



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD MECÁNICA**  
**CARRERA MECÁNICA**

**“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL  
TRATAMIENTO METÁLICO DE UNA ENSAMBLADORA DE  
AUTOS EN LA CIUDAD DE AMBATO.”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**AUTOR:**

**KEVIN ENRIQUE LLIGUAY INCA**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD MECÁNICA**  
**CARRERA MECÁNICA**

**“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL  
TRATAMIENTO METÁLICO DE UNA ENSAMBLADORA DE  
AUTOS EN LA CIUDAD DE AMBATO.”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**AUTOR:** KEVIN ENRIQUE LLIGUAY INCA

**DIRECTOR:** Ing. JUAN PABLO CHUQUIN VASCO

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Kevin Enrique Lliguay Inca

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Kevin Enrique Lliguay Inca, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados obtenidos son auténticos. Los escritos y textos en el presente documento que provienen de otras fuentes están citadas y referenciadas.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 29 de noviembre de 2022



**Kevin Enrique Lliguay Inca**

**180476311-6**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD MECÁNICA**

**CARRERA MECÁNICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico, **REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL TRATAMIENTO METÁLICO DE UNA ENSAMBLADORA DE AUTOS EN LA CIUDAD DE AMBATO**, realizado por: **KEVIN ENRIQUE LLIGUAY INCA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-11-29
Ing. Juan Pablo Chuquín Vasco <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-11-29
Ing. Lidia del Rocío Castro Cepeda <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-11-29

## **DEDICATORIA**

Dedico primero Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida, por mantenernos con vida a toda mi familia, por guiarnos y protegernos día a día.

Dedico este trabajo a toda mi familia por el apoyo brindado durante este proceso de formación, especialmente lo dedico a mis padres por todo su esfuerzo y constancia brindado en mi proceso, por las malas noches de trabajo y estudio a su lado y la comprensión en los momentos más difíciles.

Dedico este trabajo a mis hermanas como fuente de inspiración y constancia, lo dedico a mis abuelitos que con sus palabras de apoyo y aliento me dieron fuerzas para seguir en este proceso.

Kevin

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primero a Dios por permitirme culminar este proceso, agradezco infinitamente a la virgencita del Cisne por mantener con vida a toda mi familia y guiarme en este proceso.

Agradezco a todos mis familiares y en especial a mis padres por su apoyo y comprensión en este proceso de formación, por comprenderme y levantarme en cada caída.

Agradezco a mis abuelitos Enrique, Ernestina y Angelita por guiarme por el camino del bien, la constancia y la perseverancia, agradezco a mi abuelito Mateo (+) que siempre me guía y protege desde el cielo.

Agradezco a mis amigos, compañeros y futuros colegas por las malas noches de estudio y diversión, momentos que siempre los llevaré en el corazón.

Kevin

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
SUMMARY .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....	2
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Delimitación .....	4
1.3. Formulación del problema.....	4
1.4. Objetivos .....	5
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	5
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	5

### CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
2.1. Caldera.....	6
2.1.1. <i>Partes de una caldera</i> .....	6
2.1.2. <i>Tipos de calderas</i> .....	7
2.1.3. <i>Fases de líquido en una caldera</i> .....	7
2.1.4. <i>Eficiencia de una caldera</i> .....	8
2.2. Bombas centrífugas .....	10
2.2.1. <i>Curva resistente del sistema</i> .....	10
2.2.2. <i>Selección de una bomba centrífuga</i> .....	17
2.2.3. <i>NPSH</i> .....	20

2.3.	Norma ASME B31.3.....	22
2.4.	Perdidas de calor .....	23
2.5.	Ruteo de tuberías.....	25
2.5.1.	<i>Diagramas de procesos e instrumentos (P&amp;ID)</i> .....	25
2.5.2.	<i>Diseño 3D de equipos y tuberías.</i> .....	26
2.6.	Software DWSIM .....	26

### CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO .....	28
3.1.	Ingeniería inversa del sistema de calentamiento .....	28
3.1.1.	<i>Caudal del sistema</i> .....	28
3.1.2.	<i>Curva resistente del sistema</i> .....	29
3.1.3.	<i>Bomba actual</i> .....	31
3.1.4.	<i>Punto de funcionamiento del sistema</i> .....	33
3.1.5.	<i>Temperaturas del proceso</i> .....	33
3.1.6.	<i>Calor necesario en el proceso</i> .....	35
3.1.7.	<i>Caldera actual</i> .....	35
3.1.8.	<i>Modelado 3D</i> .....	40
3.1.9.	<i>Diseño actual</i> .....	42
3.2.	Diseño de la nueva tubería .....	43
3.2.1.	<i>Ramificación del sistema</i> .....	43
3.2.2.	<i>Selección de accesorios, tubería y derivaciones.</i> .....	43
3.2.3.	<i>Aplicación de norma ASME B31.3</i> .....	47
3.2.4.	<i>Cálculos del nuevo sistema</i> .....	49
3.3.	Simulación.....	52
3.3.1.	<i>Ingreso de datos en Software</i> .....	52
3.3.2.	<i>Pérdidas de presión en el sistema</i> .....	55
3.3.3.	<i>Pérdidas de calor en la tubería</i> .....	56
3.4.	Lista de materiales.....	57

### CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>58</b>
<b>4.1.</b>	<b>Ingeniería inversa .....</b>	<b>58</b>
<b>4.1.1.</b>	<i>Caudal del sistema .....</i>	<i>58</i>
<b>4.1.2.</b>	<i>Curva resistente .....</i>	<i>59</i>
<b>4.1.3.</b>	<i>Punto de funcionamiento .....</i>	<i>63</i>
<b>4.1.4.</b>	<i>Temperatura del proceso .....</i>	<i>63</i>
<b>4.1.5.</b>	<i>Eficiencia de la caldera actual .....</i>	<i>64</i>
<b>4.1.6.</b>	<i>Calor necesario en el sistema .....</i>	<i>65</i>
<b>4.1.7.</b>	<i>Modelado 3D en AutoCAD Plant 3D .....</i>	<i>66</i>
<b>4.2.</b>	<b>Diseño de tubería .....</b>	<b>68</b>
<b>4.2.1.</b>	<i>Ramificación del sistema .....</i>	<i>68</i>
<b>4.2.2.</b>	<i>Selección de accesorios .....</i>	<i>68</i>
<b>4.2.3.</b>	<i>Aplicación de norma ASME B31.3 .....</i>	<i>70</i>
<b>4.2.4.</b>	<i>Curva resistente .....</i>	<i>71</i>
<b>4.2.5.</b>	<i>Selección de la nueva bomba. ....</i>	<i>74</i>
<b>4.2.6.</b>	<i>Eficiencia de la bomba .....</i>	<i>79</i>
<b>4.2.7.</b>	<i>Eficiencia en la caldera .....</i>	<i>79</i>
<b>4.2.8.</b>	<i>Pérdidas de calor en tubería.....</i>	<i>81</i>
<b>4.3.</b>	<b>Simulación.....</b>	<b>83</b>
<b>4.3.1.</b>	<i>Pérdidas de presión.....</i>	<i>83</i>
<b>4.3.2.</b>	<i>Pérdidas de calor .....</i>	<i>87</i>
<b>4.4.</b>	<b>Lista de materiales para repotenciación .....</b>	<b>88</b>
<b>4.5.</b>	<b>Propuesta del sistema de calentamiento .....</b>	<b>90</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>91</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>92</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Métodos para calcular la eficiencia en una caldera. ....	10
<b>Tabla 2-2:</b> Resistencia de válvulas y accesorios en longitud equivalente sobre el diámetro. ....	14
<b>Tabla 3-2:</b> Factor de fricción en tubería con cedula 40. ....	15
<b>Tabla 4-2:</b> Presión de vapor y carga de presión de vapor en agua. ....	22
<b>Tabla 1-3:</b> Propiedades del agua según su temperatura. ....	30
<b>Tabla 2-3:</b> Rugosidades de materiales para tuberías. ....	31
<b>Tabla 3-3:</b> Puntos de funcionamiento de la bomba. ....	32
<b>Tabla 4-3:</b> Datos técnicos de quemadores RIELLO, modelo 70,100 y 130. ....	38
<b>Tabla 5-3:</b> Flujo de combustible con boquillas. ....	39
<b>Tabla 6-3:</b> Propiedades de agua saturada. ....	40
<b>Tabla 7-3:</b> Servicios más utilizados en la industria petrolera. ....	43
<b>Tabla 8-3:</b> Clase ANSI según temperatura. ....	44
<b>Tabla 9-3:</b> Especificaciones según Rating y servicio. ....	44
<b>Tabla 10-3:</b> Derivaciones en tuberías. ....	45
<b>Tabla 11-3:</b> Datos de la especificación "A", ANSI 150#. ....	46
<b>Tabla 12-3:</b> Soldadura longitudinal factor E. ....	48
<b>Tabla 13-3:</b> Factor de resistencia en la junta sodada. ....	48
<b>Tabla 14-3:</b> Valores de coeficiente Y. ....	49
<b>Tabla 1-4:</b> Coeficiente K, sistema actual. ....	59
<b>Tabla 2-4:</b> Datos para curva resístete del sistema actual. ....	61
<b>Tabla 3-4:</b> Sumatoria de coeficiente de pérdidas por accesorios, nuevo sistema. ....	72
<b>Tabla 4-4:</b> Datos para graficas la curva resistente, nuevo sistema. ....	72
<b>Tabla 5-4:</b> Sumatoria de pérdidas por accesorios antes de la bomba, sistema nuevo. ....	77
<b>Tabla 6-4:</b> Sumatoria coeficiente K primera etapa. ....	84
<b>Tabla 7-4:</b> Comparación de la simulación y cálculos (perdidas por presión), Sistema actual. ....	85
<b>Tabla 8-4:</b> Comparación de las pérdidas por presión en la propuesta del sistema. ....	86
<b>Tabla 9-4:</b> Pérdidas de calor en la simulación, sistema nuevo. ....	88
<b>Tabla 10-4:</b> Lista de materiales completa para la propuesta de repotenciación. ....	89
<b>Tabla 11-4:</b> Equipos y materiales por cambiar. ....	90

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b> Generador de vapor, vista exterior. ....	7
<b>Ilustración 2-2:</b> Representación gráfica de la ecuación general de la energía. ....	12
<b>Ilustración 3-2:</b> Representación de curva resistente del sistema. ....	16
<b>Ilustración 4-2:</b> Gráfico de cuadrícula que informan el modelo de bomba y el caudal de cada bomba. ....	17
<b>Ilustración 5-2:</b> Punto de operación de una bomba. ....	18
<b>Ilustración 6-2:</b> Rendimiento óptimo de una bomba. ....	19
<b>Ilustración 7-2:</b> Desempeño de dos bombas en serie. ....	19
<b>Ilustración 8-2:</b> Desempeño de dos bombas en paralelo. ....	20
<b>Ilustración 9-2:</b> Curva de rendimiento bomba Grundfos CR. ....	21
<b>Ilustración 10-2:</b> Esquema para el cálculo de pérdida de calor en tubería. ....	23
<b>Ilustración 11-2:</b> Diagrama P&ID. ....	25
<b>Ilustración 12-2:</b> Ejemplo de diseño 3D. ....	26
<b>Ilustración 13-2:</b> Ejemplo de proceso en el Software DWSIM. ....	27
<b>Ilustración 1-3:</b> Bomba actual. ....	32
<b>Ilustración 2-3:</b> Curva de la bomba actual. ....	33
<b>Ilustración 3-3:</b> Toma de temperatura a la salida de la caldera. ....	34
<b>Ilustración 4-3:</b> Reporte de la cámara termográfica. ....	34
<b>Ilustración 5-3:</b> Caldera actual. ....	35
<b>Ilustración 6-3:</b> Quemador actual marca RIELLO RL-100. ....	37
<b>Ilustración 7-3:</b> Malla (Grid) para dibujar en AutoCAD Plant 3D. ....	41
<b>Ilustración 8-3:</b> Diagrama P&ID del proceso. ....	41
<b>Ilustración 9-3:</b> Tuberías de succión y retorno. ....	42
<b>Ilustración 10-3:</b> Valores de S distintos materiales. ....	47
<b>Ilustración 11-3:</b> Datos de la caldera actual en simulación. ....	53
<b>Ilustración 12-3:</b> Datos de tubería con sus accesorios simulación. ....	53
<b>Ilustración 13-3:</b> Representación y datos de la Cuba con su tubería simulación. ....	54
<b>Ilustración 14-3:</b> Esquema completo del sistema actual simulación. ....	54
<b>Ilustración 15-3:</b> Representación de derivaciones en la propuesta del sistema. ....	55
<b>Ilustración 16-3:</b> Esquema de la propuesta del sistema de calentamiento. ....	55
<b>Ilustración 17-3:</b> Plano isométrico y lista de materiales. ....	57

<b>Ilustración 1-4:</b> Curva resistente del sistema actual. ....	62
<b>Ilustración 2-4:</b> Punto de funcionamiento del sistema actual. ....	63
<b>Ilustración 3-4:</b> Modelado de tuberías y equipos en AutoCAD Plant 3D. ....	66
<b>Ilustración 4-4:</b> Modelado del ingreso de tuberías a la Cuba 5. ....	67
<b>Ilustración 5-4:</b> Modelado de tuberías a Cuba 1 y 2. ....	67
<b>Ilustración 6-4:</b> Ramificación de tubería del sistema. ....	68
<b>Ilustración 7-4:</b> Curva resistente del nuevo sistema. ....	73
<b>Ilustración 8-4:</b> Curvas de desempeño de bombas Grundfos CR. ....	74
<b>Ilustración 9-4:</b> Curva de desempeño bombas clase CR-90. ....	75
<b>Ilustración 10-4:</b> Punto de funcionamiento del nuevo sistema. ....	76
<b>Ilustración 11-4:</b> Curva para el NPSH de la bomba CR-90. ....	78
<b>Ilustración 12-4:</b> Curva para la eficiencia de la bomba CR-90. ....	79
<b>Ilustración 13-4:</b> Resultados de simulación en la primera etapa. ....	85
<b>Ilustración 14-4:</b> Pérdidas de calor en la tubería. ....	87

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** DIAGRAMA DE MUDDY.

**ANEXO B:** TABLA DE RESISTENCIA PARA MATERIALES DE TUBERÍA.

**ANEXO C:** PROPIEDADES DE METALES SOLIDOS

**ANEXO D:** PROPIEDADES DE AGUA SATURADA

**ANEXO E:** PROPIEDADES DE MATERIALES NO METÁLICOS.

**ANEXO F:** PROPIEDADES DE MATERIALES ASME B31.3

**ANEXO G:** DIAGRAMA P&ID DEL SISTEMA.

**ANEXO H:** REPORTES DE CÁMARA TERMOGRÁFICA.

**ANEXO I:** PLANOS ISOMÉTRICOS.

**ANEXO J:** PLANOS Y VISTAS GENERALES.

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue repotenciar el sistema de calentamiento para el proceso metálico de una ensambladora de autos en la ciudad de Ambato por lo que primero se realizó ingeniería inversa en todo el proceso, siguiendo con la validación de los datos obtenidos y el diseño de un nuevo sistema de tuberías para abastecer las exigencias y demandas de la empresa. El levantamiento de todo el sistema se realizó con ayuda de la toma de datos, y el diseño mediante el software AutoCAD Plant 3D para visualizar de mejor manera todas las líneas de tubería del proceso. Se identificó el problema del sistema y se propuso una mejora del sistema. Con respecto al nuevo proceso, primero se diseñó las tuberías bajo la norma ASME B31.3, se preseleccionó los accesorios y equipos mediante bibliografía, se simuló todo el proceso en el software DWSIM, que es de licencia gratuita teniendo en cuenta todo el perfil hidráulico del sistema, se comparó con cálculos realizados con un proceso manual y finalmente se obtuvo una lista de materiales para la repotenciación, así como también los planos isométricos para la construcción del nuevo sistema. Mediante ingeniería inversa se calculó el caudal actual del sistema es cual es de 34 m<sup>3</sup>/h y la eficiencia térmica del sistema 58.3%, se simuló el proceso empleando DWSIM y al comparar los datos de simulación con los calculados manualmente los errores son menores al 3%. Se concluye que con la repotenciación se satisface los 3 procesos necesarios en el sistema de calentamiento, aumentado la eficiencia general del proceso en un 17%, cambiando la bomba, caldera y tuberías del proceso. Se recomienda realizar un inventario disminuyendo así el costo de la repotenciación del sistema de calentamiento.

Palabras clave: <REPOTENCIACIÓN>, <EFICIENCIA TÉRMICA>, <DISEÑO DE TUBERÍAS>, <SIMULACIÓN (DWSIM)>, <DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTOS (P&ID)>, <SELECCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA>, <CALDERAS>.

2454-DBRA-UPT-2022



## SUMMARY

The objective of this technical project was to study the effect on wear of the materials used in the gears of a geared motor through visual inspection to find the combination of crown and worm with the best performance against the phenomenon. The selection of the materials was carried out referring to the traditional and graphic method with which it was possible to define the materials, later the hardness and microstructure of the commercially distributed material were evaluated prior to the construction of the elements. Once the evaluation stage of the base material was completed, the construction process continued where data collection and design parameters were developed under which the important geometric relationships of the elements would be determined, culminating in obtaining detail plans, process sheets and the construction of the gears as such. In addition, external evaluations were carried out to verify an increase in surface hardness after the application of heat treatments. The elements were finally assembled on the test bench to be subjected to extreme loads with which accelerated superficial damage is achieved, visual inspection methods were applied where the characterization of the phenomenon of wear of the elements was sought, recognizing the failure mode and applying the linear, gravimetric and volumetric methods. The work ended in the extraction of specimens for the analysis of the depth of the heat treatment. It is concluded that, among the thermally treated steels for the purpose of obtaining results, the ones with the best behavior would be those contributed superficially with a carbonitriding process. It is recommended to develop contributions and analysis of elements with materials other than steel or combined elements, work with the selection of lubricants and make durability projections of the elements.

Keywords: <SURFACE HARDENING> <GEARS> <GEARED MOTOR> <HEAT TREATMENT> <TEST BENCH>.



Lic. Luis Francisco Mantilla Cabrera Mgs.

CI: 0603747809

## **INTRODUCCIÓN**

CIAUTO es una empresa ensambladora de autos chinos, especialmente de la marca Great Wall, su alta aceptación al público trae consigo el aumento en la producción de vehículos y por ende exige una sobreproducción en sus máquinas.

El proceso de transferencia de calor es fundamental para preparar la estructura de los autos, ya que debe tener una temperatura constante en las tinas que se sumergen las estructuras, el calor es transferido por medio de una red de tuberías, que son calentadas por una caldera e impulsadas por una bomba. Una mayor producción sobrepasa las condiciones de los equipos y conlleva a que el proceso sea ineficiente, por lo que se realiza una repotenciación del sistema de calentamiento y así satisfacer las necesidades y problemas de la empresa.

La repotenciación ha cumplido papeles fundamentales a lo largo de la historia, ayuda a mejorar algún proceso y hacerlo más eficiente, arrojando como resultado procesos más fiables, rápidos y con un menor consumo de energía. Los rápidos avances tecnológicos, dejan a las máquinas obsoletas, por lo que la repotenciación es una solución más rápida, fiable y económica a diferencia de comprar o construir una máquina nueva.

Para satisfacer las necesidades de la empresa, se realiza la repotenciación del sistema, pero no sin antes realizar un levantamiento y toma de datos de todo el proceso existente, se evalúa y se calcula las eficiencias del sistema actual. Con ayuda de los softwares AutoCAD Plant 3D y DWSIM, se realizan los diseños de tuberías y equipos, siguiendo con la validación de todos los cálculos térmicos e hidráulicos del sistema, y finalmente se obtiene una lista de materiales. Una vez descubierto cuales son los equipos ineficientes, se realiza un nuevo diseño de equipos y de tuberías que son bajo la norma ASME B31.3, se calculan las nuevas eficiencias de la repotenciación, se validan los datos por medio de simulación y finalmente se obtienen planos representativos en los que muestra los materiales y equipos a emplearse.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes

Una repotenciación se implementa con el fin de mejorar algún proceso, o método de fabricación que involucre una máquina o sistema de máquinas para mejorar dicho proceso. Su objetivo principal es obtener resultados superiores o similares, pero con una mayor fiabilidad que se producía con el estado inicial de la máquina. Se emplean recursos actuales como los metodológicos y tecnológicos. Consiste en determinar todas las zonas con criticidad elevada, siguiendo con su análisis y al final proponer soluciones que sean prácticas asegurando su correcto funcionamiento al igual que su funcionabilidad y sin descuidar el lado económico (Tisalema, 2012, p. 50).

En la industria es indispensable el ahorro y la eficiencia energética, puesto que un mayor consumo de energía significa pérdidas económicas para la empresa. La repotenciación es fundamental para los equipos que se encuentran desactualizados, como por ejemplo en España, la industria sufre transformaciones y surge la necesidad de actualizar los equipos, lo hacen implementando control automático como lo es el PLC, que permite controlar y gestionar los procesos, teniendo como objetivo aumentar la eficiencia, mejorar el ahorro económico y reducir el impacto ambiental (González, 2021, p. 75).

El compendio de investigaciones recientes muestra el método que permite encontrar los parámetros térmicos que describe el tipo de caldera y con ellos calcular la eficiencia de la caldera. La eficiencia se resume en la división de los calores transferidos en el proceso y el calor generado por la combustión del quemador, para calcular cada uno de ellos, la investigación muestra la secuencia de cálculo y recolección de datos pertinentes para cada una, calculando así desde una forma específica a una general como es el coeficiente global de transferencia de calor. La geometría de la caldera es fundamental para el cálculo, puesto que es el área de transferencia de calor, siendo más específicos, las dimensiones y el número de los tubos interiores (Valarezo et al., 2018, p. 3572).

Una variable importante al momento de llevar a cabo una repotenciación son los cálculos realizados o los valores para los que se diseñó un equipo o sistema, por ende, al realizar un balance térmico en una caldera es necesario tomar todos los datos cuando el equipo se encuentra operando y en

condiciones estables, es decir, sin presentar variaciones en su funcionamiento. El balance térmico se refiere a los cálculos necesarios para cuantificar la distribución de energía en el proceso de la combustión, la misma que se divide en la entregada al vapor o agua de descarga, las pérdidas por la chimenea y otras pérdidas indirectas. La investigación presenta ecuaciones de cálculo para el balance térmico, empleando fundamentalmente los calores útiles entregado al vapor de descarga de la caldera y perdido o rechazado al ambiente (E. Morales, 2010, p. 1).

Según (Cárdenas, 2017, p. 70), en su investigación titulada "Diseño de un horno acuotubular para la repotenciación de una caldera pirotubular", señala que la repotenciación es fundamental para mejorar un proceso o a su vez optimizarlo y hacerlo más eficiente, logrando reducir las emisiones y aumentando la transferencia de calor, esto dependiendo de cuál es el área o método de repotenciación, esta investigación, diseña un horno acuotubular que aumenta la capacidad de transferencia de calor y también facilita el mantenimiento debido a su geometría simplificada.

A nivel nacional una repotenciación se llevó a cabo en la planta de lácteos, ubicada en Tunshi, sector de la ciudad de Riobamba, perteneciente a la ESPOCH, en la que se realizó la mejora del caldero con respecto al rendimiento y funcionamiento de un equipo existente, cumpliendo así el objetivo de agilizar y facilitar de cierta manera los distintos procesos de producción de los derivados lácteos, teniendo en cuenta también las tuberías que componen todo el proceso de producción (Gavilanes, 2018, p. 64).

## **1.2. Delimitación**

El presente proyecto propone una repotenciación del sistema de calentamiento para el tratamiento metálico en la ensambladora de autos CIAUTO Cía. Ltda., rediseñando las líneas de tubería, selección y cálculo de las bombas, mediante cálculos térmicos para encontrar la eficiencia de la caldera del proceso, logrando un diseño y simulación del sistema térmico, que nos permitirá visualizar la red de tuberías y adecuarlo a las necesidades de la empresa empleando normativa para el diseño, simulación y selección de tuberías. No sin antes realizar la ingeniería inversa del sistema ya existente que consiste en recalcular los equipos y tuberías instalados. Con el diseño en AUTOCAD Plant 3D y la simulación en el Software libre DWSIM de las nuevas líneas de tubería se podrá visualizar datos térmicos e hidráulicos y obtener los planos isométricos del proceso, ubicación exacta de todos los equipos, accesorios y componentes necesarios para el proceso, permitiendo a la empresa tomar la decisión para el proyecto propuesto.

## **1.3. Formulación del problema**

La fuerte demanda que existe en el mercado nacional e internacional de autos trae consigo el aumento de producción y ensamblaje en la empresa CIAUTO, siendo pionera en el ensamblaje de vehículos de la marca Great Wall Motors, que es uno de los mayores productores de vehículos asiáticos.

El aumento de producción provoca que los equipos funcionen a su máxima capacidad y que por el pasar de los años los mismos ya no operen en su punto óptimo, es el caso de la caldera, su función principal es suministrar de agua caliente para la transferencia de calor en la preparación metálica de la carrocería. El agua caliente es transportada por tubería que por modificaciones sin previo diseño posee muchos accesorios que son innecesarios y provocan que la resistencia al flujo aumente.

A la problemática se le suma la falta de instrumentos de medición en el proceso y la ineficiencia de los equipos en el sistema de calentamiento por lo que surge la necesidad de reemplazarlos por unos de mayor capacidad que es el caso de la caldera y la bomba, necesitando así los cálculos térmicos, las eficiencias de los equipos, tuberías del sistema y sus planos de construcción para poder aumentar la productividad en el proceso y hacerlo más eficiente.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Repotenciar el sistema de calentamiento para el tratamiento metálico de una ensambladora de autos en la ciudad de Ambato.

