiento térmico *KAOWOOL* es el que se utilizará como aislante en el horno de tratamiento térmico, este es conocido como un material de amplio campo de aplicaciones. Se puede empaquetar a granel, como manta formada con aire, plegar en módulos, convertir en placar y perfiles, troquelar en empaquetaduras, retorcer en hilos, tejer en sogas y telas, mezclar con aglutinantes líquidos para enchapes y cementos.

El aislamiento térmico *KAOWOOL*, posee las siguientes características:

- Temperatura máxima de trabajo a 1 260 °C
- Resistencia a la humedad alta
- No se inflama y es además un excelente aislante térmico

- Se comporta bien tanto en atmósferas reductoras como oxidantes. Si resultara mojada por aceites, agua o vapor, sus propiedades térmicas y físicas se restablecen en su totalidad al secarse.
- Resistente a la corrosión, a los ácidos y a los aceites.
- El punto de fusión es a los 1 760 °C, el color es blanco.

Los materiales aislantes se encontrarán clasificados por unos parámetros que les harán ser únicos y distintos del resto y los convertirán en óptimos para cada solución concreta en una edificación. Estos materiales cuentan con aire en sus cavidades interiores o con algún gas seco encapsulado, en estado inerte y quieto; esto supone una característica común junto con la baja conductividad térmica que les confiere el título de materiales aislantes.

En la siguiente tabla se muestran las características generales del aislamiento térmico *KAOWOOL*:

Tabla XIII. **Características del aislante *Kaowool***

HP 1 260 °C	
Color	Blanco
Densidad	96 Kg/m ³
Espesor	25 mm
Temperatura de uso continuo	1 100 °C
Temperatura Limite de uso	1 260 °C
Punto de fusión	1 760 °C
Alumina	45-50
Silice	50-55
Otros	TRAZAS
Temperatura de medición	0,47
Largo	7 620 mm
Ancho	610 mm
Peso Neto	11,3

Fuente: elaboración propia.

En el mismo orden de ideas se muestran las ventajas del mismo:

- Baja conductividad térmica y energía térmica almacenada
- Elevada resistencia a los choques térmicos y ataques químicos
- Buenas características acústicas y de protección contra fuego
- Alta flexibilidad, facilitando cortes e instalación
- Muy bajo almacenamiento de calor, calienta y enfría rápidamente
- Buena resistencia mecánica. (*KAOWOOL*)

Las aplicaciones más comunes del aislamiento térmico *KAOWOOL* son:

- Revestimiento de hornos
- Intercambiadores de calor
- Turbinas a gas
- Estufas y hornos de laboratorios
- Sellado y revestimientos de puertas de hornos
- Tratamientos térmicos

Figura 6. **Aislamiento térmico *KAOWOOL***



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.5.4.6. Fibra cerámica

La fibra cerámica se utiliza para recubrimientos de superficies radiantes con altas temperaturas que van desde los 538 °C hasta los 1 480 °C. Sus aplicaciones son muy diversas, especialmente en aislamientos térmicos y refractarios para todo tipo de procesos industriales como superficies de equipos radiantes, tubería, tanques, equipos, transferencia de metales, hornos de todo tipo de proceso y protección pasiva contra fuego.

También existen tablas de fibra cerámica siendo este un material refractario aislante fabricado en procesos al vacío, diseñados para soportar gases a alta velocidad con una baja conductividad térmica, en densidades desde 256-320 kg/m³ utilizado para aplicaciones en temperaturas hasta 1 650 °C. Estos productos son ideales para hornos, calentadores y calderas, debido a su baja conductividad térmica y bajo almacenamiento de calor al permitir más ciclos cortos de tiempo y mantenimientos más eficientes y económicos.

- Características
 - Bajo almacenamiento de calor
 - Alta resistencia a la tensión
 - Resistencia al choque térmico
 - Absorción del sonido
 - Fácil instalación
 - No contiene aglutinante
 - No contiene asbestos
 - No requiere tiempo de secado o de curado

- Industria siderúrgica
 - Hornos de tratamiento térmico y templado
 - Revestimiento para el interior de las puertas de los hornos y sellos
 - Tapas y sellos para hornos de fundición
 - Reparaciones en la cara caliente de los hornos
 - Hornos de recalentamiento
 - Tapas de ollas

2.6. Equipo necesario

El equipo necesario para el desarrollo del proceso de relevado de esfuerzos debe ser equipo industrial de alto rendimiento capacitado para soportar altas temperaturas que garantice las prestaciones necesarias y capaz de contener estructuras de dimensiones industriales.

2.6.1. Horno de tratamiento

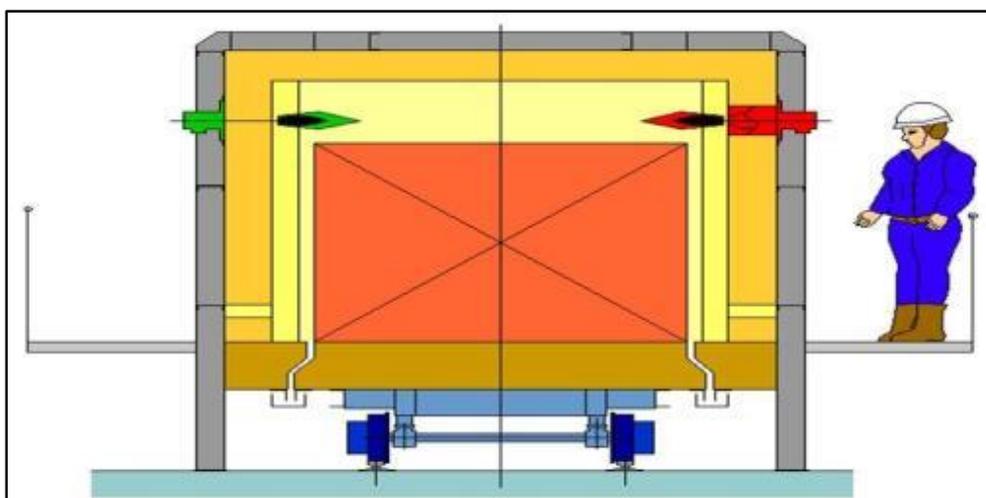
Los Hornos de relevado de esfuerzos son para una temperatura máxima de 650 °C, emplea quemadores de alta velocidad, combustible gas natural como lo es el gas propano, carro de carga abajo para montar, transportar y contener la pieza antes, durante y después del tratamiento, este horno es ideal para piezas pesadas tal como lo son los tanques de transporte de gas propano fabricados por TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A., que necesitan relevar de esfuerzos internos su estructura en relación a la modificación de sus propiedades mecánicas ocasionadas por las uniones por soldadura aplicadas en la pieza.

2.6.2. Carro de carga

El carro de carga tiene la función de transportar y contener la pieza a tratar antes, durante y después del tratamiento, este es necesario debido a las dimensiones del tanque que recibe el tratamiento térmico de relevado, el carro de carga facilita el poder manipularlo de una forma segura, rápida y más eficiente, reduciendo el tiempo de preparación del tratamiento y el tiempo posterior a este proceso llevándolo al destino final de la misma manera segura, rápida y eficiente.

Está la posibilidad de utilizar tanto un carro de carga independiente, este traslada la pieza que recibe el tratamiento a los diferentes puntos dentro de la planta, dependiendo el momento del procedimiento de relevado, o utilizar un horno del tipo carro en donde es este el que ejerce los movimientos de desplazamiento hasta donde se encuentre la pieza a tratar. A continuación, se muestra un ejemplo de la posición y funcionamiento del carro de carga.

Figura 7. Posición del carro de carga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.6.3. Quemadores industriales

Cada tipo de horno requiere un atento análisis y diseño del quemador que se utilizará, y en especial, el tipo de horno a utilizar en el tratamiento de relevo de esfuerzos para los tanques de transporte fabricados requieren una llama garantizada de gran precisión por este motivo estos quemadores a utilizar deben de ser productos adecuados o a medida que cumplan con la característica de funcionar con gas propano.

Los hornos para tratamientos térmicos de metales, en donde se emplean metales como el acero en este caso, se necesita de un quemador versátil que operen en un amplio campo calórico, y que permiten obtener una llama a alta velocidad para el tratamiento térmico.

2.6.4. Sopladores industriales

Los sopladores industriales son máquinas cuya función principal es proporcionar y acomodar un gran flujo de aire en este caso a la combustión de gas propano para enriquecer y hacer más eficiente la llama de combustión que producirá la temperatura necesaria para alcanzar las temperaturas establecidas en el tratamiento térmico de relevo de esfuerzos.

2.6.5. Chimeneas industriales

Las chimeneas industriales son accesorios para los hornos del tratamiento térmico de relevo de esfuerzos empleadas para medir controlar y manejar el flujo de las emisiones de combustión emitidas por la quema del combustible en este caso gas propano empleado para alcanzar las temperaturas establecidas, estos accesorios se emplean para alcanzar un control y manipulación de las

emisiones garantizando una mayor seguridad y salud ocupacional a los trabajadores de la planta y un manejo adecuado para evitar daños al medio ambiente.

2.6.6. Medidores de temperatura

Los dispositivos de control de la temperatura del horno de tratamiento térmico de relevo de esfuerzos son los encargados de medir los grados de temperatura dentro del horno, esto es de gran importancia para llevar el control detallado del aumento sostenimiento y caídas de temperatura debidamente establecidas y que se debe cumplir con exactitud para obtener un rendimiento de calidad del tratamiento térmico, los medidores de temperatura normalmente están constituidos y se realizan mediante termopares por sus características para medición de altas temperaturas.

2.6.7. Termopares

La industria metálica los conoce como varillas con extremos soldados, uno de los extremos se encuentra conectada a un mili voltímetro, donde se produce la fuerza electromotriz y una diferencia de potencial, esto sirve para medir la temperatura en las uniones soldadas en los tanques alifáticos, esta temperatura es expresada en grados centígrados.

2.6.8. Tanque y medidor de combustible

El tanque de combustible debe ser capaz de contener la cantidad de combustible del combustible gas propano necesaria para un tratamiento completo de relevo de esfuerzos para los tanques fabricados, y de igual manera debe estar capacitado industrialmente para contener el combustible sin que se

ocasiona ninguna fuga garantizando la seguridad de la vida humana de los trabajadores y la infraestructura de la planta de producción, la capacidad de almacenamiento de combustible del tanque va en función del rendimiento de los quemadores, la atmósfera del tratamiento, la cantidad de oxígeno que enriquece la combustión y otros factores importantes que sirven para identificar la cantidad necesaria de combustible a emplear y por consecuencia, la capacidad que debe tener el tanque de combustible.

Este tanque debe utilizar un medidor de nivel de combustible continuo para garantizar que el tratamiento no sea interrumpido en determinado momento por la falta de combustión y por consecuencia la falta de temperatura y que esto dañe por completo el tratamiento en proceso.

2.6.9. Dispositivos de seguridad

Los dispositivos de seguridad no influyen directamente en el proceso de relevado de esfuerzos, pero si garantizan un ambiente de desarrollo del procedimiento con los cuidados y seguridad necesaria, esto es un compromiso por parte de TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. con sus colaboradores garantizando la protección a su integridad humana y así mismo a la infraestructura de la planta.

- Extintores
- Válvulas de control de combustible
- Panel de control con botón de detención de seguridad
- Soportes y topes de carro de carga
- Rutas de seguridad
- Trajes térmicos para el personal
- Rutas de evacuación

- Sistema de enfriamiento de emergencia
- Válvulas de presión interna del horno

2.7. Análisis de desempeño

El análisis del desempeño del tratamiento de relevo de esfuerzos debe servir como retroalimentación para determinar y mejorar el alcance generado por este tratamiento térmico en la pieza final para poder garantizar las prestaciones de alta calidad que ofrece TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A.

2.7.1. Estándares

Los estándares y restricciones necesarias que se deben cumplir para el tratamiento térmico de relevo de esfuerzos son:

Se restringe el uso del material usado como materia prima a bajas temperaturas y su cobertura es para chapas de acero al carbono que deben de cumplir con las especificaciones de espesor necesario, es decir, los materiales que se deben utilizar son los aceros SA 516 grado 70 y SA 612. Por esto se toma en cuenta las restricciones en cuanto a la manufactura de la misma, tratamientos térmicos, requerimientos de composición química, que garantizan las estructuras metalográficas resultantes y, por consiguiente, los requerimientos mecánicos.

Los procedimientos de soldadura deben de ser desarrollados dentro de las restricciones mínimas, es decir, tratando de no realizar cambios bruscos o significativos en las temperaturas y/o velocidades de trabajo, evitando la formación de zonas martensíticas severas.

Los resultados obtenidos de acuerdo a los datos y procedimientos normados y estandarizados por ASME, las estructuras resultantes después de la soldadura tanto de ferrita, perlita, austenita, martensita y posibles carburos y los resultados de transferencia calórica el procedimiento de relevado de esfuerzos producidos por los efectos de las uniones por soldadura, debe cumplir satisfactoriamente con las garantías de homogeneización de las propiedades mecánicas del tanque fabricado para el transporte del hidrocarburo alifático perteneciente a los alcanos, gas propano.

2.7.2. Regulaciones bajo normas ASME

La empresa emplea el conjunto de normativas internacionales conformadas por la norma ASME en el proceso de diseño y fabricación de los tanques, especialmente para el tratamiento térmico donde realizan el relevo de esfuerzos.

- Material base
- Espesor nominal
- Método de calentamiento
- Velocidad de calentamiento
- Tiempo de sostenimiento y temperatura
- Velocidad de enfriamiento
- Cantidad de termo acoplamientos
- Grafica del proceso de relevado
- Calibración del equipo
- Control del horno
- Termo acoplamientos
- Control y calibración de instrumentación
- Temperatura

2.8. Distribuciones de planta

El objetivo de un trabajo de diseño y distribución en planta es encontrar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo de trabajo para obtenerla mayor eficiencia en costos, al mismo tiempo hacer de la planta una instalación más segura y satisfactoria para los colaboradores de la organización. Específicamente las ventajas más importantes de una buena distribución de planta redundan en reducción de costos de fabricación como resultados de los siguientes beneficios:

- Reducción de riesgos de enfermedades profesionales y accidentes de trabajo.
- Incremento de la productividad.
- Disminuyen los retrasos.

Una correcta y objetiva distribución de planta dentro las instalaciones de producción son necesarias para evitar que sucedan factores como:

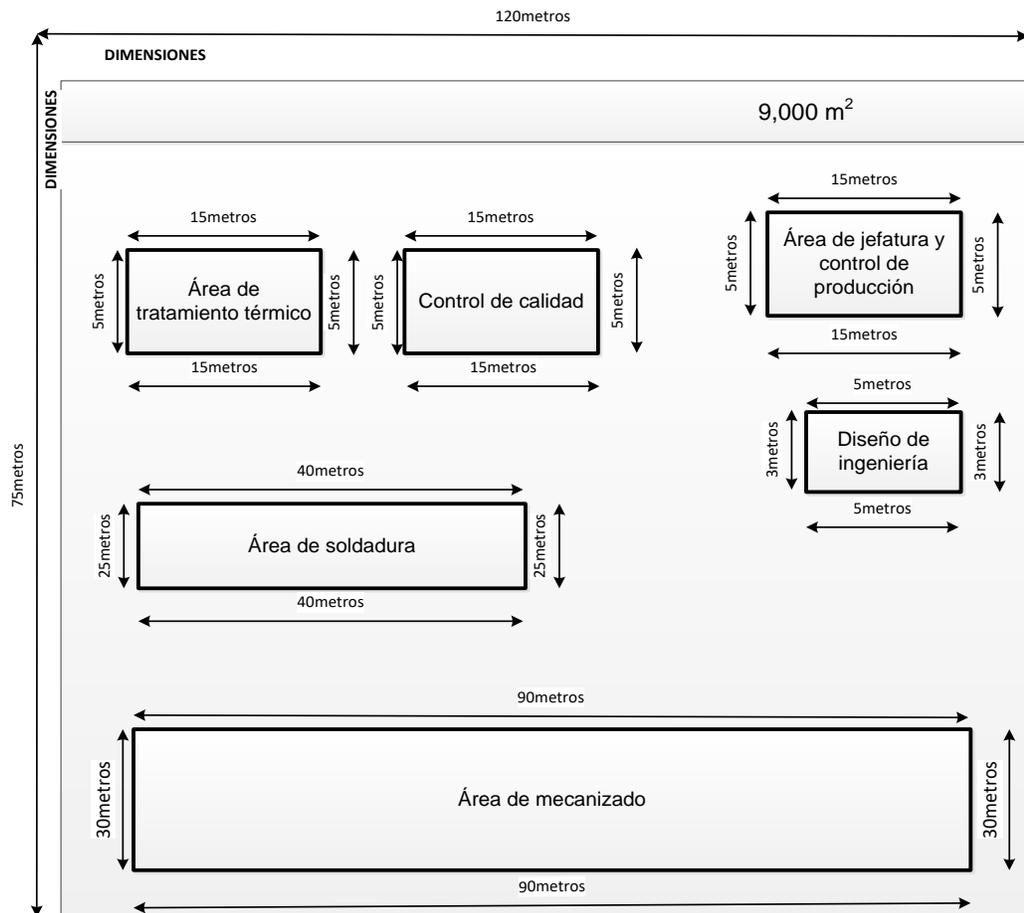
- Frecuentes redistribuciones parciales de equipos
- Operarios calificados moviendo materiales
- Materiales en el piso
- Congestión en pasillos
- Máquinas paradas en espera de material a procesar

2.8.1. Distribución de acuerdo al proceso

La distribución actual de la planta de producción de TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. inicia con el área de tratamiento térmico, seguida del área de control de calidad, el área de jefatura y control de producción,

continuando con el diseño e ingeniería, seguidamente el área de soldadura y por último el área de mecanizado de acuerdo al proceso se demuestra en la siguiente figura.

Figura 8. **Distribución de acuerdo al proceso**

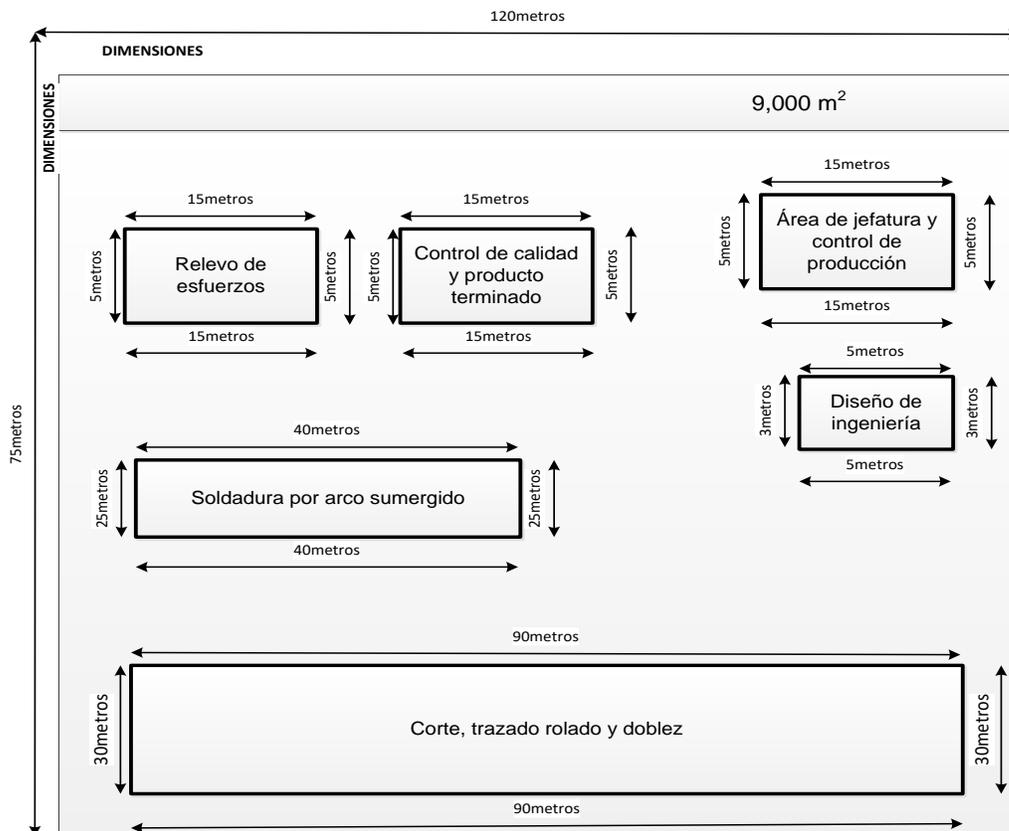


Fuente: elaboración propia.

2.8.2. Distribución de acuerdo al producto

La distribución actual de la planta de producción de TIPIC, S.A. / Desarrollos Metálicos, S.A. de acuerdo al producto, se encuentra primero el relevo de esfuerzos, continuando con el control de calidad y producto terminado, seguido del área de jefatura y control de producción, seguidamente esta la soldadura por arco sumergido, el diseño e ingeniería, finalizando con el corte, trazado rolado y dobléz que se demuestra en la siguiente figura.

Figura 9. Distribución de acuerdo al producto



Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RELEVO DE ESFUERZOS

3.1. Diseño del sistema

Para la propuesta del diseño de sistema de relevo de esfuerzos, se procede en el presente capítulo a resaltar las dimensiones del área donde se ubicará el horno, de igual manera se mostrarán las dimensiones del horno de tratamiento térmico, continuamente se especificarán las dimensiones del carril y el carro del carga, seguidamente se presentan las medidas se menciona el rendimiento del combustible, las especificaciones para el aislamiento térmico, la función del carro de carga, se muestra además la iluminación con la que contará el área específica, la ventilación, es decir, la extracción de aire a causa de los vapores de combustión del gas propano, también los cálculos de temperatura y el ruido que son parte del proceso de tratamiento térmico, se finaliza el presente apartado con el funcionamiento y capacidad del horno de tratamiento térmico.

Es imprescindible, mencionar que el tanque de almacenamiento estará recubierto por una doble capa, lo cual garantizará que de existir una falla se pueda realizar el cambio del mismo. Es sumamente relevante mencionar que el recipiente para almacenamiento estará correctamente instalado en el área específica en la planta de producción. El soporte de capacidad del tanque de almacenamiento de gas propano es de 1 000 a 12 000 galones.

La empresa garantiza cumplir para el diseño y construcción del tanque de gas propano empleando láminas de acero al carbón SA 516 grado 70, también

utiliza acero al carbono SA 612, independientemente del grado de lámina que utilice las unen por soldadura por arco sumergido.

- Presión de diseño: la presión de diseño del tanque no es menor que la presión de vapor del propano a 46 °C (115 °F), según el término del código ASME.
- Ubicación de las válvulas de alivio: las válvulas de alivio de presión están localizadas en la parte superior del tanque, de tal forma que únicamente este en contacto con la fase de vapor.
- Color reflejante: el tanque está pintado de color blanco.
- El tanque será la unidad después de terminar todas las soldaduras en el cuerpo y en las cabezas. Los aditamentos soldados a las láminas de refuerzo, son instalados después del tratamiento térmico.
- El material del que está construido el tanque de transporte de gas propano y sus aditamentos cumplen con lo estipulado en el Código ASME en lo aplicable al GLP.

3.1.1. Dimensiones del área específica

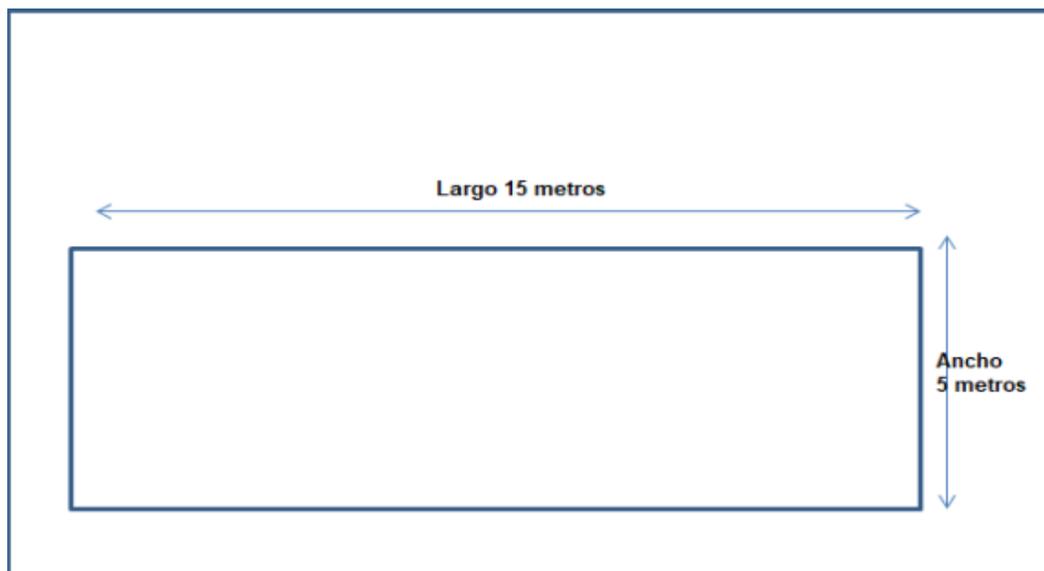
Para la ubicación y diseño del sistema de relevo de esfuerzos, se optará por varias alternativas; considerando que el aire caliente circule adecuadamente, después de la calefacción, a través de la carga.

Las dimensiones del área que se utilizarán son:

- Largo: 15 metros
- Ancho: 5 metros

El área de ubicación de horno de tratamiento térmico es exclusiva para cumplir el objetivo, y no se mezclará con embalaje tratado, o que no se ha procesado. Se ha considerado el espacio, la ventilación, la iluminación, la resistencia del suelo y el personal a cargo.

Figura 10. **Área de ubicación específica**



Fuente: elaboración propia.

Se realizará una fundición de piso, con cemento refractario, este material está adicionado con aluminatos de calcio y minerales ricos en alúmina, ambos están triturados a tamaños de micras para mantener la fineza misma del cemento.

El cemento refractario a usar, sintetiza y les dará propiedades cerámicas a los componentes, mientras aumenta la temperatura a la que será sometido. Se utilizará cemento refractario, porque contiene cerca del 30 a 35 % de materia refractaria, como la alúmina y magnesio en la composición química, además tiene la ventaja que el concreto tiene fraguado rápido, alcanzando simultáneamente la resistencia total, y aligera el tiempo de secado, por eso se utilizará para el área específica del tratamiento de relevo de esfuerzos.

Las propiedades del cemento refractario se basan en sistemas heterogéneos, sistemas múltiples y es formulado a partir de componentes clasificados en tamaño, que generalmente varía química y físicamente dentro de ciertos límites especificados.

Tabla XIV. **Composición de los componentes del cemento refractario**

Agregados	40-80 %
Modificadores	4-30 %
Agentes ligantes	2-50 %
Aditivos	< 1 %

Fuentes: elaboración propia.

3.1.2. Dimensiones del horno de tratamiento térmico

Para la elección del tipo de horno, se realizará con base a la capacidad, el tipo de calefacción y forma de operar, con el objetivo de optimizar el diseño. El horno se utilizará exclusivamente para el relevado de esfuerzos.

La estructura del horno estará fabricada de materiales altamente refractarios que permiten temperaturas más altas de llama, con la consiguiente

mejora de la eficiencia. Además, el material a utilizar para la construcción del horno y sus aditamentos cumplirá con lo estipulado en el Código ASME. Se trabajará siempre, a plena capacidad de la instalación, además se programará el trabajo de tal manera que los tiempos de espera sean mínimos.

Se automatizará al máximo el control del proceso, en las operaciones de carga y descarga, con el objetivo de evitar las operaciones erróneas. Se emplearán algunas estrategias para reducir el consumo energético.

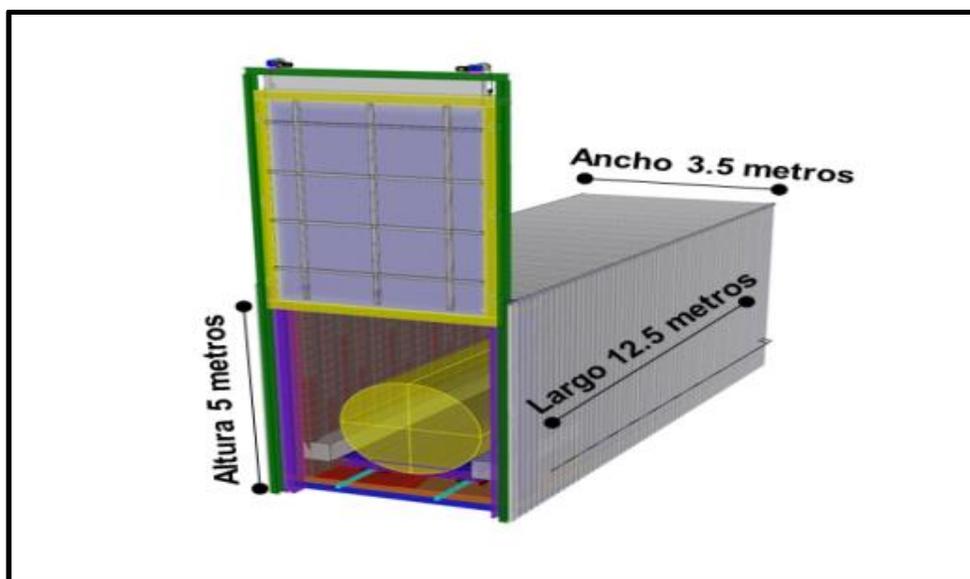
- Se aprovechará la energía desprendida en los procesos exotérmicos, no se operará a temperaturas más altas de lo necesario.
- Se empleará aire enriquecido y precalentado a través de los sopladores incluidos en los quemadores regenerativos para mejorar la cinética del proceso y el balance térmico.
- Se utilizará oxígeno puro como comburente para minimizar el volumen de los gases de combustión.
- Se mantendrá la buena calidad de las herramientas, para mayor eficiencia en el uso del combustible.
- Se acoplará el horno con el resto del proceso, también se usará la energía residual en etapas que consumen energías de calidad decreciente.
- Se utilizarán quemadores recuperativos o regenerativos.

Se utilizará el sistema regenerativo, por la constante y creciente demanda para el mejoramiento de eficiencia, para utilizar los recuperadores de calor en el sistema de relevado de esfuerzos por la alta temperatura, en los cuales se aprovechará parte de la energía contenida en los humos para precalentar el aire que se dirige hacia la combustión.

El objetivo es alcanzar los valores de temperatura requeridos en función del espacio a utilizar, el fin primordial aquí, es realizar el relevado de esfuerzo lo mejor posible para el tratamiento térmico del tanque de transporte de gas propano. El horno estará estructurado de acero SA 36 las dimensiones son las siguientes:

- Altura: 5 metros
- Ancho: 3,5 metros
- Largo: 12,5 metros

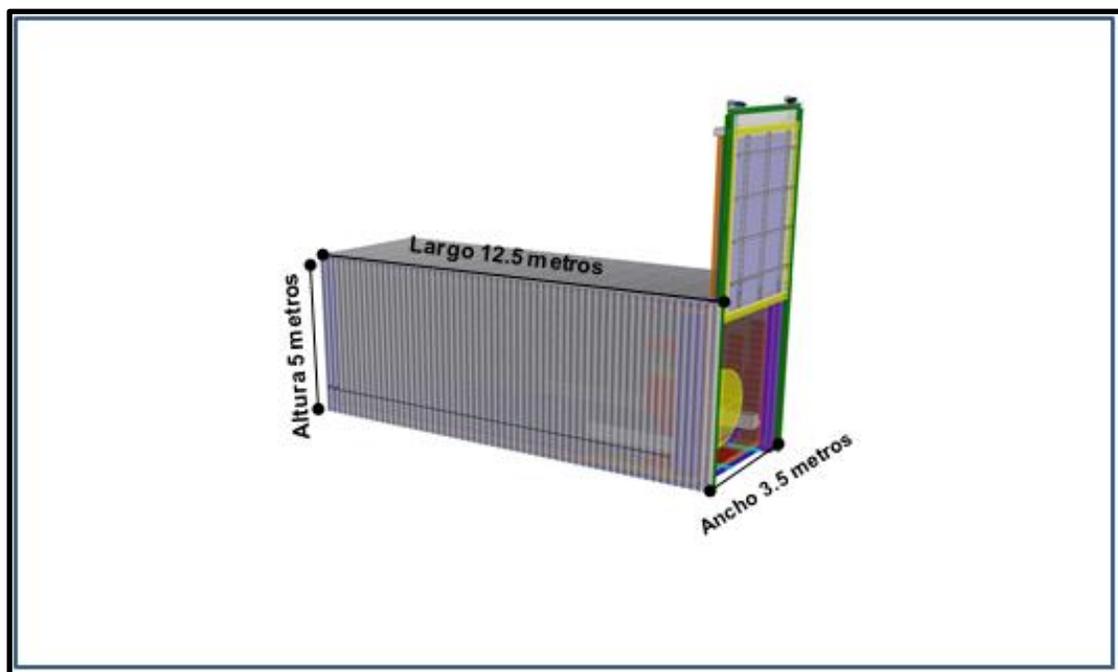
Figura 11. **Vista lateral del diseño del horno para tanques de transporte de GLP de 12 000 galones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

La imagen anterior muestra el diseño del horno para el tratamiento térmico de relevo de esfuerzo para las estructuras de transporte de gas propano de 12 000 galones, en esta imagen se resalta el exterior del diseño, puerta de cierre, base de los quemadores, los rieles del carro de carga y parte interna donde quedarán los tanques, mientras están en el proceso de relevado de esfuerzos.

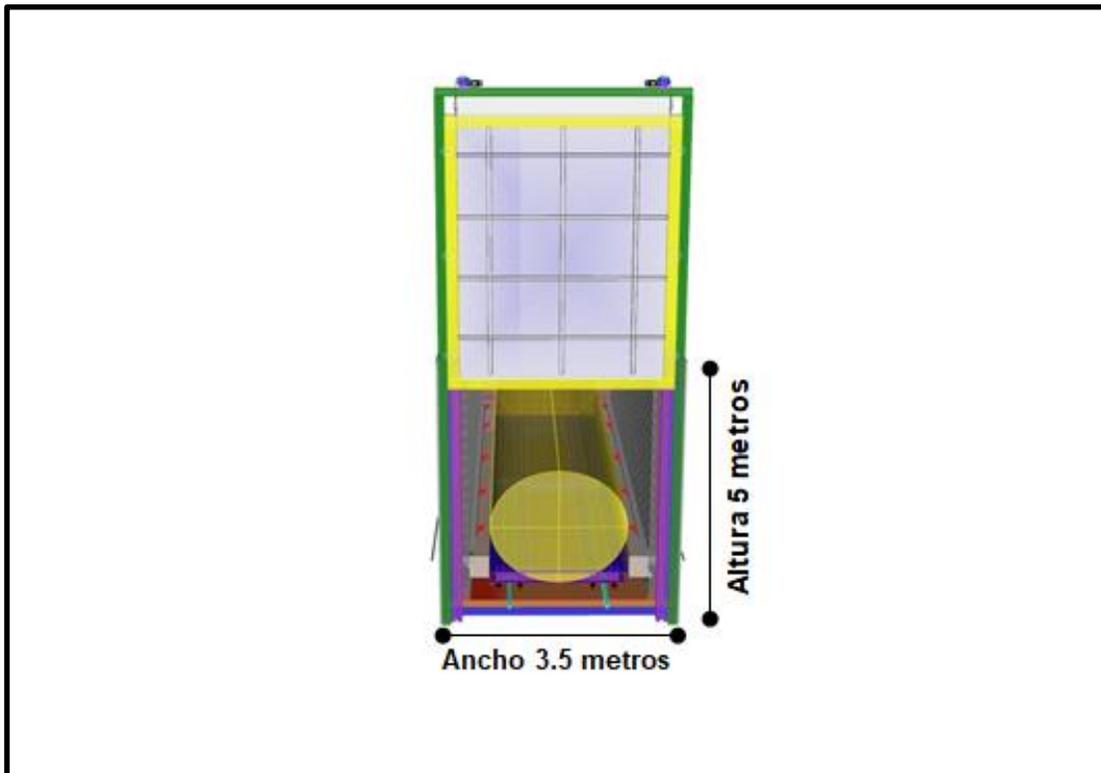
Figura 12. **Vista lateral del diseño del horno para tanques de transporte de GLP de 12 000 galones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

En la imagen anterior, se muestra el diseño del horno para el tratamiento térmico de relevo de esfuerzo para las estructuras de transporte de gas propano de 12 000 galones. La imagen resalta el exterior del diseño, y la puerta de cierre que garantizará un sello hermético para el proceso de relevado de esfuerzos.

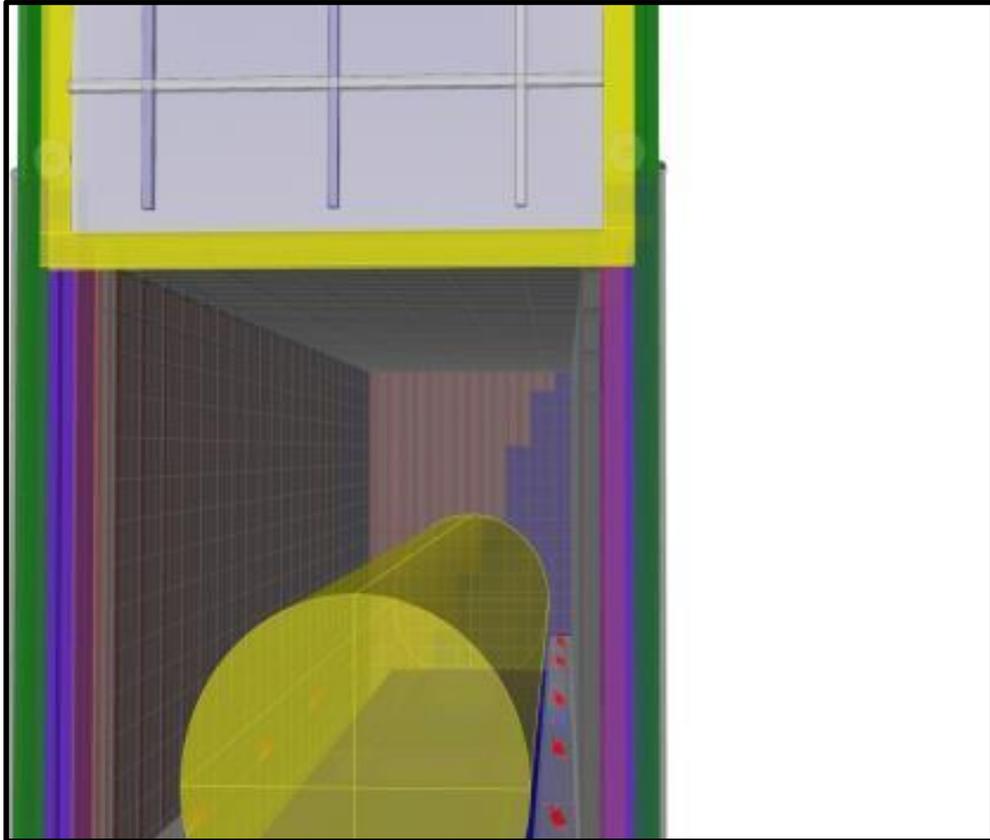
Figura 13. Vista frontal del diseño del horno para tanques de transporte de GLP de 12 000 galones



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

La imagen anterior, muestra una vista frontal del diseño del horno para el tratamiento térmico de relevo de esfuerzo para las estructuras de transporte de gas propano de 12 000 galones. La imagen resalta el interior del diseño, la puerta de cierre, base de los quemadores, rieles del carro de carga y parte interna, donde quedarán los tanques mientras están en el proceso de relevado de esfuerzos.

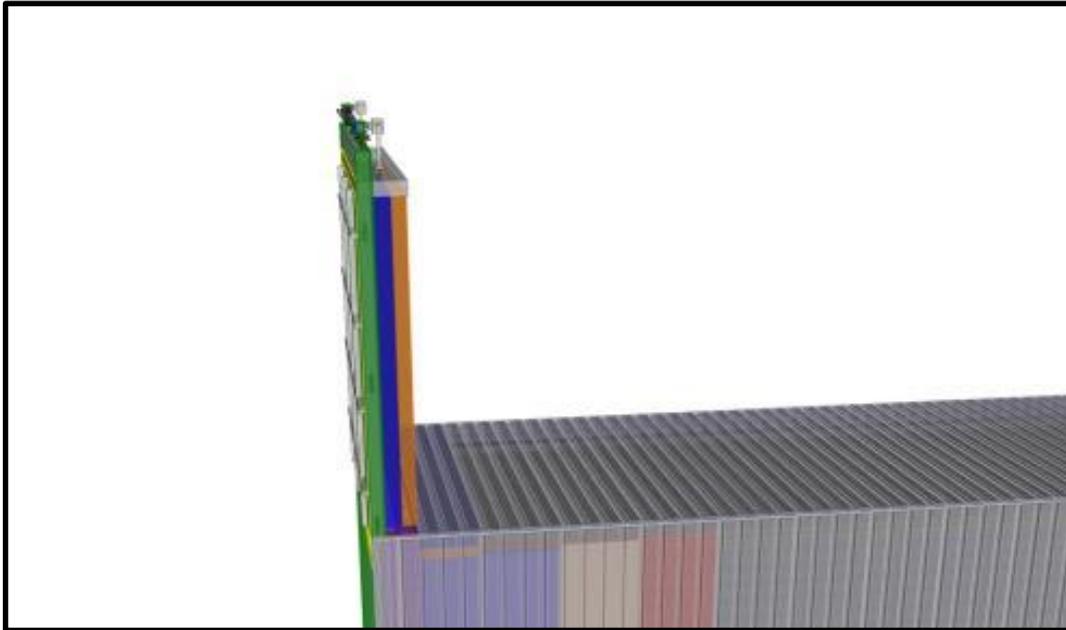
Figura 14. **Vista frontal interna del diseño del horno para tanques de transporte de GLP de 12 000 galones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

La imagen anterior, muestra la vista frontal interna del diseño del horno para el tratamiento térmico de relevo de esfuerzo para las estructuras de transporte de gas propano de 12 000 galones. La imagen resalta el interior del diseño, la base de los quemadores, los rieles del carro de carga, paredes exteriores e interiores, el recubrimiento térmico y la parte interna donde quedarán los tanques mientras están en el proceso de relevado de esfuerzos.

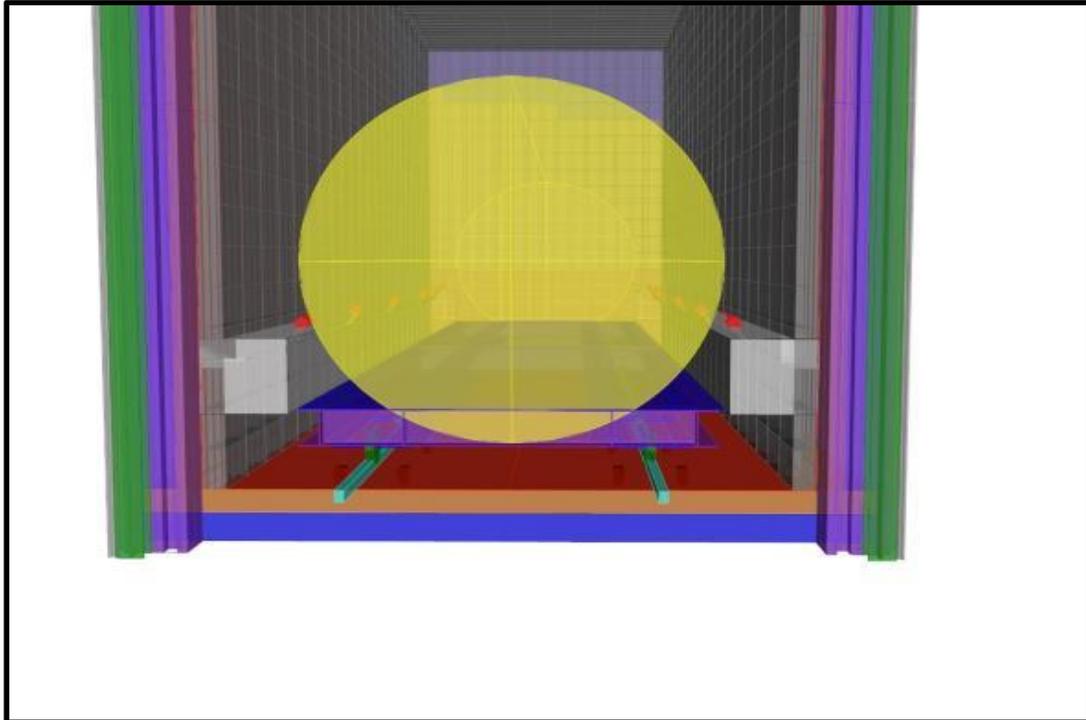
Figura 15. **Vista de perfil del diseño del horno para tanques de transporte de GLP de 12 000 galones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

La imagen anterior, presenta el diseño del horno para el tratamiento térmico de relevo de esfuerzo para las estructuras de transporte de gas propano de 12 000 galones, desde una vista de perfil, en la que se resalta el exterior del diseño enfocándose en el recubrimiento externo de lámina aluzinc calibre 26, además presenta una vista del recubrimiento térmico en la puerta de cierre que garantizará un sello hermético para el proceso de relevado de esfuerzos.

Figura 16. **Vista frontal interna del diseño del horno para tanques de transporte de GLP de 12 000 galones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

La imagen anterior, muestra de manera frontal interna el diseño del horno para el tratamiento térmico de relevo de esfuerzo para las estructuras de transporte de gas propano de 12 000 galones, en la presente se resalta el interior del diseño, la base de los quemadores, la estructura del carro de carga en funcionamiento, los rieles del carro de carga, paredes exteriores e interiores, el recubrimiento térmico y la parte interna donde quedarán los tanques mientras están en el proceso de relevado de esfuerzos.

El horno, carro de carga, los rieles y las ruedas estarán estructurados de Acero ASME SA 36 (SA36), carbono y baja aleación placa de acero de alta resistencia. Se usará este tipo de acero por las propiedades mecánicas de su composición:

- Resistencia: este tipo de acero SA 36 porque cuenta con resistencia que actuará como la oposición al cambio de forma y a las fuerzas externas que se presentan como cargas de tracción, compresión, cizalle, flexión y torsión.
- Elasticidad: se eligió acero SA 36 por la capacidad, que tiene para volver a su forma inicial al dejar de actuar la fuerza que lo deformó.
- Plasticidad: se utilizará acero SA 36, por la cabida de deformación del metal antes que se rompa; considerando que, si la deformación se produce por alargamiento, se llama ductilidad y por compresión maleabilidad.
- La tenacidad: con la que cuenta el acero SA 36, es la resistencia a la rotura por esfuerzos que deformarían el mismo.
- La dureza: que presenta el acero SA 36, es la capacidad que presenta el metal cuando sea deformado en la superficie por la acción de otro material.
- La resiliencia del acero SA 36: se usará este tipo de acero por la capacidad que presenta de absorber energía por unidad de volumen en la zona elástica.
- Resistencia a la rotura: el acero SA 36, es elegido ser de resistencia opone el material a romperse por un esfuerzo mecánico exterior.
- Fusibilidad: el acero SA 36 será usado porque cuenta con facilidad de poder dar forma a los metales, fundiéndolos y colocándolos en moldes.
- Soldabilidad: este tipo de acero se utilizará porque tiene la facilidad de que dos piezas en contacto se unan formando un conjunto rígido.

Las normas ASTM de materiales establecen valores para las propiedades mecánicas del acero:

- Límite de fluencia
- Resistencia a la tracción
- Alargamiento
- Doblado

En el acero ASTM A36 los valores mínimos establecidos por la norma son:

- Límite de fluencia: 36 000 lbs/pulg²
- Resistencia a la tracción: 58 000 – 80 000 lbs /pulg²
- Alargamiento: 20 %
- En el caso del alargamiento hay que indicar la distancia entre marcas que puede ser de 2" u 8".

Se eligió este tipo de acero porque según la norma, este es aplicable a una variedad de perfiles estructurales laminados en caliente y a placas de la misma calidad que están disponibles en el mercado. Además, tiene un esfuerzo de fluencia de 2 530 kg/cm² (250 MPa, 36 ksi), y su soldabilidad es adecuada.

Las propiedades físicas del acero SA 36, se relaciona con la estructura, materia, cuerpo, peso, masa, volumen, densidad, peso específico, y el comportamiento ante posibles agentes físicos que puedan surgir como la electricidad, magnetismo, calor, sonido, entre otros.

Se utilizará el acero SA 36, por sus propiedades térmicas que son los mecanismos de transferencia de calor como la conducción, convección, radiación.

También se considerará el acero SA 36, por las propiedades químicas: oxidación que se produce cuando se combina el oxígeno del aire con el metal y la corrosión, que es toda acción que ejercerán los diversos agentes químicos de su composición.

Tabla XV. **Propiedades y composición química del acero SA 36**

Grado	Composición química (%)				
ASME SA-36	C	MN	Si	P	S
	0,26	0,4-0,9	0,4	0,04	0,05
	Características mecánica				
	Resistencia a la tracción (MPa)	Producción (MPa)	% alargamiento en 2 minutos de in (50mm)	Que afectan la temperatura de prueba	
ASME SA-36	400-650	250	20	+20, 0-20	

Fuente: elaboración propia.

Los materiales a considerar para la elaboración del horno de tratamiento térmico de tanque de transporte de gas propano, están divididos en cinco partes que son:

- Estructura
- Aislamiento
- Instrumentación
- Red de distribución de gas
- Instalación eléctrica

Para el almacenamiento de tanques de transporte de gas propano, se cumplirán las siguientes recomendaciones según las normas ASME:

- Los tanques de transporte de gas propano se almacenarán en espacios ventilados, protegidos del sol, del agua, de la lluvia, de la humedad y de ambientes corrosivos.
- Los tanques de transporte de gas propano, también se almacenarán lejos de los agentes oxidantes fuertes, como oxígeno, dióxido nitroso, nitratos, percloratos, hipocloritos, entre otros.
- El área de almacenamiento se identificará claramente, y estará libre de obstrucciones y accesible únicamente a personal capacitado y autorizado.
- El área específica del tratamiento de relevado de esfuerzos, no quedará cerca de áreas muy transitadas.
- Se ubicarán los tanques en áreas exteriores para minimizar los riesgos.

Las dimensiones del tanque de transporte de gas propano son:

- Altura: 3,70 metros
- Ancho: 2,47 metros
- Largo: 11,70 metros

Figura 17. **Medidas del tanque de transporte de gas propano**



Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Dimensiones del carril y carro de carga

El carro de carga como se explicó anteriormente cumple, la función de trasladar el tanque de 12 000 galones de capacidad de gas propano antes, durante y después del tratamiento, el carro de carga tiene ganchos en sus extremos en donde es remolcado por un carro grúa dentro de la planta para mover la estructura que se aplicará o que ya se le aplicó el tratamiento térmico, y el carro de carga facilitará la manipulación de este de manera segura, rápida y eficaz, disminuirá el tiempo de preparación del tratamiento y el tiempo posterior del proceso trasladándolo al destino final seguro, rápido y eficiente.

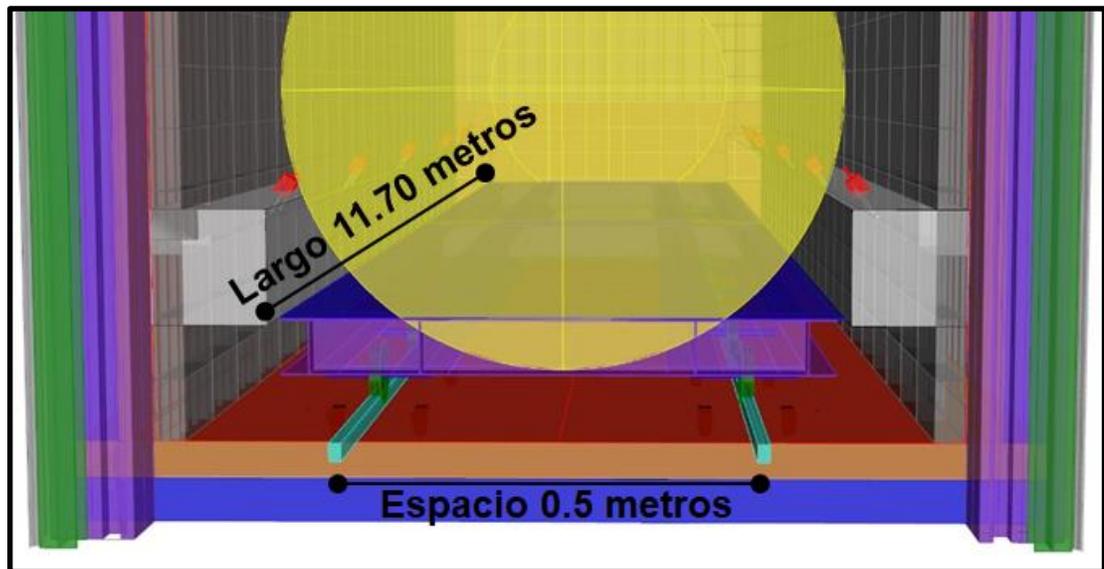
Se tomará en consideración las precauciones siguientes:

- La altura y la anchura del área específica del relevado de esfuerzos estará ajustado al tamaño del carro de carga.
- El carro de carga que se usará, es el adecuado debido a la resistencia y las desigualdades del suelo sobre el que se trabajará.