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Realizar ingeniería inversa en el sistema de calentamiento actual, con ayuda de mediciones y toma de datos.
- Diseñar un nuevo sistema de tubería para el sistema de calentamiento del proceso bajo la norma ASME B31.3.
- Simular el nuevo sistema de tuberías y equipos con ayuda del software libre DWSIM.
- Obtener una lista de materiales y equipos para la propuesta de repotenciación del sistema de calentamiento.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Caldera

Se define como un equipo que entrega vapor a las condiciones que desee el operador, precautelando la seguridad y la operación económica. Su funcionamiento es básicamente la transferencia de calor entre agua y un quemador el cual puede ser de distintos tipos (Bermúdez, 2005, p. 19).

##### 2.1.1. Partes de una caldera

- Envolvente exterior: carcasa externa que contiene los tubos en su interior, se puede montar instrumentación para el control y supervisión de la caldera
- Hogar: también llamada cámara de combustión es la encargada de albergar la llama que sumista el quemador y en donde se transfiere el calor
- Quemador: encargado de proporcionar la llama a la caldera, su funcionamiento es por la combustión de un combustible, ya sea sólido, líquido o un gas
- Cámara de inversión de gases: está disponible en calderas que tienen múltiples pasos, encargado de cambiar y variar la dirección de los gases, de un paso a otro
- Haz de tubos: conductos por donde circula el fluido o el gas, dependiendo del tipo de caldera.
- Fondo delantero y trasero: cumplen la función de tapa, pueden dar acceso a la caldera para mantenimientos de la caldera
- Economizador: es muy recomendado incluirlo, su función es precalentar el agua de alimentación, aumentar el rendimiento del sistema y a su vez aprovechando los gases de escape de la caldera (González, 2021, p. 3).

En la siguiente ilustración se puede observar de mejor manera las partes externas de una caldera.



**Ilustración 1-2:** Generador de vapor, vista exterior.

**Fuente:** (González, 2021, p. 3).

### ***2.1.2. Tipos de calderas***

Su clasificación es de dos tipos: piro tubulares y acuotubulares

- **Piro tubulares:** El fluido a calentar circula por el exterior de los tubos, es decir, el recipiente se encuentra inundado y los gases calientes pasan por el interior de los tubos, trabaja a presiones bajas, hasta los 22 bares que es igual a 320 psi, posee mayor cantidad de volumen de agua, mejor adaptación a los procesos que las Acuotubulares, la calidad de vapor proporcionada es cercana a 1, bajo nivel de humedad (González, 2021, p. 2)
- **Acuotubulares:** el fluido a calentar circula por el interior de los tubos durante su calentamiento y los gases calientes por el exterior de los tubos, trabaja a presiones sobre los 22 bares que es igual a 320 psi, posee bajo volumen de agua y la calidad de vapor es del 85%, por lo que la humedad es de 15% (González, 2021, p. 2)

Indistintamente del tipo de caldera, pueden contener dos fases de líquidos en los cuales pueden trabajar.

### ***2.1.3. Fases de líquido en una caldera***

Los podemos encontrar en dos fases.

- **Monofásicos:** se compone solo de agua (líquidos), su función principal es calentar el fluido antes de su punto de evaporación y consecuente realizar la transferencia de energía al proceso

determinado, calderas pertenecientes a este grupo: caldera de aceite térmico y calderas de agua caliente (Muños & Piza, 1995, p. 5).

- Bifásico: se componen de dos fases, líquido y vapor, su función principal es calentar el fluido hasta su punto de evaporación, y llevar el vapor al proceso determinado, calderas pertenecientes a este grupo: Calderas Piro tubulares, Acuotubulares, con chaqueta de agua y eléctricas (Muños & Piza, 1995, p. 5).

#### **2.1.4. Eficiencia de una caldera**

Se entiende por eficiencia energética, al uso eficiente de la energía, tomando en cuenta todos los parámetros que el proceso o equipo contenga. Cuando un proceso o equipo consume cantidades inferiores a la media de la energía con el fin de realizar una actividad, se lo puede llamar eficiente. La eficiencia en una caldera es la relación que existe entre el vapor que se genera y la cantidad de combustible que consume para producirlo. Cuando se calcula la eficiencia, un valor aceptable son los superiores al 86%, para garantizar las condiciones operacionales de la caldera y comprobar que el equipo trabaja de manera óptima (A. N. Morales, 2021, p. 59)

Algunos de los factores que afectan a la eficiencia son los siguientes:

- Temperaturas muy altas o bajas en las salidas, tanto de la chimenea como de agua, hay que procurar que la transferencia de calor sea la máxima posible.
- Exceso de hidrogeno en el combustible, ya que se convierte en humedad.
- Presencia de suciedad en la superficie que está en contacto con el calor, reduce la transferencia de calor y por consecuencia un mayor consumo de combustible.
- Falta de aislante térmico en el cuerpo de la caldera provoca pérdidas de calor (A. N. Morales, 2021, p. 59).

Existen métodos para determinar la eficiencia de una caldera.

- Método directo: toma en cuenta el calor producido en la caldera y la energía del combustible con el que se alimenta la caldera.

$$\eta_{directa} = \frac{m_v(h_g - h_l)}{m_f \cdot PCC} \quad (2.1)$$

En donde:

$m_v$ : flujo másico de vapor de agua kg/s

$m_f$ : flujo másico del combustible kg/s

$h_g$ : entalpia del agua en fase gaseosa kJ/kg

$h_l$ : entalpia del agua en fase líquida kJ/kg

$PCC$ : poder calorífico del combustible kJ/kg (A. N. Morales, 2021, p. 60).

Ventajas: Las personas que se encuentran en campo pueden evaluar con rapidez la eficiencia y comprobar si su funcionamiento se encuentra bien o mal. Existen pocos parámetros para calcularla, por consecuencia se necesita menos instrumentos de medición (A. N. Morales, 2021, p. 60).

Desventajas: En el caso de que la eficiencia resulte baja, el método no nos proporciona la información necesaria del porque es baja por su número limitado de parámetros. Puede incluir error si el vapor está húmedo en la relación de evaporación y eficiencia (A. N. Morales, 2021, p. 60).

- Métodos indirectos: toma en cuenta las pérdidas que tiene la caldera como convección, radiación, entre otros factores y la energía que proporciona el combustible (A. N. Morales, 2021, p. 60).

Se debe tener en cuenta las limitaciones de cada método, y seleccionar el más adecuado a la caldera, las limitaciones pueden ser por el tipo de caldera, tipo de combustible, presiones de operación, entre otras.

En la siguiente tabla se muestran los distintos métodos para calcular la eficiencia en una caldera:

**Tabla 1-2:** Métodos para calcular la eficiencia en una caldera.

Métodos para el cálculo de eficiencias por método indirecto	
Nombre del método	Descripción
Manual de eficiencia energética térmica en la industria	Estudia calderas de tamaño pequeño (30 BHP) a mediano (900 BHP), la presión de trabajo de exceder los 20 kg/cm <sup>2</sup> y la producción máxima de vapor es de 25 t/h para el caso de las pirotubulares y en las acuotubulares son presiones de 64 kg/cm <sup>2</sup> y una capacidad de vapor de 100 t/h. este método contempla pérdidas por gases de escape, inquemados y radiación.
Manual práctico tecnología de medición en calderas	Este método contempla principalmente el poder calorífico del combustible y con base a eso se establecen las ecuaciones que pueden ser con el método alemán (solo perdidas por escape) y el español (pérdidas por escape e inquemados), siendo ambos igual de preciso.
Improving energy efficiency boiler systems	Contempla las pérdidas con el calor que entra, las fórmulas se basan en la norma americana ASME, contempla pérdidas por gases secos, pérdidas de evaporación de H <sub>2</sub> del combustible, pérdidas convectivo y pérdidas incontables. Se ha determinado que es aplicable en calderas acuotubulares con tres pasos.
ASME PTC 4-2013 fired steam generators	Para este método la limitación se encuentra relacionada al tipo de combustible con que opera la caldera, por ejemplo, en este caso solo aplica para combustibles como petróleo o gas. Tiene en cuenta pérdidas y créditos (aportes de energía como el asociado al aire precalentado).
NOM-002-ENNER-1995 Eficiencia térmica de caleras compactas	Aplicable a calderas que trabajan con combustible líquido o gases con capacidad de 100 a 8000 KW, presión hasta 1 MPa y temperatura de saturación, teniendo como premisas una concentración de CO menor a 200 cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .

**Fuente:** (A. N. Morales, 2021, p. 62)

**Realizado por:** Lliguay, Kevin, 2022.

## 2.2. Bombas centrifugas

### 2.2.1. Curva resistente del sistema

Representa la resistencia del sistema al flujo de agua por tuberías, comunmente consta de elementos como instrumentos, tramos de tubería, válvulas y codos. Cuando se grafican las curvas resistente y la

curva característica de la bomba, su punto de intersección se lo denomina "Punto de operación del sistema" (Mott et al., 2015).

Para construir la curva se parte de la ecuación general de la energía, que es una extensión de la ecuación de Bernulli, la que relaciona ganancias y pérdidas de energía. La ecuación de energía que posee el fluido por unidad de peso es:

$$E = \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + Z \quad (2.2)$$

Donde

$\frac{P}{\gamma}$  = Representa la carga por presión, presión sobre peso específico

$\frac{v^2}{2g}$  = Representa la carga por velocidad, velocidad al cuadrado sobre dos veces la gravedad

$Z$  = Representa la carga por elevación, altura del nivel de referencia (Mott et al., 2015, p. 158).

Entonces se realiza el análisis entre los puntos deseados y se adiciona las pérdidas, ganancias y remociones de energía

$$E_1 + h_A = E_2 + h_R + h_L \quad (2.3)$$

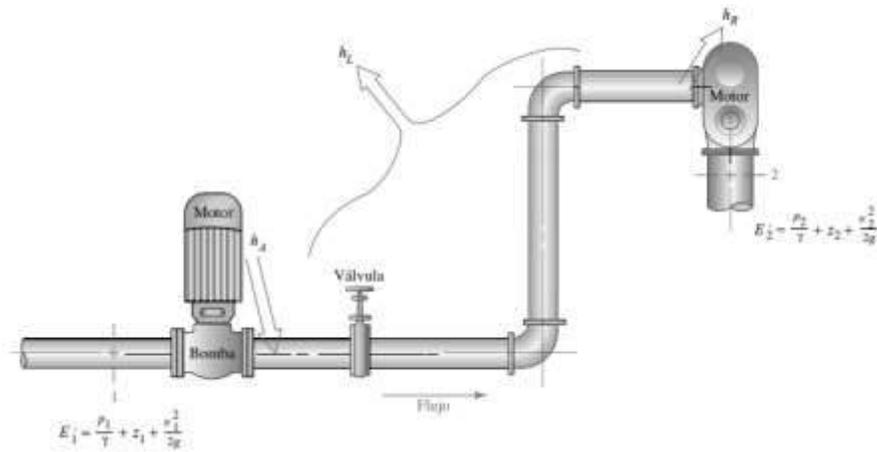
Donde:

$h_A$  = Es la energía que se añade, por ejemplo una bomba

$h_R$  = Es la energía que se remueve, por ejemplo un motor de fluido, actuadores o turbinas

$h_L$  = Son las pérdidas de energía en todo el sistema por fricción en longitud de tubería y pérdidas en accesorios (Mott et al., 2015, p. 158).

En la siguiente ilustración se observa un ejemplo del sistema de bombeo, el que toma en cuenta cada termino que representa la ecuación general de la energía.



**Ilustración 2-2:** Representación gráfica de la ecuación general de la energía.

**Fuente:** (Mott et al., 2015, p. 158).

Remplazando las ecuaciones, se obtiene la ecuación general de la energía.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \quad (2.4)$$

Pérdidas por longitud de tubería y accesorios

$$h_L = h_{Long\ tub} + h_{Accesorios} \quad (2.5)$$

$$h_{Accesorios} = K \frac{v^2}{2g} \quad (2.6)$$

Donde

$K$  = Sumatoria de carga por accesorios

$v$  = Representa la velocidad

$g$  = Representa la gravedad (Mott et al., 2015, p. 237).

Teniendo en cuenta la ecuación de caudal

$$Q = v * A \quad (2.7)$$

Donde

$Q$  = Representa el caudal

$A$  = Representa el área interna de la tubería (Mott et al., 2015, p. 119).

Reemplazo la ecuación (2.7) en la ecuación (2.6), se obtiene una ecuación en función del caudal.

$$h_{Accesorios} = \frac{8 * K * Q^2}{\pi^2 * g * D^4} \quad (2.8)$$

Donde

$K$  = Representa el coeficiente de resistencia por accesorios

Para calcular el coeficiente de resistencia en accesorios se emplea la siguiente fórmula

$$K = (Le/D) * f_T \quad (2.9)$$

Los valores de longitud equivalente sobre el diámetro y factor de fricción en zona de turbulencia completa se obtiene de las siguientes tablas, tomando en cuenta los accesorios a emplear (Mott et al., 2015, p. 241).

**Tabla 2-2:** Resistencia de válvulas y accesorios en longitud equivalente sobre el diámetro.

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería $L_e/D$
Válvula de globo —totalmente abierta	340
Válvula de ángulo —totalmente abierta	150
Válvula de compuerta —totalmente abierta	8
—abierta $\frac{3}{4}$	35
—abierta $\frac{1}{2}$	160
—abierta $\frac{1}{4}$	900
Válvula de retención —tipo oscilante	100
Válvula de retención —tipo bola	150
Válvula de mariposa —totalmente abierta, 2-8 in	45
—10-14 in	35
—16-24 in	25
Válvula de pie —tipo disco de vástago	420
Válvula de pie —tipo disco de bisagras	75
Codo estándar de 90°	30
Codo de 90° y radio largo	20
Codo de 90° para calle	50
Codo estándar de 45°	16
Codo de 45° para calle	26
Doblez de retorno cerrado	50
Te estándar —con flujo por la línea principal	20
—con flujo por la ramificación	60

Fuente: (Mott et al., 2015, p. 242)

**Tabla 3-2:** Factor de fricción en tubería con cédula 40.

Tamaño nominal de la tubería		Factor de fricción, $f_f$	Tamaño nominal de la tubería		Factor de fricción, $f_f$
Estados Unidos (in)	Métrico (mm)		Estados Unidos (in)	Métrico (mm)	
½	DN 15	0.026	3, 3½	DN 80, DN 90	0.017
¾	DN 20	0.024	4	DN 100	0.016
1	DN 25	0.022	5, 6	DN 125, DN 150	0.015
1¼	DN 32	0.021	8	DN 200	0.014
1½	DN 40	0.020	10-14	DN 250 a DN 350	0.013
2	DN 50	0.019	16-22	DN 400 a DN 550	0.012
2½	DN 65	0.018	24-36	DN 600 a DN 900	0.011

Fuente: (Mott et al., 2015, p. 242)

$$h_{Long\ tub} = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad (2.10)$$

Reemplazando la ecuación (2.7) en la ecuación (2.9) para expresarlo en función del cudal.

$$h_{Long\ tub} = \frac{8 * f * L * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} \quad (2.11)$$

Donde:

$f$  = Representa el factor de fricción, depende del tipo de flujo

Para calcular el factor de fricción se emplea la ecuación de Darcy o el diagrama de Moody (ver ANEXO A) (Mott et al., 2015, p. 185).

El tipo de flujo se lo puede calcular con el numero de Reynolds.

$$Re = \frac{V * D}{\nu} \quad (2.12)$$

Donde

$\nu$  = Representa la viscosidad cinemática del fluido (Mott et al., 2015, p. 181).

Entonces, si:

$$Re < 2000$$

Representa un flujo laminar y el factor de fricción se obtiene con la siguiente ecuación

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2.13)$$

$$Re > 5000$$

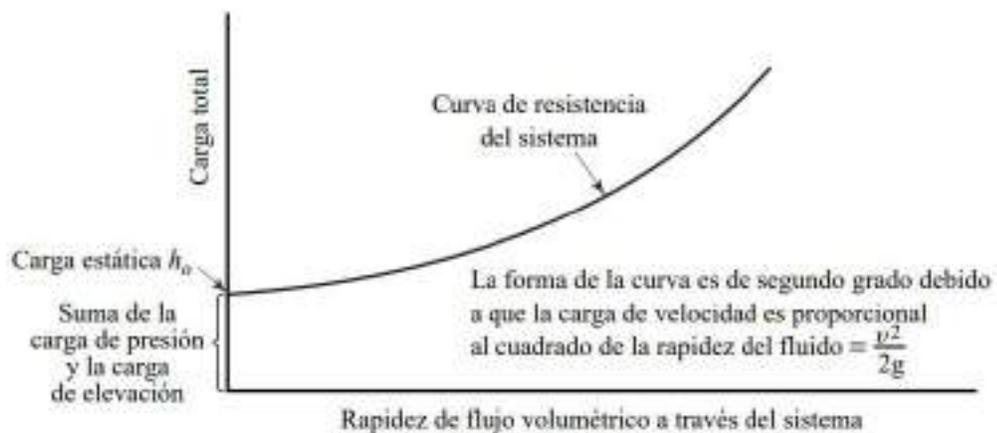
Representa un flujo turbulento y el factor de fricción se obtiene con la siguiente ecuación

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7 * D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (2.14)$$

Donde

$\varepsilon$  = Representa la rugosidad del material (Mott et al., 2015, p. 182).

Finalmente reemplazando todos los datos del sistema como presiones, alturas, pérdidas por longitud de tubería y accesorios, diámetros y propiedades del fluido se tiene la curva resistente del sistema que se representa en la siguiente ilustración:



**Ilustración 3-2:** Representación de curva resistente del sistema.

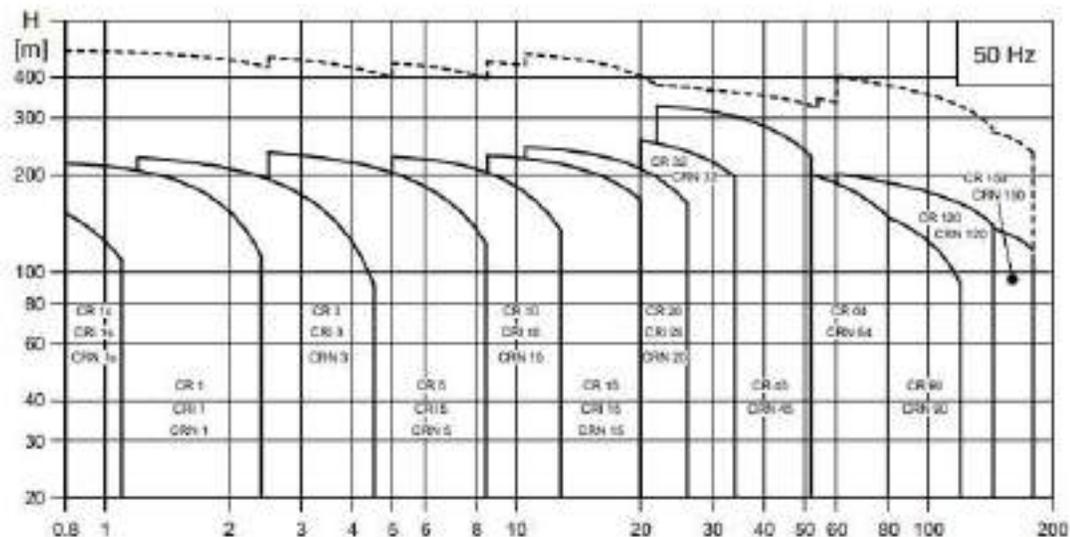
**Fuente:** (Mott et al., 2015, p. 347)

### 2.2.2. Selección de una bomba centrífuga

Las bombas hidráulicas permiten transformar mediante un motor, que es el trabajo mecánico a energía de velocidad y presión, permitiendo así la movilidad del fluido desde un punto A hacia un punto B que se encuentre a distinta altura (Mott et al., 2015, p. 347).

Para la selección se siguen los siguientes pasos:

1. Realizar los cálculos de la curva resistente del sistema y con el caudal requerido buscar una bomba en los catálogos proporcionados por el fabricante, primero se parte de los diagramas con los modelos de bombas.

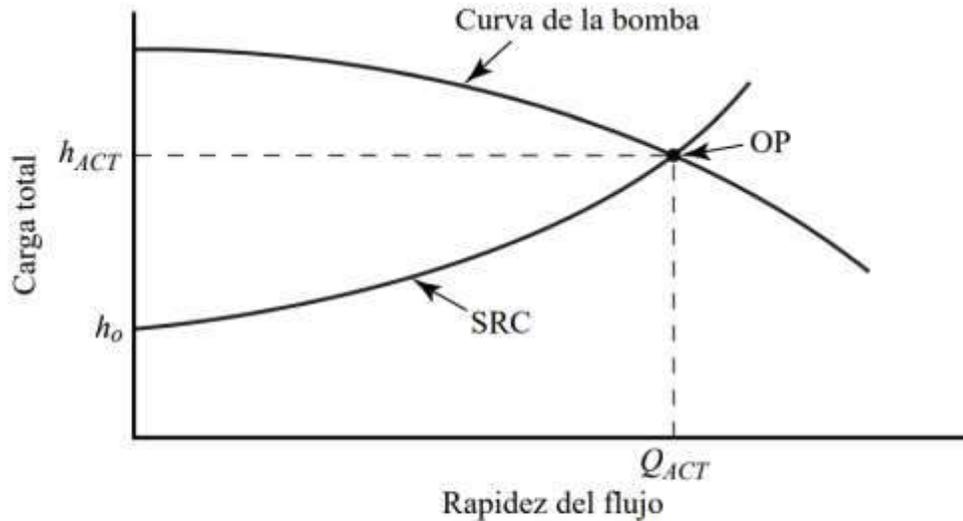


**Ilustración 4-2:** Gráfico de cuadrícula que informan el modelo de bomba y el caudal de cada bomba.

**Fuente:** (GRUNDFOS, 2022, p. 4)

2. Con la bomba seleccionada, se dirige a la curva del respectivo modelo, se escoge el diámetro necesario para el sistema, se intersecan las dos curvas y se encuentra el punto de funcionamiento, no sin antes verificar la eficiencia, "las normas establecidas en forma conjunta por el American National Standards Institute (ANSI) y el Hydraulic Institute (IH) exigen una región de operación recomendada (POR, por sus siglas en inglés) para las bombas centrífugas que se encuentra entre 70 y 120 por ciento del BEP" (Mott et al., 2015, p. 350)

En la siguiente ilustración se observa cómo se intersecan la curva resistente del sistema y la curva característica de la bomba y de igual forma se representa su punto de funcionamiento que es OP.

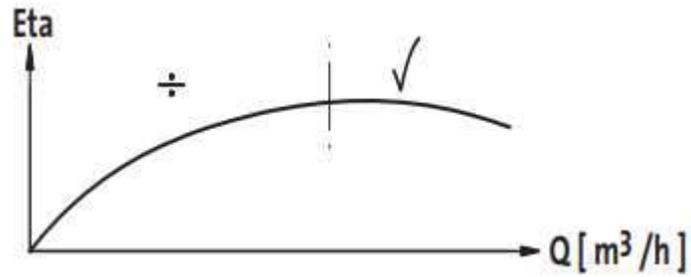


SRC = Curva de resistencia del sistema  
 OP = Punto de operación  
 $Q_{ACT}$  = Rapidez de flujo volumétrico real en el sistema  
 $h_{ACT}$  = Carga total real de la bomba  
 $h_0$  = Carga estática para el sistema

**Ilustración 5-2: Punto de operación de una bomba.**

Fuente: (Mott et al., 2015, p. 350)

3. Comparadas ya las curvas, se selecciona el modelo de la bomba, la velocidad, el tamaño y diámetro del impulsor y los diámetros de la succión y descarga.
  4. Intersecando las curvas y en el punto de operación, se obtiene la potencia requerida, la eficiencia y el NPSH requerido. Se compara los datos que proporciona el fabricante y se verifica la instalación deseada, como sus diámetros de succión y descarga (Mott et al., 2015, p. 350)
- Rendimiento de la bomba: para un buen dimensionamiento siempre se busca el mayor caudal, por lo que siempre se va a considerar que el punto de trabajo esté por el lado derecho de la curva de rendimiento, tal cual se representa en la siguiente ilustración, así se asegura de tener un rendimiento alto si el caudal disminuye (GRUNDFOS, 2022, p. 21)

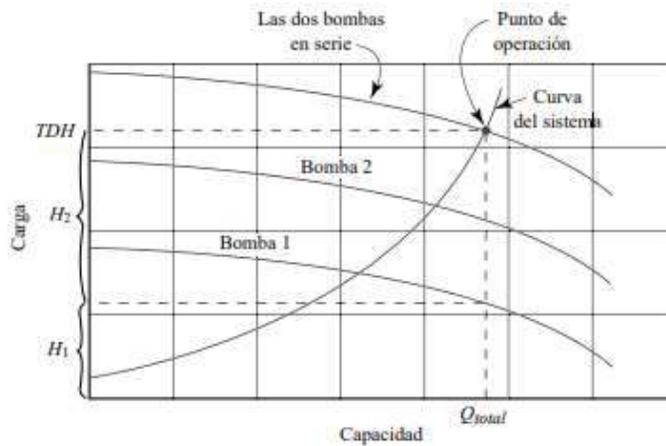


**Ilustración 6-2:** Rendimiento óptimo de una bomba.

Fuente: (GRUNDFOS, 2022, p. 21)

Se emplean distintas configuraciones de bombas para satisfacer las demandas en el sistema, por ejemplo, se las coloca en serie o paralelo, dependiendo si se desea aumentar presión o caudal.

- Bombas en serie: se emplea este método cuando se desea aumentar la altura de impulsión en una bomba con un determinado caudal.

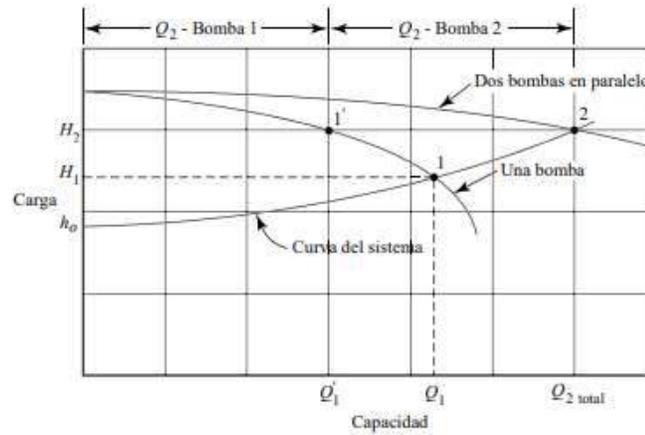


**Ilustración 7-2:** Desempeño de dos bombas en serie.

Fuente: (Mott et al., 2015, p. 361)

Dado la configuración en serie, se puede observar en la ilustración que, si aumenta una bomba en serie, aumenta su altura máxima de impulsión.