El carro de carga está estructurado con vigas y lámina de acero SA 36 y las medidas específicas del largo del carril son:

- Largo: 11,70 metros
- Espacio entre los dos rieles: 0,5 metros

Figura 18. Carro de carga



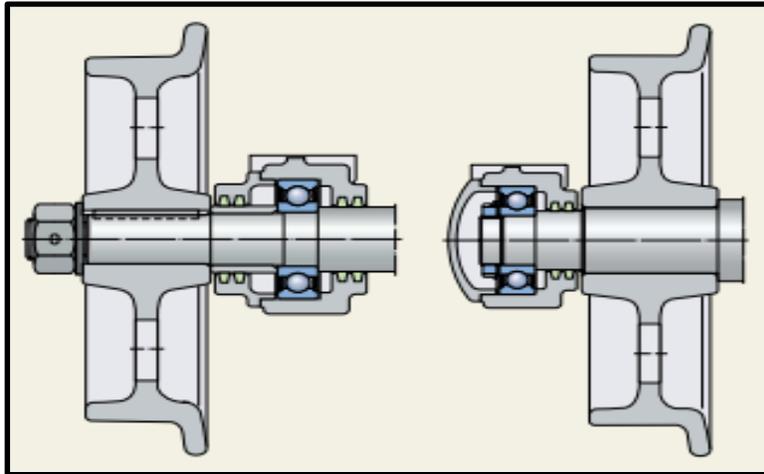
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Diseño de ruedas del carro de carga

Las ruedas del carro de carga, que se utilizará para el horno de tratamiento térmico, están diseñadas por dos rodamientos rígidos de bolas. Este diseño de carro es sencillo de montar y desmontar, con facilidad a la hora de inspeccionar los rodamientos. Además, la deformación del eje o buje bajo carga o ante los resultados de cambios de temperatura, no tendrá un efecto perjudicial en el funcionamiento del rodamiento.

Es importante mencionar que, el alojamiento del cubo está obturado en la posición exterior por una tapa y en la posición interior por una obturación. Las obturaciones de laberinto, son las más adecuadas. La obturación de laberinto tiene un juego radial relativamente grande para armonizar con el gran juego interno del rodamiento.

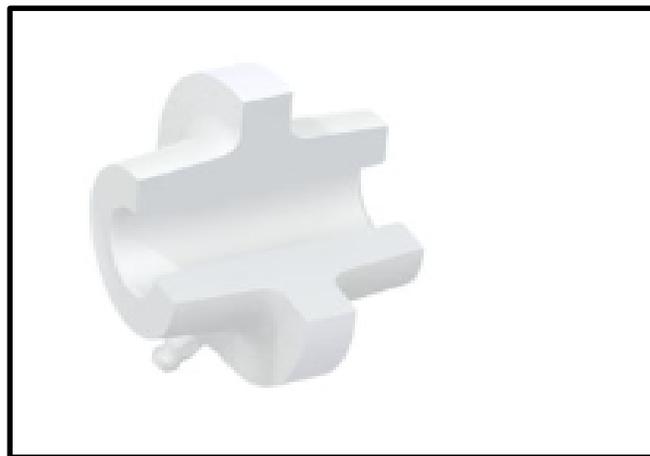
Figura 19. **Disposición de ruedas con dos rodamientos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

El carro de carga a utilizar, parte del rodamiento son los casquillos lisos en las ruedas que son resistentes a altas temperaturas, que cuentan con ciertas características; resistencia térmica hasta +650 °C libres de lubricación, además de contar con un eje resistente.

Figura 20. **Casquillo liso para ruedas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

En la figura anterior se muestra el casquillo liso, de las ruedas de fundición, este casquillo liso se empleará a temperaturas de hasta +650 °C, adecuadas para el horno de tratamiento térmico.

3.1.4. Rendimiento del combustible

En el presente apartado se realiza el cálculo del rendimiento en cada registro. Esta información servirá de referencia al momento de validar la información. El cálculo para la potencia térmica es de 100 Kcal/hora por cada metro cuadrado, la potencia térmica requerida es:

$$PTR = V * At * K$$

Donde:

V= Volumen del área a calentar

At= Diferencia entre Temperatura interior y exterior

K= Coeficiente de dispersión

K= 0.6 para ambientes aislados

Datos:

Volumen del horno= 218,75 m³

Temperatura exterior promedio= 26 °C

Temperatura interior máxima requerida= 600 °C

$$PTR = 218,75 \text{ m}^3 * (600-26) * 0,6$$

$$PTR = 75 337,5 \text{ cal/hora}$$

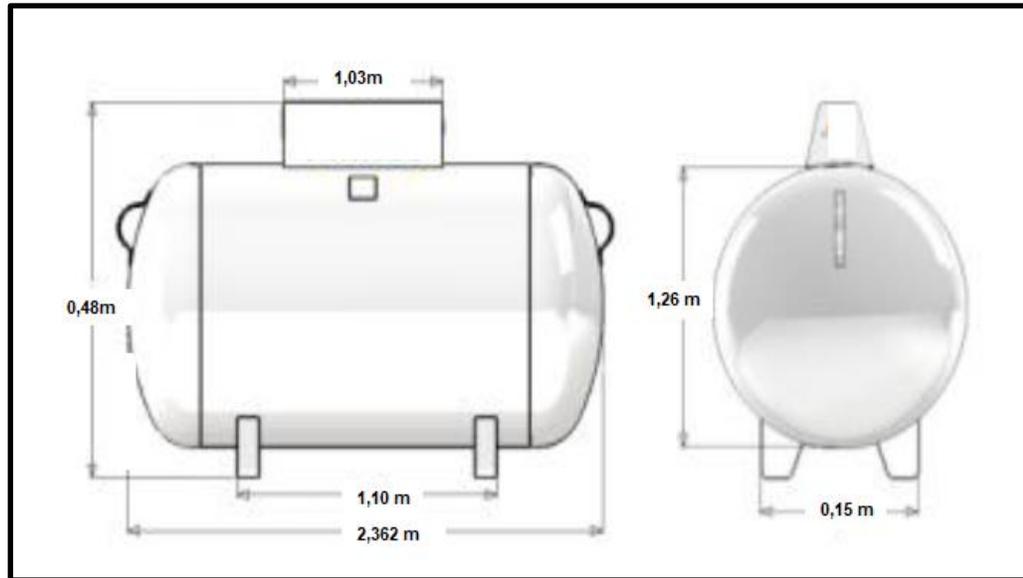
$$PTR = 75,34 \text{ Kcal/hora}$$

El horno utilizará 10 quemadores, cada uno tiene capacidad calorífica de 10 kcal/hora. Anteriormente se muestran las fórmulas de cálculo de las kcal/horas necesarias para llegar a 600 grados centígrados en el volumen que encerrará el horno.

Se aprecia que en el cálculo obtenido se necesitan 75,34 kcal / hora, no obstante, para tener un margen de seguridad de operación de 24,66 %, mayor capacidad y que los quemadores no trabajen al 100 % se estima que los quemadores en conjunto tengan una capacidad calorífica de 100 kcal / hora, teniendo cada quemador una capacidad calorífica de 10 kcal / hora de forma individual.

El tanque de almacenamiento de GLP para suministro del combustible del horno es un tanque de GLP, este tipo de envasado ofrece poder tener un elevado poder calorífico en la combustión y un alto rendimiento, así como una mayor presión de distribución, todo esto se resume en una reducción de costos de almacenamiento y operación, ofreciendo mayor control en el consumo. La capacidad de este tanque de GLP es de 1 000 galones para suministrar combustible a los quemadores.

Figura 21. **Estructura de tanque de almacenamiento de GLP para suministro del combustible del horno**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

La tubería que conducirá GLP en baja presión (21,34 psi). Tendrá una instalación oculta.

Figura 22. **Tubería galvanizada cédula 40**



Fuente: elaboración propia.

Se utilizará una manguera especial de neopreno: por su máxima flexibilidad.

Figura 23. **Manguera especial de neopreno**



Fuente: TIPIC, S.A. *Manguera de neopreno*. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/epdm-rubber-gas-hose-317974538.html>. Consulta: noviembre de 2019.

- Regulador de presión

El sistema de regulación, es verdaderamente el corazón de la instalación de GLP porque compensa las variaciones en la presión del tanque, desde presiones tan bajas que van desde 8 PSI hasta 220 PSI, su función primordial será de proporcionar una presión constante a pesar de la carga variable producida por el uso intermitente de los equipos instalados.

Figura 24. **Características de reguladores LV4403TR4**



Fuente: TIPIC, S.A. *Manguera de neopreno*. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/epdm-rubber-gas-hose-317974538.html>. Consulta: noviembre de 2019.

Estos proporcionarán la regulación de la presión necesaria y por consecuencia a los quemadores, las presiones de operación entre estos dispositivos estarán directamente relacionada, además manejarán la vaporización del tanque GPL, reduciendo la presión del tanque GPL, a una presión intermedia de 5 a 10 PSI.

- Manómetro de presión

La función principal de este dispositivo, será proporcionar una lectura exacta de la presión que fluye por los sistemas de tuberías de la instalación.

Figura 25. Especificaciones de manómetro

Manómetros

Especialmente diseñados en una variedad de tamaños y construcciones para la industria de Gas LP y de amoníaco anhidro.

Todos los manómetros Rego[®] tienen una conexión NPT M. de 1/4" a menos que se indique lo contrario.

Número de Parte	Servicio	Material del Cuerpo	Presión Máxima	Tamaño	Divisiones de Incremento
2434A-2"	Solo Gas LP	Acero	30" w.c. and 20 oz. Exalt	2 1/2"	1" c.a. y 1 ss.
2434-2"					
3226A-2		Latón	30 PSIG	2"	1/2 PSI
2411					
5575		Acero	60 PSIG	2"	1 PSI
5547					
5576		Latón	100 PSIG	2 1/2"	2 PSI
1299					
1179		Acero	300 PSIG	2"	5 PSI
948					
948B	NH ₃ y Gas LP	Acero	60 PSIG	2 1/4"	5 lb.
AB060			150 PSIG		
AB160			300 PSIG		
AB400			400 PSIG		

[†] Conexión de manguera de 1/4"
^{**} Conexión NPT M. de 1/8"



Fuente: TIPIC, S.A. *Control de inventarios*. p. 160.

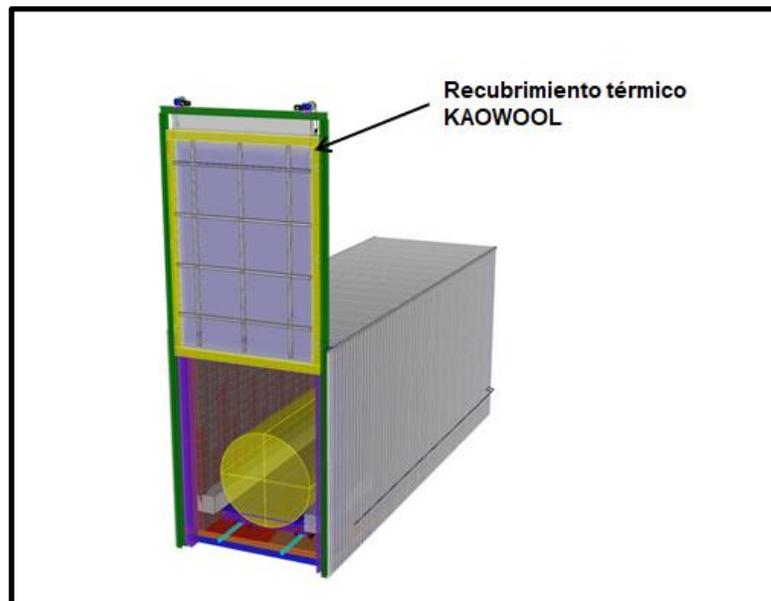
3.1.5. Aislamiento térmico

El material aislante que se utilizará es *KAOWOOL*, este presenta una elevada resistencia al paso del calor, reduciendo la transferencia de este calor a su cara opuesta, por lo tanto, protegerá del frío calor del ambiente y protegerá así mismo el calor interno, contribuyendo a la eficiencia del sistema.

El aislamiento térmico *KAOWOOL*, es de fibra cerámica, se utilizará este aislamiento térmico para que el horno sea hermético por dentro y evitar pérdidas de temperatura e ingresos de corrientes de aire externas que puedan

alterar el procedimiento, hacer que el sistema pierda eficiencia térmica y que se pierdan las características del proceso, como su eficiencia. Se considera utilizar de espesor 8 pulgadas, para toda la pared de aislante.

Figura 26. **Aislamiento térmico en el horno**

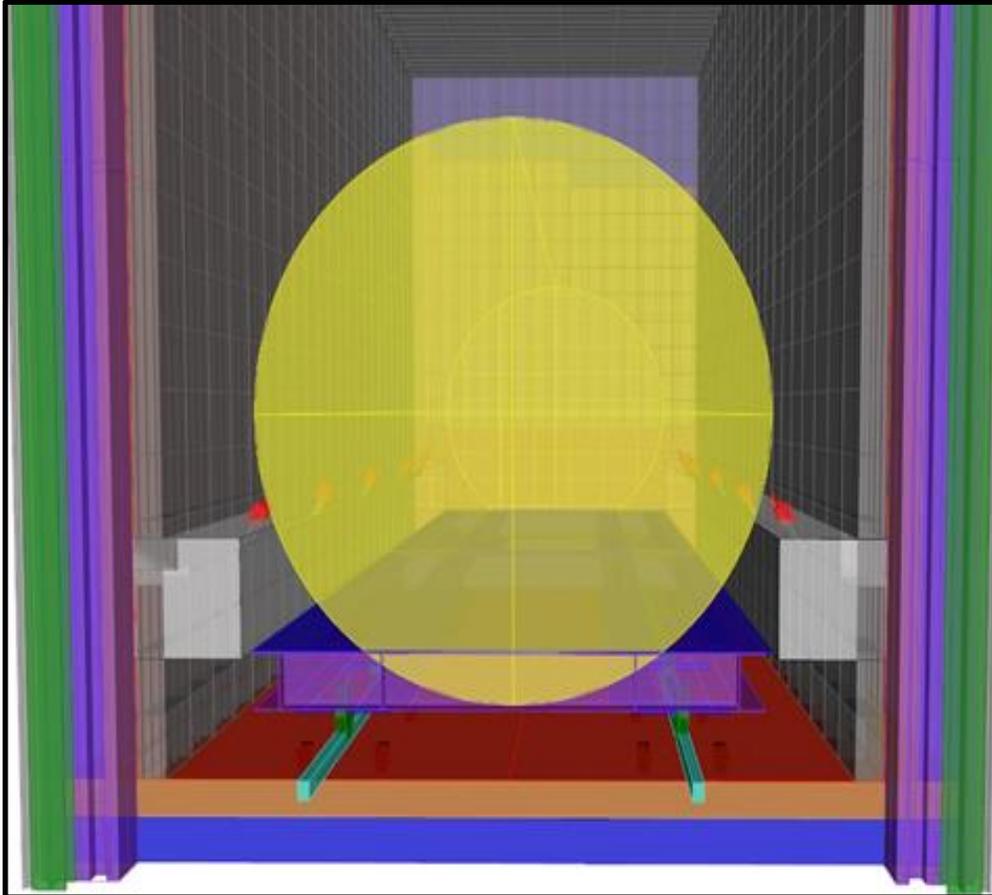


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

3.1.6. **Carro de carga**

La función del carro de carga es de transportar el tanque de transporte de gas propano ya mecanizado dentro del horno para iniciar el proceso y sacarlo el proceso al finalizarlo, este se desplazará por el suelo, destinado fundamentalmente a transportar. El carro de carga tiene ganchos en los extremos en donde se remolca con una grúa el tanque de transporte de gas propano.

Figura 27. **Carro de carga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

En la siguiente imagen se aprecia la estructura metálica del carro de carga descubierta y sobre la lámina de acero SA 36 como recubrimiento de la estructura sobre la cual irá colocado el tanque de transporte de gas propano para su ingreso al horno de tratamiento de relevo de esfuerzos.

Figura 28. **Estructura de carro de carga**



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente imagen se resalta el riel del carro de carga cimentado en el suelo para guiar el trayecto del carro hacia el interior del horno. El riel y carro de carga ya existe dentro de la planta, se utiliza para otro procedimiento, sin embargo, se utilizará para el transporte para el diseño propuesto para el tratamiento de relevo de esfuerzo.

Figura 29. **Riel del carro de carga**



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente imagen, se presenta el riel cimentado al piso de la planta con el tope que posee, para evitar un descarrilamiento del carro de carga.

Figura 30. **Rodamiento de carro y riel**



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente imagen se presenta el rodamiento, enfocando el eje y el dispositivo mecánico de sujeción para el movimiento del eje el cual es una chumacera de alta carga y temperaturas extremas. Es imprescindible, mencionar que la chumacera es el mecanismo móvil que hace posible el movimiento rotacional del eje que acciona las ruedas, por la temperatura interna del horno de 600 grados centígrados, esta es una chumacera de alta temperatura y alta carga sellada libre de mantenimiento.

Figura 31. **Eje y chumacera del rodamiento del carro de carga**



Fuente: elaboración propia.

Recomendaciones de carga y seguridad de operación que deben considerar para el uso del carro de carga:

- El operador se acercará despacio al horno para ingresar el tanque de transporte de gas propano, con las precauciones establecidas.
- Confirmará la posición del tanque de transporte de gas propano y avanzará despacio, para insertar las horquillas completamente en la posición correcta.
- Antes del traslado se asegurará de que el tanque de transporte de gas propano este estable.
- No colocará pesos extra en la parte trasera del carro de carga.

Antes de trasladar el tanque de transporte de gas propano considerará lo siguiente:

- Determinará un límite de velocidad para cuando esté llevando cargas no mayores a 5 km/h, y para cuando el carro de carga este vacío no mayor a 10 km/h, y llevará en consideración el ambiente de trabajo en la determinación de los límites de velocidad.
- Observará las reglas de sitio de trabajo y operará de manera segura.
- No pasará por encima de objetos, como trozos de madera dispersos sobre el piso. Eso causará el desplazamiento de la carga, y el operador perderá el control.

3.1.7. Iluminación

La iluminación en el área de trabajo cumple con lo establecido por la regulación de Guatemala que establece, por medio del Acuerdo Gubernativo 229 – 2014 y sus correcciones Acuerdo Gubernativo 33 – 2016, los parámetros de iluminación óptima para realizar las tareas con la correcta intensidad de iluminación, teniendo en cuenta el aspecto físico del colaborador y evitando la generación de calor innecesario.

La iluminación adecuada para el sistema propuesto, es iluminación natural, la nave industrial de techo de dos aguas y tiene láminas transparentes y lámparas de tubos industriales antiexplosivas cada 20 metros de longitud garantizando un flujo luminoso de 7 560 lumens/metro cuadrado.

3.1.8. Ventilación

Los gases se ventilarán al exterior por medio de los vapores de combustión del gas propano que realizarán los quemadores del horno así, como los ductos de extracción para la chimenea del horno para eliminar los vapores.

La fabricación e instalación de la campana de ventilación será según las Normas ASME.

El sistema de extracción de aire, tendrá una capacidad neta de 100 CFM (pies cúbicos por minuto), debido a que el volumen del horno es de 4 546,76 pies cúbicos la capacidad del sistema de extracción de aire es de 100 CFM para lograr desplazar el volumen de aire dentro del horno en un tiempo total de 50 minutos.

En condiciones generales, la ventilación concentrada en el exterior, contara con el sistema de ventilación que garantice la renovación del aire conforme la cantidad de personas presentes o con la calidad del perfil laboral, se prevé mantener la temperatura a niveles que perjudique la salud de los que desarrollan sus actividades en esa área de trabajo.

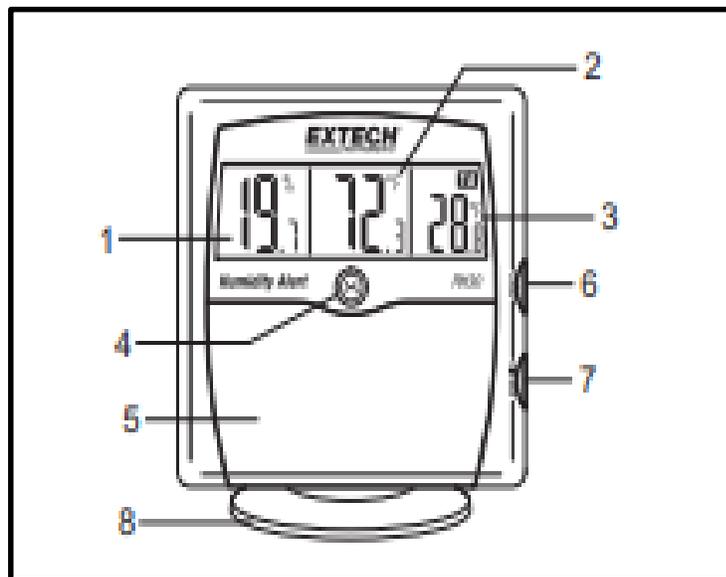
3.1.9. Temperatura

La temperatura es una variable presente en el proceso de producción de la planta. Para medir la temperatura se utilizarán los termómetros, los cuales mostrarán el valor en dos escalas Fahrenheit y la Centígrada. Los instrumentos de medición de las áreas de la planta son un termo higrómetro por cada área. Estos instrumentos electrónicos, son capaces de medir y mostrar la temperatura y la humedad relativa de los departamentos de la empresa.

Estos miden la temperatura y la humedad a través de los cambios en la resistencia eléctrica, además muestra de forma continua las medidas la pantalla. El equipo patrón que apoya la calibración del termo higrómetro es termo higrómetro patrón y la cámara climática

Los termo higrómetros que se utilizan son RH30, estos como se explicó anteriormente monitorean las condiciones ambientales de las habitaciones y alerta, cuando la humedad relativa supera el límite programado por el usuario (definido mediante el interruptor 55, 60, 65 % de humedad). El aire excesivamente húmedo puede afectar la salud, la promoción de la formación de humedad y moho. En el otro extremo, el aire ambiental excesivamente seco también puede afectar la salud mediante el secado de la piel, las membranas mucosas y las vías respiratorias.

Figura 32. **Termo higrómetro Modelo RH30**



1. Lectura de humedad relativa
2. Lectura de temperatura del aire
3. Lectura de la temperatura de punto de rocío
4. Indicadores de alarma de humedad
5. Compartimiento de la batería
6. Botón RESET (restablecer)
7. Botón Min-Max
8. Stand

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla XVI. **Tiempos de calibración de termo higrómetro**

EQUIPO: TERMOHIGRÓMETRO (1 punto de humedad y 1 punto de temperatura)	Tiempo observado 1	Tiempo observado 2
ACTIVIDAD		
Revisión solicitud de servicio	9	5
Ingreso de datos al máster	4,00	6,00
Diligenciar ficha identificación de ítem	2	3
Traslado al equipo al estante de recepción	1	3
Traslado al cuarto de limpieza y efectuación de la misma	4	11
Adecuación área de trabajo	7	5
Verificación de equipo	3	5
Estabilización para temperatura	36	44
Estabilización para humedad	58	58
Toma de datos de temperatura	2	5
Toma de datos de humedad	2	2
Poner <i>sticker</i> de calibración	2	1
Re-adequación sitio de trabajo	5	6
Diligenciamiento ficha identificación de ítem	1	1
Poner equipo en estante	2	3
Digitalizar los datos cuando se anotan en papel	7	6
Actualización de facturación	5	5
Emisión de certificado	40	36
TOTAL	190	205

Fuente: elaboración propia.

Para la medición de la temperatura dentro del horno de tratamiento térmico se utilizarán tres termopilas una al inicio otra al medio y otra al final de la longitud del horno todas conectadas a un pirómetro de medición y control de temperatura para indicar y garantizar una temperatura homogénea dentro del horno de tratamiento y este pirómetro es el que gobierna el uso de los quemadores regenerativos, este pirómetro envía señales eléctricas para

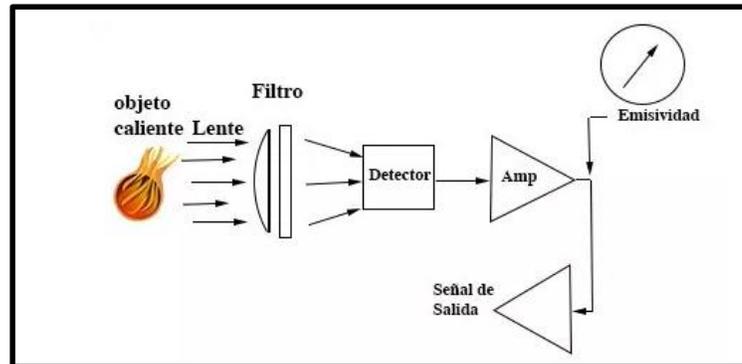
encender y apagar los quemadores trabajando con un rango de temperatura de más menos un grado centígrado en la operación para garantizar que no se altere el control de la temperatura dentro del proceso de relevado de esfuerzos.

- El pirómetro

Es el instrumento que se utilizará para graduar y medir las temperaturas elevadas de las resistencias del horno tratamiento térmico, este activar los interruptores para encender los pirómetros de temperatura del cañón, filtro y dado, verificando en el panel de control el amperaje de los mismos. Las características en general del pirómetro a utilizar son:

- Tienen sistema que recoge la energía emitida por el objeto
- Detector que convierte dicha energía en una señal eléctrica
- Un sistema que ajuste la emisividad para hacer coincidir la calibración del termómetro con las características de emisión específicas del objeto.
- Cuenta con un circuito de compensación de la temperatura ambiente que garantizaba que las variaciones de temperatura dentro del sensor debidas a las condiciones ambientales no afectaran a la precisión.

Figura 33. **Conexión del pirómetro**



Fuente: elaboración propia.

El pirómetro muestra de forma instantánea las mediciones de las múltiples variables, en pantallas LCD integradas, además de este emanar las señales eléctricas que llegan a los quemadores regenerativos para que estos se enciendan o se apaguen.

Cabe mencionar que el tratamiento térmico, implicará altas temperaturas en el interior del horno, y en base con las exigencias de temperatura en los procesos de obtención, se establece que la temperatura máxima requerida en el interior del horno será 600 grados centígrados.

3.1.10. Ruido

El ruido por la actividad industrial, este se caracterizará por presentar elevados niveles de presión acústica o ruidos de alta intensidad y corta duración.

En el horno de tratamiento térmico para el tanque de transporte de gas propano, el aislante térmico, actuará como amortiguador de ruidos y

vibraciones, debido a su excelente resistencia mecánica a la compresión en relación con él, posibilitará la utilización para la carga de compresión en el tratamiento térmico.

El sistema de relevo propuesto, cumple con las normas establecidas para contrarrestar la contaminación acústica, evitando lo siguiente:

- Se localizará la contaminación, para evitar afectar al entorno limitado de la fuente sonora.
- Se evitarán los efectos perjudiciales del entorno.
- Se disminuirá, el ruido en relación a otros contaminantes, con frecuente consideración.