- Bombas en paralelo: se emplea este método cuando se desea aumentar el caudal en el proceso



**Ilustración 8-2:** Desempeño de dos bombas en paralelo.

**Fuente:** (Mott et al., 2015, p. 361)

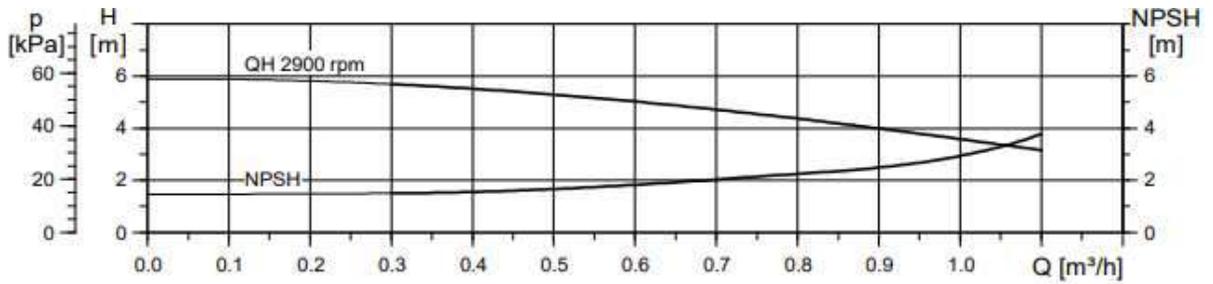
Dada la configuración en paralelo, se puede observar en la ilustración que la altura de bomba no varía, aumenta es su caudal de manera significativa.

### 2.2.3. *NPSH*

*NPSH* (Net Positive Suction Head), es la altura neta positiva neta del sistema. Para un óptimo diseño se la puede comparar entre la necesaria o disponible y la requerida. La diferencia que se debe tener en el diseño o margen es del 10 por ciento, representada a continuación (Mott et al., 2015, p. 342).

$$NPSH_D > 1,10NPSH_R \quad (2.15)$$

La altura positiva neta requerida ( $NPSH_R$ ) se obtiene de tablas que proporciona el fabricante de la bomba, intersecando el caudal del sistema con la curva de desempeño según el diámetro de rodete deseado. A continuación, se presenta un ejemplo de  $NPSH_R$  de una bomba marca Grundfos modelo CR.



**Ilustración 9-2:** Curva de rendimiento bomba Grundfos CR.

Fuente: (GRUNDFOS, 2022, p. 26)

Para calcular la altura positiva neta disponible ( $NPSH_D$ ), se emplea la siguiente ecuación

$$NPSH_D = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp} \quad (2.16)$$

$$h_{sp} = \frac{P_{sp}}{\gamma} \quad (2.17)$$

$$h_{vp} = \frac{P_{vp}}{\gamma} \quad (2.18)$$

Donde

$h_{sp}$  = representa la carga de presión estática absoluta.

$P_{sp}$  = Representa la presión estática absoluta que esta sobre el nivel del líquido del depósito.

$h_s$  = Representa la diferencia de niveles entre la entrada de la bomba y el deposito

$h_f$  = Representa las pérdidas de carga, por longitud de tubería y accesorios.

$h_{vp}$  = Representa la carga de vapor del líquido con la temperatura de bombeo.

$P_{vp}$  = Representa la presión de vapor absoluta del líquido con temperatura de bombeo (Mott et al., 2015, p. 343)

**Tabla 4-2:** Presión de vapor y carga de presión de vapor en agua.

Temperatura °C	Presión de vapor kPa (abs)	Peso específico (kN/m <sup>3</sup> )	Carga de la presión de vapor (m)	Temperatura °F	Presión de vapor (psia)	Peso específico (lb/ft <sup>3</sup> )	Carga de la presión de vapor (ft)
0	0.6105	9.806	0.06226	32	0.08854	62.42	0.2043
5	0.8722	9.807	0.08894	40	0.1217	62.43	0.2807
10	1.228	9.804	0.1253	50	0.1781	62.41	0.4109
20	2.338	9.789	0.2388	60	0.2563	62.37	0.5917
30	4.243	9.765	0.4345	70	0.3631	62.30	0.8393
40	7.376	9.731	0.7580	80	0.5069	62.22	1.173
50	12.33	9.690	1.272	90	0.6979	62.11	1.618
60	19.92	9.642	2.066	100	0.9493	62.00	2.205
70	31.16	9.589	3.250	120	1.692	61.71	3.948
80	47.34	9.530	4.967	140	2.888	61.38	6.775
90	70.10	9.467	7.405	160	4.736	61.00	11.18
100	101.3	9.399	10.78	180	7.507	61.58	17.55
				200	11.52	60.12	27.59
				212	14.69	59.83	35.36

Fuente: (Mott et al., 2015, p. 342)

### 2.3. Norma ASME B31.3

Por sus siglas en inglés (American Society of Mechanical Engineers), es un código americano que controla el diseño y fabricación de recipientes y tuberías que trabajan bajo presión. La sección B31.3 es especialmente para el diseño de tuberías a presión, para servicios industriales.

Considerando el código ASME de diseño, se parte de las condiciones de diseño, como presión y temperatura. En el capítulo 2, parte 1, en el apartado de tolerancias de presión y temperatura, nos indica que se aumenta un 20% para el caso de estudio y diseño (ASME, 2019, p. 13)

La ecuación para calcular el espesor de la tubería

$$t = \frac{PD}{2(SEW + PY)} \quad (2.19)$$

Donde

$P$  = Representa la presión interna

$D$  = Representa el diámetro

$S$  = Representa la resistencia del material (lista completa en el Anexo2)

$E$  = Representa la calidad del factor (Tabla4)

$W$  = Representa el factor de resistencia en la junta soldada (Tabla5)

$Y$  = Representa el coeficiente de la tabla 6 (ASME, 2019, p. 19)

Para calcular el espesor requerido, se le suma la corrosión admisible en la tubería.

$$t_r = t + Ca \quad (2.20)$$

Donde

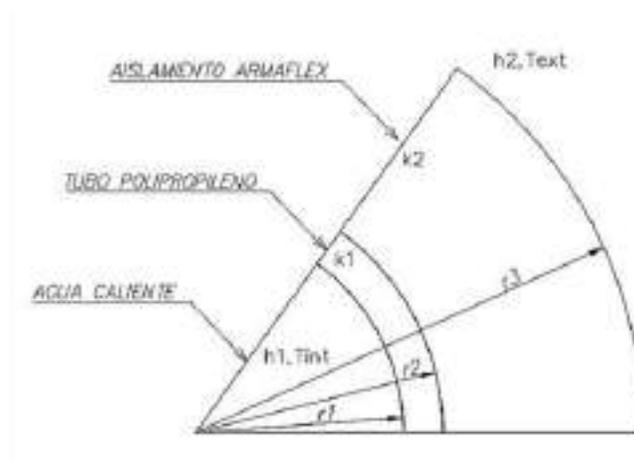
$t_r$  = Representa el espesor requerido.

$Ca$  = Representa la corrosión admisible.

Realizado el diseño del espesor de la tubería, se puede realizar los diagramas de instrumentos y procesos que después ayudara con los planos isométricos de las tuberías del sistema (ASME, 2019, p. 19)

#### 2.4. Pérdidas de calor

Las pérdidas de calor presentes en la tubería son por conducción y convección. Para realizar el análisis respectivo, se grafica las partes que compone el sistema de pérdidas como son el líquido, la tubería y el aislante térmico representados en la siguiente ilustración.



**Ilustración 10-2:** Esquema para el cálculo de pérdida de calor en tubería.

**Fuente:** (Cruz, 2017, p. 88).

$$Q_{tub} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{h_1 * 2 * \pi * R_1 * L} + \frac{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}{2 * \pi * K_1 * L} + \frac{\ln\left(\frac{R_3}{R_2}\right)}{2 * \pi * K_2 * L} + \frac{1}{h_2 * 2 * \pi * R_3 * L}} \quad (2.21)$$

Donde

$Q_{tub}$  = Representa la pérdida de calor en la tubería.

$T_{ext}$  = Representa la temperatura exterior del sistema

$T_{int}$  = Representa la temperatura interior del fluido

$h_1$  = Representa el coeficiente de convección del fluido

$h_2$  = Representa el coeficiente de convección del aire

$K_1$  = Representa la conductividad térmica de la tubería.

$K_2$  = Representa la conductividad térmica del aislamiento térmico.

Se calcula el coeficiente de convección del fluido con la siguiente ecuación (Cruz, 2017, p. 89).

$$h_1 = K_{fluido} * \frac{Nu}{Di} \quad (2.22)$$

Donde

$K_{fluido}$  = Representa el coeficiente de conductividad térmica del fluido

$Nu$  = Representa el Numero de Nusselt

Y para calcular el número de Nusselt se calcula con la siguiente ecuación.

$$Nu = 0,023Re_D^{0,8} * Pr^n \quad (2.23)$$

Donde

$Pr$  = Representa el número de Prandtl

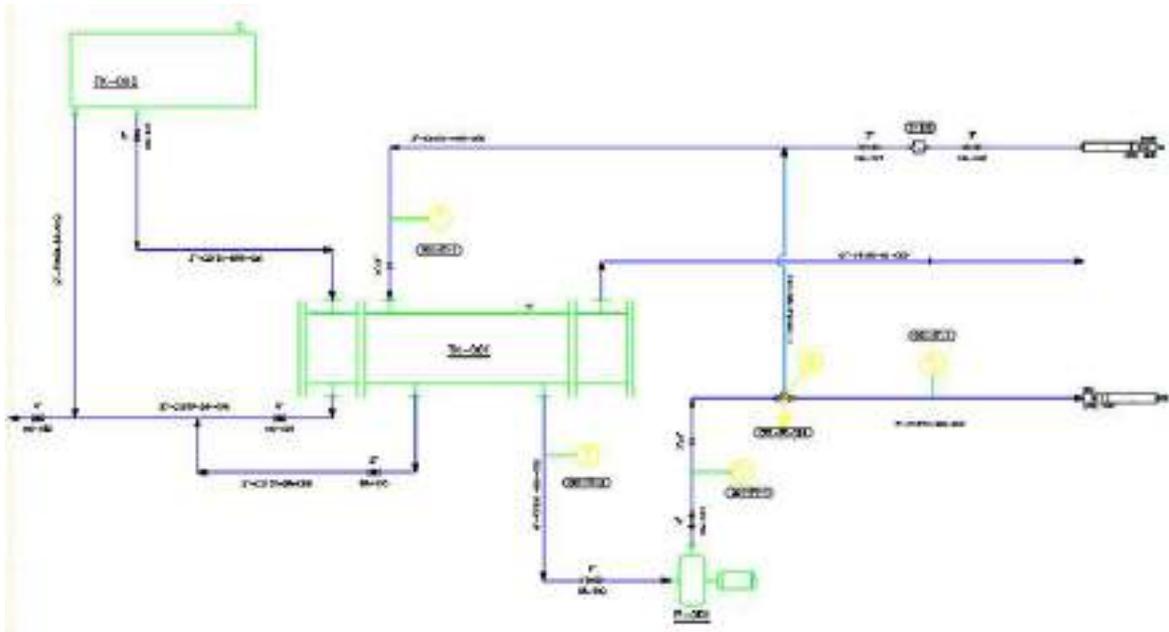
$n$  = Considerar 0,3 cuando el fluido se enfría y 0,4 cuando se calienta (Cruz, 2017, p. 89).

## 2.5. Ruteo de tuberías

### 2.5.1. Diagramas de procesos e instrumentos (P&ID)

Los diagramas se los realiza bajo la norma ANSI/ISA-S5, que nos ayuda con la información y las representaciones de todos los equipos y accesorios que se requerida para las conexiones del sistema, tanto su nomenclatura y su instrumentación (Espinoza & Abril, 2020, p. 94)

A continuación, se observa un ejemplo de diagrama P&ID, el que contiene líneas de tubería, especificación, válvulas y equipos del sistema.



**Ilustración 11-2:** Diagrama P&ID.

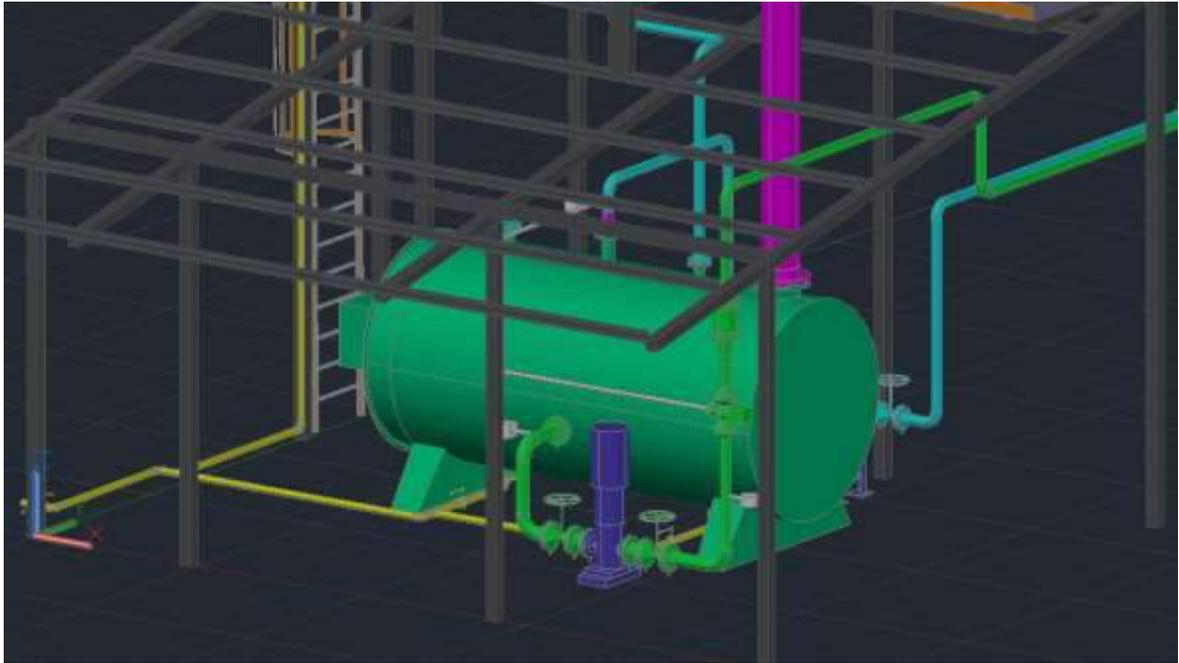
Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

De los diagramas se puede partir para realizar el diseño en 3D, y con ayuda del Software AutoCAD Plant 3D, diseñar y rutear las tuberías necesarias para nuestro sistema.

(anexo)

### 2.5.2. *Diseño 3D de equipos y tuberías.*

Para el diseño 3D se emplea el Software AutoCAD Plant 3D, que nos ayuda con la simplificación de los procesos y los instrumentos a emplearse en el sistema. La aplicación proporciona normas que ayudan al diseño, la creación, modificación y validación con rapidez, así como también comprobar que las tuberías estén correctamente mapeados y posterior obtener planos isométricos precisos con las medidas e instrumentos correctamente ubicados (Ayala, 2019, p. 48).



**Ilustración 12-2:** Ejemplo de diseño 3D.

**Realizado por:** Lliguay, Kevin, 2022.

Con el diseño terminado que se representa en la ilustración anterior y con las ubicaciones respectivas de todas las tuberías, instrumentos y equipos, se puede simular el proceso y validar los datos obtenidos por medio de los cálculos respectivos.

## 2.6. **Software DWSIM**

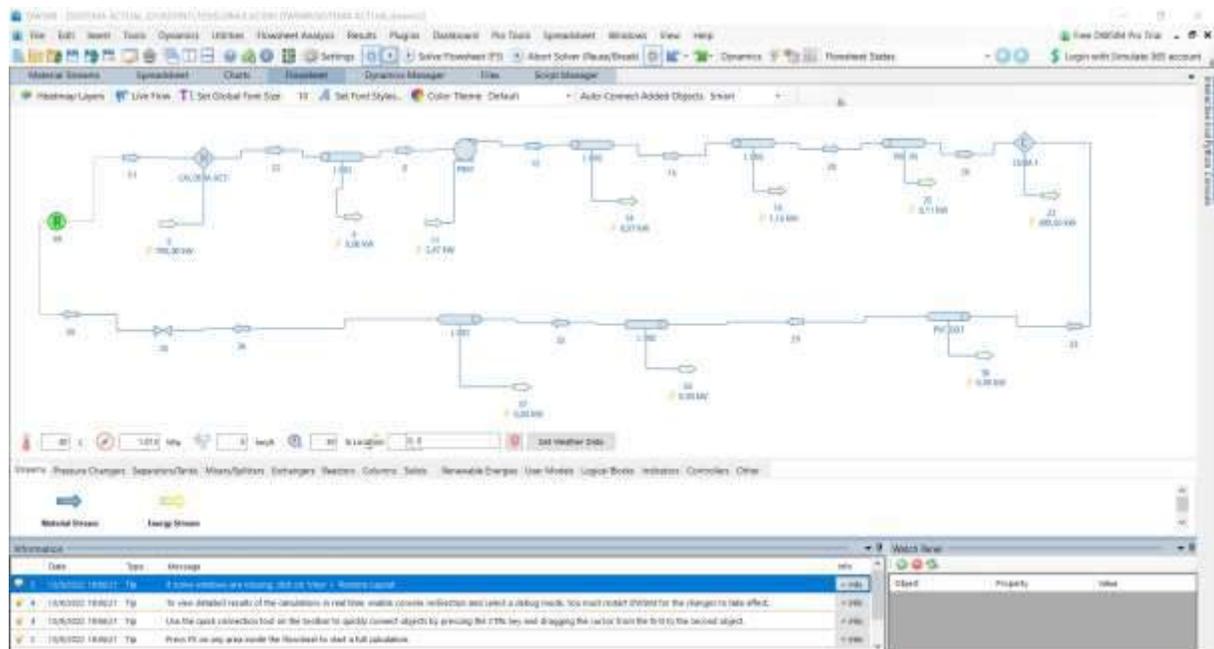
Es un software libre de licencia y gratuito, capaz de resolver temas en áreas de ingeniería química y mecánica como transferencia de calor y masa, mezclas y reacciones. Por ende, se puede tener

resultados fiables en la realización de la simulación haciendo uso de los paquetes termodinámicos de fluidos que posee (García, 2021, p. 18).

El programa dispone de los paquetes termodinámicos

- PC-SAFT – FPROPS
- Steam tables
- Coolprop
- Peng – Robinson
- Peng – Robinson – Strýjek - Vera (PRSV2)
- Soave – Redlich – Kwong. Entre otras (García, 2021, p. 18).

A continuación, se observa un ejemplo de un proceso termodinámico con conexiones de tuberías, equipos y accesorios que están presentes en el sistema.



**Ilustración 13-2:** Ejemplo de proceso en el Software DWSIM.

**Realizado por:** Lliguay, Kevin, 2022.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Ingeniería inversa del sistema de calentamiento

##### 3.1.1. Caudal del sistema

Uno de los problemas principales del sistema es la falta de instrumentación en las tuberías, entonces para poder calcular el caudal se emplea el método iterativo.

Primero se asume un valor de  $f$ , que representa el factor de fricción.

Luego se calcula la velocidad promedio por la tubería con la siguiente ecuación

$$V = \sqrt{\frac{2gh_L}{f(L/D)}} \quad (3.1)$$

Donde:

$g$  = Representa la gravedad

$h_L$  = Representa las pérdidas en el sistema

$f$  = Representa el factor de fricción

$L$  = Representa la longitud de tubería

$D$  = Representa el diámetro interno de tubería (Y. A. Çengel & Cimbala, 2006, p. 384).

Con la velocidad, se calcula el número de Reynolds.

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$

El siguiente paso es emplear la ecuación de Colebrook y recalculer el factor de fricción.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log \left( \frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re * \sqrt{f}} \right) \quad (3.2)$$

Se continua con este proceso hasta que el valor converja o tenga un error muy bajo.

El proceso iterativo se realiza con ayuda del Software Excel y el comando SOLVER.

Calculada la velocidad se encuentra el caudal del sistema, primero calculando el área interna de la tubería.

### 3.1.2. Curva resistente del sistema

Se calcula la curva resistente del sistema con ayuda de la ecuación de la energía (ec 2.4).

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2$$

En donde, para el presente problema, tenemos presión constante en todo el sistema, por lo que se eliminan, las pérdidas por velocidades son muy bajas, por lo que se las considera como cero. Y reemplazando las ecuaciones, se tiene:

$$h_R = Z_2 - Z_1 + \frac{8 * K * Q^2}{\pi^2 * g * D^4} + \frac{8 * f * L * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} \quad (3.3)$$

Para el valor de K se emplea la tabla 2-2 y la tabla 3-2, primero se selecciona el accesorio y su correspondiente longitud equivalente, luego como se tiene un tubería de 3 in, se tiene un valor de fricción nominal de 0,017. Se multiplica por el número de accesorios y se obtiene el valor de K. Se realiza para los tramos de impulsión y retorno un proceso similar.

Para la segunda parte de la ecuación, el factor de fricción  $f$  se parte de Reynolds (2.12)

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$
$$V = \frac{Q}{A}$$

La viscosidad cinemática del fluido se lo obtiene de la siguiente tabla tomando en cuenta la temperatura de 77°C que es a la que sale el agua de la caldera.

**Tabla 1-3:** Propiedades del agua según su temperatura.

Temperatura (°C)	Peso específico $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad dinámica $\eta$ (Pa·s)	Viscosidad cinemática $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)
0	9.81	1000	$1.75 \times 10^{-3}$	$1.75 \times 10^{-6}$
5	9.81	1000	$1.52 \times 10^{-3}$	$1.52 \times 10^{-6}$
10	9.81	1000	$1.30 \times 10^{-3}$	$1.30 \times 10^{-6}$
15	9.81	1000	$1.15 \times 10^{-3}$	$1.15 \times 10^{-6}$
20	9.79	998	$1.02 \times 10^{-3}$	$1.02 \times 10^{-6}$
25	9.78	997	$8.91 \times 10^{-4}$	$8.94 \times 10^{-7}$
30	9.77	996	$8.00 \times 10^{-4}$	$8.03 \times 10^{-7}$
35	9.75	994	$7.18 \times 10^{-4}$	$7.22 \times 10^{-7}$
40	9.73	992	$6.51 \times 10^{-4}$	$6.56 \times 10^{-7}$
45	9.71	990	$5.94 \times 10^{-4}$	$6.00 \times 10^{-7}$
50	9.69	988	$5.41 \times 10^{-4}$	$5.48 \times 10^{-7}$
55	9.67	986	$4.98 \times 10^{-4}$	$5.05 \times 10^{-7}$
60	9.65	984	$4.60 \times 10^{-4}$	$4.67 \times 10^{-7}$
65	9.62	981	$4.31 \times 10^{-4}$	$4.39 \times 10^{-7}$
70	9.59	978	$4.02 \times 10^{-4}$	$4.11 \times 10^{-7}$
75	9.56	975	$3.73 \times 10^{-4}$	$3.83 \times 10^{-7}$
80	9.53	971	$3.50 \times 10^{-4}$	$3.60 \times 10^{-7}$
85	9.50	968	$3.30 \times 10^{-4}$	$3.41 \times 10^{-7}$
90	9.47	965	$3.11 \times 10^{-4}$	$3.22 \times 10^{-7}$
95	9.44	962	$2.92 \times 10^{-4}$	$3.04 \times 10^{-7}$
100	9.40	958	$2.82 \times 10^{-4}$	$2.94 \times 10^{-7}$

Fuente: (Mott et al., 2015, p. 488).

Se obtiene la rugosidad de la siguiente tabla.

**Tabla 2-3:** Rugosidades de materiales para tuberías.

Material	Rugosidad $\epsilon$ (m)	Rugosidad $\epsilon$ (ft)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	$3.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-6}$
Tubo estirado; cobre, latón, acero	$1.5 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$
Acero, comercial o soldado	$4.6 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$
Hierro galvanizado	$1.5 \times 10^{-4}$	$5.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil —revestido	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil —sin revestir	$2.4 \times 10^{-4}$	$8.0 \times 10^{-4}$
Concreto, bien hecho	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Acero remachado	$1.8 \times 10^{-3}$	$6.0 \times 10^{-3}$

Fuente: (Mott et al., 2015, p. 185).

El material es acero, y se calcula el valor de  $f$ .

Con la ecuación (2.14) se obtiene el valor del factor de fricción.

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{\epsilon}{3,7 * D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

Con todos los datos necesarios se reemplazan en la ecuación (3.3) y posterior se obtiene la curva resistente del sistema.

Como la ecuación está en función del caudal, se da valor para poder graficar la curva resistente del sistema.

Con ayuda de Excel, se obtiene la curva resistente del sistema.

### 3.1.3. *Bomba actual*

La bomba que se encuentra instalada y funcionando en el sistema es una bomba de procedencia China, marca Jiangsu Xintai Pump Valve Manufacturing Co. Ltda.



**Ilustración 1-3:** Bomba actual.

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022

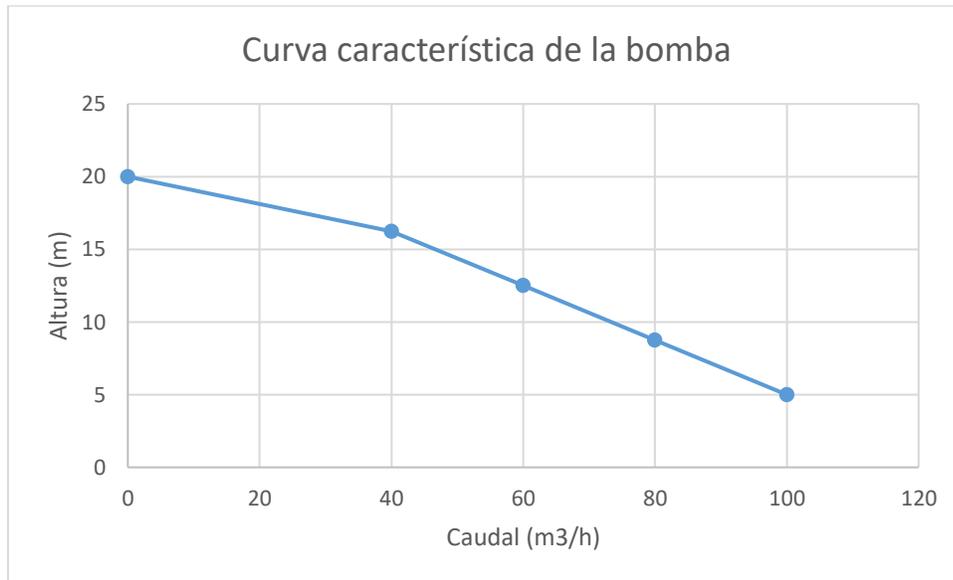
Con una denominación CYIH 100-80-125. Caudal de  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ , una potencia de  $11 \text{ Kw}$ , altura de  $20\text{m}$  y velocidad de  $2900 \text{ rpm}$ . Los puntos de funcionamiento de la bomba se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 3-3.** Puntos de funcionamiento de la bomba.

Q (m <sup>3</sup> /h)	H (m)
0	20
40	16,25
60	12,5
80	8,75
100	5

Fuente: (Choto Chariguaman, 2017, p. 76)

Con los puntos proporcionados se puede obtener la curva de la bomba.



**Ilustración 2-3:** Curva de la bomba actual.

**Realizado por:** Lliguay, Kevin, 2022. **Fuente:** (Choto Chariguaman, 2017, p. 77)

#### **3.1.4. Punto de funcionamiento del sistema**

El punto de funcionamiento se obtiene intersecando las curvas de la bomba y la resistente del sistema.

#### **3.1.5. Temperaturas del proceso**

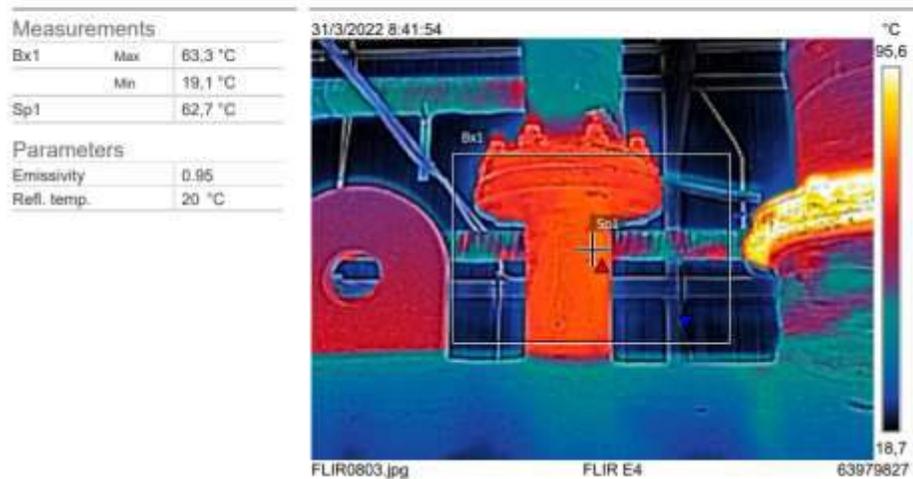
Para la toma de temperaturas se emplea una cámara termográfica marca FLIR.



**Ilustración 3-3:** Toma de temperatura a la salida de la caldera.

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022

Los datos y el reporte que proporciona la cámara se los obtiene por medio del programa que proporciona la cámara.



**Ilustración 4-3:** Reporte de la cámara termográfica.

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022

### 3.1.6. Calor necesario en el proceso

Para calcular el calor necesario en el proceso de calentamiento se emplea la ecuación (3.4)

$$Q = \dot{m} * C_p * (T_f - T_i) \quad (3.4)$$

Donde:

$\dot{m}$ = Representa el flujo másico

$C_p$ = Representa el calor específico

$T_f$ = Representa la temperatura final

$T_i$ = Representa la temperatura inicial (Cengel & Boles, 2012).

### 3.1.7. Caldera actual

La caldera actual es de procedencia China con las siguientes características

Fabricante: Hebei Huamxin Boiler Group Co.

Caldera trabaja a presión atmosférica.

Potencia térmica 700 W



**Ilustración 5-3:** Caldera actual.

Realizado por: Liguay, Kevin, 2022

Se calcula la eficiencia con la ecuación (2.1)

$$\eta_{directa} = \frac{m_v(h_g - h_l)}{m_f \cdot PCC}$$

Para el flujo másico se parte del caudal, que se encuentra en  $m^3/s$ , se transforma a  $kg/s$ , para ello se parte de la ecuación de densidad.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.5)$$

Donde

$\rho$  = Representa la densidad del fluido.

$m$  = Representa la masa.

$V$  = Representa el volumen.

Se tiene en cuenta la ecuación de caudal en términos de volumen y tiempo

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3.6)$$

Donde

$t$  = Representa el tiempo.

Se reemplaza la ecuación (3.4) en la ecuación (3.5),

$$Q = \frac{m}{\rho t} \quad (3.7)$$

La ecuación de flujo másico es

$$\dot{m} = \frac{m}{t} \quad (3.8)$$

Donde

$\dot{m}$  = Representa el flujo másico.

Reemplazando la ecuación (3.8) en la ecuación (3.6)

$$\dot{m} = Q * \rho \quad (3.9)$$

Con la temperatura de operación se calcula el flujo másico.

Para el flujo másico del combustible se tiene en cuenta los datos técnicos del fabricante.



**Ilustración 6-3:** Quemador actual marca RIELLO RL-100.

**Realizado por:** Lliguay, Kevin, 2022

El flujo másico de combustible se lo obtiene con ayuda del manual que proporciona el fabricante.

**Tabla 4-3:** Datos técnicos de quemadores RIELLO, modelo 70,100 y 130

MODELO			RL 70	RL 100	RL 130
TIPO			660 T1	661 T1	662 T1
POTENCIA (1)	llama 2°	kW	474 - 830	711 - 1186	948 - 1540
		Mcal/h	408 - 714	612 - 1020	816 - 1325
CAUDAL (1)	llama 2°	kg/h	40 - 70	60 - 100	80 - 130
		kW	255 - 474	356 - 711	486 - 948
	llama 1°	Mcal/h	219 - 408	306 - 612	418 - 816
		kg/h	21,5 - 40	30 - 60	41 - 80
COMBUSTIBLE			GASOLEO		
- poder calorífico inferior		kWh/kg	11,8		
		Mcal/kg	10,2 (10.200 kcal/kg)		
- densidad		kg/dm <sup>3</sup>	0,82 - 0,85		
- viscosidad a 20 °C		mm <sup>2</sup> /s max	6 (1,5 °E - 6 cSt)		
FUNCIONAMIENTO			Intermitente (mín. 1 paro en 24 horas) 2 llamas (2° y 1°) ó 1 llama (todo-nada).		
BOQUILLAS		número	2		
UTILIZACION ESTANDAR			Calderas: de agua, a vapor y aceite térmico		
TEMPERATURA AMBIENTE		°C	0 - 40		
TEMPERATURA AIRE COMBURENTE		°C max	60		
BOMBA	caudal (a 12 bar)	kg/h	107	220	220
	rango presiones	bar	10 - 20	10 - 20	10 - 20
	temperatura combustible	° C max	60	60	60
GRADO DE PROTECCIÓN			IP 44		
Nivel sonoro (3)	Presión sonora	dBA	75,0	77,0	78,5
	Potencia sonora		86,0	88,0	89,5

Fuente: (Riello, 2021, p. 6)

Para el flujo del combustible, se observa las boquillas que se encuentran instaladas, para este caso son de 10 y 11 respectivamente.

**Tabla 5-3:** Flujo de combustible con boquillas.

GPH	kg/h (1)			kW 12 bar
	10 bar	12 bar	14 bar	
5,00	19,2	21,2	23,1	251,4
5,50	21,1	23,3	25,4	276,3
6,00	23,1	25,5	27,7	302,4
6,50	25,0	27,6	30,0	327,3
7,00	26,9	29,7	32,3	352,3
7,50	28,8	31,8	34,6	377,2
8,00	30,8	33,9	36,9	402,1
8,30	31,9	35,2	38,3	417,5
8,50	32,7	36,1	39,2	428,2
9,00	34,6	38,2	41,5	453,1
9,50	36,5	40,3	43,8	478,0
10,0	38,4	42,4	46,1	502,9
10,5	40,4	44,6	48,4	529,0
11,0	42,3	46,7	50,7	553,9
12,0	46,1	50,9	55,3	603,7
12,3	47,3	52,2	56,7	619,1
13,0	50,0	55,1	59,9	653,5
13,8	53,1	58,5	63,3	693,8
14,0	53,8	59,4	64,5	704,5
15,0	57,7	63,6	69,2	754,3
15,3	58,8	64,9	70,5	769,7
16,0	61,5	67,9	73,8	805,3
17,0	65,4	72,1	78,4	855,1
17,5	67,3	74,2	80,7	880,0
18,0	69,2	76,4	83,0	906,1
19,0	73,0	80,6	87,6	956,0
19,5	75,0	82,7	89,9	980,9
20,0	76,9	84,8	92,2	1005,8
21,5	82,7	91,2	99,1	1081,7
22,0	84,6	93,3	101,4	1106,6

Fuente: (Riello, 2021, p. 13)

Para las entalpías del agua, se emplea las tablas de agua saturada y se toma los valores de entalpia en estado líquido, teniendo en cuenta las temperaturas de entrada y salida.

**Tabla 6-3:** Propiedades de agua saturada.

Agua saturada. Tabla de temperaturas

Temp., T °C	Pres. sat., P <sub>sat</sub> kPa	Volumen específico, m <sup>3</sup> /kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
		Liq. sat., v <sub>f</sub>	Vapor sat., v <sub>g</sub>	Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Vapor sat., u <sub>g</sub>	Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Vapor sat., h <sub>g</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Evap., s <sub>fg</sub>	Vapor sat., s <sub>g</sub>
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.025	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8295
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151

Fuente: (Cengel & Boles, 2012, p. 914)

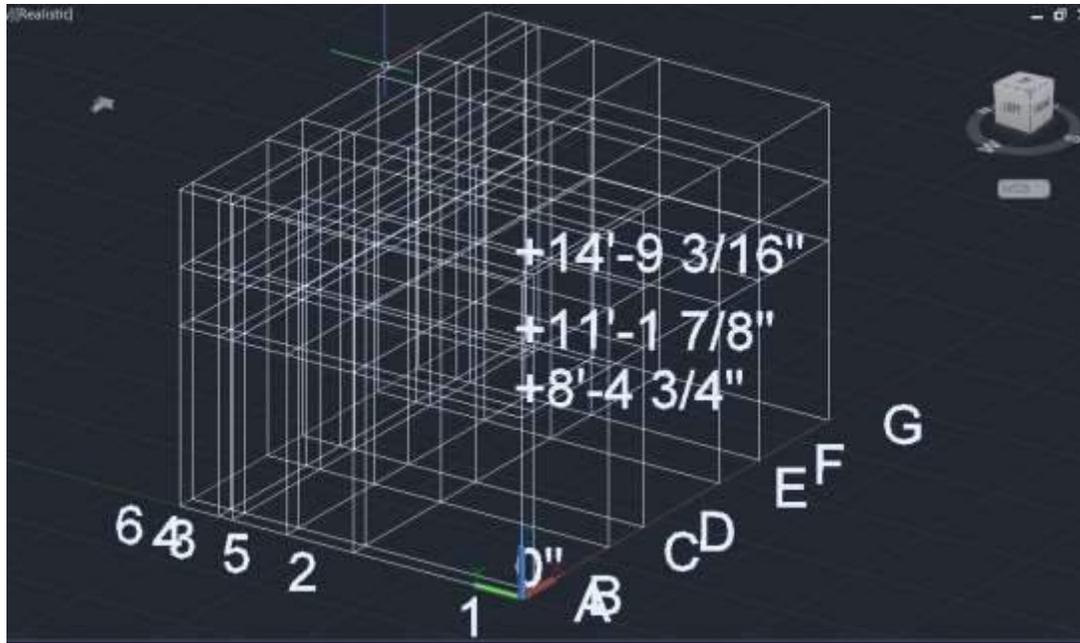
Se reemplaza los datos en la ecuación (2.1)

$$\eta_{directa} = \frac{m_v(h_g - h_l)}{m_f \cdot PCC}$$

### 3.1.8. Modelado 3D

El modelado se lo realiza en el Software AutoCAD Plant 3D, partiendo de la toma de medidas con ayuda de flexómetro y calibrador. se realiza el modelo tomando en cuenta las alturas de todos los depósitos y equipos existentes en el sistema, de igual forma en el ruteado de las tuberías los accesorios como válvulas y codos.

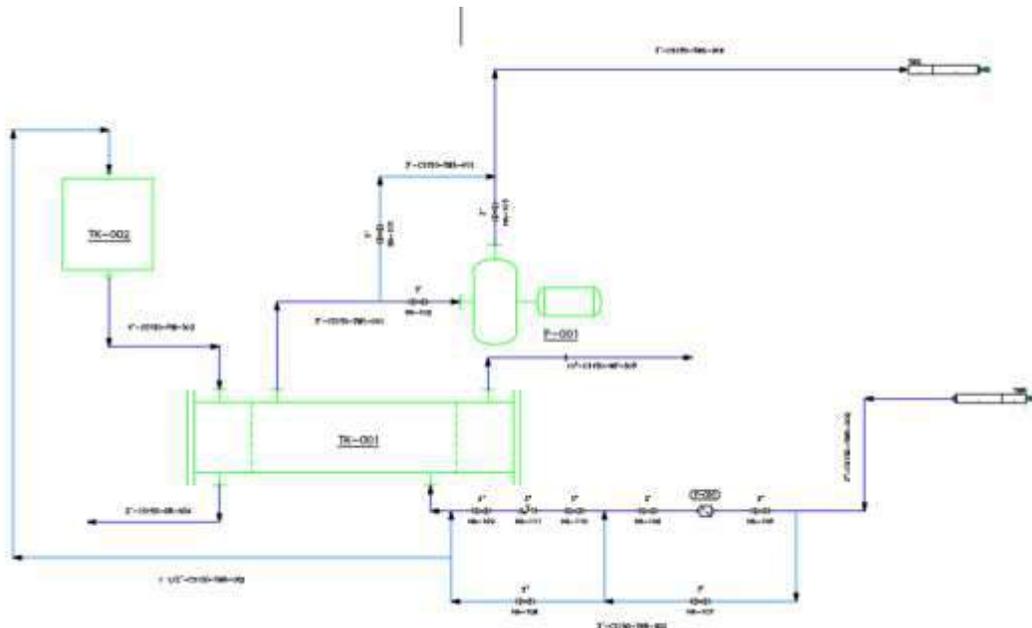
Se crean mallas (Grid) para tener una mejor ubicación en plano espacial y modelar con mayor precisión.



**Ilustración 7-3: Malla (Grid) para dibujar en AutoCAD Plant 3D.**

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

Tener un diagrama P&ID, en el cual se especifique las líneas de tuberías a dibujar, así en el ruteado de tuberías y en la generación de los planos isométricos no exista problemas.



**Ilustración 8-3: Diagrama P&ID del proceso.**

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022

### 3.1.9. *Diseño actual*

En el diseño actual, el problema son las conexiones y derivaciones innecesarias en el sistema, lo que provoca una pérdida de carga en el sistema y contraflujos en las tuberías.



**Ilustración 9-3: Tuberías de succión y retorno.**

**Realizado por:** Liguay, Kevin, 2022

### 3.2. Diseño de la nueva tubería

#### 3.2.1. Ramificación del sistema

El caudal que se calcula en el sistema actual es el que circula solo por una ramificación. Para la propuesta se toma en consideración aumentar el caudal del sistema, para abastecer los 3 procesos.

#### 3.2.2. Selección de accesorios, tubería y derivaciones.

Se escoge el servicio a emplear

**Tabla 7-3:** Servicios más utilizados en la industria petrolera.

SERVICIO	ABREVIATURA
Process Liquids (Chemical Injection)	PL
Process Hydrocarbons non-corrosive (gas/liquid)	HNC
Process corrosive moderate by CO2 in hydrocarbons (gas/liquid)	HMC
Process corrosive strong by CO2 in hydrocarbons (gas/liquid)	HSC
Purge Continuous	CB
Purge Flashing	BB
Purge Water Tower	YW
Steam	V
Take Samples	NS
Treated Water	TW
Ventilation Air	AV
Water Fireline	WFL
Water Fresh	WF
Water Heaters	HW/IW
Water Hot Return	WHR

Fuente: (Chuquín Vasco et al., 2019, p. 12)

Como el proceso emplea agua de un calentada por una caldera, se escoge "Water Heaters" que significa Calentadores de agua con su abreviatura "HW"

Se escoge la clase a la que se va a diseñar, esto depende de la temperatura y presión de diseño. Como la nueva caldera tiene una presión de diseño de 71,11 psi, y la temperatura de operación del sistema de calentamiento es hasta los 90 grados como máximo, escogemos un "ANSI 150"

**Tabla 8-3:** Clase ANSI según temperatura.

Class Temp, °F	ANSI 150 psig	ANSI 300 psig	ANSI 600 psig	ANSI 900 psig	ANSI 1500 psig	ANSI 2500 psig
-20 a 100	285	740	1480	2220	3705	6170
200	260	675	1350	2025	3375	5625
300	230	655	1315	1970	3280	5470
400	200	635	1270	1900	3170	5280

Fuente: (Chuquín Vasco et al., 2019, p. 17)

Se escoge la especificación.

**Tabla 9-3:** Especificaciones según Rating y servicio.

ESPEC	RATING ANSI	SERVICIO	MATERIAL	CÓDIGO DE DISEÑO
A	ANSI 150	AD, AV, BW, C, CR, CW, DO, DF, DRG, DRP, F, FV, G, GAS, GD, GE, GLP, GP, HF, HM, HNC, HMC, HSC, HW/TW, LO, NG, OD, OFR, OHR, OHS, OL, OP, OR, OW, RW/SW, TW, WH, WFL, WHR, WP, WR, WS, WW	CS	ASME B31.3
H	ANSI 150	AI, AU, WF, WU, YW	CS GALV	ASME B31.3

Fuente: (Chuquín Vasco et al., 2019, p. 25)

Sería especificación A, por el "Rating ANSI 150" y el servicio que es "HW", el material sería "CS" que significa Acero al Carbono, y la norma para el diseño sería "ASME B31.3"

Como en nuestras tuberías se tiene derivaciones, escogemos el tipo de derivaciones que se va a emplear.

**Tabla 10-3:** Derivaciones en tuberías.

		DERIVACIÓN															
		24	20	18	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1,5	1	0,75	0,5
PRINCIPAL	24	T	RT	RT	RT	RT	RT	W	W	W	W	W	W	S	S	S	S
	20		T	RT	RT	RT	RT	RT	W	W	W	W	W	S	S	S	S
	18			T	RT	RT	RT	RT	W	W	W	W	W	S	S	S	S
	16				T	RT	RT	RT	RT	W	W	W	W	S	S	S	S
	14					T	RT	RT	RT	W	W	W	W	S	S	S	S
	12						T	RT	RT	RT	W	W	W	S	S	S	S
	10							T	RT	RT	W	W	W	S	S	S	S
	8								T	RT	RT	W	W	S	S	S	S
	6									T	RT	RT	W	S	S	S	S
	4										T	RT	RT	S	S	S	S
	3											T	RT	S	S	S	S
	2												T	T/S	S	S	S
	1,5													SWT	SW RT	SW RT	SW RT
	1														SWT	SW RT	SW RT
	0,75															SWT	SW RT
	0,5																SWT

**Fuente:** (Chuquín Vasco et al., 2019, p. 13)

La tubería principal va a ser de 4 y 3 in.

Para una derivación de 4 in a 1 1/2 in, tenemos una derivación tipo "S", que "Sockets/Threadolet"

Y para las derivaciones de 3in a 3in, es una "T"

Entonces con los datos obtenidos para nuestro diseño y especificación "A" diseño, tenemos:

**Tabla 11-3:** Datos de la especificación "A", ANSI 150#.

ESPECIFICACIÓN "A" ANSI 150# CS, RF													
SERVICIOS: AD, AV, BW, C, CR, CW, DO, DF, DRG, DRP, F, FV, G, GAS, GD, GF, GLP, GP, HF, HM, HENC, HMC, HSC, HW/IW, LO, NG, OD, OFR, OHR, OHS, OL, OP, OR, OW, RW/SW, TW, WH, WFL, WHR, WP, WR, WS, WW													
SIZE (in)	PIPE		FLANGES		FITTINGS		BRANCH (OLETS)		BOLTING	GASKETS			
1/2	SCH 160	THD	150# RF	THD	3000#	THD	ASTM-A105	3000#	THD	BOLTS	NUTS		
3/4										SCH 80	THD	150# RF	THD
1	SCH 80	THD	150# RF	THD	ASTM-A105	3000#	THD	ASTM-A193 GR B7 Fluorocarbon Grades	ASTM-A194 GR 2H Fluorocarbon Grades Heavy Hex Nuts				
1-1/2										SCH 80	THD	150# RF	THD
2	SCH 80	THD	150# RF	THD	ASTM-A105	3000#	THD	ASTM-A193 GR B7 Fluorocarbon Grades	ASTM-A194 GR 2H Fluorocarbon Grades Heavy Hex Nuts				
3										SCH STD	RF, SMLS	Misma cédula de tubería	150# RF, WN
4	SCH STD	RF, SMLS	Misma cédula de tubería	150# RF, WN	ASTM-A105	Misma cédula de tubería	FW, SMLS	ASTM-A234 GR WPB	Misma cédula de tubería				
6										SCH STD	RF, SMLS	Misma cédula de tubería	150# RF, WN
8	SCH STD	RF, SMLS	Misma cédula de tubería	150# RF, WN	ASTM-A105	Misma cédula de tubería	FW, SMLS	ASTM-A234 GR WPB	Misma cédula de tubería				
10										SCH STD	RF, SMLS	Misma cédula de tubería	150# RF, WN
12	SCH STD	RF, SMLS	Misma cédula de tubería	150# RF, WN	ASTM-A105	Misma cédula de tubería	FW, SMLS	ASTM-A234 GR WPB	Misma cédula de tubería				
16										SCH STD	RF, SMLS	Misma cédula de tubería	150# RF, WN
20	SCH STD	RF, SMLS	Misma cédula de tubería	150# RF, WN	ASTM-A105	Misma cédula de tubería	FW, SMLS	ASTM-A234 GR WPB	Misma cédula de tubería				
24										SCH STD	RF, SMLS	Misma cédula de tubería	150# RF, WN
<b>MÁXIMAS CONDICIONES DE DISEÑO:</b>													
-20/100 °F @ 285 PSIG													
200 °F @ 260 PSIG													
250 °F @ 245 PSIG													

Fuente: (Chuquín Vasco et al., 2019, p. 26)

### 3.2.3. Aplicación de norma ASME B31.3

Se emplea la norma para calcular el espesor requerido en la tubería con la ecuación (2.17)

$$t = \frac{PD}{2(SEW + PY)}$$

Se considera la temperatura y presión de diseño como un 20% más de las que se encuentra en operación (ASME, 2019).

$$\text{Presión diseño} = (\text{Presión operación}) + 0,2(\text{Presión operación}) \quad (3.10)$$

De igual forma se realiza el cálculo de la temperatura de diseño con la consideración anterior.

$$\text{Temperatura de diseño} = 1,2(\text{Temp de operación}) \quad (3.11)$$

Con ayuda de las tablas que proporciona la norma ASME B31.3, se puede encontrar los valores de S, E, W y Y.

Para S se considera la lista del **ANEXO F**

Basic Allowable Stress, S, ksi, at Metal Temperature, °F [Note (1)]														Type/	Spec. No.
400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1,000	1,050	1,100	Grade		
														Carbon Steel — Pipes and Tubes	
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	B	A53	
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	B	A106	
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	6	A333	
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	6	A334	

**Ilustración 10-3:** Valores de S distintos materiales.

Fuente: (ASME, 2019, p. 167).

Para E se toma el valor de la tabla 12-3

**Tabla 12-3:** Soldadura longitudinal factor E.

No.	Type of Joint	Type of Seam	Examination	Factor, E <sub>j</sub>
1	Furnace butt weld, continuous weld 	Straight	As required by listed specification	0.60 [Note (1)]
2	Electric resistance weld 	Straight or spiral (helical seams)	As required by listed specification	0.85 [Note (1)]
3	Electric fusion weld			
	(a) Single butt weld [with or without filler metal] 	Straight or spiral (helical seams)	As required by listed specification or this Code Additionally spot radiographed in accordance with para. 344.5.3	0.80 0.90
			Additionally 100% radiographed in accordance with para. 344.5.3 and Table 341.3.2	1.00
	(b) Double butt weld [with or without filler metal] 	Straight or spiral (helical seams) [except as provided in 4 below]	As required by listed specification or this Code Additionally spot radiographed in accordance with para. 344.5.3 Additionally 100% radiographed in accordance with para. 344.5.3 and Table 341.3.2	0.85 0.90 1.00
4	Specific specification			
	API 5L, electric fusion weld, double butt seam 	Straight (with one or two seams) or spiral (helical seams)	As required by specification Additionally 100% radiographed in accordance with para. 344.5.3 and Table 341.3.2	0.95 1.00

Fuente: (ASME, 2019, p. 17)

Para W se toma el valor de la tabla 13-3.