3.1.11. Funcionamiento y capacidad del sistema

El horno a implementar, en el tratamiento térmico de tanque de transporte de gas propano, tendrá una capacidad de resistencia para temperatura máxima de 650 °C, empleando quemadores de alta velocidad, se utilizará un carro de carga para transportarlo, durante y después del tratamiento. En el mismo orden de ideas, se mencionan las dimensiones de la ubicación y diseño del sistema de relevo de esfuerzos, en la siguiente tabla:

Tabla XVII. Dimensiones

Descripción	Largo	Ancho	Altura
Área de ubicación específica	15 metros	5 metros	
Horno tratamiento térmico	12,5 metros	3,5. metros	5 metros
Tanque de gas propano	11,70 metros	2,47 metros	3,70 metros

Fuente: elaboración propia.

El funcionamiento completo del sistema y en capacidad por quemador se tendrán 11,62 watts de potencia, considerando que tiene cada uno una energía calorífica de 10 kcal por hora, sumando una potencia total de 116,2 watts. Se tendrá un consumo de 0,0011 metros cúbicos por hora de combustible por quemador lo que hará un total de 1,1 litros por hora por quemador, esto hará un total de 11 litros por hora de utilización real por los 10 quemadores, llegando a un consumo total de 264 litros después de 24 horas.

Este consumo es variable dependiendo de la demanda de aumento de temperatura y sostenimientos según las condiciones del proceso, la eficiencia del sistema y las señales eléctricas de encendido y apagado que recibirán los quemadores regenerativos del pirómetro de control de temperatura. La capacidad del tanque de almacenamiento de gas propano para suministro de combustible de los quemadores es de 1 000 galones, teniendo capacidad teórica de almacenamiento para 14 procedimientos de relevado.

Cada tanque fabricado posee dispositivos de lectura de fácil acceso, permitiendo llenar la capacidad de 95 % de su volumen total, se colocará en la parte superior, el volumen esperado es de 1 200 galones, con rango de medición de 0-1 200. El tanque de transporte de gas propano y su instalación cumplirá con las normas Código Internacional de Instalaciones de Gas Combustible, IFGC; Norma NFPA 58, capítulos 2 Recipientes y 3 Instalaciones; y con la sección VIII del código ASME.

3.1.12. Salud y seguridad ocupacional

La seguridad en pocas palabras significa, estar libre y exento de todo peligro o daño. La seguridad industrial evaluará estadísticamente los riesgos de accidentes, mientras que la parte de higiene industrial se encargará de analizar

las condiciones de trabajo y cómo pueden estas afectar la salud de los empleados.

La seguridad industrial tiene como objeto proteger a los elementos de la producción (recursos humanos, maquinaria, herramientas, equipo y materia prima), y para ello se vale de la planificación, el control, la dirección y la administración de programas.

Las disposiciones para la seguridad ocupacional en el uso del horno de tratamiento térmico y control de prevención serán las siguientes:

- Instalación de extintor de CO₂, para fuegos clase B y C (combustibles y electrónicos). Los requerimientos de instalación son: a una altura máxima de 1,50 m. desde su cabezal hacia el piso.
- Proveer a colaboradores de guantes para altas temperaturas, para manipulación de charolas.
- Verificación visual mensual de conexiones eléctricas y conexiones de tanques de gas propano.
- Limpieza de hornos semanalmente con producto seleccionado.

En relación al área de ubicación de los cilindros, se debe tener en cuenta las siguientes disposiciones de seguridad ocupacional. Según el Acuerdo Gubernativo 229 –2014, en el capítulo IV, “Aparatos que generan calor o frío y recipientes a presión”, sección “Almacenado y manipulación de cilindros a presión”: El almacenamiento de botellas, cilindros, garrafrones y bombonas que contengan gases licuados a presión, en el interior de los locales, se debe ajustar a los requisitos siguientes:

- No debe existir en las proximidades sustancias inflamables o fuentes de calor.
- Deben quedar protegidas convenientemente de los rayos de sol y de la humedad intensa y continua.
- Estos locales deben marcarse con carteles de peligro de explosión, claramente legibles.

En el mismo orden de ideas existen disposiciones de advertencias de seguridad antes de utilizar el horno de tratamiento térmico, estas son:

- Antes de usar el horno, compruebe el voltaje de la red eléctrica
- El horno debe estar ubicado en una zona firme y nivelada
- Este horno ha sido fabricado exclusivamente para tratamientos térmicos de los tanques de gas propano, por lo que utilizarlo para otro uso se considera indebido y por consiguiente peligroso.
- El fabricante no puede considerarse responsable de los daños derivados de un uso indebido, incorrecto o irracional.
- Bajo ningún concepto debe abrir el tablero de control de este horno mientras no se tenga un conocimiento adecuado de su funcionamiento y sus partes.
- En caso de avería o de funcionamiento incorrecto del horno, apáguelo y desenchúfelo de la corriente eléctrica.
- El horno está diseñado únicamente para calentar los tanques de gas propano.
- No toque las superficies calientes. Use las manijas y perillas. Emplee guantes cuando coloque o remueva objetos del horno.
- Dejar al menos un espacio libre de 30 cm alrededor del horno que permita una adecuada circulación del aire.

- Antes de enchufar el horno verificar que la misma se encuentre apagada y el fusible se encuentre en perfectas condiciones.
- Nunca permita que algo quede en contacto con el elemento calefactor dentro del horno.
- La superficie de la puerta y partes exteriores pueden tornarse muy caliente durante el funcionamiento del horno.
- En caso de no tener tomacorriente con tres espigas, BAJO NINGUNA CIRCUNSTANCIA puede cambiarse la ficha del horno por otra de dos espigas, ni usar adaptadores, porque se anula la protección efectiva de la toma a tierra.
- Cumplir con las señalizaciones de advertencia y peligro ubicadas en la máquina como prevención de posibles fallas por parte de los usuarios trabajadores.

3.2. Planeación del proceso

El proceso de relevado de esfuerzos a realizar comprende, ciclos de calentamiento y enfriamiento a los cuales se someterá el tanque de transporte de gas propano con el fin de variar su dureza y cambiar su resistencia mecánica. Se utilizará el horno, esto se logra revistiendo el equipo de una capa refractaria, se usará la fibra cerámica ya que la misma resistirá a las altas temperaturas de la piel caliente del equipo (» 650 °C).

El relevado de esfuerzos, se realizará con base a lo establecido en la Norma ASME, parte UF Requerimientos para recipientes a presión fabricados por forja, UF-31 Tratamiento Térmico

3.2.1. Sistema controlado

El horno de tratamiento térmico, como se explicó anteriormente cumplirá con la Norma ASME, estará diseñado de acuerdo a las exigencias que debe tener el mismo, como el flujo de calor permitido, la ubicación de resistencias eléctricas en la cámara de calentamiento, el material aislante que es utilizado en la construcción del horno y el sistema de control adecuado para que alcance la temperatura necesaria para la realización de tratamientos térmicos de tanques de gas propano, evitando de esta manera que exista pérdidas de calor.

Es imprescindible, mencionar que los quemadores son los equipos donde se realizará la combustión, por tanto, contendrá los tres vértices del triángulo de combustión, es decir, que deben lograr la mezcla íntima del combustible con el aire y además proporcionar la energía de activación.

Los quemadores, que se utilizarán saldrán por el centro del quemador y periféricamente se tendrá una salida para el aire radial y para el aire axial. Los quemadores están contruidos en su totalidad con tuberías de acero especial 304. La estimación de capacidad calorífica del horno, está dada por cuanta energía calórica debe entregar el quemador de gas al horno.

Los quemadores regenerativos, funcionan por pares que trabajan alternativamente, constituyen el método más eficiente para recuperar el calor sensible portado por los productos de combustión en hornos industriales operando a altas temperaturas.

Los quemadores regenerativos cuentan con un lecho cerámico a través del cual se hacen pasar los productos de combustión antes de enviarlos a la chimenea, con lo que la energía sensible portada por los gases se acumula en

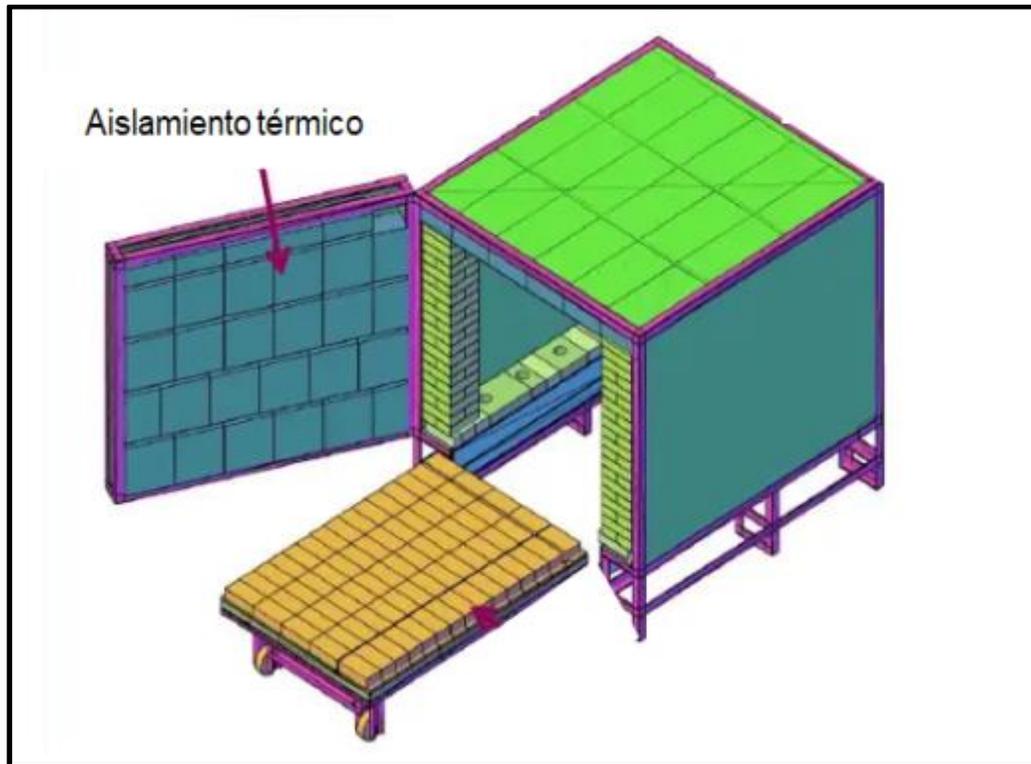
el lecho cerámico, luego de un período el sistema se conmuta haciéndose pasar por el lecho aire frío que roba la energía acumulada en el lecho y la devuelve de nuevo al sistema con efectividades de recuperación de calor entre 70 y 85 %, permitiendo obtener importante ahorros de combustible dependiendo de la temperatura de operación del proceso.

La idea principal de aplicación y uso de material refractario es para aislar la parte interna del horno, otorgando beneficios adicionales al proceso de fabricación, considerando los siguientes:

- Reducirá las pérdidas de calor
- Conseguirá las condiciones ambientales en el exterior suficientemente aceptables.

Además, la capa interior del aislante térmico deberá ser capaz de, soportar el ambiente interior como el aire en circulación, es decir, resistencia térmica, este será aplicado según las Normas ASME UG-20 Temperatura de diseño.

Figura 34. **Aislamiento térmico**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

3.2.2. Capacidad del proceso de relevado

El proceso de relevado de esfuerzo, se realizará acorde a las normas ASME, este es el Código de Calderas y Recipientes a Presión de ASME (BPVC), VIII, Reglas para la Construcción, de Recipientes a Presión, es una norma que establece normas para el diseño, la fabricación y la inspección de las calderas y los recipientes a presión.

El horno de tratamiento térmico, estará diseñado y fabricado de acuerdo con esta norma, por lo mismo tendrá larga vida de servicio útil que asegura la

protección de la vida humana y la propiedad. Cabe mencionar que Código de Calderas y Recipientes a Presión de ASME, se divide en 12 secciones dedicadas a temas específicos del área, siendo de especial interés para el diseño la sección VIII.

Ésta presenta requisitos en el diseño, manufactura, inspección, pruebas y certificación de tanques sometidos a una presión mayor a 15 PSI independientemente si es interna o externa. De igual forma esta sección es aplicable independientemente si presenta o no un intercambiador de calor e igualmente es independiente de la forma en que se obtenga la presión. La sección VIII presenta 3 divisiones con las siguientes características:

- La sección 1 presenta requisitos y recomendaciones para contenedores a presión en general siendo el código básico, propone valores de esfuerzos permitidos en el diseño y presenta materiales permitidos.
- La sección 2 presenta reglas alternativas siendo más estricta en el diseño, materiales y pruebas no destructivas, aunque lo compensa con una mayor holgura en valores de esfuerzos máximos permitidos mayores en el diseño. Es usada especialmente cuando los contenedores tendrán una mayor interacción con seres humanos.
- La sección 3 presenta normatividad pertinente a contenedores sometidos a una presión mayor a 10 000 PSI.

Cada una de las secciones supone diferentes certificaciones las cuales son estampadas al producto final, facilitando el conocimiento de las normas aplicadas a cualquier contenedor aprobado.

3.2.3. Gráficas de relevado

En el siguiente párrafo se procede a mostrar las gráficas de relevado de esfuerzos de la empresa objeto de estudio, iniciando con el aumento de temperatura sin control, seguidamente de la gráfica del aumento de temperatura controlado, continuamente el sostenimiento de este y por último la caída controlada.

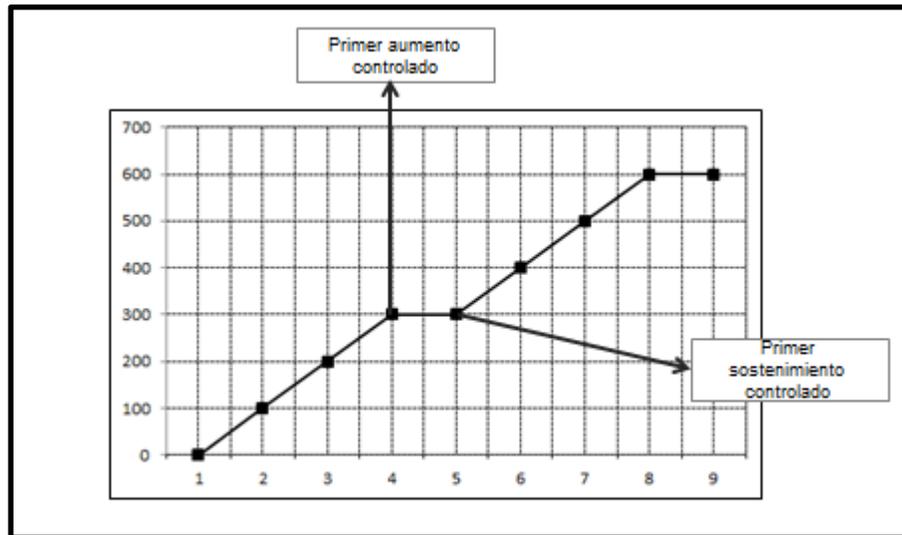
3.2.3.1. Aumento de temperatura sin control

Existen diferentes variables que inciden para este evento, cuando se presenta el aumento sin control, es cuando ingresa a funcionar el indicador del horno demostrando que el “quemado” está avanzando. Cuando se completa la operación, la temperatura del horno comenzará a caer de nuevo a la temperatura programada, luego la atmósfera del horno será "acondicionado". Esto significa que se reactivará la atmósfera controlada con el gas nitrógeno y empezará un nuevo proceso. Esta operación de acondicionamiento es rápida y no requerirá de mayores controles.

3.2.3.2. Aumento de temperatura controlado

El incremento de la temperatura se deberá realizar gradualmente, de otra forma el incremento de temperatura sin control podría provocar deformaciones.

Figura 35. **Aumento de temperatura controlado**



Fuente: elaboración propia.

3.2.3.3. **Sostenimiento**

Sistemáticamente se podrá obtener sobre los niveles óptimos de operación, cuando se está trabajando en los límites permisibles para el funcionamiento óptimo en los cilindros de GLP.

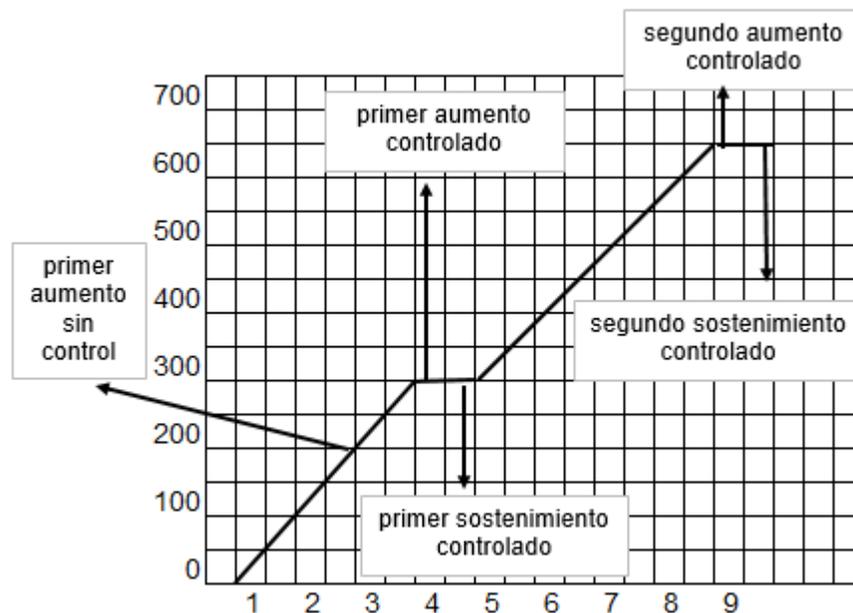
3.2.3.4. **Caída controlada**

La caída controlada, refiere el apagado del sistema y este empieza a descender la temperatura evitando corrientes de aire externas que puedan alterar el proceso.

3.2.4. Diagrama de tiempo de relevado

Para el sostenimiento de la temperatura se podrá incrementar el flujo de combustible gradualmente.

Figura 36. **Sostenimiento**



Fuente: elaboración propia.

3.2.5. Ensayos de dureza no destructivos

El uso de ensayos no destructivos (END), aplicados correctamente e interpretados por personal calificado son una herramienta muy versátil para identificar cualquier anomalía, sin embargo, requieren de un alto grado de preparación y el completo conocimiento del código ASME, Sección V: ensayos no destructivos. Tiene como función principal identificar grietas, fugas, imperfecciones o defectos en un tanque ya fabricado, además se puede

supervisar que la propia pintura externa cumpla con los requerimientos establecidos, en el procedimiento de evaluación se puede emplear la radiografía, el ultrasonido, examen por medio de fluidos penetrantes, entre otros de diferente espectro o de otra gama pueden ser el examen de emisión acústica, examen visual, prueba de verificación de fugas y uno de los más complejos pero así su valor económico, el examen de Foucault.

Se utilizarán los tanques de transportes de gas propano, fabricados de aceros SA 516 Grado 70 y SA 612, porque las características principales de estos aceros son para recipientes a presión en capacidad para resistir elevadas presiones a diferentes temperaturas, adecuados para el relevado de esfuerzos.

Además, presentan niveles de soldabilidad y resiliencia, y son adecuados para el normalizado y recocido de eliminación de tensiones, tratamientos ambos que neutralizarán el efecto de endurecimiento.

El tratamiento térmico de estos aceros será, cuando el tanque transportador de gas propano, se calentará a cierta temperatura y después se enfriará rápida o lentamente, las propiedades físicas y se verán modificadas. El acero SA-516 Gr 70 es de resistencia a la tensión de 70 000 psi (482,7 MPa), se aplicará a más de 1,5" (38,1 mm) y por debajo de 4".

Tabla XVIII. **Composición química de Acero SA 516 Grado 70**

	Espesor (mm)	C (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Si (%)
A 516 GR 60	5-25	≤ 0,21	0,60-0,90	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15-0,40
	25-50	≤ 0,23	0,85-1,20	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15-0,40
A 516 GR 70	5-25	≤ 0,27	0,85-1,20	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15-0,40
	25-50	≤ 0,28	0,85-1,20	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15-0,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Propiedades mecánicas de Acero SA 516 Grado 70**

	Espesor (mm)	Re (MPa)	Rm (MPa)	A (%)	A (%)
A 516 GR 60	5-80	≤ 220	415-550	≤ 25	≤ 21
A 516 GR 70	5-80	≤ 260	485-620	≤ 21	≤ 17

Fuente: elaboración propia.

3.2.5.1. Durómetros

El fin de realizar el ensayo no destructivo, es para la inspección y certificación técnica, enfocado a la utilización de los procesos los mismos que son útiles para determinar algunas, variaciones geométricas, defectos de

soldadura, y otros que puedan ser vistos, a través de la evaluación y determinar la calidad o confiabilidad del tanque de transporte de GLP de 12 000 galones.

Alguna deformación o variación, constituye una condición de defecto que, ya sea por su ubicación, tamaño o morfología, incapacita al tanque o material a cumplir con las exigencias de diseño.

A continuación, se detalla la técnica operativa, paso a paso, del ensayo no destructivo a través del durómetro para el tanque de transporte de GLP de 12 000 galones.

Primero se realizará la preparación de la probeta del material a ensayar: limpiar, aplanar, pulir.

Seguidamente y haciendo uso de tablas, se seleccionará, en función del tanque de transporte de GLP de 12 000 galones, la carga a aplicar, el tipo de indentador, y la escala, roja o negra, se lee en el dial del reloj graduado de la máquina.

Después, una vez colocada la probeta sobre la base de sujeción de la máquina, se aplica una carga inicial (P0) de forma perpendicular y gradual sobre la superficie de la probeta. Esta carga inicial es igual a 10 Kp. La aplicación de esta carga inicial (P0) tiene como objetivo:

- Eliminar la influencia de la rugosidad de la superficie del tanque de transporte de GLP de 12 000 galones.
- Determina el punto de partida de la medición de la penetración.
- Establece la ubicación correcta del dial de lectura de la dureza.

Necesariamente, para lograr esto último, se coincide el cero de la escala elegida, del dispositivo de medida con la aguja indicadora de la profundidad de penetración (aguja grande).

Una vez realizado el paso anterior, se aplica el valor de la carga principal, el aumento de dicha carga, hasta su valor límite, es de manera lenta y gradual, entre unos 3 y 6 segundos, y es aplicada de manera uniforme y exenta de vibraciones.

El ensayo de dureza que se aplica al tanque de transporte de GLP de 12 000 galones, es el no destructivo y la idea principal garantizar que la dureza no sea mayor a lo establecido según la norma ASME y garantizar que la dureza sea uniforme a lo largo y ancho de toda la estructura del tanque, por lo tanto el objetivo esencial del tratamiento térmico es principalmente, eliminar los esfuerzos internos de la estructura cristalina del grano del acero generado por el mecanizado de las piezas, esto se resume en el aumento de la dureza y consecuentemente una mayor fragilidad la cual por el almacenamiento de un gas a presión, por norma según el código ASME un tanque de transporte de alta presión no puede tener tal fragilidad.

4. DESARROLLO DEL DISEÑO

4.1. Ubicación y dimensionamiento del área

El estudio se enfoca en el cálculo de las necesidades de energía en un horno cuyo uso es el relevo de esfuerzos, en este las piezas son sometidas a un tratamiento térmico después de un proceso de soldadura; para ello se utilizaron los principios termodinámicos de combustión y transferencia de calor.

El cálculo del requerimiento de energía se basa en un balance de materia y energía considerando que la energía alimentada por los gases de combustión es igual a la energía que se absorbe tanto en el producto como en las paredes del horno más la que se pierde por conducción, radiación y con los gases de combustión que salen por las chimeneas.

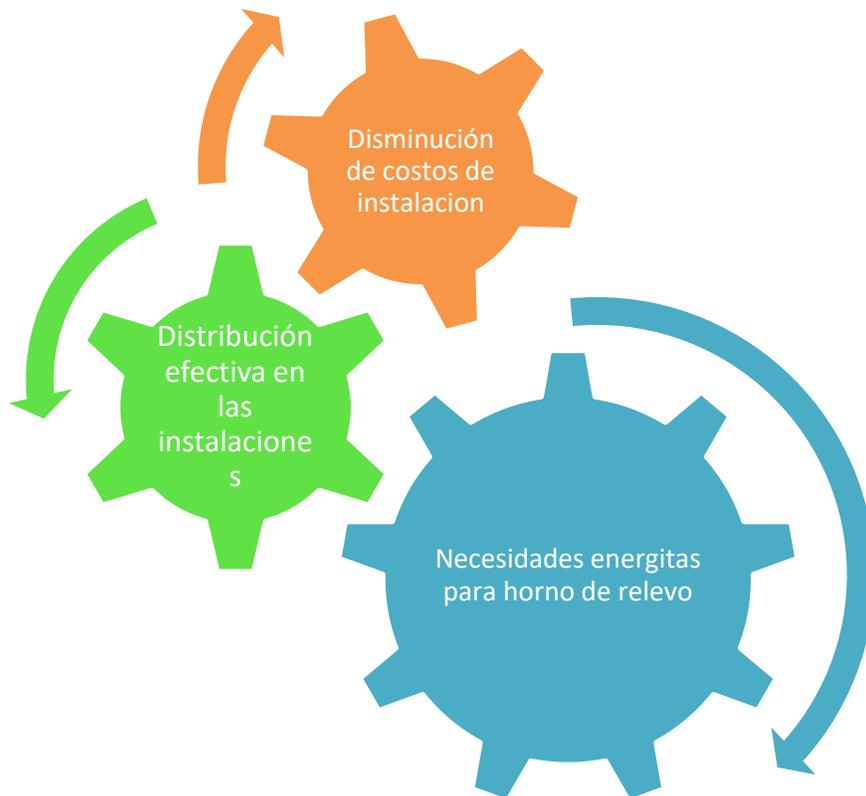
Trabajando en los 9 000 metros cuadrados disponibles, se creará el área efectiva para colocar la estructura ideal donde se procesen los cilindros transportadores de gas GLP, se analizaron las áreas con mejor disponibilidad en los siguientes aspectos:

- Permisibilidad de resguardo crítico para los operarios en operación con las tareas asignadas.
- Rápido y fácil acceso por maquinaria pesada.
- Refuerzo de estructuras circundantes.
- Situarse geográficamente con menor influencia de poblado civil próximo.
- Garantizar el acceso a un patio de maniobras grande.

- Los equipos para colocar los cilindros deberán utilizar los rieles desde el punto de descarga hasta la parte interna del horno.
- Se requiere un área mínima de instalaciones de 300 metros cuadrados.

Se espera que el diseño principal de las instalaciones sea presentado por una empresa certificada, comúnmente firmas norteamericanas son quienes incurren en la ejecución de estas instalaciones, especialmente las firmas que trabajan con pozos petroleros, porque estos trabajan con alta demanda en riesgos y peligros industriales requieren de intervención de confianza.

Figura 37. **Sincronía del diseño eficiente**



Fuente: elaboración propia.