**Tabla 13-3:** Factor de resistencia en la junta sodada.

Steel Group	Component Temperature, T <sub>c</sub> , °C (°F)														
	5427 (5000)	454 (850)	482 (900)	510 (950)	538 (1,000)	566 (1,050)	593 (1,100)	621 (1,150)	649 (1,200)	677 (1,250)	704 (1,300)	732 (1,350)	760 (1,400)	788 (1,450)	816 (1,500)
Carbon Steel	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CrMo [Notes (1)-(3)]	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	...	...	...	...	...	...
CSEF (N + T) [Notes (3)-(5)]	...	...	...	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	...	...	...	...	...	...
CSEF [Notes (3) and (4)] [Subcritical PWHT]	...	...	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	...	...	...	...	...	...
Autogenous welds in austenitic stainless grade 3xx, and N088xx and N066xx nickel alloys [Note (6)]	...	...	...	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Austenitic stainless grade 3xx and N088xx nickel alloys [Notes (7) and (8)]	...	...	...	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.59	0.55	0.5
Other materials [Note (9)]	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Fuente: (ASME, 2019, p. 20)

Para el valor de Y se toma de la tabla 14-3.

**Tabla 14-3:** Valores de coeficiente Y.

Material	Temperature, °C (°F)							
	482 (900) and Below	510 (950)	538 (1,000)	566 (1,050)	593 (1,100)	621 (1,150)	649 (1,200)	677 (1,250) and Above
Ferritic steels	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Austenitic steels	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
Nickel alloys UNS Nos. N06617, N08000, N08010, and N08825	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
Gray Iron	0.0	--	--	--	--	--	--	--
Other ductile metals	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

Fuente: (ASME, 2019, p. 22)

### 3.2.4. Cálculos del nuevo sistema

#### *Curva resistente*

Se realiza el mismo proceso que en el apartado 3.1.2, teniendo en cuenta el nuevo caudal a emplearse.

#### *Selección de la bomba*

Se selecciona la bomba primero por las gráficas conocidas como escamas de pescado, que proporciona el fabricante, a la altura necesaria (presión), se selecciona un rodete adecuado para la aplicación.

Para conocer el punto de funcionamiento del sistema, se interseca la curva resistente y la de la bomba seleccionada.

#### *NPSH*

Para conocer si la bomba no sufre de cavitación, primero se calcula el NPSH disponible por medio de la ecuación (2.15), una vez calculado se lo compara con el NPSH requerido que proporciona el fabricante.

$$NPSH_D = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp}$$

Primero se calcula las cargas por presión estática absoluta (2.16) y la carga de vapor del líquido (2.17) (Mott et al., 2015).

$$h_{sp} = \frac{P_{sp}}{\gamma}$$

$$h_{vp} = \frac{P_{vp}}{\gamma}$$

Para calcular las pérdidas de carga longitud de tubería como en accesorios en el tramo de succión, se realiza un proceso similar al calculado anteriormente, teniendo en cuenta la ecuación (2.8), (2.11).

$$h_{Accesorios} = \frac{8 * K * Q^2}{\pi^2 * g * D^4} \quad (2.8)$$

Se calcula el coeficiente de pérdida para los accesorios con ayuda de la tabla 2-2.

Para las perdidas por longitud de tubería.

$$h_{Long\ tub} = \frac{8 * f * L * Q^2}{\pi^2 * g * D^5}$$

Se calcula las pérdidas de carga con al suma de las pérdidas por accesorios y longitud de tubería.

$$h_f = h_{Accesorios} + h_{Long\ tub}$$

Se calcula la diferencia de niveles. El nivel de la bomba es de 0,14 m y el de la toma de agua (brida – salida de la caldera).

Se calcula el NPSH disponible

$$NPSH_D = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp}$$

Para el NPSH requerido, se emplea las curvas que proporciona el fabricante, lo que recomienda el fabricante es emplear el caudal máximo para calcular el NPSH, intersecando el caudal del sistema y la curva (GRUNDFOS, 2022, p. 21).

La bibliografía recomienda aumentar un 10% por seguridad y se cumple la condición de la ecuación (2.15) (Mott et al., 2015, p. 342).

Cuando el disponible es mayor al requerido, se evita cavitación en la bomba.

### ***Eficiencia de la bomba***

Para la eficiencia se emplea de similar manera la curva de eficiencia para la bomba, se interseca el caudal del sistema con la curva que proporciona el fabricante y se obtiene la eficiencia.

### ***Eficiencia en la caldera***

Se realiza un proceso similar al del apartado 3.1.7, teniendo en cuenta el nuevo caudal del sistema, que se lo transforma a flujo másico.

Se emplea la ecuación (2.1)

$$\eta_{directa} = \frac{m_v(h_g - h_l)}{m_f \cdot PCC}$$

### ***Perdidas de calor en tubería.***

Se calcula las pérdidas en la tubería con ayuda de la ecuación (2.19)

$$Q_{tub} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{h_1 * 2 * \pi * R_1 * L} + \frac{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}{2 * \pi * K_1 * L} + \frac{\ln\left(\frac{R_3}{R_2}\right)}{2 * \pi * K_2 * L} + \frac{1}{h_2 * 2 * \pi * R_3 * L}}$$

Se obtiene los datos de conductividades y coeficiente de convección de los materiales en los anexos B y C (Y. Çengel et al., 2011, p. 886)

para comenzar el cálculo se obtiene Reynolds, con ayuda de la ecuación (2.11)

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$

Se calcula el coeficiente de convección del fluido, primero se obtiene el número de Nusselt. A partir de la ecuación (2.21)

$$Nu = 0,023Re_D^{0,8} * Pr^n$$

Se calcula el coeficiente de convección del fluido con la ecuación (2.20)

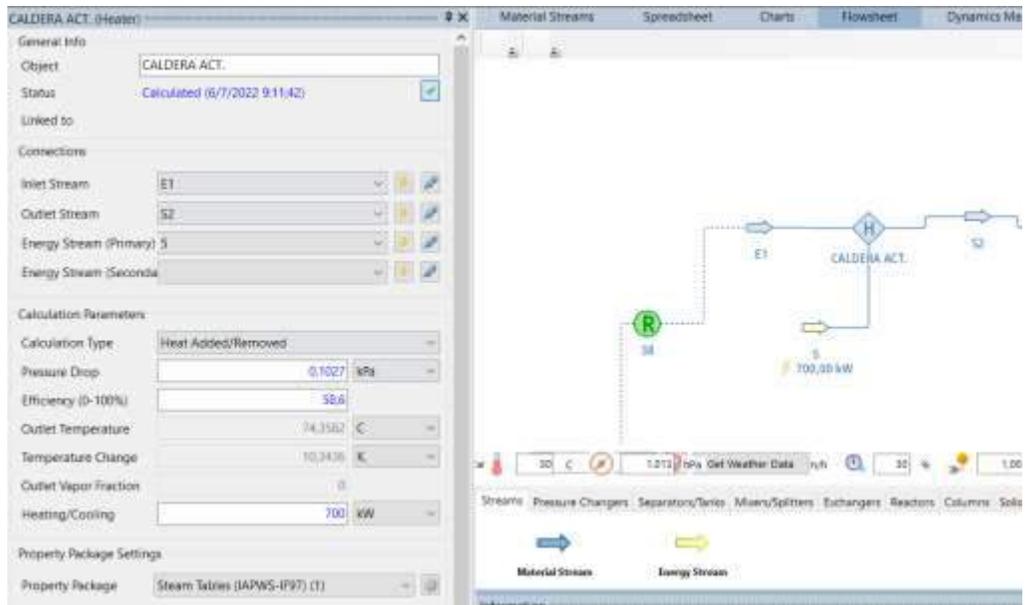
$$h_1 = K_{fluido} * \frac{Nu}{Di}$$

### **3.3. Simulación**

#### ***3.3.1. Ingreso de datos en Software***

Se selecciona el paquete termodinámico "Steam tables", porque se trabaja con agua y se realiza el trazado del perfil hidráulico en el software DWSIM.

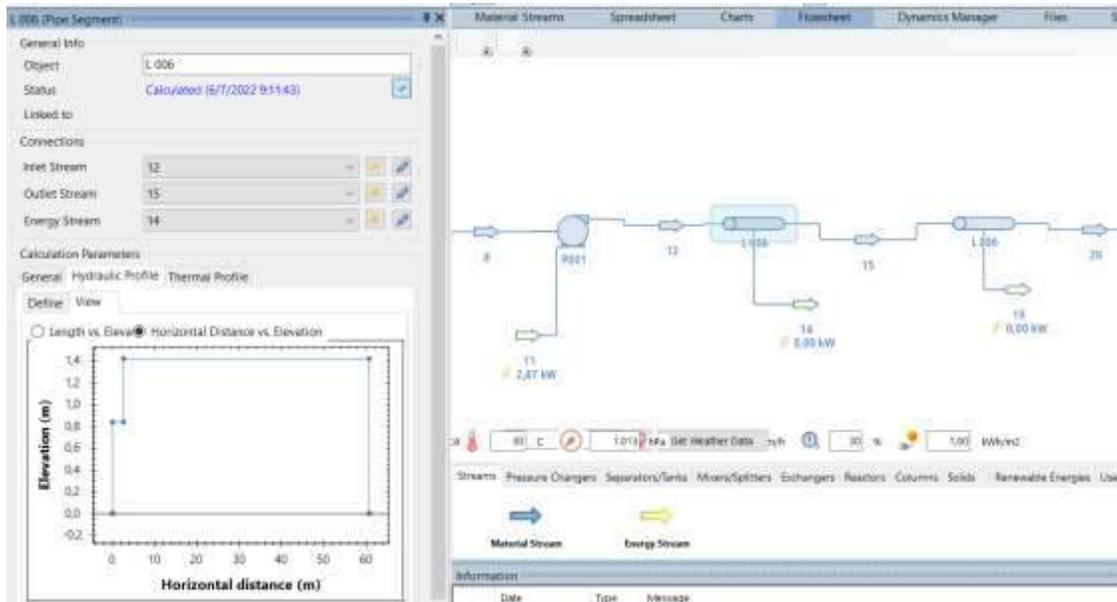
Primero se introduce un calentador, que representa la caldera, consiguiente se colocan tuberías y líneas de energía, en ellas se dibuja el perfil hidráulico asemejándolo a la realidad (en el caso del sistema de calentamiento actual).



**Ilustración 11-3:** Datos de la caldera actual en simulación.

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

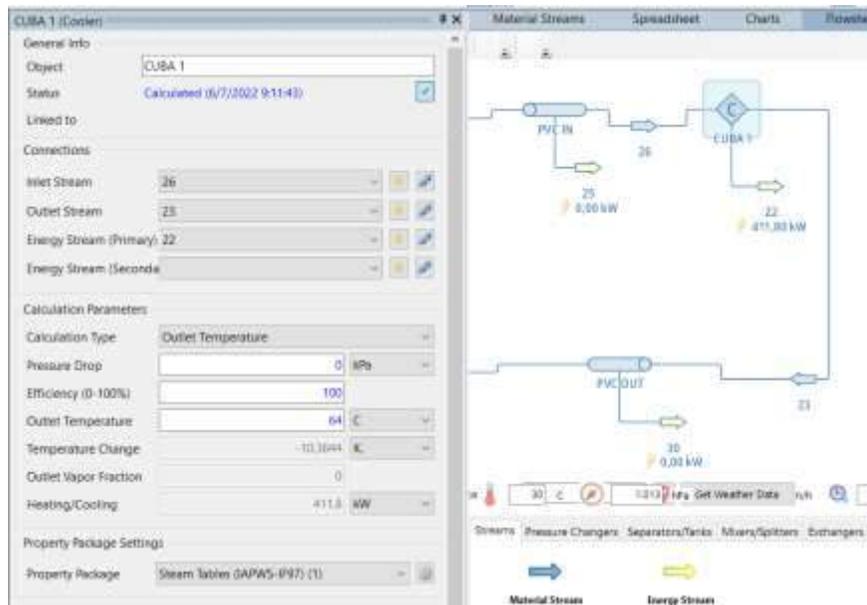
De igual forma se coloca las características de la tubería.



**Ilustración 12-3:** Datos de tubería con sus accesorios simulación.

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

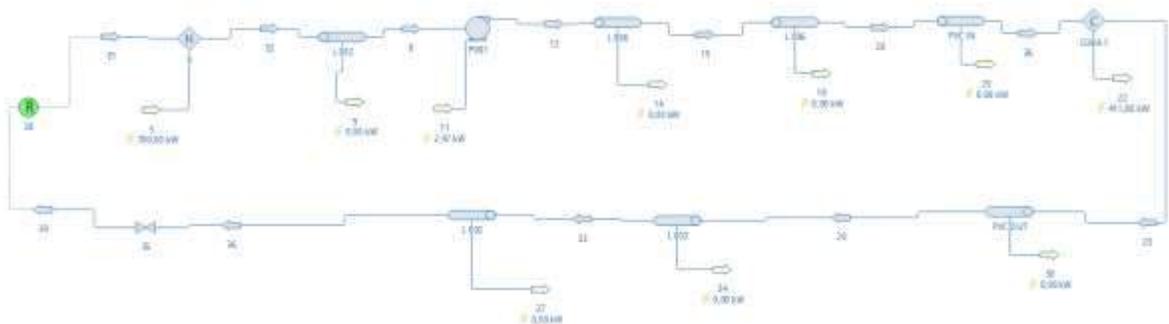
Como representación de la cuba siendo un intercambiador de calor, se coloca un enfriador, con la temperatura de salida de la cuba, y se tiene en cuenta la tubería que existe en el interior de esta.



**Ilustración 13-3:** Representación y datos de la Cuba con su tubería simulación.

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

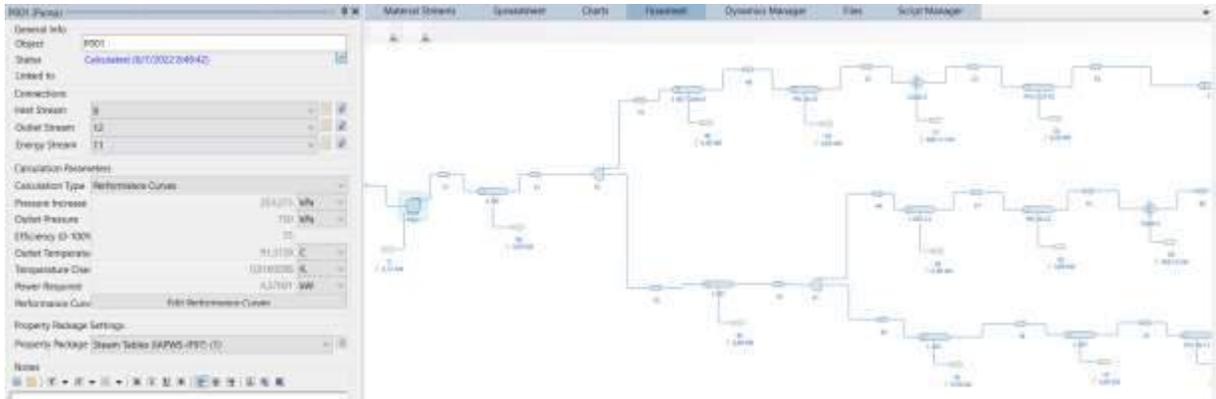
Al final para que el circuito pueda recircular se coloca un bloque de reciclado, cumpliendo la función de un tanque de expansión.



**Ilustración 14-3:** Esquema completo del sistema actual simulación.

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

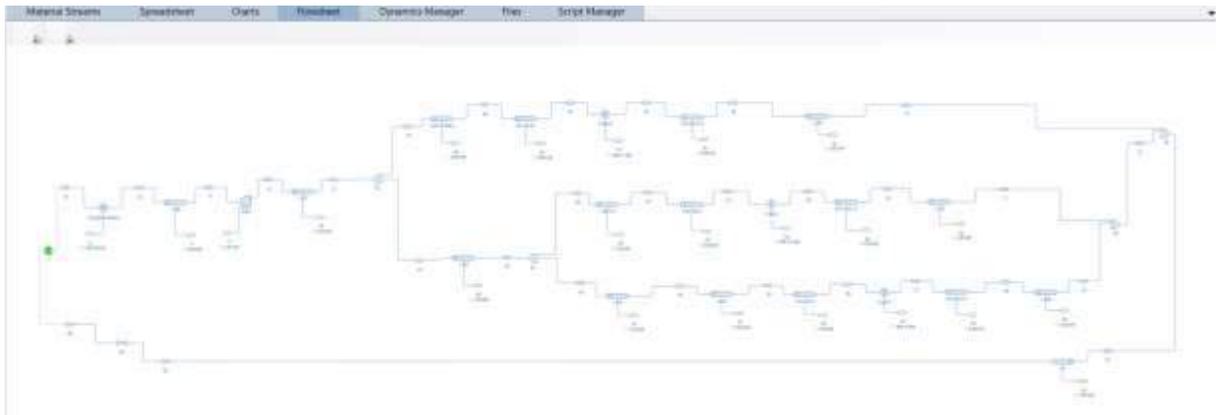
De igual forma para simular la propuesta del sistema de calentamiento, se realiza algo similar, con la diferencia de colocar separadores, que representan las derivaciones que tendrá la propuesta.



**Ilustración 15-3:** Representación de derivaciones en la propuesta del sistema.

**Realizado por:** Lliguay, Kevin, 2022.

Y para completar el esquema de simulación se colocan uniones que representan las entradas a la línea de retorno, de igual manera se pretende representar las tuberías lo más real posible para conocer su posible funcionamiento.



**Ilustración 16-3:** Esquema de la propuesta del sistema de calentamiento.

**Realizado por:** Lliguay, Kevin, 2022.

### 3.3.2. *Pérdidas de presión en el sistema*

Para la comparación de la simulación se calcula las pérdidas de carga en cada tramo, reemplazando el caudal de operación en las ecuaciones (2.8) y (2.11) que son las pérdidas menores por longitud y accesorios, a su vez se suma el diferencial de alturas, obteniendo las pérdidas de carga en metros de columna de agua (m.c.a.)

Las pérdidas de carga calculados se comparan con los valores de la simulación, primero se multiplica por el peso específico del agua a la temperatura de operación de 77°C.

$$\gamma = \rho * g \quad (3.11)$$

Donde

$\rho$  = Representa la densidad del líquido a la temperatura de operación

$g$  = Representa la fuerza de gravedad  $9.81 \text{ m/s}^2$  (Mott et al., 2015, p. 11).

Se calcula las pérdidas de presión en la primera etapa.

Para la longitud de tubería se mide la etapa en metros, para el coeficiente K de pérdidas por accesorios se cuentan todos los accesorios en la etapa.

Se reemplaza datos y se calcula las pérdidas en la etapa 1.

$$P\acute{e}rdidas = h_{Accesorios} + h_{Long\ tub} + \Delta Z$$

Se multiplica por el peso específico para tener valores en KPa.

Se compara con la pérdida de carga en la simulación. Y se realiza el mismo procedimiento para todas las etapas.

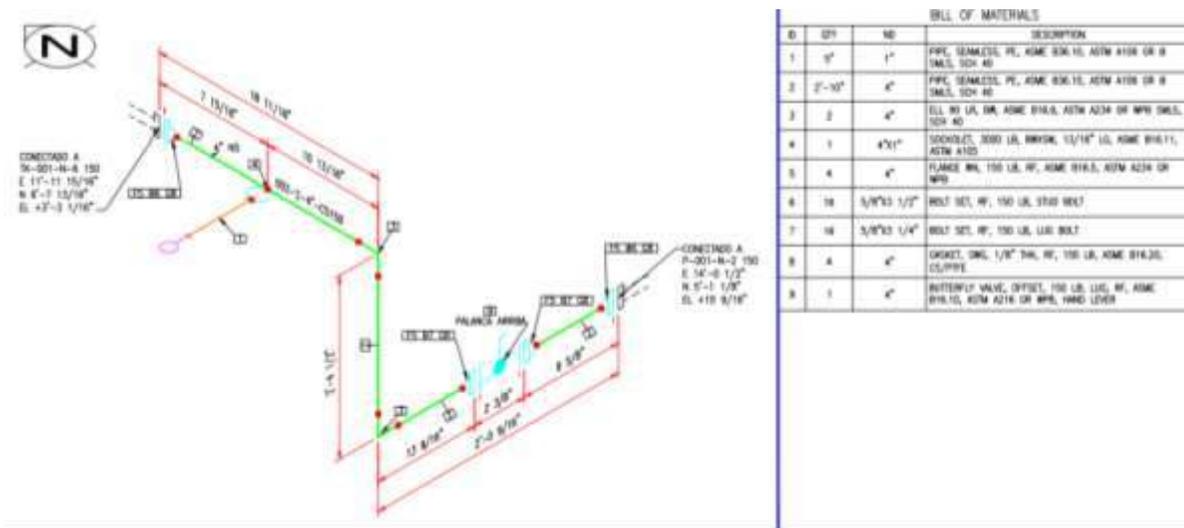
### **3.3.3. Pérdidas de calor en la tubería**

Con ayuda del software DWSIM, se obtiene las pérdidas de calor que se generan en los tramos de tubería, al igual que en las pérdidas por carga de presión, se observa los resultados en una tabla.

Para poder comprarlo y validar el resultado se suman todas las pérdidas de calor que existen en las diferentes tuberías, así al final poder compararlo con el valor calculado anteriormente.

### 3.4. Lista de materiales

Con ayuda de los planos isométricos que se obtienen en AutoCAD Plant 3D, los cuales proporcionan una lista de materiales por cada plano, en cada uno especificado los materiales y su respectiva especificación.



**Ilustración 17-3:** Plano isométrico y lista de materiales.

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

En cada uno de los planos isométricos están las longitudes de los segmentos con su respectiva orientación y de igual manera los accesorios e instrumentos.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Ingeniería inversa

##### 4.1.1. Caudal del sistema

Con los datos que presenta el sistema se tiene:

Las pérdidas en el sistema se las considera por la altura de la tubería, que es de 2,7 metros, la longitud de la tubería de 70 metros, el diámetro interno de la tubería de 0,0834 metros, la viscosidad cinemática del fluido a 65°C de  $4,42 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  y la rugosidad de la tubería de  $4,6 \times 10^{-5}$  metros. Tablas de rugosidad y viscosidad en el ANEXO D.

$$h_L = 2,7 \text{ m}$$

$$L = 70 \text{ m}$$

$$D = 0,0834 \text{ m}$$

$$\nu = 4,42 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Se emplea la herramienta "SOLVER" y partiendo de un valor  $f = 0.015$ , se aplica la función y como resultado se tiene de 0,01832.

El valor de la velocidad calculado es de  $V = 1,85586 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Calculando el caudal.

$$Q = V * A$$

Donde el área se calcula

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = 5464,194 \text{ mm}^2 = 0,005464 \text{ m}^2$$

Reemplazando datos en la ecuación

$$Q = (1,85586 \text{ m/s}) * (0,005464 \text{ m}^2) = 0,01014 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 36,5069 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 4.1.2. Curva resistente

Para la longitud de tubería, se toma en cuenta la impulsión y el retorno en dos secciones, se obtiene por mediciones los valores de 90,29 m en impulsión y 72 m en el retorno, sumando las dos se tiene:

$$L = 162,29 \text{ m}$$

Cálculo del valor de K

**Tabla 1-4:** Coeficiente K, sistema actual.

Impulsión					
Núm.	Accesorios	Le/d	f	K	K*núm.
8	Codo 90°	30	0,017	0,51	4,08
18	T	60	0,017	1,02	18,36
1	Val. Compuerta	8	0,017	0,136	0,136
1	Val. Compuerta 35%	900	0,017	15,3	15,3
2	Val. Mariposa	45	0,017	0,765	1,53
Sumatoria					39,406
Retorno					
Núm.	Accesorios	Le/d	f	K	K*núm.
13	Codo 90°	30	0,017	0,51	6,63
21	T	60	0,017	1,02	21,42
7	Val. Compuerta	8	0,017	0,136	0,952
0	Val. Compuerta 35%	900	0,017	15,3	0
2	Val. Mariposa	45	0,017	0,765	1,53
Sumatoria					30,532
Sumatoria Total de K					69,938

Fuente: Lliguay, Keevin, 2022

Factor de fricción

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{36,51 \text{ m}^3/\text{s}}{0,005464 \text{ m}^2}$$

$$V = 1,857 \text{ m/s}$$

De la tabla 2-3. Se obtiene la viscosidad cinemática del fluido a 77°C, se interpolan los valores cercanos y se obtiene una viscosidad cinemática de  $\nu = 3,738 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ , entonces se calcula Reynolds.

$$Re = \frac{1,857 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,0834 \text{ m}}{3,738 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 416340,47$$

De la tabla 3.3 se obtiene la rugosidad de la tubería, por lo tanto el valor es de  $\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$

Reemplazando los datos se obtiene el factor de fricción

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7 * D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{4,6 \times 10^{-5} \text{ m}}{3,7 * 0,0834 \text{ m}} + \frac{5,74}{(416340)^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0,01826$$

Con todos los datos necesarios se reemplazan en la ecuación (3.3)

$$h_R = 2,7 - 1,6 + \frac{8 * 69,93 * Q^2}{\pi^2 * 9,81 \text{ m}^2/\text{s} * (0,0834 \text{ m})^4} + \frac{8 * 0,01826 * 162,29 \text{ m} * Q^2}{\pi^2 * 9,81 \text{ m}^2/\text{s} * (0,0834 \text{ m})^5}$$

$$h_R = 2,7 - 1,6 + 119388,35 Q^2 + 60640,176 Q^2$$

Se realiza las operaciones matemáticas y obtiene la curva resistente del sistema.

$$h_R = 1,1 + 180028,528Q^2$$

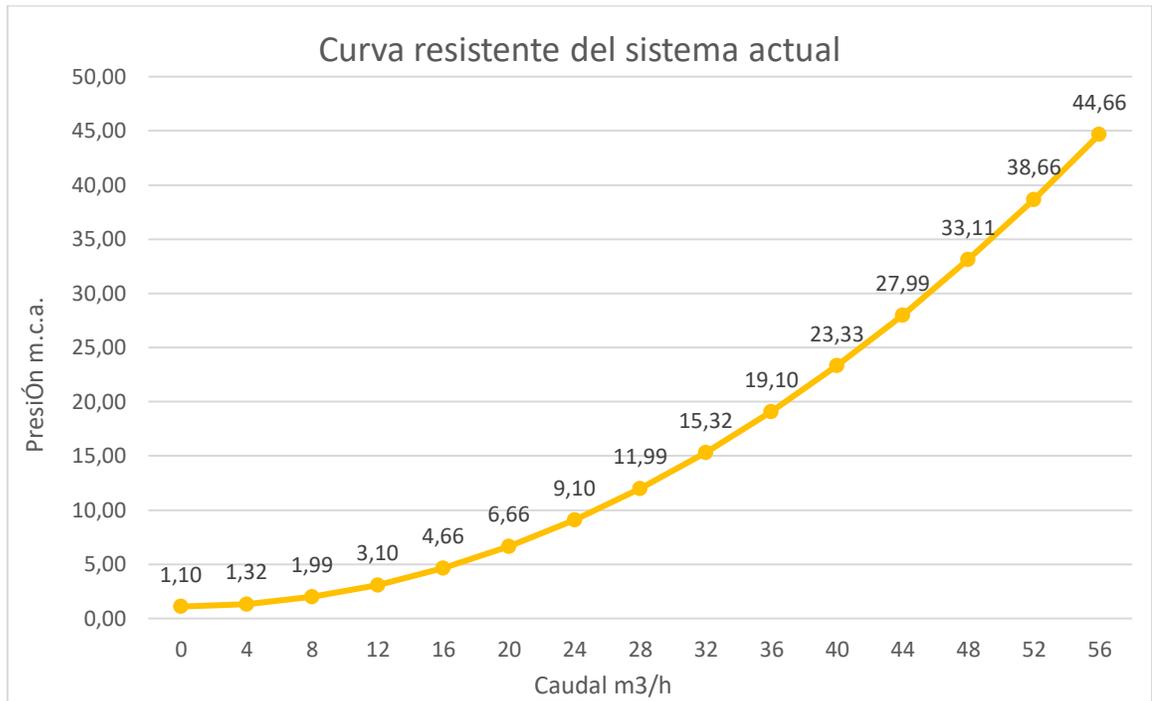
Como la ecuación está en función del caudal, se da valores para poder graficar la curva resistente del sistema.

**Tabla 2-4:** Datos para curva resístete del sistema actual.

Q(m3/h)	Hr (mca)
0	1,10
4	1,32
8	1,99
12	3,10
16	4,66
20	6,66
24	9,10
28	11,99
32	15,32
36	19,10
40	23,33
44	27,99
48	33,11
52	38,66
56	44,66

**Realizado por:** Lliguay, Kevin, 2022.

Curva resistente del sistema actual.

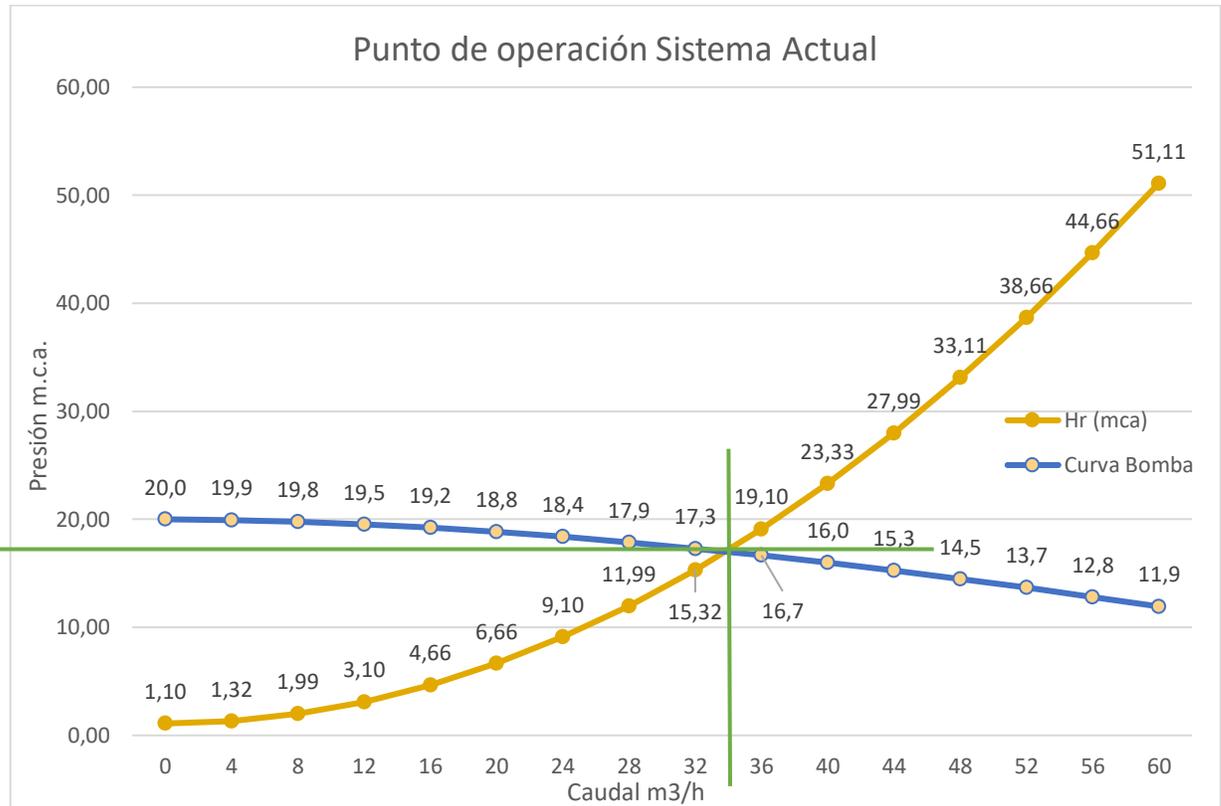


**Ilustración 1-4:** Curva resistente del sistema actual.

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

### 4.1.3. Punto de funcionamiento

Se grafican las curvas, resistente del sistema y de funcionamiento de la bomba.



**Ilustración 2-4:** Punto de funcionamiento del sistema actual.

**Realizado por:** Lliguay, Kevin, 2022.

Se realiza la intersección de los puntos, se traza líneas hacia los ejes de la gráfica y se obtiene los datos de funcionamiento, que son el caudal y la altura que viene en metros de columna de agua.

El presente sistema se encuentra trabajando a **34 m<sup>3</sup>/h y 16 metros de altura.**

### 4.1.4. Temperatura del proceso

Se tiene condiciones de operación una temperatura de

Text=20°C

Temperatura del fluido de 77°C

Temperatura en la tubería de salida 78,5°C

Temperatura de retorno 62,7°C

#### **4.1.5. Eficiencia de la caldera actual**

##### ***Flujo másico del fluido***

Con la temperatura de 60.5 que es la de operación, se obtiene la densidad del fluido que en este caso es agua, de la siguiente tabla.

$$\rho = 980.5 \text{ kg/s}$$

Entonces se obtiene el flujo másico.

$$\dot{m} = 9,948 \text{ kg/s}$$

##### ***Flujo másico del combustible***

De los datos proporcionados por el fabricante, se obtiene los valores de poder calorífico del combustible.

$$P_{cc} = 10200 \text{ kcal/kg}$$

Se tiene en cuenta que

$$1 \text{ Kcal} = 4,084 \text{ KJ}$$

Se obtiene el valor del poder calorífico.

$$P_{cc} = 41656,8 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

De la tabla 3-7 se obtiene el flujo del combustible, con boquillas 10 y 11, y a una presión de 12 bares se tiene un flujo de 42,4 y 46,7 respectivamente. Para obtener el flujo total del combustible se suman.

$$m_f = 89,1 \frac{Kg}{h} = 0,02475 \frac{Kg}{s}$$

De la tabla 3-8 se obtiene las entalpias de entrada y salida

Con las temperaturas de 62°C y 77°C, y con ayuda de la interpolación se obtiene los valores de la entalpia a sus respectivas temperaturas. Tablas completas en ANEXO D

$$h_{a\ 77^\circ C} = 322.426 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_{a\ 64^\circ C} = 259.556 \text{ KJ/Kg}$$

Se calcula la eficiencia

$$\eta_{directa} = \frac{m_v(h_g - h_l)}{m_f \cdot PCC}$$

$$\eta_{directa} = \frac{9,99 \frac{kg}{s} (322,426 - 267,932) \frac{KJ}{Kg}}{0,0224 \frac{Kg}{s} \cdot 41656,8 \frac{KJ}{Kg}}$$

$$\eta_{directa} = 0,583$$

Que en términos de porcentaje sería un 58,3%.

#### 4.1.6. Calor necesario en el sistema

Se tiene como datos

$$\dot{m} = 9,47 \text{ kg/s}$$

$$T_f = 53$$

$$T_i = 30$$

$$T_{prom} = 41.5^\circ C$$

$$C_p = 4,18 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$$

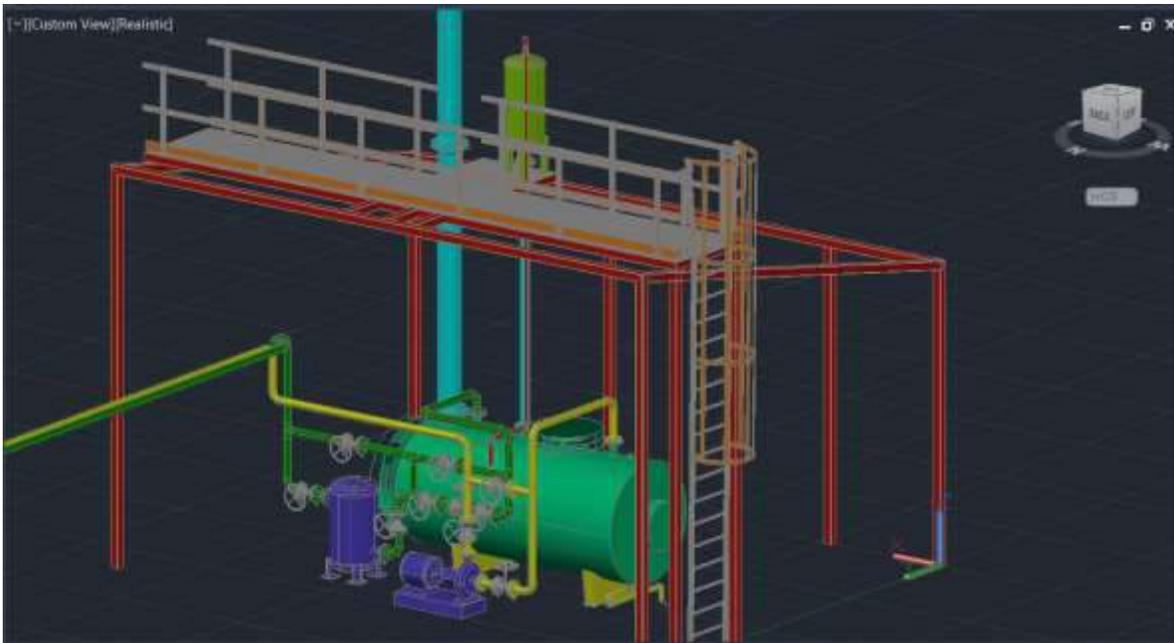
Se calcula el calor necesario

$$Q = 9,47 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * 4,18 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}^\circ\text{C} * (53 - 30)^\circ\text{C}$$

$$Q = 910,446 \text{ KW} = 0,91 \text{ MW}$$

#### 4.1.7. Modelado 3D en AutoCAD Plant 3D

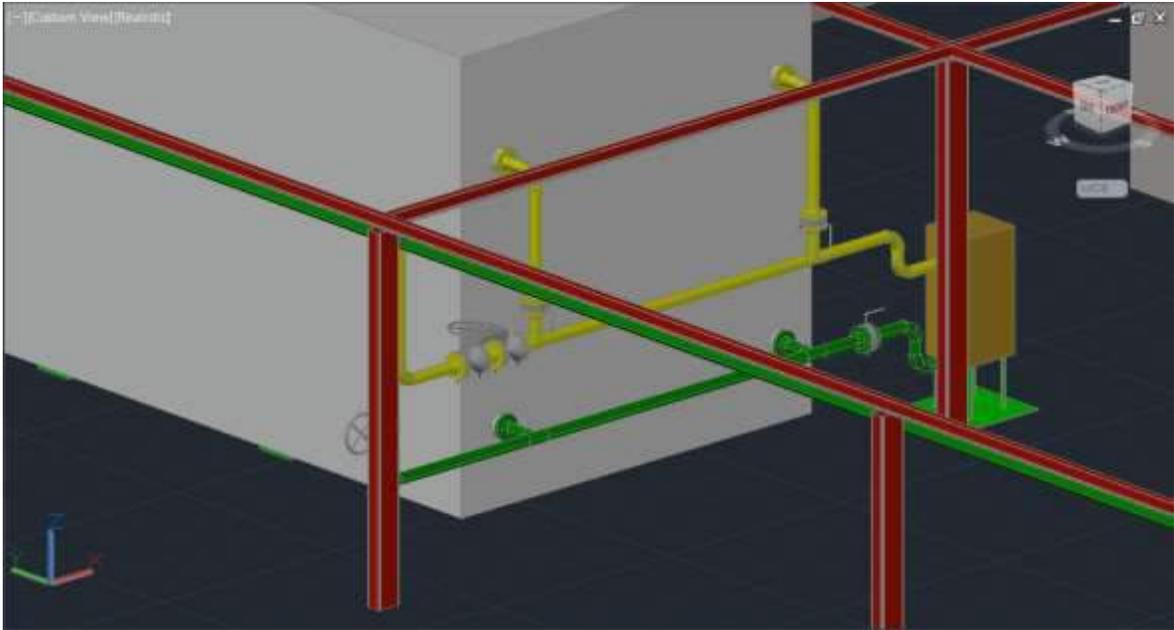
Con la toma de datos se dibuja las líneas de tubería y equipos del sistema actual.



**Ilustración 3-4:** Modelado de tuberías y equipos en AutoCAD Plant 3D.

**Realizado por:** Lliguay, Kevin, 2022.

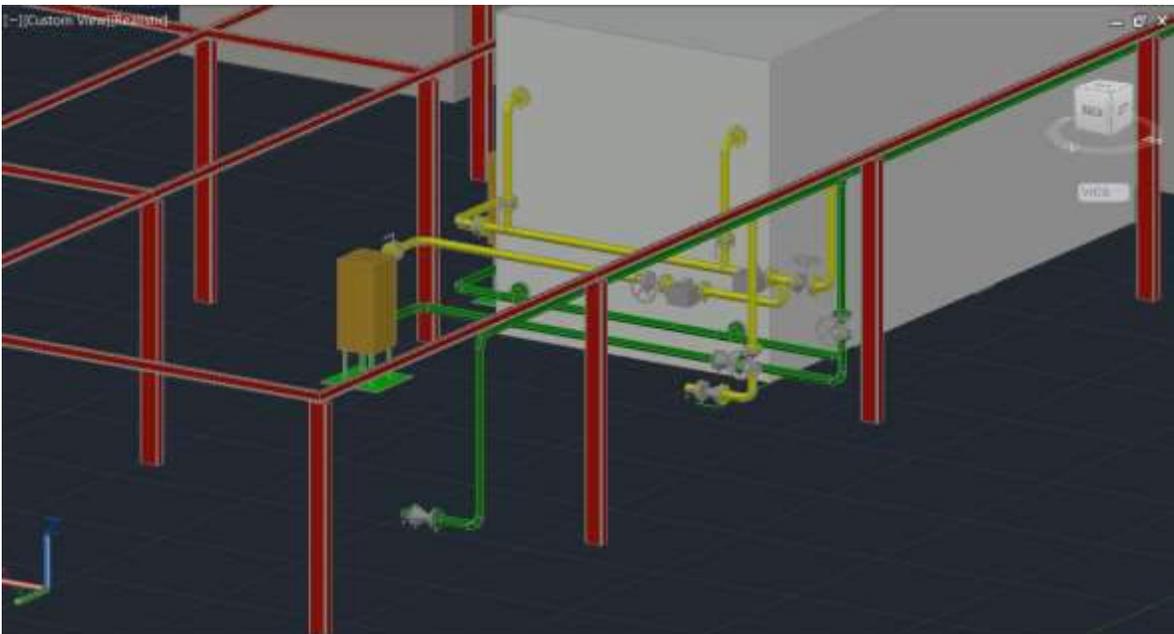
Se mide las alturas de las bridas y las entradas a los intercambiadores de calor.



**Ilustración 4-4:** Modelado del ingreso de tuberías a la Cuba 5.

**Realizado por:** Lliguay, Kevin, 2022.

De igual forma se modela el ingreso a la Cuba 1 y 2



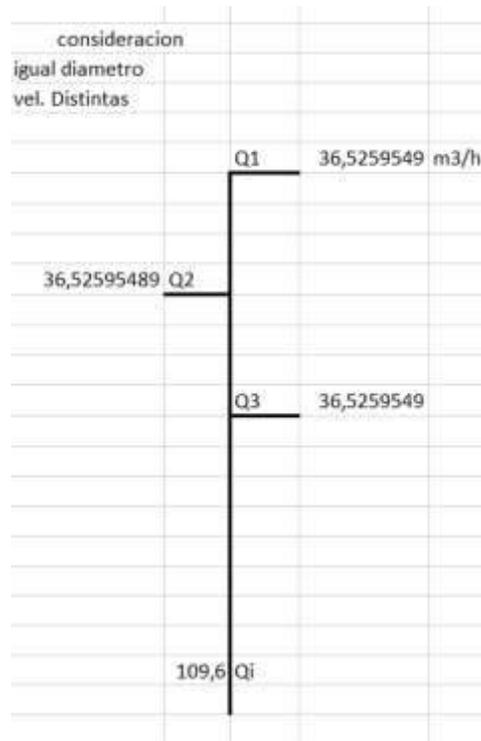
**Ilustración 5-4:** Modelado de tuberías a Cuba 1 y 2.

**Realizado por:** Lliguay, Kevin, 2022.

## 4.2. Diseño de tubería

### 4.2.1. Ramificación del sistema

Se tiene en cuenta las necesidades del nuevo proceso



**Ilustración 6-4: Ramificación de tubería del sistema.**

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

El caudal necesario para el sistema es 109,6 m<sup>3</sup>/h.

### 4.2.2. Selección de accesorios

Tubería:

- 4 in, con cédula "SCH STD" Standard, con "BE, SMLS" tubería sin costura con extremos biselados, estirada en caliente y con un material "ASTM -A 106 GR B".
- 3 in con cédula "SCH STD" Standard, con "BE, SMLS" tubería sin costura con extremos biselados, estirada en caliente y con un material "ASTM -A 106 GR B".

Bridas:

- 4 in cédula "SCH STD" Standard, tipo "#150 RF, WN" que significa brida de cara rayada de cuello soldable, y el material es "ASTM – A105".
- 3 in cédula "SCH STD" Standard, tipo "#150 RF, WN" que significa brida de cara rayada de cuello soldable, y el material es "ASTM – A105".

Fittings (accesorios):

- 1 in accesorios con cédula "3000#", para tubería roscada, sin costura y material "ASTM-A 105".

Branch (Olets), accesorios de derivación:

- 4 in con una cédula "SCH STD" Standard, terminación "BW", soldadura a tope y material "ASTM – A 105".
- 3 in con una cédula "SCH STD" Standard, terminación "BW", soldadura a tope y material "ASTM – A 105".

Bolting (Espárragos y tuercas)

- 4 in son 8 "Stud Bolt" Esparrago con diámetro de 5/8 in X 3-3/4 de longitud, "W/2 Nuts" 2 tuercas por cada esparrago y materiales "ASTM – A193 GR B7 para el esparrago y "ASTM – A194 GR 2H" para la tuerca, y deben tener "Fluorocarbon Coated" recubrimiento Fluorocarbonado
- 3 in 4 in son 4 "Stud Bolt" Esparrago con diámetro de 5/8 in X 3-3/4 de longitud, "W/2 Nuts" 2 tuercas por cada esparrago y materiales "ASTM – A193 GR B7 para el esparrago y "ASTM – A194 GR 2H" para la tuerca, y deben tener "Fluorocarbon Coated" recubrimiento Fluorocarbonado

Gaskets (empaques):

- 4 in, se necesita un "Spiral Wound" empaque de 4 in ANSI 150#, "RF" cara rayada, con espesor de 1/8 in y material "316SS".
- 3 in, se necesita un "Spiral Wound" empaque de 3 in ANSI 150#, "RF" cara rayada, con espesor de 1/8 in y material "316SS".

Válvulas:

- Válvulas de compuerta de 4 y 3 in, clase 150# material de cuerpo y bonete "ASTM – A216 GR WCB or ASTM – A105", para 8 espárragos, bridas de cara rayada bajo la norma ASME

B16.5 "RF flanged ends per ASME B16.5", Cabeza atornillada, compuerta de cuña flexible y operado con volante manual.

- Válvulas Check de 4 y 3 in, clase 150# material de cuerpo y tapa "ASTM – A216 GR WCB or ASTM – A105", para 8 espárragos, bridas de cara rayada bajo la norma ASME B16.5 "RF flanged ends per ASME B16.5", compuesta horizontal y tapa atornillada.

#### **4.2.3. Aplicación de norma ASME B31.3**

El sistema presenta los siguientes datos.

Material: A-106 Gr. B, tipo S

Corrosión admisible: 3 mm

Presión de operación: 34 psi

Temperatura de operación: 75°C

NPS: 3 in

Se calcula la presión de diseño con la ecuación (3.10)

$$Presión\ diseño = 34\ psi + 0,2(34\ psi)$$

$$Presión\ diseño = 40,8\ psi$$

Se calcula la temperatura de diseño con la ecuación (3.11)

$$Temperatura\ de\ diseño = 90^{\circ}C$$

El valor de S

Se considera el material y se lo encuentra en la tabla del ANEXO A.

$$S = 19\ Ksi$$

Valor E

Se considera el tipo de fabricación, en este caso es un material sin costura (el tubo no posee soldadura longitudinal).

$$E = 1$$

Valor W

Se considera la temperatura de diseño y el material de la soldadura, como es un acero al carbono, el valor de W se considera 1

Valor Y

Se considera la temperatura y el material del tubo, se considera un acero ferrítico.

$$Y = 0,4$$

Reemplazando datos se tiene:

$$t = \frac{40,8 \text{ psi} * 4,5 \text{ in}}{2(19 \times 10^3 * 1 * 1 + 40,8 * 0,4)}$$

$$t = 0,004827 \text{ in} = 0,123 \text{ mm}$$

Se considera la corrosión admisible para calcular el espesor requerido, empleando la ecuación (2.18)

$$t = t + Ca$$

$$t = (0,123 + 3) \text{ mm}$$

$$\mathbf{t = 3,123 \text{ mm}}$$

La cédula que se emplea es STD que, en una tubería de 3 in es de 5,49 mm

#### **4.2.4. Curva resistente**

Se emplea un caudal de 109,57 m<sup>3</sup>/h, que satisface la demanda del modelo propuesto, con sus tres derivaciones.

Para la pérdida de accesorios se realiza la tabla.

**Tabla 3-4:** Sumatoria de coeficiente de pérdidas por accesorios, nuevo sistema.

IMPULSIÓN					
Núm..	Accesorios	Le/d	F	K	K*núm.
20	Codo 90°	30	0,017	0,51	10,2
27	T	60	0,017	1,02	27,54
5	Val. Compuerta	8	0,017	0,136	0,68
1	Val. Compuerta 35%	900	0,017	15,3	15,3
12	Val. Mariposa	45	0,017	0,765	9,18
1	Reducción				6
SUBTOTAL IMPULSIÓN					68,9
RETORNO					
21	Codo 90°	30	0,017	0,51	10,71
29	T	60	0,017	1,02	29,58
3	Val. Compuerta	8	0,017	0,136	0,408
5	Val. Mariposa	45	0,017	0,765	3,825
1	Reducción				6
SUBTOTAL RETORNO					50,523
SUMA TOTAL K					119,423

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

Se realiza el mismo proceso para la obtención de la curva como en el apartado 3.1.2.

Se obtiene la siguiente ecuación de resistencia del sistema propuesto.

$$h_R = 1,1 + 99231,606Q^2$$

Se obtiene la siguiente tabla

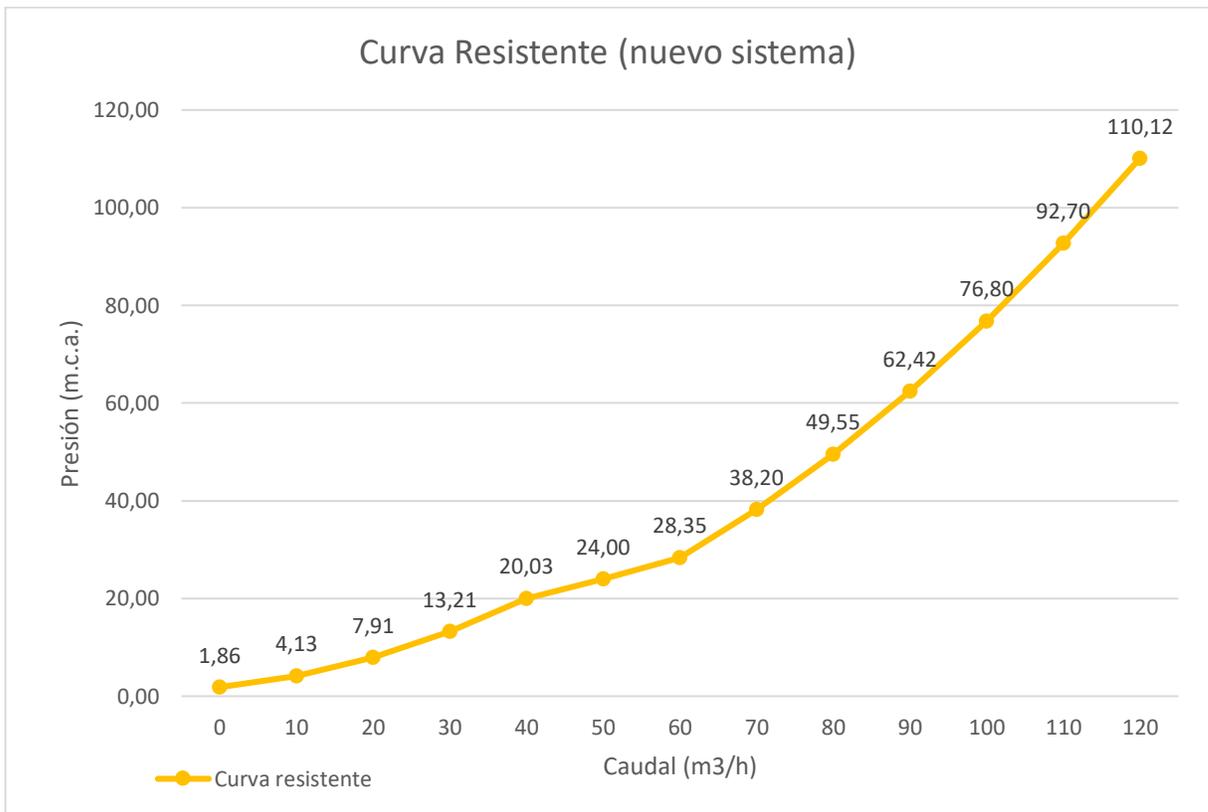
**Tabla 4-4:** Datos para gráficas la curva resistente, nuevo sistema.