Figura 38. Área 1 propuesta



Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Sistema de rieles propuestos**



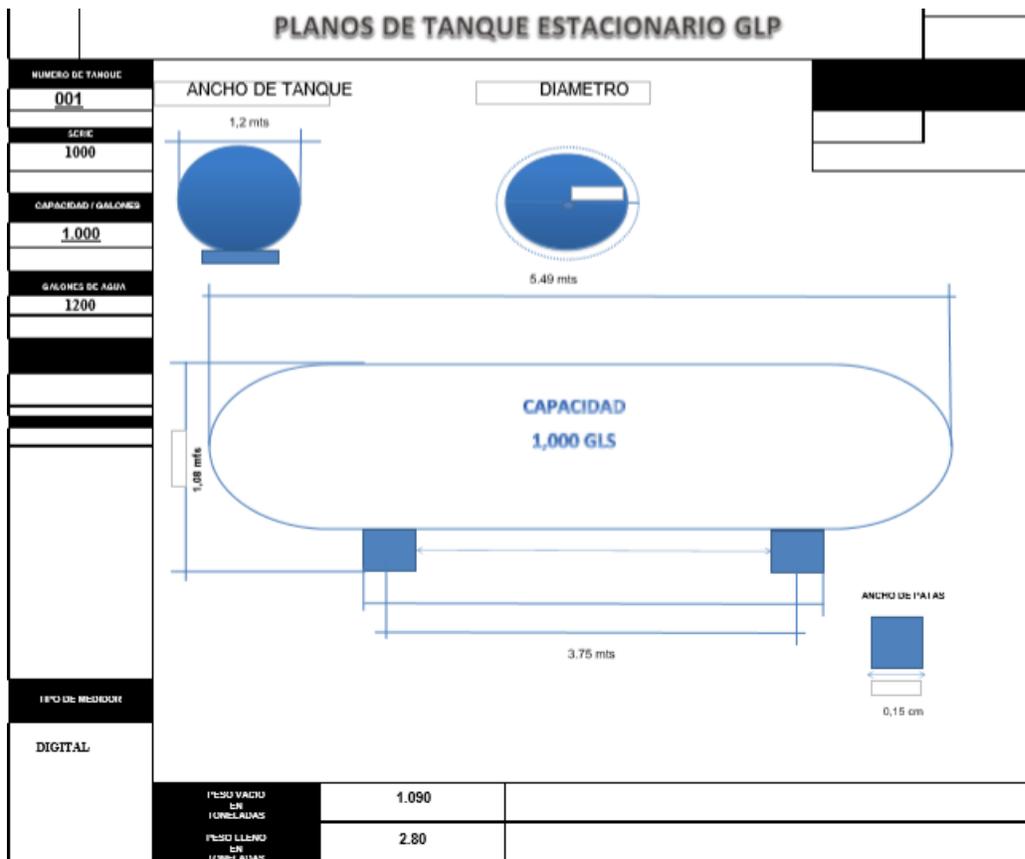
Fuente: elaboración propia.

Figura 40. Fuente o línea de gas para quemadores



Fuente: elaboración propia.

Figura 41. Plano de tanque estacionario GLP



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Entre las consideraciones principales en el diseño de un horno se encuentran las necesidades de energía para las condiciones de trabajo requeridas, el material de construcción de las paredes, la forma en que se transportará el material que va a ser sometido al tratamiento térmico; factor importante cuando se trata de piezas de más de 30 toneladas, las cuales pueden variar en su forma y tamaño.

Se presenta aquí un modelo para el cálculo del requerimiento de energía de un horno intermitente (se trabaja por cargas), de dimensiones de

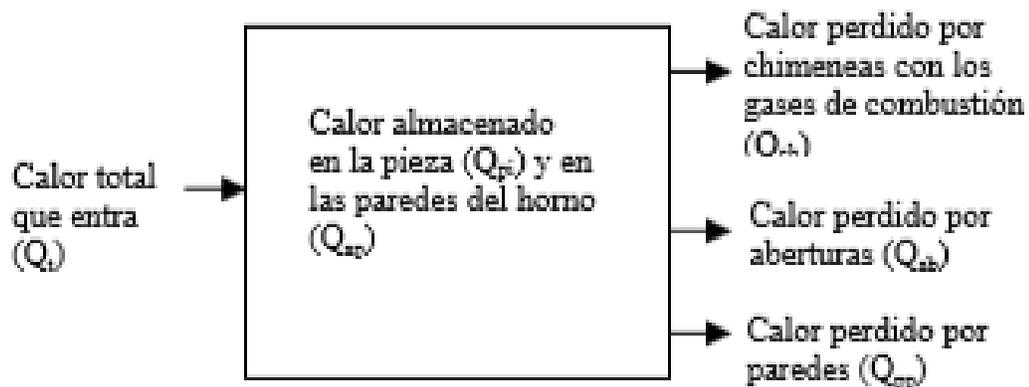
6mx6mx12m, para dar tratamiento térmico a una pieza de 50 toneladas de acero A36 la cual inicia a una temperatura de 25 °C hasta alcanzar una temperatura de sostenimiento de 650 °C, todo esto en 24 horas. El combustible considerado es gas LP que se compone de 70 % propano y 30 % butano.

- Balance de energía

Se parte de un balance de energía en el que se establece que la cantidad de calor que entra al horno es igual a la cantidad de calor que sale más la que se acumula.

Tomando en cuenta esto, se seleccionan los elementos que de alguna manera pueden ganar calor o por los cuales éste puede fugarse o perderse. Estos elementos son: El producto o pieza a tratar, las paredes del horno y las aberturas.

Figura 42. Balance de masa para un horno intermitente



Fuente: elaboración propia.

- Calor ganado por el producto

El calor ganado por la pieza se calcula con la ecuación:

Fórmula 1

$$Q_{pi} = m \sum C_{p_{pi}} \Delta T$$

Donde Q_{pi} es el calor que gana la pieza que se somete al tratamiento (kJ), m es la masa total de la pieza (kg), C_{ppi} es el calor específico del material del que está hecha la pieza (kJ/kg.°C); debido a que el calor específico del acero varía con la temperatura se calcula el calor que se va absorbiendo a intervalos adecuados de temperatura ΔT entre la temperatura a la que entra la pieza al horno y la temperatura máxima que alcanza (°C).

- Calor almacenado en las paredes

Fórmula 2

$$Q_{ap} = m C_{p_{ap}} \Delta T$$

Donde Q_{ap} es el calor almacenado en las paredes del horno (kJ), m es la masa de las paredes del horno (kg), C_{pap} es el calor específico del material del que está compuesta la pared del horno (kJ/kg.°C) y ΔT es la diferencia entre las temperaturas media de las paredes y la temperatura ambiente (°C).

- Calor perdido por las paredes del horno

Aquí se utilizan los factores de forma para la conducción al considerarse un problema de flujo de calor multidimensional entre dos superficies las cuales

se consideran a temperatura uniforme; si existieran otras superficies, se consideran adiabáticas:

Fórmula 3

$$Q_{pp} = kS\Delta T$$

Donde Q_{pp} es el calor que se pierde a través de las paredes (W), k es la conductividad térmica promedio del material del que está compuesta la pared ($W/m\cdot^{\circ}C$) ya que ésta varía significativamente con la temperatura, S es el factor de forma tomando en cuenta las aristas, las esquinas y las paredes (m), y ΔT es la diferencia entre las temperaturas de la superficie interior y exterior del horno ($^{\circ}C$).

- Perdidas por aberturas

Fórmula 4

$$Q_{ab} = Q_r(AET)$$

Donde Q_{ab} es el calor que se pierde por radiación a través de las aberturas que existen en el horno (kJ/hr), Q_r es el calor radiado ($kJ/hr\cdot m^2$) y AET es el área total efectiva por la cual se pierde calor (m^2). En este caso, se toma como aberturas las chimeneas.

Fórmula 5 calor radiado

$$Q_r = \sigma(T_G^4 - T_a^4)$$

Donde σ es la constante de Stefan – Boltzmann, T_G la temperatura de los gases dentro del horno y T_a es la temperatura ambiente.

- Pérdidas por transporte

Las pérdidas de energía que pudieran existir debido a la plataforma que transporta a la pieza, han sido eliminadas al considerar a ésta como un piso aislado.

- Calor total requerido en el horno

Fórmula 6

$$Q_t = \frac{Q_d}{\%Q_d}$$

Donde Q_t es el calor total requerido en el horno (kcal), Q_d es el calor disponible, es decir, la suma del calor absorbido y perdido por los elementos que componen al horno (kcal),

Fórmula 7

$$Q_d = Q_{pi} + Q_{ap} + Q_{pp} + Q_{ab}$$

y $\% Q_d$ es el porcentaje de calor disponible (North American Manufacturing Co.)

- selección del aislante que forma las paredes del horno

La selección del aislante se efectuó haciendo una comparación de las características que los diferentes aislantes proporcionan. En la NOM-009-ENER-1995, la Secretaría de Energía recomienda utilizar para una superficie plana a 650 °C, 20,32 cm de lana mineral de 144,00 kg/m³. Para los cálculos se

ha considerado 10,16 cm de fibra cerámica de 128,00 kg/m³, ya que este material reduce el espesor de la pared y su peso, lo que ayuda en el momento de realizar el diseño estructural; además, la cantidad de calor que se pierde a través de ésta es muy semejante al que se pierde utilizando el aislante recomendado por la Secretaría de Energía.

Los detalles de diseño podrán presentarse en diferentes esquemas, con tablas, notas, números de indicaciones, entre otros. Lo importante será incluir todos los aspectos que hacen un solo organismo vivo, es decir, que no se puedan cometer errores para realizar la ejecución del diseño ideal, como investigador desarrollo un proyecto ideal que está al alcance de mis herramientas y conocimientos.

Al momento de realizar el montaje de un tanque en una instalación centralizada de GLP se debe tomar en cuenta las distancias de seguridad mencionadas e la norma INEN 2260:2010 en donde se indica las distancias de seguridad dependiendo del volumen del recipiente y de la ubicación de la válvula de seguridad, en la figura se ilustra la forma en que se vería desde una vista superior las distancias de seguridad del tanque.

El Sistema de Control de Calidad deberá prever controles que aseguren que los tratamientos térmicos requeridos por las reglas del código sean aplicados. Mecanismos deberán ser indicados mediante los cuales el Inspector Autorizado o el designado por el ASME pueda satisfacerse que esos requerimientos de tratamiento térmico del código sean cumplidos. Esto puede ser por revisión de los registros del horno de tiempo-temperatura, o por otros medios apropiados.

4.2. Costos

El consumo de GLP para su entrega a domicilio debe ser de un mínimo de 150 galones por pedido, y el equipo tiene una capacidad máxima de llenado del 90 % de su totalidad.

El indicador del tanque deberá marcar 250 galones para realizar el pedido correspondiente, y el consumo de llenado será de 250 galones, esto dependerá de la ruta del proveedor y el sistema de control de existencia de GLP.

El costo para la adquisición de la licencia de hidrocarburos para tanques de almacenamiento entre 0 e igual o menor de 600 galones, según el Ministerio de Energía y Minas es de Q. 0,00, y no influirá en la inversión inicial. Si el equipo está preparado, la intervención ante cualquier posible evento o posible fallo, será rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo de inversión.

Tabla XX. **Cuantificación del costo (\$) de mano de obra para la instalación fase 1**

Detalle	Cantidad de conexiones o instalaciones por localidad o departamento											Valor	Total	
	TQ	MT	C/M	1-A	1-B	2	3	4	5	6	Suma	\$USD	\$USD	
Conexión 1	2	0	0	3	3	3	3	3	3	3	25	8,0	184,00	
Conexión 2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18,00	18,00	
Conexión 3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7	15,00	105,00	
Instalación 1	1,0	26,7	0	9,9	16,4	5,8	9,3	9,3	9,3	9,3	97,0	1,30	126,06	
Instalación 2	1,0	15,7	0	20,3	13,7	12,2	10,5	10,2	10,2	9,9	104,0	1,00	103,95	
Costo total de mano de obra														537,01

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Cuantificación del costo (\$) de mano de obra para la instalación fase 2

Detalle	Cantidad de conexiones o instalaciones por localidad o departamento											Valor	Total
	TQ	MT	C/M	1-A	1-B	2	3	4	5	6	Suma	\$USD	\$USD
Conexión 1	2	0	0	3	3	3	3	3	3	3	25	8,0	184,00
Conexión 2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18,00	18,00
Conexión 3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7	15,00	105,00
Instalación 1	1,0	23,3	0	9,9	16,4	10,1	9,3	9,3	9,3	9,3	98,0	1,30	127,35
Instalación 2	1,0	19,0	0	20,3	13,7	7,9	10,5	10,2	10,2	9,9	102,9	1,00	102,93
Costo total de mano de obra													537,28

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Cuantificación del costo (\$) de mano de obra para la instalación fase 3

Detalle	Cantidad de conexiones o instalaciones por localidad o departamento											Valor	Total
	TQ	MT	C/M	1-A	1-B	2	3	4	5	6	Suma	\$USD	\$USD
Conexión 1	2	0	0	3	3	3	3	3	3	3	25	8,0	184,00
Conexión 2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18,00	18,00
Conexión 3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7	15,00	105,00
Instalación 1	1,0	23,3	0	9,9	16,4	10,1	9,3	9,3	9,3	9,3	98,0	1,30	127,35
Instalación 2	1,0	19,0	0	20,3	13,7	7,9	10,5	10,2	10,2	9,9	102,9	1,00	102,93
Costo total de mano de obra													537,28

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Cuantificación del costo (\$) de mano de obra para la instalación fase 4

Detalle	Cantidad de conexiones o instalaciones por localidad o departamento											Valor	Total
	TQ	MT	C/M	1-A	1-B	2	3	4	5	6	Suma	\$USD	\$USD
Conexión 1	2	0	0	3	3	3	3	3	3	3	23	8,0	184,00
Conexión 2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18,00	18,00
Conexión 3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7	15,00	105,00
Instalación 1	1,0	0	0	9,9	16,4	10,1	9,3	9,3	9,3	9,3	74,6	1,30	97,03
Instalación 2	1,0	42,3	0	20,3	13,7	7,9	10,5	10,5	10,2	9,9	126,3	1,00	126,25
Costo total de mano de obra													530,28

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Cuantificación del costo (\$) de mano de obra para la instalación fase 5

Detalle	Cantidad de conexiones o instalaciones por localidad o departamento											Valor	Total
	TQ	MT	C/M	1-A	1-B	2	3	4	5	6	Suma	\$USD	\$USD
Conexión 1	2	0	0	3	3	3	3	3	3	3	23	8,0	184,00
Conexión 2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18,00	18,00
Conexión 3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7	15,00	105,00
Instalación 1	1	36,94	0	8,71	20,63	9,39	10,56	10,9	10,15	10,4	118,7	1,30	154,26
Instalación 2	1	5,4	0	21,49	9,41	8,56	9,27	8,94	9,41	8,75	82,25	1,00	82,23
Costo total de mano de obra													543,49

Fuente: elaboración propia.

Donde:

- TQ: tanque
- MT: montante

- C/M: centro de medición
- 1 A, 1-B, 2, 3, 4, 5 Y 6: departamentos dentro de las instalaciones en mención.
- Conexión 1: conexión de un tanque de almacenamiento o de un aparato de consumo.
- Conexión 2: conexión del centro de regulación de primera fase, se incluyen los manómetros y accesorios.
- Conexión 3: conexión del centro de regulación de segunda etapa, se incluye el medidor y accesorios.
- Instalación 1: instalación de un metro de tubería de diámetro igual a $\frac{1}{4}$ ", se incluye el acoplamiento de accesorios en el tramo.
- Instalación 2: instalación de un metro de tubería de diámetro menor o igual a $\frac{1}{4}$ ", se incluye el acoplamiento de accesorios en el tramo.

No se necesitará una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto, el costo de mano de obra será mínimo, será prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.

Además, se deberán proyectar diferentes escenarios que puedan afectar la producción, los eventos comunes suelen presentarse con paradas y daños imprevistos en la producción que puedan afectar la planificación, ejecución y montaje de forma controlada.

Al estar en operación, y surgir algún evento inesperado de estos, podría producir una baja calidad en las reparaciones debido a la rapidez en la intervención y la prioridad de reponer antes que reparar definitivamente, por lo que produce un hábito a trabajar defectuosamente, sensación de insatisfacción

e impotencia, porque este tipo de intervenciones a menudo generan otras al cabo del tiempo por mala reparación, y será muy difícil romper con esta inercia.

4.2.1. Horno

Haciendo énfasis del uso de materia prima el GLP, se hace un análisis de relación proporcional al momento de estar en operación, porque las empresas comercializadoras de GLP utilizan los medidores volumétricos instalados en los sistemas centralizados para cuantificar la cantidad de GLP que consume cada usuario final, se hace mención que el precio estimado de venta de gas licuado de petróleo por US \$ 0,1066667 por kilogramo (fuente: banco mundial).

Para transformar el volumen a masa se utilizó la densidad del GLP a las condiciones de presión y temperatura a las que circula a través del medidor, mediante la fórmula a continuación.

Fórmula 10.

$$m = V * \delta$$

Calculando la densidad del GLP a presión de descarga del regulador en una de las futuras etapas, por la cercanía que existirá entre ese instrumento y el medidor de flujo, también se considera la temperatura promedio para la ciudad capital.

Presión absoluta: 76,02 Kpa (11,0290 psi)

Presión manométrica 3,00 Kpa (0,4353 psi)

Las compañías comercializadoras añaden al costo del combustible otros rubros, como el valor por el servicio de comercialización y distribución, que equivale al incremento que se por cada 15 kg, cuando el distribuidor realiza la entrega a domicilio, y cuotas fijas por mantenimiento de instalaciones o para amortizar el costo del tanque de almacenamiento, el cual se podrá entregar en prenda a los conjuntos de parques industriales y edificios donde sea instalados.

El medidor másico expresa directamente la cantidad de kilogramos y este valor se multiplica por el valor que se estableció en un determinado segmento. En el caso de un medidor volumétrico, el valor medido se multiplicará por la densidad del GLP en estado líquido, cuyo valor dependerá del terminal de donde proviene el combustible.

Tabla XXV. **Factores a considerar para costos de instalación del horno**

DESCRIPCIÓN	
•	Se deberá disponer de tubería con diámetros de ½ “ a ¾ “ desde el cilindro de almacenaje hasta los quemadores.
•	Las tuberías deberán ser de cobre y debidamente certificadas.
•	Se deberá instalar una válvula de corte rápido que cierra el servicio de GLP en cada sub fase.
•	Se deberá instalar una unión de tres cuerpos (universal) que facilita desmontar el regulador de segunda etapa.
•	Se deberá instala un regulador en segunda etapa que disminuya la presión del sistema.
•	Colocar una copa de reducción de ½ “a ¾ “para ampliar el diámetro de la tubería que se dirige hacia los equipos de consumo.

Fuente: elaboración propia.

Además del material propuesto con los diseños realizados por el estudiante investigador, con los planos donde se muestran las dimensiones ideales, se hace el planteamiento de las composiciones adicionales necesarias y requeridas para poder construir el horno ideal para el trabajo requerido.

Durante el proceso de investigación no se puede concluir un estimado en precios finales, por ser un proyecto de relevante magnitud, la industria proveedora de productos necesarios para construirlo necesita un referente reconocido para otorgar cotizaciones.

4.2.2. Carro de carga

Pieza clave dentro de la industria de procesamiento de contenedores de GLP, este carro de carga será de vital importancia presente ciertas características de operación:

- Material resistente al impacto
- Material con alto porcentaje de acero
- Alta resistencia a la corrosión
- Su estructura deberá ser tan rígida para soportar las cargas a las que fue diseñado.
- Si está pintado, que sea con pintura industrial con bajo nivel de inflamación.
- Las soldaduras deberán ser certificadas para que no se ponga en riesgo las cargas a montar.
- No se podrá utilizar algún carro de carga que no presente certificación ASME.

Tabla XXVI. **Factores que conforman el costo de un carro de carga**

Si es fabricado	
○	Certificar las piezas a utilizar
○	Certificar los lienzos que formaran las estructuras
○	Certificar que las soldaduras fueron realizadas bajo técnicas y procedimientos altamente profesionales.
○	Certificar que el tiempo de vida pueda ser mayor a un periodo de 5 años.
○	Certificar que podrá resistir temperaturas hasta 600 grados Fahrenheit.
○	Certificar que las ruedas sean certificadas para trabajo dentro de horno industrial.

Fuente: elaboración propia.

Si los carros que puedan ser utilizados dentro de la empresa, pueden ser solicitados a empresas extranjeras, serán gradualmente convenientes por sus certificaciones internaciones, además que dentro del país no existe un mercado fuerte que pueda vender este tipo de equipo industrial, los precios varían según las especificaciones, pero se considera un costo aproximado de importación, mas instalación y guía de mantenimiento por un aproximado de \$ 4 500,00 según cotizaciones realizadas por la empresa.

Figura 43. Rueda de carro de carga

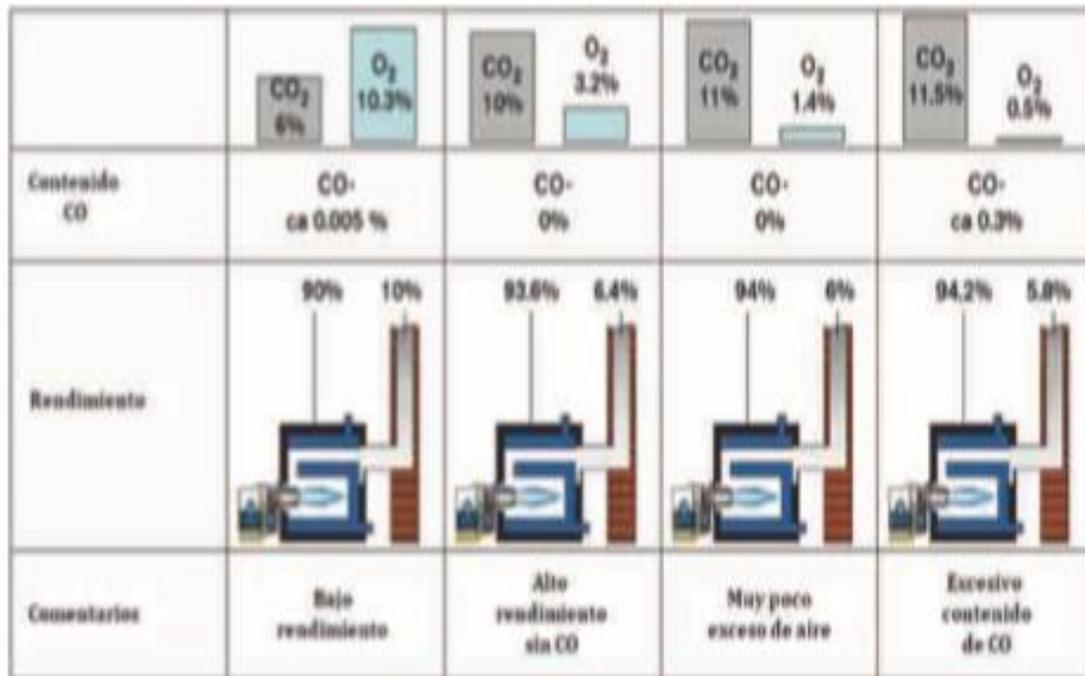


Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Quemadores de gas propano industriales

En el mercado industrial, se puede acceder a un vasto concepto de propuestas para implementar en el horno diseñado, particularmente se proponen dos tipos de quemadores para que puedan ser considerados y comparados al momento de hacer cálculos monetarios, los cálculos se verán influenciados por el costo del equipo, los costos productivos por quemar eficientemente el gas GLP, su resistencia y durabilidad, además de la necesidad de los mantenimientos.

Figura 44. **Relación entre el rendimiento de la combustión**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

En resumen, se observa, que en el primer caso muestra una combustión con un exceso de aire (por lo tanto, el O₂) es muy alto; esta será una combustión muy segura, pero de bajo rendimiento.

En el lado opuesto se encuentra una combustión con un exceso de aire extremadamente bajo, con un rendimiento muy elevado. El problema se plantea en el excesivo contenido de CO de la misma, con el riesgo que esto conlleva.

Este ajuste equilibrado entre rendimiento y emisiones es que se busca a través de un buen control de un quemador en un horno industrial, siendo pieza clave para reducir los costos de operación, se considera que en el quemador se centrara un 45 % de los costos totales de operación, así que por esto se deberá

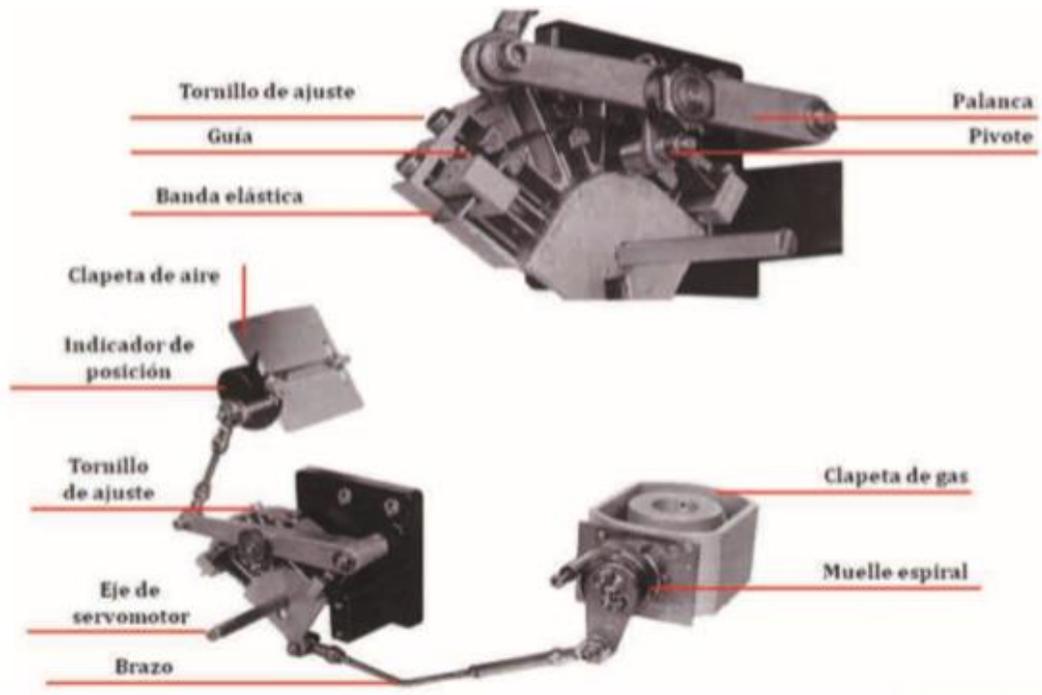
hacer una compra eficiente, no dando tanta importancia al costo de compra del equipo, pero que justifique los costos de operación en un tiempo N indefinido.

- Quemadores mecánicos

El ajuste equilibrado entre el rendimiento y las emisiones a través del correcto ajuste a lo largo del tiempo de la mezcla aire-combustible podría hacerse en quemadores con control mecánico de la mezcla o en quemadores con control digital de la mezcla, según los reportes de mi investigación logro presentar los siguientes resultados para los quemadores mecánicos.