Q(m3/h)	Hr (mca)
0	1,10
10	1,87
20	4,16
30	7,99
40	13,35
50	20,24
60	28,66
70	38,62

80	50,10
90	63,12
100	77,67
110	93,75
120	111,36

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

Se grafican los datos de la curva.

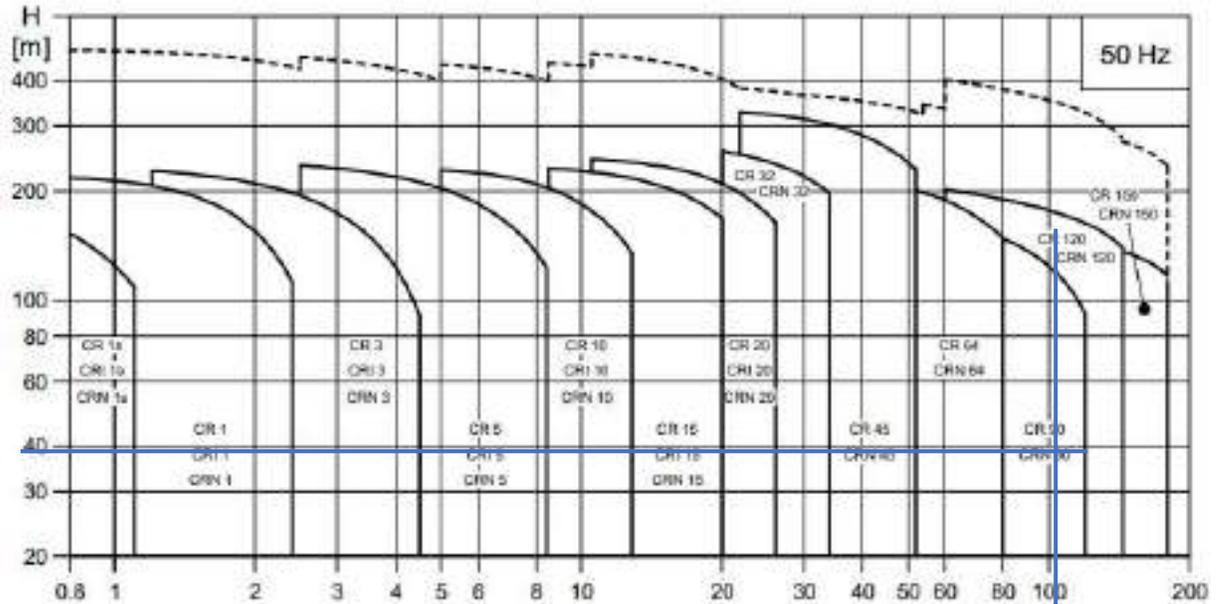


**Ilustración 7-4:** Curva resistente del nuevo sistema.

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

#### 4.2.5. Selección de la nueva bomba.

Selección del tipo de bomba por el diagrama escamas de pescado.

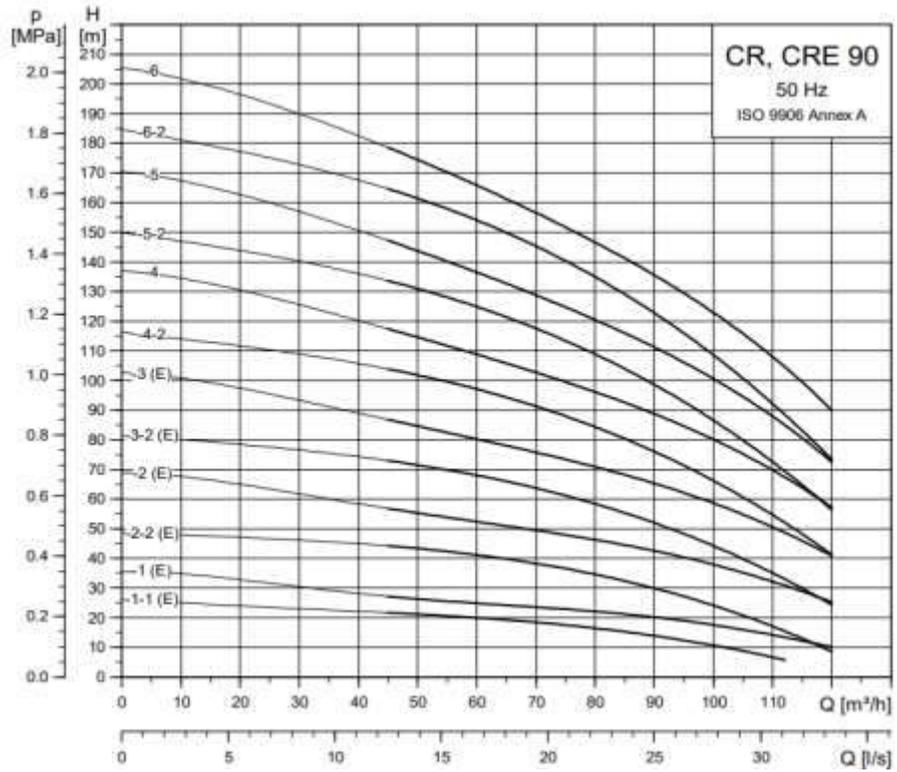


**Ilustra 8-4:** Curvas de desempeño de bombas Grundfos CR.

Fuente: (GRUNDFOS, 2022, p. 4).

Se interseca en la gráfica el valor del caudal en el sistema (109 m<sup>3</sup>/h) y la altura máxima de la curva resistente (39 m.c.a.). Teniendo una bomba de la clase CR-90.

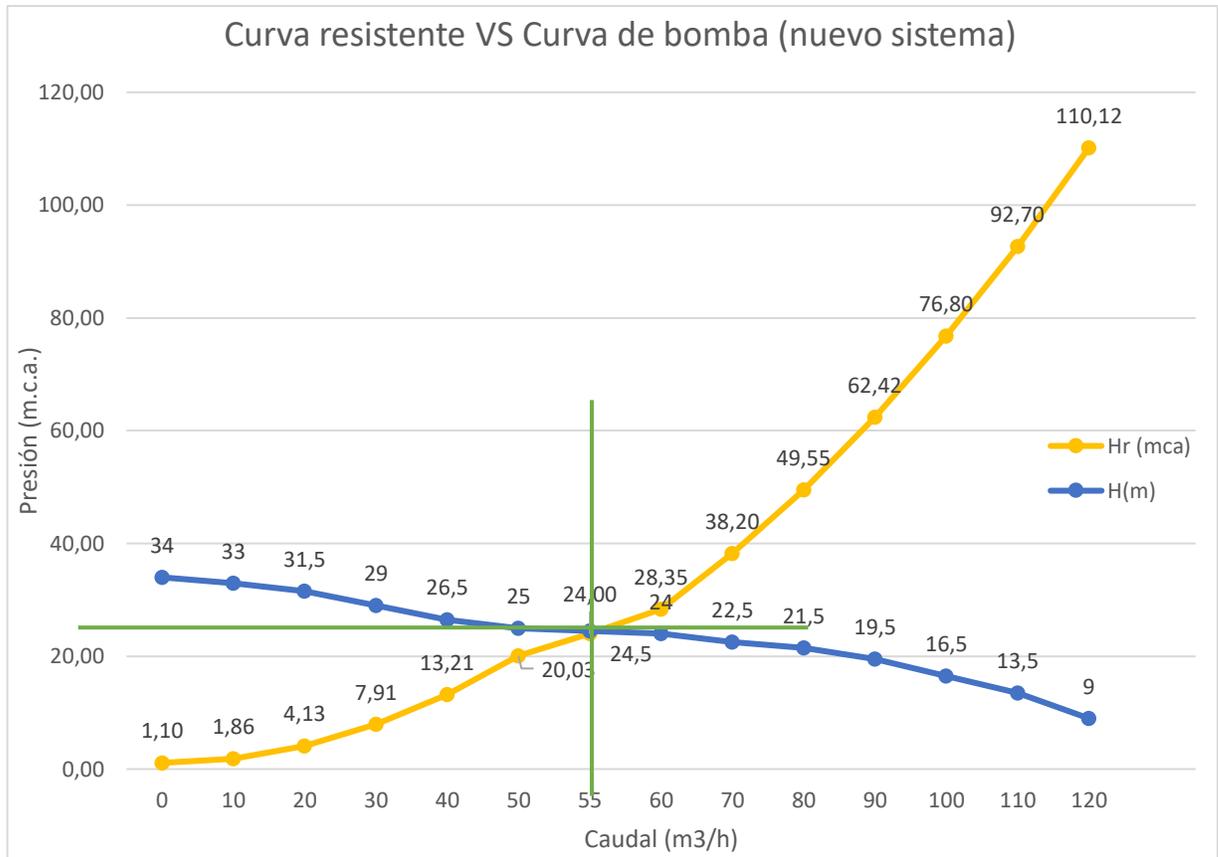
La aplicación requerida no necesita mucha presión, entonces en la curva respectiva de la bomba, se selecciona una de las primeras.



**Ilustración 9-4:** Curva de desempeño bombas clase CR-90.

**Fuente:** (GRUNDFOS, 2022, p. 66)

Se intersecan las curvas, resistente del sistema y operación de la bomba con ayuda de Excel.



**Ilustra 10-4:** Punto de funcionamiento del nuevo sistema.

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

Con la intersección de las curvas, se observa que el sistema funciona con un caudal de  $55 \text{ m}^3/\text{h}$  y una presión de 24 m.c.a

### ***NPSH***

Se tiene como datos

$$P_{sp} = 100 \text{ KPa}$$

$$\gamma = 9,589 \text{ KN/m}^3$$

$$P_{vp} = 42,486 \text{ KPa}$$

Se calcula la carga de presión estática absoluta y la carga de vapor del fluido.

$$h_{sp} = \frac{100 \text{ KPa}}{9,589 \text{ KN/m}^3}$$

$$h_{sp} = 10,4286 \text{ m. c. a.}$$

$$h_{vp} = \frac{42,486 \text{ KPa}}{9,589 \text{ KN/m}^3}$$

$$h_{vp} = 4,43 \text{ m. c. a.}$$

**Cálculo de pérdidas tramo antes de la bomba**

El caudal de operación es  $55 \text{ m}^3/\text{h}$  y se lo reemplaza en las ecuaciones (2.8) y (2.11)

Coefficiente de pérdidas por accesorios

**Tabla 5-4:** Sumatoria de pérdidas por accesorios antes de la bomba, sistema nuevo.

ANTES DE BOMBAA					
Núm..	Accesorio	Le/d	f	K	K*núm..
2	Codo 90°	30	0,017	0,51	1,02
1	Val. Mariposa	45	0,017	0,765	0,765
Suma K					1,785

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

Y se calcula las pérdidas por accesorios

$$h_{Accesorios} = \frac{8 * 1,785 * (0,015 \text{ m}^3/\text{s})^2}{\pi^2 * 9,81 \text{ m/s}^2 * (0,1083 \text{ m})^4}$$

$$h_{Accesorios} = 0,2504 \text{ mca}$$

Para las pérdidas por longitud de tubería.

Se tiene como datos.

$$f = 0,0175$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

$$h_{Long\ tub} = \frac{8 * 0,0179 * 0,5\ m * (0,015\ m^3/s)^2}{\pi^2 * 9,81\ m/s^2 * (0,1083\ m)^4}$$

$$h_{Long\ tub} = 0,011\ m$$

Se calcula las pérdidas de carga con la suma de las pérdidas por accesorios y longitud de tubería.

$$h_f = 0,262\ m$$

Se calcula la diferencia de niveles. El nivel de la bomba es de 0,14 m y el de la toma de agua (brida – salida de la caldera) es de 1,05 m.

$$h_s = 1,05 - 0,14$$

$$h_s = 0,91\ m$$

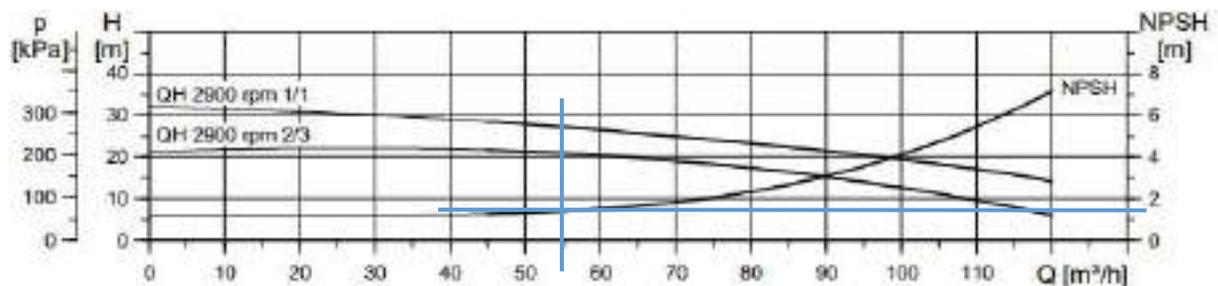
Reemplazando datos se calcula el NPSH disponible

$$NPSH_D = (10,42 + 0,91 - 0,262 - 4,43)\ m$$

$$NPSH_D = 6,63\ m$$

### ***NPSH Requerido***

Se interseca el caudal de operación con la curva proporcionada por el fabricante.



**Ilustra 11-4: Curva para el NPSH de la bomba CR-90.**

Fuente: (GRUNDFOS, 2022, p. 66).

Intersecando el caudal de operación es  $55 \text{ m}^3/\text{h}$ , se visualiza la curva NPSH que proporciona el fabricante y el punto en el que interseca es 1,6 m.

$$NPSH_D > 1,10NPSH_R$$

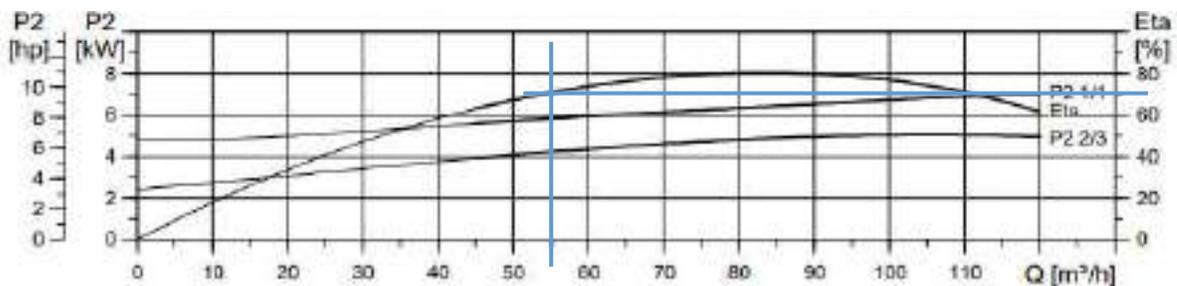
$$6,73 \text{ m} > 1,1(1,6 \text{ m})$$

$$6,73 \text{ m} > 1,76 \text{ m}$$

No existe problemas de cavitación, puesto que cumple con la condición.

#### 4.2.6. Eficiencia de la bomba

Se interseca el caudal de operación que es de  $55 \text{ m}^3/\text{h}$ , con la curva de eficiencia.



**Ilustración 12-4:** Curva para la eficiencia de la bomba CR-90.

Fuente: (GRUNDFOS, 2022, p. 66)

Se obtiene como dato de la tabla una eficiencia del 70% al caudal de operación.

#### 4.2.7. Eficiencia en la caldera

$$\eta_{directa} = \frac{m_v(h_g - h_l)}{m_f \cdot PCC}$$

Para el flujo másico se tiene en cuenta el nuevo caudal de operación del sistema, que es de  $55 \text{ m}^3/\text{h}$ , y se lo representa en las siguientes unidades:

$$\dot{m} = 14,97 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

El poder calorífico del combustible (Diesel) se lo encuentra en el manual del fabricante.

$$P_{cc} = 10200 \text{ kcal/kg}$$

Se tiene en cuenta que

$$1 \text{ Kcal} = 4,084 \text{ KJ}$$

Se obtiene el valor del poder calorífico.

$$P_{cc} = 41656,8 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

Las entalpías se las obtiene de la tabla de agua saturada a las temperaturas de trabajo del fluido.

$$h_{a\ 77^{\circ}\text{C}} = 322,426 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_{a\ 64^{\circ}\text{C}} = 267,932 \text{ KJ/Kg}$$

Se reemplaza los datos en la ecuación (2.1)

$$\eta_{directa} = \frac{m_v(h_g - h_l)}{m_f \cdot P_{CC}}$$

$$\eta_{directa} = \frac{14,97 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (322,426 - 267,932) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}{0,0224 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \cdot 41656,8 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}$$

$$\eta_{directa} = 0,874$$

**Se tiene una eficiencia de 87,4 %.**

#### 4.2.8. Pérdidas de calor en tubería.

Se calcula las pérdidas en la tubería con ayuda de la ecuación (2.19)

$$Q_{tub} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{h_1 * 2 * \pi * R_1 * L} + \frac{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}{2 * \pi * K_1 * L} + \frac{\ln\left(\frac{R_3}{R_2}\right)}{2 * \pi * K_2 * L} + \frac{1}{h_2 * 2 * \pi * R_3 * L}}$$

En la que tenemos como datos

$$T_{ext} = 20^{\circ}C$$

$$T_{int} = 77^{\circ}C$$

Radios de tubería y aislamiento térmico.

$$R1 = 0,0417 \text{ m}$$

$$R2 = 0,04445 \text{ m}$$

$$R3 = 0,06445 \text{ m}$$

Longitud de tubería

$$L = 70 \text{ m}$$

Conductividades de los materiales

$$K1 = 60.5 \text{ W/m}^{\circ}C \text{ (ver ANEXO B)}$$

$$K2 = 0,039 \text{ W/m}^{\circ}C$$

$$K_{fluido} = 0,6682 \text{ W/m}^{\circ}C \text{ (ANEXO C)}$$

Coefficiente de convección

$$h2 = 10 \text{ W/m}^2^{\circ}C$$

Y como constantes se tiene

$$\text{Número de Prandtl (Pr)} = 2,56$$

$$n = 0,3$$

para comenzar el cálculo se obtiene Reynolds, con ayuda de la ecuación (2.11)

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$

$$Re = \frac{5,597 \frac{m}{s} * 0,0834 m}{3,65 \times 10^{-7} m^2/s}$$

$$Re = 1280538,119 \quad \text{flujo turbulento}$$

Se calcula el coeficiente de convección del fluido, primero se obtiene el número de Nusselt. A partir de la ecuación (2.21)

$$Nu = 0,023 Re_D^{0,8} * Pr^n$$

$$Nu = 0,023 (1280538,19)_D^{0,8} * (2,56)^{0,3}$$

$$Nu = 23448,434$$

Se calcula el coeficiente de convección del fluido con la ecuación (2.20)

$$h_1 = K_{fluido} * \frac{Nu}{Di}$$

$$h_1 = \left(0,668 \frac{W}{m^2 \cdot C}\right) * \frac{23448,434}{0,0834 m}$$

$$h_1 = 187846,1 \frac{W}{m^2 \cdot C}$$

Con todos los datos se calcula las pérdidas de calor en la tubería

$$Q_{tub} = \frac{(79 - 20)^{\circ}C}{\frac{1}{187846,1 * 2 * \pi * 0,0417 * 177,94} + \frac{\ln\left(\frac{0,0445}{0,0417}\right)}{2 * \pi * 48,9 * 177,94} + \frac{\ln\left(\frac{0,0645}{0,0445}\right)}{2 * \pi * 0,026 * 177,94} + \frac{1}{10 * 2 * \pi * 0,0645 * 177,94}}$$

$$Q_{tub} = 5954,05 W = 5,9 KW$$

### 4.3. Simulación

#### 4.3.1. Pérdidas de presión

Para la densidad se emplea la tabla del ANEXO C

$$\rho \text{ a } 77^{\circ}C = 973,54 \text{ kg/m}^3$$

Reemplazando datos en la ecuación (3.11) se tiene:

$$\gamma = (973,54 \text{ kg/m}^3) * (9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$\gamma = 9550.42 \text{ N/m}^3 = 9.548 \text{ KN/m}^3$$

#### *Pérdidas por fricción y accesorios*

Longitud: como resultado en la primera etapa se tiene 4 m.

Coefficiente K antes de la bomba

**Tabla 6-4:** Sumatoria coeficiente K primera etapa.

	Accesorios	Núm.	LE/D	F DE 3 IN	K	K*Núm.
IMPULSIÓN ANTES DE LA BOMBA	Codo 90°	3	30	0,017	0,51	1,53
	T	2	20	0,017	0,34	0,68
	Val. Comp.	2	8	0,017	0,136	0,272
SUMA						2,482

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

Se reemplaza datos y se obtiene las pérdidas de presión:

$$Pérdidas = \frac{8 * K * Q^2}{\pi^2 * g * D^4} + \frac{8 * f * L * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} + Z_1 - Z_2$$

$$Pérdidas = \frac{8 * 2,482 * 0,0102^2}{\pi^2 * 9,81 * 0,0834^4} + \frac{8 * 0,018 * 5 * 0,0102^2}{\pi^2 * 9,81 * 0,0834^5} - 1,2 \text{ m}$$

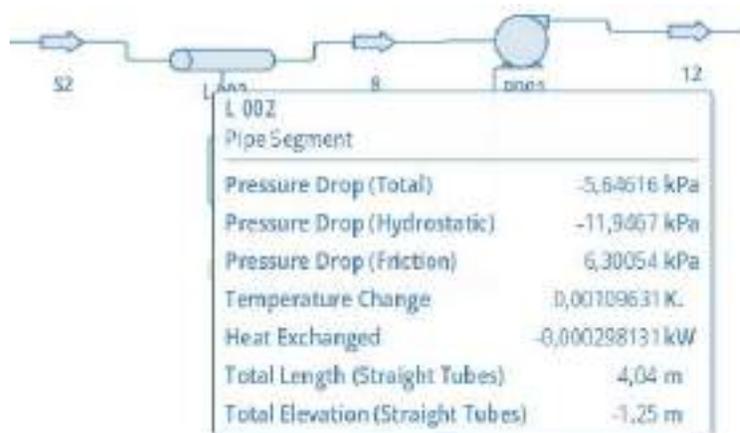
$$Pérdidas = -0,6043 \text{ m}$$

Se multiplica por el peso específico para tener valores en KPa.

$$Pérdidas = -0,6043 * 9,55$$

$$Pérdidas = -5,77 \text{ KPa}$$

Se compara con la pérdida de carga en la simulación.



**Ilustración 13-4.** Resultados de simulación en la primera etapa.

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022

Se obtiene una tabla con los errores

**Tabla 7-4:** Comparación de la simulación y cálculos (pérdidas por presión), Sistema actual.

Línea	ETAPA	Metros De tub. (m)	K de accesorios	Pérdida de presión		Simulación	Error
				(m.c.a)	KPa		
Impulsión	Antes de bomba	4	2,482	-0,6043	-5,77	-5,64	2%
	Después de bomba	98,638	25,228	8,1073	77,42	77,42	0%
	Tubería de cuba	39,5	9,18	3,1630	30,21	29,56	2%
Retorno	Retorno antes del filtro	40,06	7,854	3,5494	33,90	34,43	2%
	Retorno después del filtro	4,676	4,522	1,6940	16,18	16,79	4%
SUMATORIA					151,934	152,56	0%

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

Se compara los valores obtenidos de las pérdidas de carga en los tramos de tubería con los datos que se obtiene en el software DSIM, los valores se muestran en la siguiente tabla con su respectivo error.