- Precio de mercado \$ 1 500 - \$ 2 000
- Incluye instalación y accesorios
- Se garantiza la compra por 18 meses
- El ritmo de trabajo deberá ser validado por operarios
- Se necesita interacción constante de personal asignado
- El material es resistente a la abrasión del medio ambiente, soporta temperaturas arriba de 200 grados Fahrenheit.
- Fácil forma de instalarse.
- Holguras.
- Histéresis mecánica.
- Sin memoria.

Figura 45. Quemador mecánico



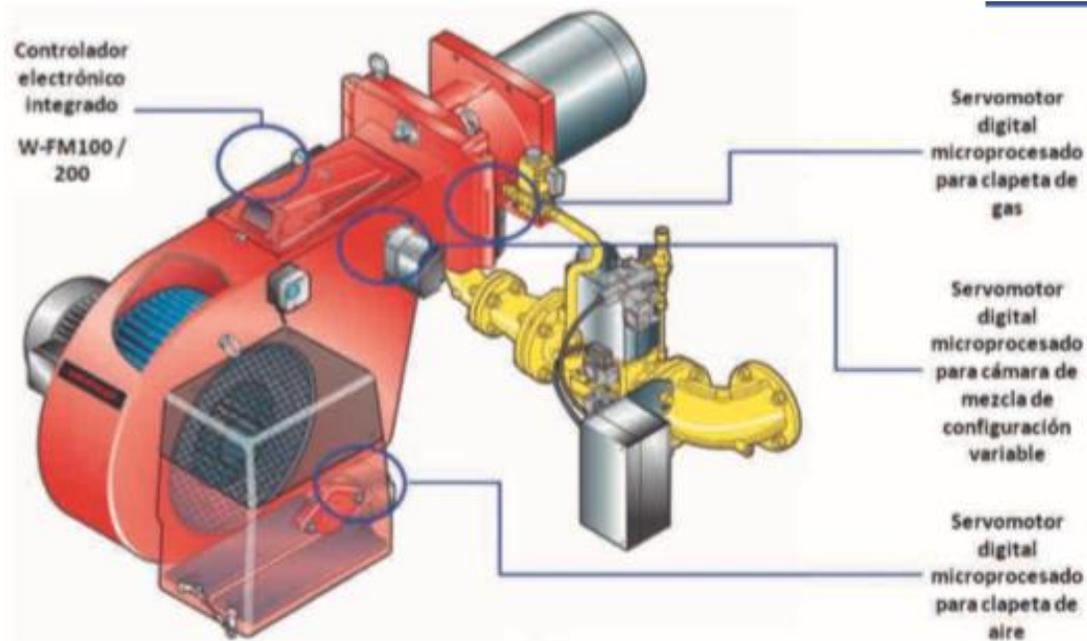
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Quemadores electrónicos con control digital

El quemador con control digital ofrece una serie de ventajas en cuanto a rendimiento, seguridad y mantenimiento que se pueden resumir brevemente., los precios oscilan entre Q 2 000,00 – Q 2 500,00

- Controlador auto vigilante
- Vigilancia continua de servomotor (señal retroalimentación)
- Supervisión continua
- Terminal de usuario que incluye memora con copia de seguridad

Figura 46. **Elementos de ajuste de la combustión en un quemador eléctrico con control digital de la combustión**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Además, al quedar las posiciones de los servomotores grabados en la memoria del controlador y del terminal de usuario, la sustitución de estos elementos es muy rápido, logrando volver a ajustar el quemador en un espacio de tiempo mucho más breve que en un quemador mecánico.

4.2.4. **Sopladores industriales**

Los sopladores industriales presentan poca información bibliográfica en el mercado guatemalteco, se espera poder ajustar la compra en la misma marca donde se adquieran los quemadores, los datos relevantes proporcionados fue

que al ser comprados como elementos suplementarios de los quemadores se pueden hacer ciertos ajustes monetarios.

Estas empresas extranjeras son fuertemente consultadas y aprovechadas para satisfacer las demandas en la industria de instalaciones de hornos industriales, estas empresas consultadas ofrecen el producto más instalación por un rango de \$ 1 800 \$ 2 300, estos precios incluyen los siguientes ítems:

- Equipo tipo sopladores industriales para volumen de 100 metros cúbicos de carga.
- Entrega hasta instalaciones del comprador en GT.
- Instalación de equipo.
- Capacitación para futuros mantenimientos.
- Dos mantenimientos en un año.
- Garantía por un año.
- Alto índice de eficiencia en operaciones.

4.2.5. Chimeneas

Antes de instalar las chimeneas se necesita hacer ciertos ajustes, para garantizar que la descarga al medio ambiente está siendo controlada y se reducen las PPM de dióxido de carbono.

El filtro de mangas es el dispositivo usado para limpiar los gases del polvo. Su función consiste en recoger las partículas sólidas que arrastra una corriente gaseosa, esto se consigue haciendo pasar dicha corriente a través de un tejido.

La separación del sólido se efectúa haciendo pasar el aire con partículas en suspensión mediante un ventilador, a través de la tela que forma la bolsa, de

esa forma las partículas quedan retenidas entre los intersticios de la tela formando una torta filtrante. De esta manera la torta va engrosando.

El filtro consta de dos cámaras, la de aire sucio y la de aire limpio, el aire con partículas en suspensión debe pasar a través de un medio poroso que retiene el polvo y permite el paso del aire mediante un ventilador que fuerza el flujo. Este medio poroso lo forman una serie de mangas soportadas por jaulas metálicas. Para evitar disminuciones en el caudal es necesario realizar una limpieza periódica de las mangas.

Durante el ciclo de limpieza el polvo cae por gravedad en la tolva situada bajo la cámara de aire sucio y es devuelta al circuito, esta recuperación implica una reducción de los costos directos y un máximo aprovechamiento de los recursos evitando también la generación de residuos. El aire limpio fluye por el espacio exterior de las mangas y se lleva por una serie de conductos hacia la chimenea de escape.

Costos relacionados a la instalación del filtro manga

- Instalación
- Material
- Mano de obra
- Planificación, cálculos y diseños
- Costo aproximado: Q 25 000,00

La chimenea o las chimeneas serán con la finalidad de conducir los gases de combustión fuera de las instalaciones o hacia la atmosfera, cuando salen del horno y se conducen por la chimenea, deberá garantizarse que no presenten fugas o escapes, según los cálculos se espera trabajar un aproximado de

1 200 metros cuadrados de materiales y soldaduras, esto requiere mucha intervención de mano de obra como soldadura de acetileno, y se hace un gasto aproximado de Q 18 000,00 por un periodo intermitente de 18 días de trabajo para lograr diseñarlas y construirlas.

4.2.6. Medidores de temperatura

Los medidores fueron cotizados con la misma empresa que podría vender los quemadores eléctricos, haciendo una propuesta de Q 5 000,00, estos son de fácil colocación y operación, servirán únicamente como testigos para operar en rangos ya establecidos por el diseño de las necesidades de trabajo.

4.2.7. Termostatos

Los termostatos fueron cotizados con la misma empresa que podría vender los quemadores eléctricos, haciendo una propuesta de Q 3 500,00, estos son de fácil colocación y operación, servirán únicamente como testigos para operar en rangos ya establecidos por el diseño de las necesidades de trabajo.

La empresa garantiza que bajo este precio estarían siendo entregado en las instalaciones de la empresa, otorgarían una capacitación de dos horas para saber su funcionamiento, cuidados especiales, y como puede ser instalado.

4.2.8. Tanque de combustible

El procedimiento exige que se efectúen cambios prácticos, como lo sería equipar con un tanque de combustible cilíndrico. El GLP en estado líquido se conduce por una tubería hasta una llave de paso eléctrica que cierra o abre el

flujo de GLP, después pasa a un filtro para seguir a un reductor de presión gasificado, de este en estado de gas pasa a otro reductor de presión que lo suministra a la espita o surtidor del horno a una presión inferior a la atmósfera.

La empresa donde se realiza la presente investigación absorbería el gasto total que podría ascender hasta Q 18 000,00, ya que se compraría un tanque de combustible con capacidad mayor a 500 galones de GLP.

4.2.9. Medidor de combustible

El medidor de combustible, fue cotizado con la misma empresa que podría vender los quemadores eléctricos, haciendo una propuesta de Q 1 800,00, estos son de fácil colocación y operación, servirán únicamente como testigos para operar en rangos ya establecidos por el diseño de las necesidades de trabajo. La empresa garantiza que bajo este precio estarían siendo entregado en las instalaciones de la empresa, otorgarían una capacitación de dos horas para saber su funcionamiento, cuidados especiales, y como puede ser instalado.

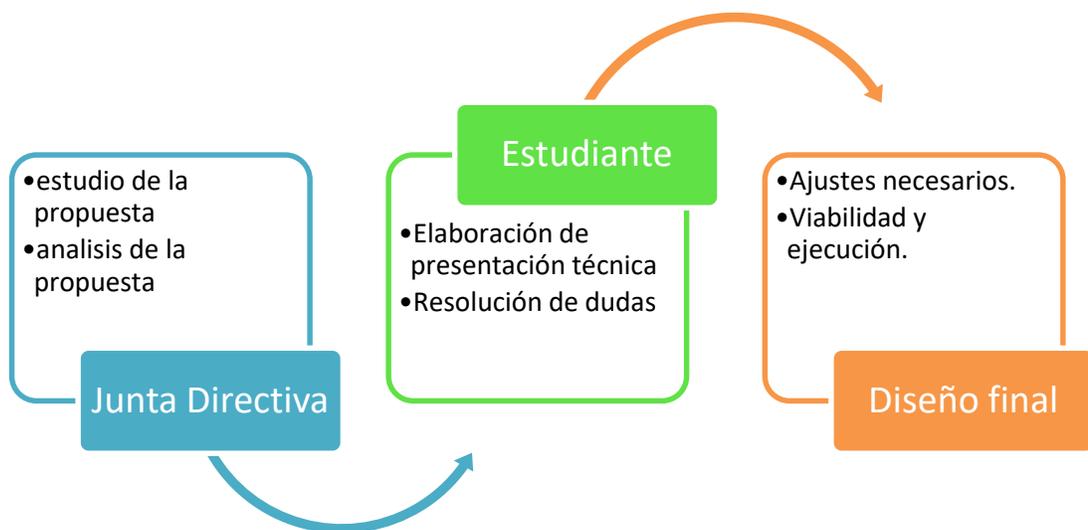
4.2.10. Dispositivos de seguridad

Los dispositivos de seguridad fueron cotizados con la misma empresa que podría vender los quemadores eléctricos, haciendo una propuesta de Q 6 500,00, estos son de fácil colocación y operación, servirán únicamente como testigos para operar en rangos ya establecidos por el diseño de las necesidades de trabajo. La empresa garantiza que bajo este precio estarían siendo entregado en las instalaciones de la empresa, otorgarían una capacitación de dos horas para saber su funcionamiento, cuidados especiales, y como puede ser instalado.

4.3. Plan del diseño

Se ejecutará un plan eficiente, trabajando en conjunto todos los temas estudiados, analizados y propuestos en la presente tesis, un diseño general esta complementado desde el capítulo 3 hasta las conclusiones, donde dependerá de la junta directiva de la empresa someter a la práctica todos los argumentos planteados, se hace mención, que dentro de las limitantes que se presentan como estudiante se realiza un diseño optimo, según los criterios obtenidos por el transcurso de la carrea.

Figura 47. Plan del diseño



Fuente: elaboración propia.

4.4. Montaje del equipo

El montaje se realizará con inspección de empresa externa a la empresa, que servirá como apoyo estratégico, además de considerar todas las aristas necesarias por las normas de fabricación e instalación extranjeras, se

respetaran las condiciones mínimas necesarias establecidas en la legislación guatemalteca. Es importante conocer que previo a la instalación se realizaron análisis de vibraciones, cálculos efectivos de temperatura ambiente y el impacto ambiental que podría otorgar deficiencias al entorno de la empresa.

4.4.1. Implementación del diseño

La empresa cumplirá con todas las normativas de tramites nacionales e institucionales para lograr concebir la implementación del diseño, los planos deberán ser sometidos a revisiones extranjeras e internacionales por oficinas asociadas a las normas ASME y todo lo que comprenda el diseño y construcción de tanques alifáticos.

Los detalles del diseño pueden presentarse en diferentes esquemas, con tablas, notas, números con indicaciones, entre otros. Lo importante es que se incluyan todos, un error frecuente es generalizar arreglos de los componentes.

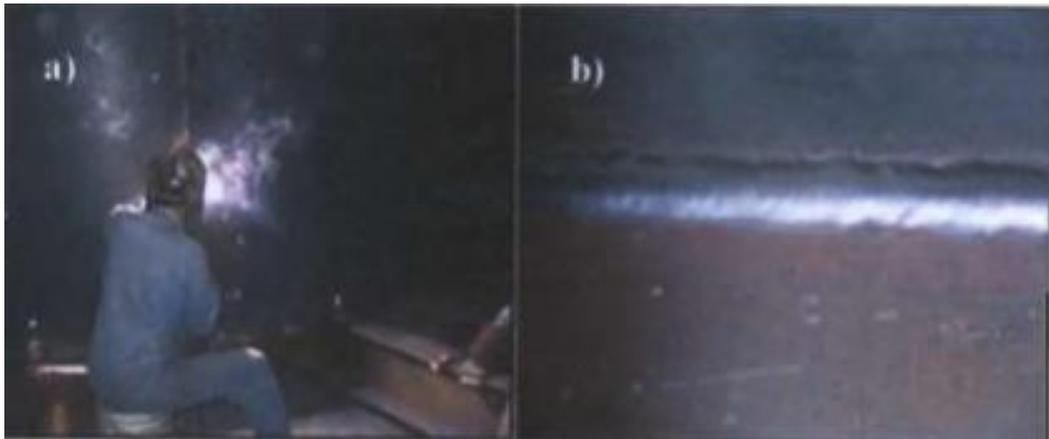
- Selección del proceso de soldadura

Una vez seleccionado el método de fabricación, será difícil decidir y acertar a la elección correcta del proceso de soldadura, que debe estar a cargo del diseño funcional, por ejemplo:

Si el recipiente solo es un ducto de aire de espesores delgados el proceso GMAW es una opción adecuada, en cambio si el recipiente es de espesores mayores y también presiones mayores se requieren proceso como SMAW o FCAW.

Una vez que se tienen una o varias elecciones será importante analizar otros puntos como: lugar de fabricación en campo o en planta, calidad de apariencia requerida, se requiere gas de respaldo y cuál es el más apropiado, facilidad que se tiene para proveer el material de aporte y gas, habilidades del personal, entre otras y que al final se determinan en función de presupuesto y no necesariamente el ideal.

Figura 48. **Soldadura utilizando proceso de SMAW**



Fuente: elaboración propia.

Una vez seleccionado el proceso de soldadura se requiere cumplir con los estándares de soldadura, lo primero es seleccionar el código bajo el cual se guiarán, segundo deberán cumplir con:

- Procedimientos de soldadura WPS
- Registros de los procedimientos PQR
- Calificaciones del soldador WPQ

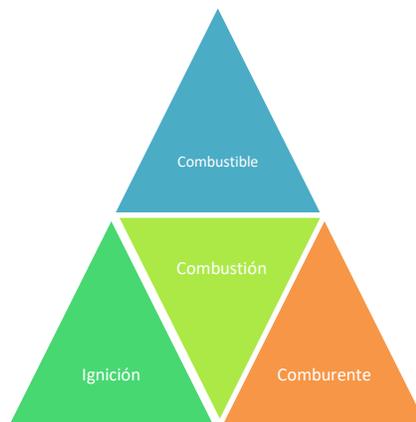
Los procesos que requieren gas de respaldo, envuelven otro problema, la selección del mismo, lo cual no es fácil por la diversidad de mezclas y

características que brinda cada uno. El desarrollo para utilizar el gas ideal, será por protección, con el diseño de gases de tres o cuatro componentes que ofrecen los mejores beneficios cada uno y los porcentajes de los mismo serán en base a los requerimientos de cada caso.

4.5. Funcionamiento y producción

Para que logre ser funcional, se necesitara estar montado todo el equipo requerido y necesario, con su buen funcionamiento derivaran ciertos ajustes, por ejemplo: los quemadores que, siendo piezas centrales en la producción, son quienes regulan el ritmo de trabajo, se espera que al momento de iniciar operaciones y funcionamientos sean cien por ciento productivos y sin contratiempos.

Figura 49. **Triangulo de la combustión**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Valores del poder comburivoro y fumígeno de los combustibles**

Combustible	Poder comburivoro (Nm ³ aire / kWh Hi)	Poder fumígeno húmedo (Nm ³ humos / kWh Hi)	Poder fumígeno seco (Nm ³ aire / kWh Hi)
Gas natural	0,96	1,06	0,86
Propano comercial	0,94	1,02	0,86
Butano comercial	0,94	1,02	0,87
Gasóleo C	0,92	0,98	0,87

Fuente: elaboración propia.

Se colocan todos los valores influyentes para propiciar la producción efectiva, no solamente es un sistema innovador, pues se considera como un conglomerado de operaciones industriales en completa armonía, tanto la calidad del GAS suministrado a los quemadores, la perfecta afinación de estos mismos, y la cantidad de oxígeno suministrado en la operación.

4.6. Manejo controlado del sistema

La preparación de las materias primas es de gran importancia para la fase posterior de combustión, tanto en la correcta dosificación química, como en el tamaño y granulometría del material de alimentación al horno.

Las materias primas (calizas, margas y arcillas) proporcionan los óxidos principales, de Calcio (CaO), de Silicio (SiO₂), de aluminio (Al₂O₃), y de Hierro (Fe₂O₃), que compondrán las fases principales del acero de alto carbono. Las cenizas de los combustibles aportan los mismos componentes que las materias

primas, y deben considerarse en el balance que conduce a una exacta composición del clínker.

Similarmente a los elementos principales, el resto de elementos traza (o impurezas), inorgánicos de los materiales o de los combustibles que se incorporan al acero de alto carbono, quedan absorbidos en su estructura mineral. Este es especialmente el caso de los metales pesados no volátiles, que están naturalmente presentes en las materias primas y en los combustibles en muy pequeñas concentraciones. Su comportamiento en las emisiones depende de su volatilidad, salvo el mercurio (que sólo es retenido en muy pequeño porcentaje), todos son retenidos casi al 100 % en el acero o en el polvo del precipitador electrostático o electrofiltro.

El horno debe recibir una alimentación químicamente homogénea. Esto se consigue mediante el control de la correcta dosificación de los materiales que forman la alimentación al sistema de inyección de gas GLP.

- Ejecución del diseño

La realización y manejo controlado del sistema puede ser utilizado por:

- El Poseedor del Certificado ASME
- El Usuario
- El Agente designado por el Usuario
- El Agente designado por el Poseedor del Certificado ASME

Sin embargo, el Poseedor del Certificado ASME quien estampara el Recipiente, es siempre responsable de cumplir todos los requerimientos del Código, incluyendo los inherentes al Diseño.

En el Código, no existen requerimientos de calificación para las personas que realizan el Diseño, sin embargo, se deberá tener mucho cuidado al seleccionar al personal que vaya a realizar este. No se trata de introducir datos a un programa únicamente, la persona que realice el Diseño deberá haber tenido la suficiente experiencia en el manejo efectivo del Código.

- Máxima presión permitida de operación

El equipo y accesorios que se utilicen para el almacenamiento y el manejo de GLP, deben ser certificados, y tener estampadas las siglas de U.L. o U.L.C.

Todos los accesorios y equipos utilizados para el manejo de gas en una planta, deben soportar una presión de trabajo de 2,40 MPa (24,61 kgf /cm²) como mínimo o para la presión de diseño del proyecto, la que resulte mayor.

En estado de desgaste por corrosión. A una temperatura determinada. En posición normal de trabajo. Bajo efecto de otras cargas, (carga de viento presión hidrostática, entre otros).

- Trámite de licencia ambiental

Se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Código de identificación, empresa industrial (hasta 200 empleados).
- Categoría de tabulación: industria derivada de la siderurgia.
- No. de categoría: 110.
- Descripción: elaboración de otros productos.

- Descripción según No. de categoría: diseño, construcción y operación de empresas relacionadas con la elaboración (manufactura) de productos de contención, manejo y distribución de derivados del petróleo.
- Categorías: C1, de alto impacto ambiental potencial.

4.6.1. Emisión de gases de combustión

Se deberá someter a un trámite de requerimiento de empresa para diagnóstico ambiental de bajo impacto, solicitando el respectivo formulario puede obtenerse en la página web del MARN, ventanilla ambiental, DABI, con el nombre Diagnóstico ambiental fórmula 1. El instructivo facilita al solicitante la información requerida para el cumplimiento de los procesos, de la siguiente manera:

- Información general
 - Colocar breve descripción de las actividades que se someterán al análisis, indicando los procesos a que se dedica la empresa en la actualidad.
 - Indicar el área que abarca la construcción total de las instalaciones de las actividades, así como el total que abarca el terreno donde se desarrolla la actividad.
 - Deben identificarse colindancias con actividades próximas en dirección de los cuatro puntos cardinales (norte, sur, este y oeste).
 - Dirección donde sopla el viento comúnmente.
 - Mencionar riesgos asociados a desastres naturales alrededor de la empresa.
 - Indicar colaboradores de la empresa y horarios en que se trabaja.

- Uso y consumo de agua, combustible, lubricantes, refrigerantes y otros. Debe identificarse lo que se utiliza, en dónde y para qué. Deben mencionarse las especificaciones del producto, forma de almacenamiento interno dentro de la empresa, y si cuenta o no con medidas de seguridad.
- Impacto al aire
 - Gases y partículas resultantes de las actividades normales de operación.
 - Indicar que se hará para evitar que estas operaciones afecten la calidad del aire.
 - Si el ruido y vibraciones son parte de las operaciones normales.
 - Si hay generación de olores como parte de las actividades de la empresa, tales como cocción de alimentos, putrefacción de material orgánico, mala disposición de basura o de drenajes.
- Efectos de la actividad en el agua
 - Información respectiva a aguas residuales
 - Indicar número de sanitarios para el servicio de los colaboradores
 - Indicar si se tiene proceso para el destino de las aguas tratadas
 - Indicar como se colecta el agua pluvial y hacia dónde se conduce
- Demanda y consumo de energía
 - Establecer una cantidad promedio del consumo de energía, con base en la información de los recibos de pago.
 - Indicar el proveedor del servicio de energía.

- Indicar si la empresa cuenta con el uso de: transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos.
- Hacer mención de si se cuenta con proyecto o plan para reducir el consumo de energía.
- Efectos y riesgos derivados de la actividad
 - Determinar si la actividad representa algún tipo de riesgo para la población circulante; explicar qué actividad o actividades pueden ser de riesgo.
 - Identificación de los riesgos a que se encuentran expuestos los colaboradores.
 - Indicar si se provee de equipo de protección a los colaboradores.
 - Mencionar si se cuenta con un plan para evitar molestias o riesgo para colaboradores y vecinos.

Según las regulaciones guatemaltecas para el control y cuidado del medio ambiente, se deberán analizar todas las especificaciones detalladas con anterioridad, así lograr diseñar un mapa ideal de descargas de dióxido de carbono por partes por millón hacia el medio ambiente, haciendo trabajos eficientes y preservando el medio ambiente.

4.6.2. Mejoras en el tiempo de fabricación

En una buena administración se necesita que todo el personal dentro de la empresa conozca las generalidades, el funcionamiento, condiciones de trabajo y todo aquel aspecto que es necesario para poder trabajar de la mejor manera con el GLP.

En vista de esto, se ha estimado que el tiempo de capacitación necesario para dar a conocer estos temas es de cinco días, los mismos se han programado respecto de la importancia y relevancia del mismo.

- Tamaño de las partículas y su precipitación

En el intercambiador, el intercambio térmico se realiza en los tubos ascendentes y en los ciclones, individualmente considerados, en una corriente de la misma dirección para el polvo y los gases; como conjunto, el intercambiador trabaja a contracorriente de modo gradual. El intercambio térmico se verifica en estado de suspensión. La gran superficie que presenta el crudo en el intercambiador produce un intercambio muy activo.

Para conseguir una buena separación en los ciclones, interesa que el tamaño de las partículas sea lo más uniforme posible.

También influye sobre el tiempo necesario para depositarse en los ciclones el peso de las partículas para igual dimensión de éstas. Sin embargo, esto no da lugar a segregaciones apreciable en el crudo, pues en los tubos de transporte de polvo y en los ascendentes para los gases se produce una nueva mezcla.

Luego de mejorar los niveles de incertidumbre por personal operativo, se podría esperar una mejora sustancial, actualmente no existe un modelo eficiente que pueda proyectar las mejoras exactas, lo que, si se estimaría, que los ritmos de producción al instalar el horno junto con las mejores planteadas en el progreso de la presente tesis, estaría en un índice del 15 % para los primeros seis meses de operación.

Luego de los ajustes necesarios el fabricante de los quemadores consultados indica que podría elevarse sustancialmente a niveles de producción sobre un 25 % de los ritmos actuales, esto ya marca un número significativo dentro de la tasa de retorno para la empresa.

4.6.3. Producto terminado

El producto terminado será siempre dispuesto a la comercialización, renta o uso para los beneficios acordados entre el ente contratante de los servicios y la empresa en estudio que proveerá a un ritmo gradual sus productos terminados.

Se deberán diseñar nuevos modelos de operación para garantizar el cronograma de ejecución entre el recibimiento de recipientes o contenedores que necesitarán someterse al sistema de relevo de esfuerzos, ahora bien, con la implementación del nuevo modelo de producción, se espera incrementar la tasa de productos terminados, en un 17 % anual, para el primer año luego de estar acreditados y en operaciones.

4.7. Logística en el proceso

Se plantea el uso del siguiente ciclo para ejecutar un ordenado y claro proceso de producción en la construcción de los tanques alifáticos.

Figura 50. **Ciclo en el proceso de producción**



Fuente: elaboración propia.

El gas será transportado por refinerías extranjeras por medio de barcos, y es almacenado en los distintos puertos o zonas portuarias con que cuenta el país, luego se traslada hasta las instalaciones para ser depositado en las cisternas, y esperar el momento de producción requerido.

- Barcos cisternas

Estos barcos están provistos de tanques de gran capacidad, de forma esférica o cilíndrica, que estarán empotrados sobre cubierta, y éstos estarán en forma vertical u horizontal. Muchos de ellos poseen equipos de refrigeración para mantener el gas en estado líquido a presión atmosférica o a una presión reducida, lo que permite el uso de tanques con paredes más delgadas y por ende se transporta un mayor volumen de gas.

Las operaciones de carga y descarga se realizan a través de líneas submarinas, que unen los depósitos de almacenamiento del barco con los de la terminal. Los extremos de la línea se acoplan al barco mediante mangueras flexibles de goma sintética puesto que la goma natural es soluble en el GLP.

- Camiones cisterna

Es lo más utilizado para el transporte de GLP desde los centros de producción y terminales receptores hasta las plantas de envasado de las comercializadoras, o desde las plantas envasadoras hasta los tanques estacionarios que posee cada una de las instalaciones clientes de las comercializadoras.

Los tanques cisterna varían en sus capacidades, pues esto permite que la operación de logística sea más ágil y eficaz. Las capacidades de las cisternas generalmente son de 10 m³, 12 m³, 24 m³ y 46 m³. Muchos de estos camiones disponen de equipos para auto descargue, otros son descargados por equipos instalados en tierra (equipos de trasvase).

Las operaciones de carga y descarga se efectúan a través de mangueras flexibles de caucho sintético que tienen una presión de ruptura de 4 veces la presión de diseño del tanque. La cantidad de fluido que se carga a los clientes de las comercializadoras es medida a través de un contador y en el contenido del tanque estacionario que lo marca el indicador de nivel.

- Cilindros portátiles

Son utilizados por las compañías comercializadoras para abastecer de gas a los usuarios directos. Los cilindros portátiles más utilizados son los de 15 kg y 45 kg.

Si el cliente es una industria pequeña la cual no necesita un abastecimiento frecuentemente del producto puede pedir instalar un sistema de centralita en el que la misma estará cumpliendo con la ley puesto que usaría cilindros de 45 kg (precio industrial) pero con la facilidad de cambiar su cilindro cuando él crea conveniente.

Todo lo relacionado al recibimiento, programación y ritmos de producción quedará fijado por el departamento de ventas en conjunto con el ingeniero de planta de producción, si la empresa constituye el departamento de producción, será el único responsable de la recepción, programación y ritmos de producción, calidad y manejo de producto terminado, almacenaje, entrega y distribución.

4.7.1. Áreas señalizadas

La seguridad industrial en el avance de la ciencia y diseños preventivos para resguardo de la integridad física del recurso humano logra establecer un

código de colores, que podrán ser utilizados dentro de las instalaciones y fuera de ellas mismas para poder ser preventivas a simple vista por todos los operarios que forman parte de la misma organización, para lograr ser conocidos y entendidos por los operarios el departamento de recursos humanos conjunto con el departamento de seguridad industrial deberá realizar talleres, capacitaciones y charlas técnicas donde se compartan las metodologías utilizadas y los alcances esperados al implementarlos en la organización.

Tabla XXVIII. **Efectos de color**

Color	Característica	Efecto
Rojo	Cálido	Estimula el efecto nervioso produciendo pereza, calor, ira.
Azul	Frío	Produce una sensación de suavidad y frío
Verde	Frío	Produce sensación de suavidad y esperanza
Naranja	Cálido	Sensación de fuerza, dureza y alerta.
Morado	Frío	Suavidad y Calma
Amarillo	Caliente	Calor, esplendor, radiación
Blanco	Frío	Limpieza, orden
Negro	Caliente	Deprimir, absorber calor.

Fuente: Norma OSHA. *Señales de seguridad*. <http://egcperu.com/seguridad-calidad-medio-ambiente/senales-de-seguridad-tipos/>. Consulta: noviembre de 2019.

Cuando se usan las señalizaciones, se debe tomar en cuenta los efectos de los colores sobre el ser humano, se muestran los efectos que produce cada color sobre el individuo, por lo tanto, a la hora de diseñar letreros de señalización se deben tomar en cuenta esos efectos.

- Código de colores

La finalidad de establecer el código de colores es para establecer un sentido de alerta y responsabilidad industrial a los operarios que se encuentran en labores dentro de las instalaciones, sin el conocimiento de este código posiblemente puedan estar expuestos a sufrir percances o accidentes

industriales. En la lucha por la eliminación de los riesgos laborales éstos deben ser considerados en la fase de proyecto. Si esto no fuese posible, se debe actuar:

- Sobre el agente material, mediante resguardos o dispositivos de seguridad (Protección colectiva).
- Directamente sobre el trabajador (Protección individual).
- Informando.
- Reforzando las técnicas anteriores, mediante la señalización.

La señalización no es más que la acción que trata de ganar la atención de los trabajadores sobre determinadas circunstancias cuando no se puede eliminar el riesgo ni proteger al trabajador. Además, se trata básicamente de identificar los lugares y situaciones que presentan riesgo y que por medio de las señales deberán ser identificados, también indicarán los lugares, ubicaciones y el tipo de seguridad que requerirá el área señalizada. La señalización debe cumplir ciertos requisitos.

- Atraer la atención del usuario
- Dar a conocer el riesgo con suficiente tiempo
- Dar una interpretación clara del riesgo
- Saber qué hacer en cada caso concreto

Las señales en seguridad industrial, más utilizadas, son ópticas que no es más que la aplicación de luz y color y acústica usando sonidos. El objetivo del color no es más que dar a conocer la presencia o ausencia de peligro. Con la señalización y la simbología del color se pueden verificar los puntos de peligro y zonas de seguridad.

4.7.2. Vía de carga y descarga

Esta parte del proceso es clave para que la cadena de servicio se cumpla con éxito y se cumpla con las expectativas de los clientes. Este proceso inicia, cuando un cliente ingresa su cilindro cisterna a las instalaciones de servicio para mantenimiento o reparación y es atendido por un asesor de servicio.

Los clientes que se reciben pueden ser clientes con cita o clientes sin cita. La mayoría de los clientes con cita son aquellos que fueron contactados por un recordatorio de mantenimiento o por la actividad de recuperación, los cuales como resultado agendaron inmediatamente una fecha y hora para visitar la agencia e ingresar su vehículo al taller y es por ello que cuentan con una pre-orden de trabajo agendada. Sin embargo, cualquier cliente puede hacer una cita de manera proactiva antes de haber recibido un recordatorio.

Los clientes sin cita son quienes se acercan al taller sin haber agendado una fecha y hora para ingresar su cisterna al taller, generalmente lo hacen tiempo después de haber sido contactados por una llamada u otro medio. Dichos clientes también pueden acercarse específicamente para comprar y solicitar instalación de llantas, baterías u otro accesorio.

Durante el proceso de recepción de los vehículos, el asesor de servicios deberá realizar las siguientes rutinas:

- Abordar al cliente y darle la bienvenida
- Registrar todas las solicitudes del cliente
- Confirmar el historial de mantenimiento
- Confirmar si es necesario un diagnostico
- Realizar inspección inicial y total de las condiciones de la cisterna

- Revisar y confirmar la carga de trabajo del horno
- Agendar el trabajo con el supervisor de horno
- Asesorar al cliente
- Realizar el procedimiento de venta de servicios

En este momento es cuando el asesor de servicio recomienda al cliente los trabajos que deben realizarse con base en el historial de mantenimiento y las condiciones del cisterna observadas y registradas durante el procedimiento de recepción.

Adicionalmente, en ese momento, el asesor tiene la oportunidad de realizar la venta de servicios y productos adicionales a través de su asesoría técnica. Como resultado de esta labor, se cargan los servicios y productos a la orden de trabajo y se confirman con el cliente el valor preautorizado y la fecha prometida de entrega.

Finalmente, el asesor de servicio solicita la firma de autorización del cliente en la orden de trabajo y se despide cordialmente recordándole que estará dándole seguimiento al progreso del trabajo.

4.8. Salud y seguridad ocupacional

La salud, bienestar y seguridad ocupacional de cada colaborador es importante para el desarrollo efectivo de las actividades diarias de la empresa. Por lo cual, debido a las instalaciones realizadas de horno y tanque estacionario, se tomará como referencia el Acuerdo Gubernativo de Guatemala 229–2014, Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional, y el acuerdo gubernativo 522–99, Reglamento de la ley de comercialización de hidrocarburos. El Acuerdo Gubernativo de Guatemala 229–2014, en el capítulo

IV, Aparatos que generan calor o frío y recipientes a presión, sección Hornos, calderas y calentadores, habla acerca de los siguientes procesos:

Artículo 159 habla acerca de los hornos, las calderas y lo procesos por los cuales se pueden optimizar los recursos necesarios que influyen en la etapa de producción.

Las disposiciones para el horno para el control de prevención serán las siguientes:

- Instalación de extintor de CO₂, para fuegos clase B y C (combustibles y electrónicos). Los requerimientos de instalación son: a una altura máxima de 1,50 m. desde su cabezal hacia el piso.
- Proveer a colaboradores de guantes para altas temperaturas, para manipulación de charolas.
- Verificación visual mensual de conexiones eléctricas y conexiones de GLP.
- Limpieza de hornos semanalmente con producto seleccionado.

Con respecto al área del cilindro estacionario, se debe tener en cuenta las disposiciones de seguridad ocupacional. El Acuerdo Gubernativo de Guatemala 229 –2014, en el capítulo IV, Aparatos que generan calor o frío y recipientes a presión, sección Almacenado y manipulación de cilindros a presión, da a conocer estas disposiciones.

El almacenamiento de botellas, cilindros, garrafones y bombonas que contengan gases licuados a presión, en el interior de los locales, se debe ajustar a los requisitos siguientes:

- No debe existir en las proximidades sustancias inflamables o fuentes de calor.
- Deben quedar protegidas convenientemente de los rayos de sol y de la humedad intensa y continua.
- Estos locales deben marcarse con carteles de “peligro de explosión”, claramente legibles.

De igual manera existen disposiciones por el Acuerdo Gubernativo de Guatemala 522–99, Reglamento de la ley de comercialización de hidrocarburos, en su título III, capítulo único. Sistema de prevención de incendios. Con el propósito de prevenir y combatir incendios, deberá cumplirse con los requerimientos mínimos siguientes:

Para terminales o plantas de almacenamiento de GLP, depósitos de GLP para consumo propio, expendios de GLP para uso automotor y expendio de GLP envasado en cilindros, además de las disposiciones de los incisos anteriores que le sean aplicables:

- Los tanques deben ubicarse sobre base firme y nivelada, en área de cielo abierto y debidamente ventilada instalados de tal forma que la parte inferior del tanque, más próxima al suelo, esté a una altura máxima de 1,50 metros respecto al nivel del suelo.
- No debe instalarse tanques subterráneos en sótanos, hondonadas o en lugares situados en el nivel inferior del terreno adyacente.
- Debe instalarse sistema aéreo de irrigación de agua, para estabilidad térmica de los tanques y contrarrestar presión en caso de incendio; para el caso del tanque o grupo de tanques cuya capacidad en conjunto no exceda los 5 000 galones, la irrigación podrá efectuarse en forma manual

con mangueras apropiadas, conectadas a chorros o tomas de agua permanentes.

- Las instalaciones de varios tanques no deben realizarse en grupos mayores de 6 tanques.
- Los tanques no deben circundarse por paredes, diques, barreras o elementos sólidos.
- No debe instalarse un tanque sobre otro y tampoco voladizos o fachadas.
- El local destinado para expender GLP envasado en cilindros para uso doméstico debe:
 - Establecer el almacenaje y despacho en un solo nivel, no subterráneo, sin sótanos, y el nivel del piso no estará por debajo del nivel del suelo circundante al mismo.
 - El almacenaje de GLP envasado en cilindros no podrá compartirse con otros productos susceptibles de contaminarse con GLP, principalmente alimenticios, y se debe suprimir cualquier fuente de calor o ignición: estufas, hornos, quemadores y similares.
 - Tener suficiente iluminación y ventilación natural que permita la recirculación continua de aire en la parte inferior y superior del mismo local, y acomodar grupos de cilindros con pasillos de 90 centímetros de ancho mínimo entre esos grupos.
 - Poseer 1 extintor de polvo químico seco tipo ABC de 20 libras de capacidad, en condiciones aptas, por los primeros 50 cilindros, y 1 extintor de 10 libras de capacidad a partir de cada 25 cilindros adicionales.

Como mencionan los acuerdos gubernativos de Guatemala, deberán realizarse las siguientes gestiones por prevención del área, además de los dispositivos ya considerados anteriormente: ventilación, iluminación, puesta a tierra y rotulación. Y deben agregarse los siguientes equipos:

- Extintor de polvo químico seco para fuego ABC, de 10 libras, instalado a una altura no mayor de 1,50 metros de su cabezal al nivel del piso.
- En el área debe encontrarse al costado del tanque de agua, debido a la posible existencia de incendio para su oxigenación.

4.8.1. Rutas seguras

Inicialmente el gas propano ha sido utilizado para uso doméstico y negocios como: restaurantes, hoteles y cafeterías, para la cocción de alimentos y calefacción; debido a los beneficios que ofrece el uso de este producto impactando positivamente en el ahorro económico a comparación del uso de la luz eléctrica, actualmente hay varias empresas a nivel mundial que están optando por innovar sus productos como lo son las nuevas secadoras de ropa a gas propano; instalación de equipos de gas vehiculares sustituyendo a la gasolina y el diésel ofreciendo mayor rendimiento, en algunas plantas industriales están sustituyendo el uso del querosene en los procesos de producción por ser un gas más limpio.

Por estas y otras razones año con año ha ido incrementando el consumo del gas propano, a pesar de todos los beneficios que proporciona al utilizar este producto se está muy lejos de conocer las medidas de seguridad a utilizar para prevenir accidentes, explosiones e incendios ocasionados por la incorrecta manipulación de este tipo de producto que es altamente inflamable, demanda que ha venido incrementando la incidencia en accidentes y muertes ocasionados por fugas de gas propano y la incorrecta manipulación del mismo.

Debido a que los cilindros y tanques estacionarios son utilizados en un 100 % por los consumidores sin previo conocimiento de los peligros del gas licuado de petróleo y los distribuidores de este producto son los únicos que

tienen contacto directo con los consumidores, es la responsabilidad del distribuidor el asegurarse que sus clientes sean apropiadamente instruidos sobre asuntos de seguridad relacionado con el manejo correcto del gas propano, información que deberían trasladar a través de sus colaboradores directos quienes a través de ellos el consumidor obtiene el cilindro de gas propano para su consumo.

Con el propósito de que la empresa objeto de estudio pueda ofrecer y garantizar un servicio eficiente al consumidor a través de sus colaboradores es primordial que estos últimos integren un equipo humano calificado, porque un equipo capacitado ayudará a que la empresa mantenga su liderazgo en el mercado del gas propano.

Para garantizar la calidad del producto y el servicio se necesita desarrollar las habilidades, ampliar los conocimientos y mejorar las actitudes de los colaboradores en cuanto a temas de seguridad industrial, prevención de accidentes, incendios, utilización de rutas de emergencia y evacuación, significado de rótulos de emergencia y precaución, el cual debe ser sencillo y de fácil entendimiento y aplicación para minimizar los daños al personal y pérdida de los bienes materiales de la empresa.

Para lograr lo antes indicado se necesita que la organización cuente con un programa de capacitación para sus colaboradores y poder crear conciencia sobre los riesgos que conlleva este producto en ellos y sobre el consumidor final.

La finalidad de esta propuesta es reducir la incidencia de accidentes y muertes que ocurren cada año por explosiones, incendios e inhalación toxica

causada por fugas de gas propano; ya sea por el deterioro o la mala manipulación de los envases que almacenan el gas propano.

4.8.2. Rutas de evacuación

La disposición de equipos dentro de las Unidades de Proceso deberá realizarse tomando en consideración los requerimientos de accesibilidad para operación, mantenimiento, seguridad y lucha contraincendios, dando énfasis a las rutas de evacuación rápida del personal en casos de emergencia.

El personal deberá tener por lo menos dos rutas de escape desde cualquier punto de una unidad, salvo en las partes altas de columnas de poco diámetro, donde no sea práctico instalar dos escaleras.

Dichas rutas de evacuación se diseñan paralelamente al diseño de las instalaciones del horno, además se deberá considerar la magnitud sobre algún evento catastrófico, así diseñar la ruta viable, efectiva y segura para resguardar al recurso humano, la ruta de evacuación estará despejada en su totalidad, además deberá conducir a una zona segura de resguardo.

4.8.3. Equipos de protección y seguridad personal

Provisto por la empresa, para cada persona que forma parte del recurso humano, que se encuentra trabajando los proyectos, también el personal que realiza las supervisiones en proyectos y cuando el contratista necesita que se realiza una previa evaluación geográfica y situacional de la obra a trabajar.

- Casco
- Bostas industriales

- Lentes de protección industrial
- Guantes industriales
- Tapones de oído

4.8.4. Equipos contra incendios

Se deberán realizar ciertos ajustes operativos dentro de las instalaciones, además de diseñar capacitaciones por el departamento de recursos humanos, para el perfecto funcionamiento, aseguramiento de la calidad y respaldo físico de todo el recurso humano, se citan los siguientes artículos del decreto 229-2014 de salud y seguridad ocupacional, los cuales dictan las medidas básicas que deberán ser respetadas por la industria con riesgos altos de incendios.

4.9. Entidades responsables

Para ejecutar las acciones de producción, autorización y permisos legales para poder hacer efectivas las modificaciones dentro de la planta, se necesitan realizar trámites en diferentes oficinas gubernamentales, se citan la mayoría y donde se deben respetar las notificaciones finales para optar a construir el horno industrial necesitado.

- Municipalidad de Guatemala
- Ministerio de energías y minas
- Superintendencia de administración tributaria
- CONRED

Estas cuatro entidades mencionadas, son las que representan el mayor control sobre los trámites legales para poder trabajar apegados al margen de la ley y sin evitar algún trámite o paso legal.

4.9.1. Montaje y mantenimiento de equipo

Será normal que, al momento del montaje, los diferentes recipientes y materiales utilizados, produzcan problemas, porque a menudo el contenido diseñado estratégicamente varía por condiciones del fabricante final, además que los diferentes tamaños de cada partícula utilizada para desarrollar el proyecto final dentro de todas las estructuras superficiales podrían variar y otorgar resultados que no están en las manos del diseñador.

- Después de la instalación

Se requiere de un ingeniero que maneje los diseños de detalle y funciones, el deberá estar presente para verificar que las instalaciones se encuentran en estado óptimo para hacer pruebas antes de iniciar operaciones finales, para evitar futuros ajustes y problemas técnicos.

- Después de iniciadas las operaciones

Se requerirá de inspecciones de rutina, para prevenir problemas, paros o fallas imprevistas, además se deberán implementar sistemas de monitoreo, sobre las líneas de gas, los quemadores, las chimeneas y sobre las mismas paredes de recubrimiento del horno mismo.

Inspeccionar las soldaduras y estructuras de los soportes para poder identificar cualquier deterioro que necesite reparación, las inspecciones de

rutina para las válvulas de relevación para prevenir sobresaturación de recipiente, e inspecciones relacionadas con filtros de eliminación de polvo, juntas alimentadoras y sellos.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA

5.1. Eficiencia del uso de combustible

La mejora en equipos, instalaciones y sistemas para actualizar la empresa según las necesidades de la competencia diaria, requieren de una inversión para la ejecución de proyectos. Es importante justificar y determinar qué mejoras se tendrán con respecto al sistema actual, ya sea en equipos, materias primas, infraestructura, entre otros, para con ello garantizar al inversionista los beneficios de ejecutar el proyecto de forma viable y factible. Por medio de las distintas herramientas ingenieriles es posible.

El proyecto buscará el incremento en las utilidades netas de la organización, por medio de un mejor equipo de cocción y sistema de almacenamiento de GLP, y con esto reducir los tiempos, pérdidas de calor para cocción, mejor control de consumo de hidrocarburos y equipos de mayor eficiencia energética.

Las inversiones que se realicen tendrán la finalidad de mejorar el proceso productivo, con lo que se debe presentar un retorno en un tiempo establecido para garantizar la inversión. El análisis financiero se realizará para un período de un año laboral, para determinar las mejoras primordiales en el proyecto, como:

- Reducir tiempos de precalentamiento en equipos para inicializar el horno
- Mejorar el proceso de cocción, evitando la pérdida de calor en horno por procesos de apertura en equipo.

- Implementar un sistema de orden y limpieza para el cuidado de equipo industrial.
- Mejorar el consumo de GLP por medio de un equipo de mejor control de llenado.
- Establecer procedimientos de llenado e inventario de GLP.

El análisis financiero del proyecto se desarrolla en tres fases.

- La primera, el análisis de la inversión inicial del proyecto
- La segunda fase analiza por medio del Valor Presente Neto
- La tercera fase, examina la Tasa Interna de Retorno

Los objetivos principales de esta instalación del equipo son el control de consumo de GLP, con una mejor eficiencia del suministro, y el ahorro en un mediano plazo a comparación del uso de cilindros móviles. En el apéndice se agrega el registro para control semanal y llenado del tanque.

Se deben incluir dos variables muy críticas dentro de esta operación, y determinaran gradualmente el incremento de la eficiencia del consumo del combustible GLP, uno es el quemador instalado, que deriva ciertas características especiales del combustible a utilizar, la mezcla y control de temperaturas, de donde coincide el diseño ideal del recipiente a presión para almacenar el GLP.

- Ventajas del uso de recipientes esféricos

Normalmente los recipientes esféricos se usan para el almacenamiento de grandes volúmenes de fluidos bajo presiones moderadas, entre $2,1 \text{ kg/cm}^2$ y 17 kg/cm^2 , principalmente gases a temperaturas y presiones normales, tales

como gas natural, butano, isobutileno, hidrogeno, amoniaco y muchos otros productos petroquímicos. Las compañías químicas de goma, pulpas y de papel han encontrado que las esferas a presión presentan grandes ventajas en el almacenamiento de líquidos tales como anhídridos de amonio, butadieno y ácidos volátiles.

El uso de esferas para almacenamiento de líquidos volátiles y gases tienen un gran número de ventajas prácticas, incluyendo el almacenamiento económico, partes fijas, pocas probabilidades de fuego, bajos costos de mantenimiento (debido a la accesibilidad), corrosión mínima (debido a que el oxígeno es raramente presente dentro), y flexibilidad (debido a que la eficiencia de la esfera es independientemente del nivel del contenido).

Figura 51. **Recipiente esférico**



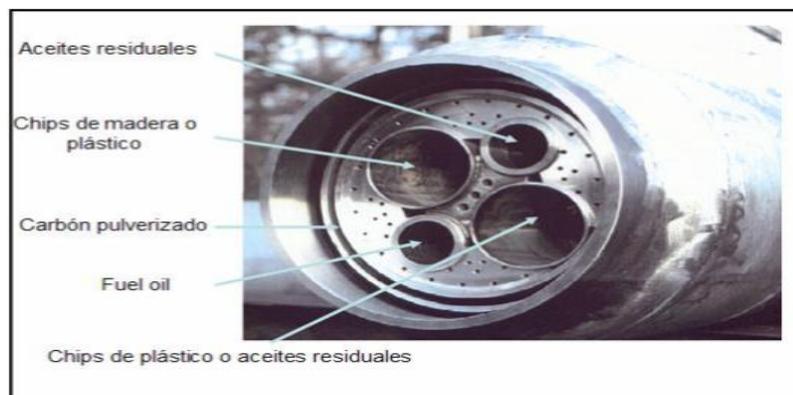
Fuente: elaboración propia.

- Quemador

Los quemadores son equipos de alta complejidad diseñados para mejorar la eficiencia de combustión mediante sofisticados sistemas de control automático para el encendido y control de la operación. Tienen muy diversos usos desde calefacción y secado a llama directa, producción de vapor, hasta procesos químicos como la calcinación o la tostación, combustión de gases residuales, entre muchos otros. Los combustibles que se utilizan pueden ser sólidos (ej. carbón pulverizado, chips de aserrín), gaseosos (ej. gas natural, gas licuado) o líquidos (ej. Petróleo, fuel oil), y producir calor generalmente mediante una llama.

Los quemadores que se utilizan tienen gran versatilidad, es decir, son capaces de quemar distintos combustibles. Típicamente se utiliza gas natural, petróleo, chips de aserrín o neumáticos y aceites residuales que los quemadores son capaces de combustionar simultáneamente en caso de ser necesario.

Figura 52. **Zona de salida de combustible y aire de un quemador de horno rotatorio**



Fuente: elaboración propia.

- Preparación de los combustibles

El acondicionamiento y preparación de los combustibles obedecen a sus características físicas, químicas, toxicológicas o de peligrosidad, seguridad. Los combustibles líquidos no requieren normalmente acondicionamiento, mientras que los combustibles sólidos son sometidos a una preparación previa a su utilización (trituration, molienda y secado).

- Principios de operación

Existen numerosos tipos de precalentadores, que difieren el uno del otro en pequeños detalles constructivos, pero que trabajan con los mismos principios de operación. Para mostrarlos se utilizará el precalentador de suspensión de 4 etapas, como se muestra en la figura 54, aunque los principios son válidos para 1 o 2 etapas, hasta 5 o 6 etapas.

La principal función del precalentador es aumentar la temperatura del crudo antes de la entrada en el horno para facilitar el trabajo del mismo. Además, se tiene la ventaja que la transferencia de calor en el precalentador es mucho más eficiente que la transferencia en el horno, con lo cual se aumenta la eficiencia del sistema.

De hecho, la invención del precalentador, por suspensión del crudo en la corriente gaseosa aplicando ciclones para la separación del crudo y los gases dispuestos en 4 etapas o tramos, supuso el desarrollo decisivo de la economía térmica del proceso por vía seca. La mayor eficiencia del sistema se basa en el hecho de que se trabaja con el crudo en suspensión, con lo que se presentan las tres características de los lechos fluidizados siguientes:

- El gran grado de desarrollo superficial del sólido (en este caso, el crudo), menor tamaño de partícula y mayor área de contacto y, por tanto, el área de interacción crudo-gases.
- El alto grado de turbulencia con que se produce la interacción.
- Posibilidad de efectuar el contacto de forma continuada.

5.2. Mantenimiento de equipo

El control de mantenimiento preventivo deberá incluir todos los dispositivos usados para control de peligros en la seguridad del alimento (pantallas, filtros, entradas de aire, imanes, detectores de metal, entre otros).

Esto debe llevarse a cabo de forma que la producción en líneas paralelas no se vea en riesgo de contaminación. Los ajustes temporales no deberán poner en peligro el producto. El programa de mantenimiento se realizará según lo establecido por el fabricante, con los servicios del proveedor que vendió el equipo:

- Cilindro y tuberías de GLP, con una revisión semestral de indicadores de llenado.
- Control diario por control de consumo de combustible.
- Revisión de presión en manómetro por pérdidas de presión en sistema, debidas a posibles fugas, daños en llaves de paso o en el regulador de baja presión.

Estas revisiones se harán de forma interna, por lo cual no se agregará un costo adicional.

Para la determinación de los costos intrínsecos a la implementación de un sistema de combustión como lo es el GLP, debe tomarse en consideración los siguientes aspectos:

- Equipo para implementar el sistema de combustión GLP
- Materiales para mantenimiento
- Lugares de resguardo de las unidades
- Equipo para manejo del GLP a nivel de seguridad

Por ser una empresa que tiene a su disposición un taller propio para el mantenimiento y reparación de equipo de trabajo, se cuenta con equipo de seguridad, lugares adecuados para el resguardo de las unidades, por lo que será necesaria la verificación en lo que respecta a materiales de mantenimiento y equipo para la implementación de la combustión del GLP.

- Causas debidas a la falta de mantenimiento del cilindro y accesorios que se utilizan para el uso del gas GLP.

Se incluyen en este grupo aquellas causas que se derivan por el uso de cilindros oxidados, válvulas viejas, accesorios deficientes que tengan la necesidad de ser cambiadas totalmente, y al no realizarse este cambio o mantenimiento llega a provocar las fugas de gas propano.

5.2.1. Preventivo

Para los sistemas contraincendios y los extintores en el área de descarga, por lo menos una vez al mes. Para el sistema de mangueras, válvulas de alivio y accesorios, por lo menos una vez al año.

Para las válvulas de seguridad e instrumentos de medición de nivel (manómetros, termómetros), por lo menos una vez cada dos años. Para integridad misma del tanque de almacenamiento, por lo menos una vez cada diez años.

5.2.2. Correctivo

Este tipo de mantenimiento se ejecuta al presentarse una falla o evento que necesita la intervención del personal asignado por el área de taller, con el perfecto diseño estructural, incluyendo el análisis de participación del recurso humano, se cree que los mantenimientos correctivos serán casi insignificantes dentro de las operaciones.

5.3. Temperaturas controladas

En el diseño de sistemas centralizados existen dos zonas marcada con diferentes rangos de presión. La primera zona se localiza dentro del recipiente de almacenamiento, en donde el GLP se encuentra licuado, el volumen es estado gaseoso es trescientos cincuenta veces más que el volumen que ocupa en estado líquido.

La presión dentro de los recipientes de almacenamiento varía debido al cambio de temperatura ambiental y a la cantidad de gas almacenado, según se muestra en la tabla siguiente:

Tabla XXIX. **Presiones máxima y mínima en los tanques de almacenamiento de instalaciones centralizadas**

Localidad	Presión manométrica			
	Máxima (85 %)		Mínima (30 %)	
	kPa	Psig	kPa	Psig
A nivel costa	830	120,41	270	39,17

Fuente: elaboración propia.

- Densidad

Dentro del recipiente de almacenamiento de gas GLP, coexisten dos estados de la materia, líquido y gaseoso. En el estado líquido la densidad se considera prácticamente constante y en la fase gaseosa varía de acuerdo a las condiciones de presión y temperatura.

La densidad de los gases y vapores varía considerablemente con la presión. El GLP se conduce por las tuberías hacia los equipos de consumo en estado gaseoso, por lo tanto, si la caída de presión entre dos puntos es grande, las densidades en estos puntos son muy diferentes y viceversa.

Para este modelo de proyecto, la variación de la densidad es más notoria en las líneas de media presión que en las de baja presión, esto se debe a que la presión manométrica inicial en las líneas de media presión es 69,0 KPa, cuando se estima una caída de presión del 10 % se establece que la presión en el extremo final será de 72,0 KPa, esta diferencia de presión entre el punto inicial y final hace que sea apreciable también la variación de la densidad. En las líneas de baja presión manométrica es de 3,0 KPa y se considera el mismo

porcentaje de caída de presión la disminución será de 0,3 KPa por lo que la densidad a lo largo de la tubería permanece prácticamente invariable.

- Viscosidad

Los rangos de presión en las zonas de media y baja presión en el diseño de tuberías de un sistema centralizado de GLP se encuentran bajo el límite mencionado, y el efecto de presión sobre esta propiedad no se considera en los cálculos de este estudio.

5.4. Condiciones ambientales internas

La combustión de un combustible es fundamental para poder determinar los parámetros característicos de su combustión y prever la posible emisión de productos nocivos o contaminantes. De modo genérico, tienen en su composición una serie de elementos químicos que determinan su comportamiento en el proceso de combustión. Estos elementos son los siguientes:

- De modo mayoritario, contienen carbono C e hidrógeno H, sea en forma libre o combinada en forma de hidrocarburos. Son los componentes principales para la obtención de energía térmica.
- Azufre S, bien en forma libre o combinada. Debido a que en su combustión se producen compuestos de efecto perjudicial para el medio ambiente, se exige cada vez más la reducción de su presencia, aunque en ciertos combustibles esto representa una gran dificultad.

- Oxígeno O, bien combinado con el carbono y el hidrogeno o bien presente en estado libre en el combustible.

De acuerdo con la composición química del combustible se puede determinar el poder calorífico del mismo de acuerdo con los calores de formación de sus componentes y las reacciones de combustión que tienen lugar.

5.5. Emisión de gases de combustión

Otro de los aspectos más significativos que se deben tener en cuenta en el momento de elegir una caldera y que hay que considerar es el de la emisión de gases contaminantes. Uno de estos gases contaminante son los óxidos de nitrógeno (NOx), cuya emisión está regulada en Europa por numerosas normativas y disposiciones legislativas.

Una ventaja del diseño de calderas de tres pases de humos es la reducción de la temperatura en la zona de combustión, un factor que favorece la limitación de las emisiones nocivas de óxidos de nitrógeno (NOx). Otro factor muy importante para limitar la emisión de óxidos de nitrógenos es la carga térmica volumétrica de la cámara del hogar de combustión.

5.6. Resultados obtenidos

Se podrán validar luego que la empresa instale el diseño del horno propuesto, además que sea justificado con todos los parámetros establecidos en el desarrollo del presente documento.

La tesis muestra un completo plan de montaje y diseño estratégico el cual permitirá ciertos ajustes en sus precisos momentos antes de ser instalado el horno, el carro de carga, las líneas de recepción de gas, el depósito para el gas, y la zona de carga, junto con el patio de maniobras.

5.6.1. Eficiencia del sistema

Las instalaciones de combustión industrial son grandes consumidores de combustible y energía eléctrica con un gran potencial de mejora de la eficiencia de ahorro.

La tecnología actual permite proponer técnicas de mejora de eficiencia energética a utilizar de forma conjunta o separada, con los cuales el grupo quemador y caldera cumple tres requisitos básicos: elevado rendimiento, reducidas emisiones y seguridad de funcionamiento.

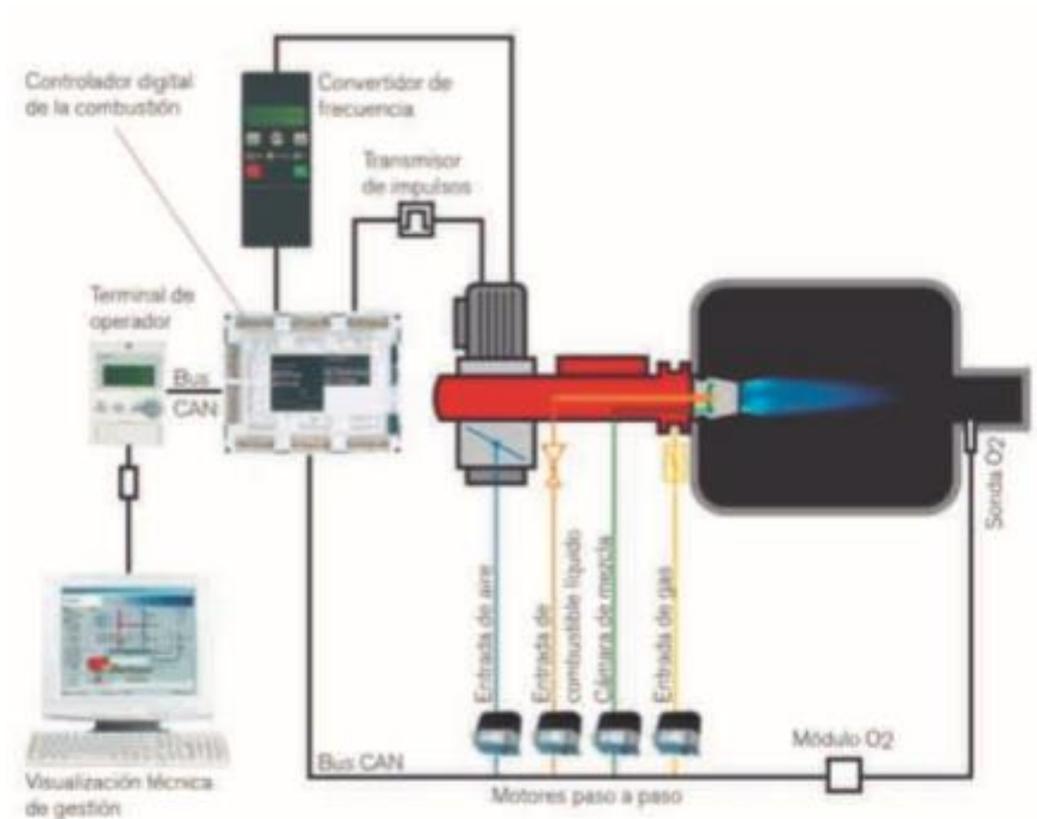
Los actuales equipos de gestión electrónica de la combustión facilitan su aplicación en una gran variedad de instalaciones, con períodos de amortización notablemente inferiores a cinco años, según los casos.

El quemador aporta aire y combustible, y la mezcla de forma adecuada para su correcta combustión. El aire aportado, será superior al teórico para evitar inquemadas, emisiones peligrosas y reducción del rendimiento. El exceso de aire implica pérdidas con los humos de la combustión.

Las técnicas de mejora de la eficiencia y ahorro de energía que actúan sobre el aporte de aire son:

- La modulación del quemador, sin escalones, reduce paradas y pérdidas de disponibilidad.
- La variación de velocidad reduce la energía-eléctrica consumida por el motor del quemador.
- El control en continuo del exceso de oxígeno mejora el rendimiento de la combustión.

Figura 53. **Esquema de principio de un quemador modulante con control digital de la combustión, regulación de velocidad y control de oxígeno**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

5.6.2. Rentabilidad

El VPN es de los métodos más utilizados para la evaluación de proyectos en su rentabilidad. Su representación en una forma sencilla de evaluación considera el flujo de ingresos y egresos esperados en el proyecto, con base en los historiales y modificaciones de los procesos. La relación de ingresos y egresos trasladados al presente, dando un valor positivo, significan un proyecto viable; si fuese al contrario se da muestra de un proyecto no rentable cuya inversión representará pérdidas, considerando el tiempo en el cual se desea realizar la recuperación inicial.

Fórmula 12

$$VPN: \sum \left(\frac{\text{Ingreso Neto}}{(1+i)^n} \right) - \text{Inversión}$$

El valor del análisis obtenido para la ejecución del proyecto, con la cantidad de Q. 165 780,00 en el primer año de operaciones, determina que el proyecto es rentable desde el punto de vista económico, brindando ganancias con respecto a la inversión realizada. Para determinar los cálculos en el primer año de operaciones, ya con el nuevo equipo instalado, debe considerarse que después del primer año (12 meses).

Se debe contar con un saldo a favor, utilizando para estimar el interés la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR = 19,49 %), información proporcionada por el banco de Guatemala, en consulta realizada en enero de 2019. La información requerida de egresos de operaciones y mantenimiento se estima según datos históricos registrados, pudiendo variar según tendencias del mercado nacional.

- Tasa interna de retorno

La conveniencia de una inversión puede evaluarse de diferentes maneras. Una de ellas es el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR). Esta es la tasa máxima de interés de endeudamiento para no tener pérdida del dinero invertido, utilizando como tasa de descuento en cálculo de un VPN que dé como resultado cero. La tasa interna de retorno es un valor real del rendimiento de la inversión, siendo un porcentaje de ganancias netas por cada unidad monetaria invertida.

El proyecto, al determinar el cálculo de la TIR, es de un 23,86 %. Esta tasa es mayor que el porcentaje de descuento utilizado (23,86 % > 19,49 %), por lo que se puede determinar que el proyecto es rentable, ya que la diferencia es de aproximadamente 4 puntos porcentuales, y se deberá considerar un margen de error al momento de realizar los cálculos.

Fórmula 13

$$\text{Inversión inicial} + \text{ingresos esperados} \left(\frac{P}{A}, i, n \right)$$

- Relación beneficio / costo

El indicador resalta que, por cada quetzal de inversión, se obtendrá Q. 1,05298, lo cual determina una rentabilidad, debido a que el criterio de aceptación del indicador es, si $B/C > 1$, proyecto aceptable, si $B/C < 1$, proyecto rechazado.

Por medio del estudio financiero se puede determinar que la inversión representa, de forma general, mejoras en las utilidades de la empresa, por lo cual se debe considerar un plan de seguimiento, garantizando el desempeño en los equipos y determinando en un mediano plazo, algunos cambios para nuevos equipos, permitiendo una tecnificación constante.

5.7. Funcionamiento

Después de haber reclutado y seleccionado a los empleados, el siguiente paso será su orientación y capacitación, lo cual implica proporcionarles la información y las habilidades que necesitan para desempeñar su trabajo en forma debida. El propósito de la inducción será orientado a que el empleado nuevo conozca las actitudes, normas, valores y patrones de conducta que prevalecen y son esperados por la organización y sus departamentos.

Los principales temas que se deben tratar son los que se citan a continuación:

- Entregar un manual o materiales impresos que tratan de asuntos como el horario de trabajo, las revisiones de desempeño, cómo aparece uno en la nómina y las vacaciones, así como un recorrido por las instalaciones.
- Prestaciones de los empleados, las políticas del personal, la rutina diaria de los empleados, la organización y el funcionamiento de la compañía y las medidas y reglamentos de seguridad.

La primera parte de la inducción debe estar a cargo del especialista en personal, quien explica cuestiones como horarios de trabajo y vacaciones. A continuación, el empleado nuevo y su supervisor son presentados.

El supervisor sigue con la inducción, explicando la naturaleza exacta del trabajo, presentando a la persona con sus nuevos compañeros, familiarizando al empleado nuevo con el centro de trabajo y tratando de ayudar a la persona nueva a calmar su nerviosismo del primer día.

5.8. Productividad

En la evaluación de resultados se trabajará en conjunto con los colaboradores que participan en toda la gestión y así tomar las decisiones que puedan servir para corrección o mejora en los factores evaluados, los factores de mayor enfoque e incidencia al análisis serán; el recurso humano, los procedimientos y el programa de implementación de la mejora continua en general. El objetivo principal de la evaluación de resultados será un enfoque basado en el proceso utilizado para optimizar las mejoras continuamente al programa de producción utilizado actualmente. Al realizar la evaluación, se podrá determinar que exista una deficiencia en el programa que será importante que todos los esfuerzos sean dirigidos objetivamente a solucionarla y eliminarla.

Si se llegara a la conclusión de que no existe ningún inconveniente, atraso, o problema de algún área del programa propuesto se deberá enfocar todos los esfuerzos en la búsqueda de oportunidades que puedan mejorar el sistema. Las utilidades de herramientas administrativas son de suma importancia y servirán de apoyo para la evaluación y toma de decisiones del sistema de administración, programación y ejecución, entre algunas se pueden proponer: reuniones gerenciales, diagramas estadísticos, diagramas de problemas, FODA, histogramas, entre otros.

- Informe de resultados

Para el control adecuado y sistemático, logrando evolucionarlo al siguiente nivel de perfección, se plantea el uso de un modelo conocido KAIZEN, siendo este un modelo internacional enfocado en la mejora continua dentro de industria, empresa y sus componentes sensibles haciendo un vínculo armónico y proactivo.

El sistema KAIZEN, de origen japonés surgió ante la necesidad de la una nación de lograr superarse de forma que pudiese equipar con potencias industriales a Occidente, quienes mantenían el monopolio industrial a nivel mundial. La esencia de la dirección de la calidad es la mejora continua. En este sentido, el término Kaizen significa mejora continua, involucrando a todos los niveles de la jerarquía organizacional 11. Las mejoras en las organizaciones pueden tener su origen en dos tipos de cambios incrementales (Kaizen), o bruscos (innovación).

Los cambios estructurales son originados por el entorno empresarial o bien por una anticipación a los mismos. El Kaizen constituye un esfuerzo permanente de efectos acumulativos porque no se trata únicamente de la sostenibilidad, se trata también de la mejora y actualización ininterrumpida de los estándares de desempeño, requiriendo el esfuerzo individual de todo el personal de la organización y la suma de dichos esfuerzos. Las características de éste sistema permiten su implementación en cualquier parte de la cadena de servicio o área de la empresa.

La organización debe mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad mediante el uso de la política de la calidad, los objetivos

de la calidad, los resultados de las auditorias, el análisis de datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión por la dirección.

- Norma ISO 9001:2015

La filosofía Kaizen, establece como uno de sus principios, el reconocimiento de la necesidad de mejora. Sin tal reconocimiento cualquier intento de implementación de una nueva técnica o procedimiento dentro de la organización, se convertirá en una lucha entre las diferentes áreas y niveles. La esencia de las prácticas administrativas para el mejoramiento de la productividad y mejores niveles de calidad en los procesos radica en la implementación de diversas herramientas que se enmarquen en la filosofía Kaizen, como lo son la Calidad Total, el mantenimiento productivo total (TPM).

El director de Calidad debe revisar al menos una vez al año el Sistema de Calidad para asegurar que éste es adecuado y efectivo, estas revisiones se enfocan principalmente en las desviaciones de los resultados que se relacionan con:

Figura 54. **Variables que desvían posiblemente los resultados**



Fuente: elaboración propia.

5.9. Acciones correctivas

Las acciones correctoras son establecidas por el responsable del Departamento afectado, si afecta al Manual de Calidad lo hará conjuntamente con el director de Calidad. Asimismo, el responsable de implantar la acción correctora (director del Departamento), definirá cual es el período para su implantación y cierre, realizará el seguimiento de la misma, y pasará una copia de la documentación al Encargado de Supervisión (en quien delega el director de Calidad) para su conocimiento.

Cuando el director de Calidad lo considere oportuno, las acciones correctoras se definirán en el seno de las reuniones de calidad que periódicamente se celebran (cada seis meses).

Asimismo, en dichas reuniones se revisará el estado de implantación y eficacia de las acciones correctoras en marcha, en base a un Informe que presentará el director de Calidad o el Encargado de Supervisión en el cual se describirá la No Conformidad, las causas, las acciones correctoras propuestas, las fechas de implantación y las firmas de las personas que han intervenido en el establecimiento.

Tabla XXX. **Puntos críticos en las acciones correctivas**

Descripción	
•	Antecedentes
•	Descripción de la no conformidad
•	Causas de la no conformidad
•	Acción correctiva propuesta
•	Responsable de la implantación de dicha acción
•	Seguimiento y cierre de la acción correctiva

Fuente: elaboración propia.

Se reserva en este informe un espacio en el cual se indicará la comprobación por parte del Departamento de Calidad de la implantación de la acción correctora, la firma del responsable del Departamento afectado y la fecha en que se ha llevado a cabo. El Encargado de Supervisión o directamente el director de Calidad será responsable del cierre de cualquier acción correctora, para ello, previamente deberá comprobar la efectividad de dicha acción.

Tabla XXXI. **Atributos del responsable de calidad**

Descripción	
•	Comprobando que tras el periodo de implantación no han aparecido las mismas No Conformidades que originaron la acción correctora.
•	Comprobando que las No Conformidades que originaron la acción correctora se han subsanado.

Fuente: elaboración propia.

- Archivo de acciones correctivas

El Encargado de Supervisión es también responsable de registrar la acción correctora, de realizar el seguimiento durante la implantación de la misma y de cerrarla, cuando proceda.

Tabla XXXII. **Personal responsable de supervisión**

ITEM	DESCRIPCIÓN
Director de calidad	Como responsable del conocimiento de cualquier acción correctora.
Responsable de alguna actividad o departamento afectado.	Como parte de la implantación de la acción correctora.

Fuente: elaboración propia.

Todas las acciones correctoras deben ser controladas y archivadas por el Departamento de Calidad.

CONCLUSIONES

1. Podría ser posible la estandarización del procedimiento de servicio, entregando a los involucrados un proceso documentado para facilitar y mejorar su aplicación; implementando también los medidores correspondientes para el análisis de las etapas críticas del procedimiento.
2. Con la utilización del procedimiento de servicio estandarizado y los controles de calidad, será posible una importante reducción de la cantidad de reclamos y reprocesos, mejorando directamente la satisfacción de los clientes.
3. Los costos de no calidad generados por el índice de reclamos y reprocesos, se lograrán disminuir obteniendo una diferencia a favor; obteniendo una reducción del 10 % de los costos iniciales de no calidad generados por los altos volúmenes de rechazos.
4. Los tiempos o periodos de cada una de las tareas se levantaron de acuerdo a las especificaciones de fabricante, ello permite tener la visualización de cada una de las tareas en un tiempo determinado, por ejemplo, se puede tener el alcance de solicitar los tiempos de paro con anticipación para el desarrollo de cada tarea.

5. Con el desarrollo de procedimientos se podrá tener un programa de capacitaciones para los técnicos de reciente ingreso o bien realicen un cambio dentro de la operación con el uso de los manuales y con la práctica de los técnicos con mayor antigüedad.
6. Para maximizar las utilidades de la empresa, se debe tener control de calidad en producto terminado dado que un alto porcentaje de devoluciones podría impedir que la empresa se expanda su catálogo de productos u ofertas.
7. Para aumentar la eficiencia se realiza la propuesta de reducción de merma a por medio de la utilización de indicadores de gestión, así como el diseño de hojas de control para los procesos producción.

RECOMENDACIONES

1. Deberá ser constante y exhaustivo el medio en que los procedimientos sean comunicados y explicados a los operadores que interactúan con los equipos industriales, la estrategia inmediata será crear una capacitación que deberá ser impartida por el personal idóneo.
2. Sensibilizar al personal administrativo y operativo respecto a los efectos económicos para la empresa y perjudiciales para el medio ambiente, ocasionados por los procesos poco ecológicos e ineficientes.
3. Se deberá promover el seguimiento al programa de capacitación y será necesario contar con un taller permanente de procesos, en el cual se instruya a los empleados de primer ingreso, se capacite al personal antiguo, se impartan talleres sobre los nuevos o mejorados métodos en los procesos, así como en el uso de maquinaria nueva.
4. Todas las personas que intervienen en la manipulación de sustancias o preparaciones peligrosas, deben disponer de instrucciones escritas sobre las propiedades y riesgos de los productos químicos. Esta información debe estar disponible en el lugar de trabajo, en un área de fácil acceso o en cada uno de los productos. Todos los recipientes y embalajes que contengan productos químicos en el lugar de trabajo sean pequeños o grandes, deben llevar la etiqueta de advertencia correspondiente, claramente comprensible.

5. Programar las etapas de capacitaciones para todo el recurso humano, donde se puedan segmentar cuadrillas de grupos no mayores o menores de 5 personas idealmente.

6. Lo supervisores y encargados deben reunirse periódicamente con su personal a cargo, para conocer sus inquietudes, recomendaciones o inconformidades, respecto a la metodología y política de calidad utilizada, para mantener la comunicación y un ambiente agradable de trabajo, para no poner en riesgo la satisfacción de los clientes.

7. Los supervisores y encargados deben asegurarse que el personal tenga en todo momento los procesos documentados y estandarizados que le fueron entregados al alcance y en su lugar de trabajo. Prohibiendo que estos sean llevados a sus casas u otro lugar ajeno a las instalaciones del taller, ya que esto garantizará su utilización y reducirá el riesgo de un reproceso

BIBLIOGRAFÍA

1. ASME BPVC.VIII-2015 The American Society of Mechanical Engineers. *Manual de fabricación para tanques de alta presión*. [en línea]. <https://www.techstreet.com/publishers/asme?sid=goog&_bt=228437288394&_bk=asme&_bm=e&_bn=g&_bg=2688473022&gclid=Cj0KCQjw2NyFBhDoARIsAMtHtZ7VTIdi6ALqngenPLvm7KkvezCiZrQpxe0muH7uzkyVXK8e6hc99p4aAnY5EALw_wcB>. [Consulta: septiembre de 2019].
2. ASME BPVC.XII-2015. *Manual de fabricación para tanques de transporte a alta presión, capítulo XII*. Estados Unidos: ASME, 250 p.
3. FERRÍN GUTIÉRREZ, Arturo. *Gestión de stock en la logística de almacenes*. 2a ed. Madrid, España: Fundación CONFEMETAL, 2007. 211 p. ISBN 978-84-96743-38-0.
4. GURU, Weld. *Guide to the mechanical properties of metal*. [en línea]. <www.weldguru.com>. [Consulta: septiembre de 2019].
5. KOONTS, Harold., WEIHRICH, Heinz; CANNICE, Mark. *Administración: una perspectiva global y empresaria*. 13a ed. México: McGraw-Hill, 2008. 667 p. ISBN 970-103-949-1.
6. LANDY, Frank. y CONTE, Jeffrey. *Psicología industrial*. México: McGraw-Hill, 2005. 680 p.

7. MATERIA, Tomas. *Curvas de relevo de esfuerzos aceros SA-516 grado 70 y SA 612*. [en línea]. <www.nptel.ac.in>. [Consulta: septiembre de 2019].
8. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala. *Decreto Número 90-97 Código de Salud*. [en línea]. <http://www.mspas.gob.gt/index.php/component/jdownloads/send/9-numeral6manuales-de-procedimientos/64-codigodesalud?option=com_jdownloads>. [Consulta: septiembre de 2019].
9. PAIN, Abraham. *Cómo realizar un proyecto de capacitación: un enfoque de la ingeniería de la capacitación*. Argentina: Granica, 1989. 205 p.
10. TENNANT, Geoff. *Six Sigma, control estadístico del proceso y administración total de la calidad en manufactura y servicios*. 3a ed. México: Panorama Editorial, 2007. 238 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Ficha de seguimiento para acciones correctivas y preventivas**

	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Ma. Pr. 9
	ACCIONES CORRECTOR. Y PREVENTIVAS PR-9	Revisión: 0
		Página 8 de 9

FORMATO INFORME DE ACCION CORRECTORA Y/O PREVENTIVA N° ____
--

CODIGO: _____
ANTECEDENTES
DESCRIPCION
CAUSAS
ACCION CORRECTORA/PREVENTIVA PROPUESTA
RESPONSABLE DE IMPLANTACION
PLAZO DE IMPLANTACION

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Ficha de recepción y trabajos en bodega**

BODEGA		FII								
EQUIPO:		PROP.	TRABAJO A REALIZAR:							
SERIE:										
MODELO			RESPONSABLE:							
		AUTORIZO:								
	INICIO		FIN		DIESEL		ODOMETRO		HOROMETRO	
UBICACION	FECHA	HORA	FECHA	HORA	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN
OFICINA										
PROYECTO										
ORDEN DE TRABAJO:										
DETALLE DEL TRABAJO _____										
EQUIPO NECESARIO:										
TAREAS A EJECUTAR: _____										
MATERIAL A UTILIZAR: _____										
TRABAJO EXTERNO A REALIZAR: _____										
NOTA: ME COMPROMETO A REALIZAR EL TRABAJO, DE LA FORMA MAS RESPONSABLE Y PROFESIONAL POSIBLE, YA QUE EL RESULTADO DE UN MAL TRABAJO PODRIA INCURRIR EN ALGUN ACCIDENTE INDUSTRIAL. LAS OBSERVACIONES SERAN ANOTADAS EN LA PARTE POSTERIOR DE LA PRESENTE PAGINA.										
NOMBRE, DPI, PERSONA RESPONSABLE QUE SUPERVISO LA ORDEN DE TRABAJO REALIZADA.										
FIRMA:										

Fuente: elaboración propia.