**Tabla 8-4:** Comparación de las pérdidas por presión en el nuevo sistema.

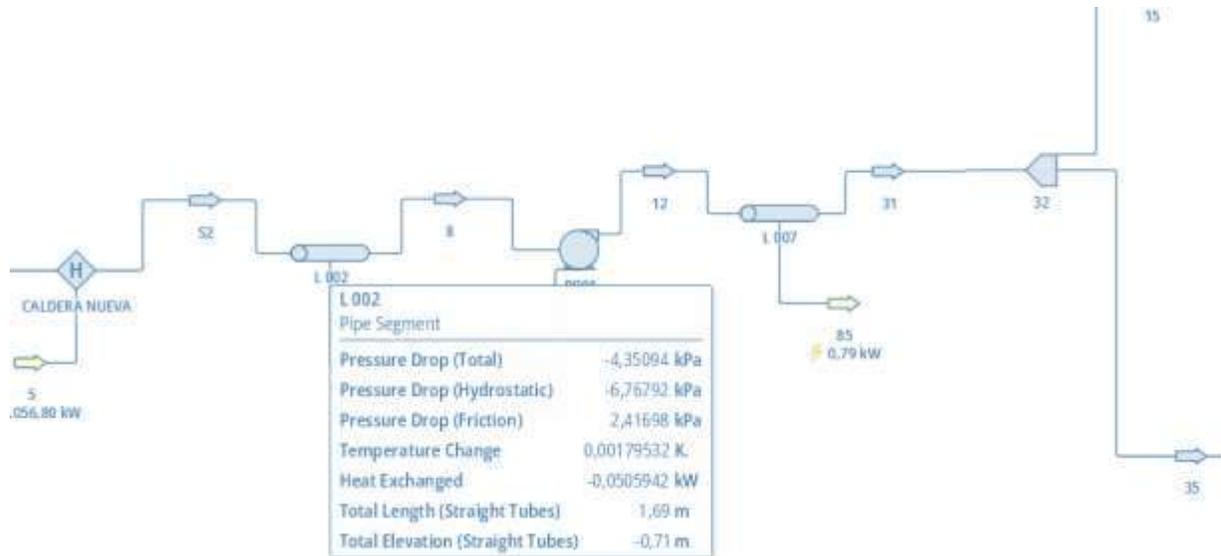
Línea	Etapa	Metros de tub.	K de accesorios	Pérdida de presión		Simulación	Error	
				m.c.a.	KPa			
IMPULSIÓN	Antes de bomba	1,69	1,68	-0,344	-3,289	-3,33	1%	
	Después de bomba	35,05	16,43	9,3657	89,442	87,364	2%	
	PRIMERA DIVISIÓN							
	Tubería a cuba 5	2,45	2,856	-0,803	-7,669	-7,92	3%	
	Tubería en cuba 5	33	7,31	0,6563	6,268	6,08	3%	
	Tubería división 2	30,5	0,68	1,7971	17,163	16,91	1%	
	SEGUNDA Y TERCERA DIVISIÓN							
	Tubería a cuba 2	3,16	7,004	-0,678	-6,476	-6,278	3%	
	Tubería en cuba 2	33	7,31	0,6563	6,268	6,08	3%	
	Tubería a cuba 1	2,84	16,456	-2,242	-21,41	-21,64	1%	
	Tubería en cuba 1	33	7,31	0,6563	6,268	6,08	3%	
	RETORNO	Tubería en cuba 1	6	6,63	0,3190	3,047	3,119	2%
		Tubería salida cuba 1	8,87	2,635	2,1261	20,304	20,68	2%
Tubería en cuba 2		6	6,63	0,3190	3,047	3,119	2%	
Tubería salida cuba 2		35,98	5,712	2,5656	24,502	24,98	2%	
PRIMERA DIVISIÓN								
Tubería en cuba 5		6	6,63	0,3190	3,047	3,119	2%	
Tubería salida cuba 5		6,75	4,726	2,0273	19,360	19,91	3%	
DESPUÉS DE DIVISIONES								
Ingreso a caldera		33,07	10,845	6,7745	64,696	63,05	3%	

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

Comparando los valores calculados con los obtenidos mediante la simulación y se calcula el error entre ellos. Como se observa en la tabla los errores oscilan entre 1 y 3%, por lo que la simulación resulta exitosa.

#### 4.3.2. Pérdidas de calor

Se compara los valores que arroja el Software con los calculados manualmente.



**Ilustra 14-4:** Pérdidas de calor en la tubería.

**Realizado por:** Lliguay, Kevin, 2022.

En el primer tramo de tubería, que corresponde a la tubería antes de la bomba, se tiene una pérdida de **0,0506 KW**.

Se suma las pérdidas de calor que se obtiene mediante el Software DWSIM, se obtiene las pérdidas de calor en todos los tramos de tubería.

**Tabla 9-4:** Pérdidas de calor en la simulación, sistema nuevo.

Etapa		KW
Tubería	Antes de la bomba	0,05062
	Después de bomba	0,7947
Primera división	Cuba 5 60°c	0,081
	Tubería in	1,70145
	Tubería out	0,01028
	Tubería a 2da división	0,68
Segunda división	Cuba 2 a 60°c	0,096
	Tubería in	0,698
	Tubería out	0,1028
Tercera división	Cuba 1 a 62°c	1,195
	Tubería in	0,4038
	Tubería out	0,05154
SUMATORIA		5,86519

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

Se compara con el resultado calculado el cual es de **5,594 KW**, y posteriormente se calcula el error con el obtenido mediante simulación.

$$\text{Error} = 1.49\%$$

#### **4.4. Lista de materiales para repotenciación**

Para obtener la lista total de materiales que se emplean en la propuesta de repotenciación, se suman los accesorios y tubería correspondientes para cada tramo.

**Tabla 10-4:** Lista de materiales completa para la propuesta de repotenciación.

Cantidad metros/ unidades	Diámetro nominal	Descripción
1,04	4"	Tubería, sin costura, PE, norma: ASME B36.1, material: ASTM A106 GR B, cedula: SCH 40
15,98	3"	Tubería, sin costura, PE, norma: ASME B36.1, material: ASTM A106 GR B, cedula: SCH 40
5,89	2"	Tubería, sin costura, PE, norma: ASME B36.1, material: ASTM A106 GR B, cedula: SCH 40
0,20	1"	Tubería, sin costura, PE, norma: ASME B36.1, material: ASTM A106 GR B, cedula: SCH 40
5	4"	Codo 90° LR, noma: ASME B16.9, material: ASTM A234 GR WPB, cedula: SCH 40
14	3"	Codo 90° LR, noma: ASME B16.9, material: ASTM A234 GR WPB, cedula: SCH 40
6	2"	Codo 90° LR, noma: ASME B16.11, material: ASTM A105, Roscado
10	4"	Brida soldada, 150 lb, RF (Cara rayada), norma ASME B16,5, Material: ASTM A234 GR WPB
11	3"	Brida soldada, 150 lb, RF (Cara rayada), norma ASME B16,5, Material: ASTM A234 GR WPB
60	5/8" X 3 1/2 "	Juego de pernos, RF (cara rayada), 150 LB, stud bolt (espárragos)
64	5/8" X 3 1/4 "	Juego de pernos, RF (cara rayada), 150 LB, lug bolt (perno)
10	4"	Empaques, SWG, espesor de 1/8 ", RF (cara rayada), 150 LB, norma: ASME B16.2.
11	3"	Empaques, SWG, espesor de 1/8 ", RF (cara rayada), 150 LB, norma: ASME B16.2.
2	4"	Válvula de mariposa, OFFSET, 150 LB, operador manual, RF (cara rayada), norma: ASME B16.1, material: ASTM A216.
6	3"	Válvula de mariposa, OFFSET, 150 LB, operador manual, RF (cara rayada), norma: ASME B16.1, material: ASTM A216.
1	3"	Válvula de bola, diseño largo, 150LB, BW, norma: ASME B16,10, material: ASTM A216 GR WPB, operador manual.
1	4" a 1" (4"X1")	Socket, 3000 LB, BWXSW, 13/16 in LG, Norma: ASME B16.11, material: ASTM A105.
1	3" a 1" (3x1)	Socket, 3000 LB, BWXSW, 13/16 in LG, Norma: ASME B16.11, material: ASTM A105.
2	4" X 3"	Reducción (Cónica), Soldada, noma: ASMEB16.9, material: ASTM A234 GRWPB SMLS, Cedula 40
8	3"	Soporte con ángulo
3	3"	Soporte de cable empernado

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

La lista de materiales se reduce si la empresa cuenta con los accesorios necesarios.

#### 4.5. Propuesta del sistema de calentamiento

En el sistema actual, la problemática es la baja presión de la bomba, no abastece a los 3 procesos que posee el sistema térmico, por lo que la repotenciación consiste en aumentar el caudal y la presión (cambiando la bomba) para realizar el mismo proceso en simultaneo por las tres derivaciones.

Se tiene en cuenta los materiales existentes en la planta, por lo que se cambiarían los siguientes:

**Tabla 11-4:** Equipos y materiales por cambiar.

Bombas centrifugas	
Bomba CYIH 100-80-125 Caudal max: 100 m3/h Presión max: 2 Bar	Grundfos CR90-1-1 A-F-A-E-HQQE Caudal max: 120 m3/h Presión max: 16 Bar
Caldera	
Hebei Huaxin Boiler de 700 KW Capacidad: 700 KWa Temperatura: 85/60 °C Presión: Atmosférica Pasos: 1	Fontanet 3 PR-1500 Capacidad: 1744.5 KWa Temperatura: 90/75 °C Presión: 5 Bar Pasos: 3
Tubería	
3 in Material: - Cedula: STD	4 in (antes de bomba) Material: ASTM A-106 Gr. B Cedula: STD

Realizado por: Lliguay, Kevin, 2022.

## CONCLUSIONES

- Con la repotenciación del sistema de calentamiento se abastece los 3 procesos necesarios, cambiando la bomba lo que aumenta el caudal de 34 a 55  $m^3/h$  y presión de 16 a 24 m.c.a. en el sistema de bombeo y la caldera aumentando la capacidad de 700 KW a 1744,5 KW, con esto su eficiencia general aumenta en un 17%.
- Con ayuda de la ingeniería inversa y procesos iterativos se calcula el caudal del sistema el cual es de 34  $m^3/h$ , y su eficiencia térmica que es del 58,3%, de igual forma se modela el sistema con todos sus accesorios correctamente ubicados tomando en cuenta las medidas recolectadas de los equipos y se conoce su punto de operación que es a una presión de 17 m.c.a.
- El software DWSIM permite ver el comportamiento y las propiedades del fluido que se estudia de una manera rápida y precisa, los errores que se obtienen son menores al 3% al compararlos con los cálculos manuales que resultan ser bajos, por lo que la confiabilidad de la simulación es alta.
- AutoCAD Plant 3D muestra de manera más fácil el ruteado de tuberías y la ubicación de los componentes en cualquier proceso, de igual forma el obtener la lista de materiales necesarios y los planos isométricos de todos los equipos para su posterior construcción, teniendo en cuenta las normas y reglamentos estandarizados por el programa.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a la empresa realizar un inventario con todos los materiales necesarios para la repotenciación y disminuir el costo de esta.
- Al momento de realizar el ruteado de tuberías en AutoCAD Plant 3D, tener sumo cuidado en las líneas de cada tubería, para que no provoque fallas o desconexiones al momento de realizar los planos isométricos.
- Cuando se ingresan tuberías en el software DWSIM, se toma en cuenta todo el perfil hidráulico del sistema, esto incluye los accesorios, con el fin de minimizar la variación en los resultados si se los compara con calculados realizados manualmente.
- Se recomienda a la empresa emplear un operario debidamente capacitado para calibrar el quemador, ya que trabajar con combustible a presión puede ser muy peligroso.

## BIBLIOGRAFÍA

**ASME.** *Process Piping. ASME Code for Pressure Piping, B31. In ASME Standars Collection.* 2019 (pp. 13–22). Two Park Avenue.

**Ayala, M.** *Sistema de gestión de información del ciclo de vida para plantas de proceso asistido con modelos electrónicos 3d inteligentes.* 2019 [Tesis de maestría, CIATEQ]. <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/344/1/AyalaBureloMarioA%20MDGPI%202019.pdf>

**BERMÚDEZ, E. A.** *Eficiencia energética de la caldera pirotubular colmáquinas de 250 BHP de un laboratorio farmacéutico.* 2005 [Pregrado]. Universidad Autónoma de Occidente.

**CÁRDENAS, J. C.** *Diseño de un horno acuotubular para la repotenciación de una caldera pirotubular.* 2017[Pregrado]. Universidad Autónoma de Occidente.

**ÇENGEL, Y. A., & CIMBALA, J. M.** *Mecánica de Fluidos.* 2006(P. Roig & P. Montaña, Eds.; Primera). McGraw-Hill.

**CENGEL, Y., & BOLES, M.** *Termodinámica.* 2012(P. Roig & A. Delgado, Eds.; Séptima). McGRAW - HILL.

**ÇENGEL, Y., GHAJAR, A., & HERNÁN, E.** *Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones.* 2011 (M. Toledo & P. Roig, Eds.; Cuarta). McGRAW-HILL.

**CHOTO CHARIGUAMAN, L. S.** *Fabricación de un prototipo de impulsor de una bomba centrífuga del área elpo planta de pintura de la empresa ensambladora Ciauto.* 2017 [Posgrado]. ESPE.

**Chuquín Vasco, J. P., Chuquín Vasco, N. S., Chuquín Vasco, D. A., Miño Cascante, G. E., & Cepeda Godoy, C. R.** *Lectura e Interpretación de Planos para la Industria Petrolera* (C. L. Vásquez & W. Ossal, Eds.; Primera, Vol. 1). 2019 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [www.cidcuador.com](http://www.cidcuador.com)

- CRUZ, R.** *Diseño de un sistema de climatización agua-aire para el sector del mega laboratorio clínico universitario de la una puno.* 2017 [Tesis, Universidad Nacional del Antiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4821>
- ESPINOZA, E., & ABRIL, J.** *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control de la concentración de manganeso en agua cruda en la planta de tratamiento de agua potable Tizán - ETAPA EP.* 2020 [Proyecto Técnico, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19576/1/UPS-CT008903.pdf>
- GARCÍA, C.** *Simulación y validación del proceso de producción de ácido fórmico mediante una columna de destilación reactiva en DWSIM.* 2021 [Pregrado, ESPOCH]. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/14966/1/96T00622.pdf>
- GAVILANES, A. S.** *Repotenciación de un caldero piro-tubular horizontal en la planta de lácteos Tunshi de la ESPOCH.* 2018. [Titulación Proyecto Técnico]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- GONZÁLES, M. C.** *Instrumentación y Control de una Caldera Industrial* [Grado, Universidad de Sevilla]. 2021. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/126881/TFG-3697-GONZALEZ%20GONZALEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- GRUNDFOS.** *CR, CRI, CRN, CRE, CRIE, CRNE Bombas centrífugas multicelulares verticales.* 2022. In *El Catálogo de GRUNDFOS* (Grundfos Management, pp. 4–66).
- MORALES, A. N.** (2021). *Evaluación de la eficiencia energética en calderas operativas de campo rubiales.* 2021. [Pregrado, Fundación Universidad de América]. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8677/1/6142353-2021-2-IQ.pdf>
- MORALES, E.** *Ingeniería de Servicios Balance Térmico en Calderas.* In *Ingeniería de Procesos* (Vol. 0, pp. 1–3). 2010. Universidad Austral de Chile.
- MOTT, R. L., UNTENER, J. A., MURRIETA, J. E., & HERNÁNDEZ, R.** *Mecánica de fluidos* (S. Fonseca, Ed.; Cuarta). 2015. Pearson Educación.

**MUÑOS, W., & PIZA, G.** *CURSO DE CALDERAS PIROTUBULARES CONTROLES Y MANTENIMIENTO* (Termocal LTDA). 1995. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).

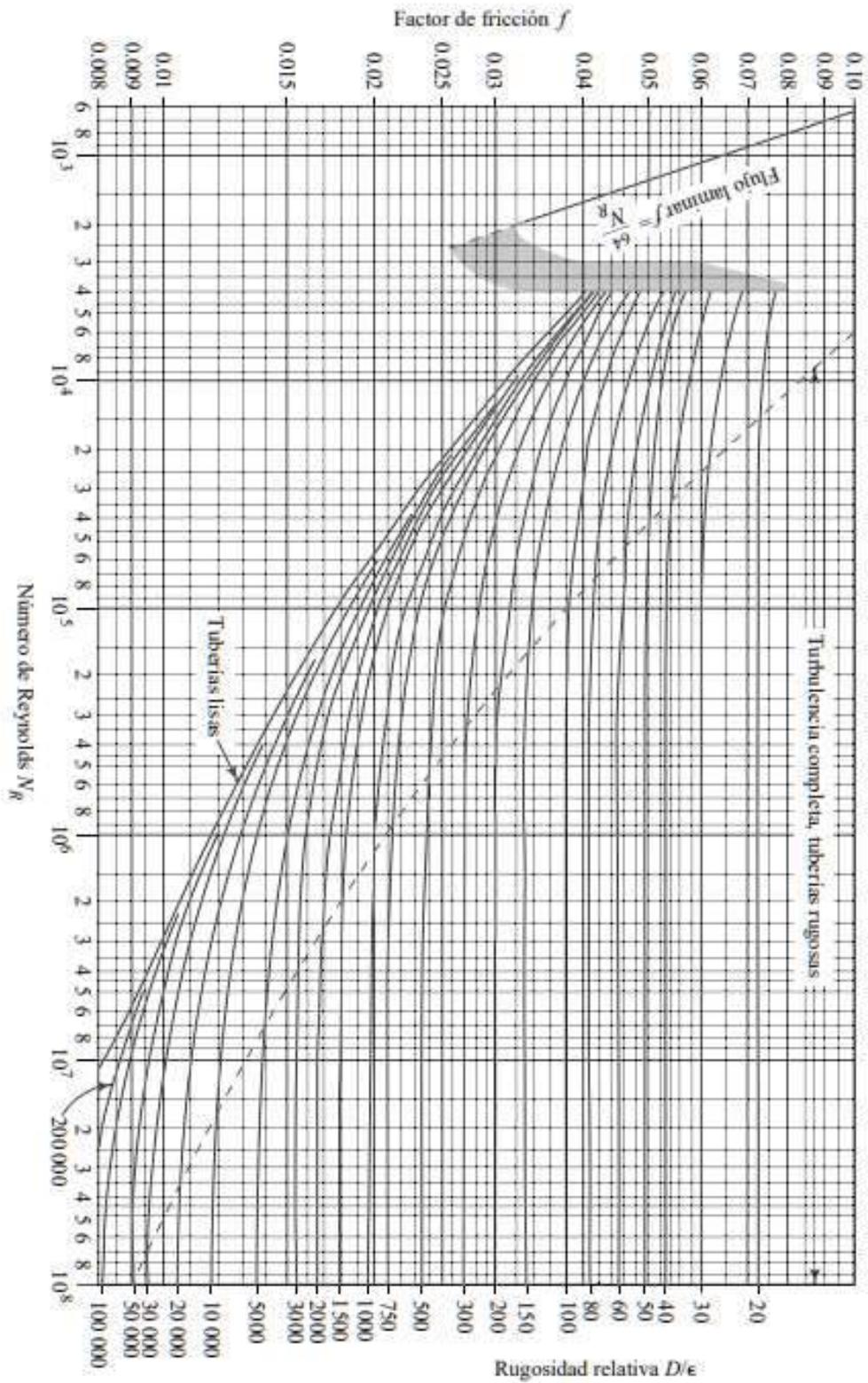
**RIELLO.** *QUEMADORES DE GASOLEO*. In Reillo. 2021.

**TISALEMA, A.** *Repotenciación y mantenimiento mejorativo de la máquina extrusora de polietilenos de la empresa eduplastic de la ciudad de Latacunga*. 2012. [Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].  
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2401/1/25T00179.pdf>

**VALAREZO, L. F., HACHAC, M. T., JARQUÍN, G., POLUPAN, G., & GJARQUIN, M.** *Compendio de investigación - cálculo térmico para calderas pirotubulares*. In Compendio de Investigación Academia Journals Morelia (Vol. 0). 2018. Journals Morelia.

# ANEXOS

## ANEXO A: DIAGRAMA DE MUDDY



ANEXO B: Tabla de resistencia para materiales de tubería.

ASME B31.3-2018

Table A-1 Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Cont'd)

Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Basic Allowable Stress, S, ksi, at Metal Temperature, °F [Note (1)]													Type/ Grade	Spec. No.
400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1,000	1,050	1,100	Carbon Steel — Pipes and Tubes	
13.7	13.0	12.3	11.9	11.5	10.7	9.2	7.9	5.9	--	--	--	--	--	A134
13.7	13.0	12.3	11.9	11.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A45	A672
14.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	A25	API 5L
14.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	A25	API 5L
14.8	14.1	13.3	12.8	12.4	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	--	A179
16.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	A	A53
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	A	A139
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	--	--	--	--	--	--	A587
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A	A53
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A	A106
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A	A135
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	FPA	A369
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A	API 5L
15.4	14.7	13.8	13.3	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	--	--	--	--	--	A134
15.4	14.7	13.8	13.3	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A50	A672
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	--	--	--	--	--	A134
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	--	--	II	A524
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	I	A333
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	I	A334
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	CA55	A671
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A55	A672
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	C55	A672
18.2	17.4	16.4	15.8	15.3	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	--	--	OC60	A671
18.2	17.4	16.4	15.8	15.3	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	CB60	A671
18.2	17.4	16.4	15.8	15.3	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	B60	A672
18.2	17.4	16.4	15.8	15.3	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	C60	A672
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	A139
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	--	--	B	A135
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	--	--	I	A524
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	B	A53
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	B	A106
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	6	A333
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	6	A334

ANEXO C: Propiedades de metales sólidos.

TABLA A-3

Propiedades de metales sólidos

Composición	Punto de fusión, K	Propiedades a 300 K				Propiedades a varias temperaturas (K), k(W/m · K)/c <sub>p</sub> (J/kg · K)					
		ρ kg/m <sup>3</sup>	c <sub>p</sub> J/kg · K	k W/m · K	α × 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> /s	100	200	400	600	800	1 000
<b>Aluminio:</b>											
Puro	933	2 702	903	237	97.1	302	237	240	231	218	
Aleación 2024-T6 (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.6% Mn)	775	2 770	875	177	73.0	482	798	949	1 033	1 146	
Aleación 195, fundido (4.5% Cu)		2 790	883	168	68.2	473	787	925	1 042	185	
Berilio	1 550	1 850	1 825	200	59.2	990	301	161	126	106	90.8
Bismuto	545	9 780	122	7.86	6.59	203	1 114	2 191	2 604	2 823	3 018
Boro	2 573	2 500	1 107	27.0	9.76	112	120	127			
Cadmio	594	8 650	231	96.8	48.4	190	55.5	16.8	10.6	9.60	9.85
Cromo	2 118	7 160	449	93.7	29.1	128	600	1 463	1 892	2 160	2 338
Cobalto	1 769	8 862	421	99.2	26.6	203	99.3	94.7			
Cobre:						198	222	242			
Puro	1 358	8 933	385	401	117	482	413	393	379	366	352
Bronce comercial (90% Cu, 10% Al)	1 293	8 800	420	52	14	252	356	397	417	433	451
Bronce al fósforo para engranes (89% Cu, 11% Sn)	1 104	8 780	355	54	17		785	160	545		
Latón para cartuchos (70% Cu, 30% Zn)	1 188	8 530	380	110	33.9	41	65	74			
Constantán (55% Cu, 45% Ni)	1 493	8 920	384	23	6.71	75	95	137	149		
Germanio	1 211	5 360	322	59.9	34.7	360	395	425			
Oro	1 336	19 300	129	317	127	17	19				
Iridio	2 720	22 500	130	147	50.3	232	96.8	43.2	27.3	19.8	17.4
Hierro:						190	290	337	348	357	375
Puro	1 810	7 870	447	80.2	23.1	327	323	311	298	284	270
Armco (99.75% puro)		7 870	447	72.7	20.7	109	124	131	135	140	145
Aceros al carbono:						172	153	144	138	132	126
Simple al carbono (Mn ≤ 1%, Si ≤ 0.1%)		7 854	434	60.5	17.7	90	122	133	138	144	153
AISI 1010		7 832	434	63.9	18.8	134	94.0	69.5	54.7	43.3	32.8
Al carbono-silicio (Mn ≤ 1%, 0.1% < Si ≤ 0.6%)		7 817	446	51.9	14.9	216	384	490	574	680	975
						95.6	80.6	65.7	53.1	42.2	32.3
						215	384	490	574	680	975
						56.7	48.0	39.2	30.0		
						487	559	685	1 169		
						58.7	48.8	39.2	31.3		
						487	559	685	1 168		
						49.8	44.0	37.4	29.3		
						501	582	699	971		

ANEXO D: Propiedades de agua saturada.

**TABLA A-9**

Propiedades del agua saturada

Temp., T °C	Presión de saturación, P <sub>sat</sub> , kPa	Densidad, ρ, kg/m <sup>3</sup>		Entalpia de vaporización, h <sub>fg</sub> , kJ/kg	Calor específico, c <sub>p</sub> , J/kg · K		Conductividad térmica, k W/m · K		Viscosidad dinámica, μ, kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1 854	0.561	0.0171	1.792 × 10 <sup>-3</sup>	0.922 × 10 <sup>-5</sup>	13.5	1.00	-0.068 × 10 <sup>-3</sup>
5	0.8721	999.9	0.0068	2 490	4 205	1 857	0.571	0.0173	1.519 × 10 <sup>-3</sup>	0.934 × 10 <sup>-5</sup>	11.2	1.00	0.015 × 10 <sup>-3</sup>
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1 862	0.580	0.0176	1.307 × 10 <sup>-3</sup>	0.946 × 10 <sup>-5</sup>	9.45	1.00	0.733 × 10 <sup>-3</sup>
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 186	1 863	0.589	0.0179	1.138 × 10 <sup>-3</sup>	0.959 × 10 <sup>-5</sup>	8.09	1.00	0.138 × 10 <sup>-3</sup>
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1 867	0.598	0.0182	1.002 × 10 <sup>-3</sup>	0.973 × 10 <sup>-5</sup>	7.01	1.00	0.195 × 10 <sup>-3</sup>
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1 870	0.607	0.0186	0.891 × 10 <sup>-3</sup>	0.987 × 10 <sup>-5</sup>	6.14	1.00	0.247 × 10 <sup>-3</sup>
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1 875	0.615	0.0189	0.798 × 10 <sup>-3</sup>	1.001 × 10 <sup>-5</sup>	5.42	1.00	0.294 × 10 <sup>-3</sup>
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1 880	0.623	0.0192	0.720 × 10 <sup>-3</sup>	1.016 × 10 <sup>-5</sup>	4.83	1.00	0.337 × 10 <sup>-3</sup>
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1 885	0.631	0.0196	0.653 × 10 <sup>-3</sup>	1.031 × 10 <sup>-5</sup>	4.32	1.00	0.377 × 10 <sup>-3</sup>
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1 892	0.637	0.0200	0.596 × 10 <sup>-3</sup>	1.046 × 10 <sup>-5</sup>	3.91	1.00	0.415 × 10 <sup>-3</sup>
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1 900	0.644	0.0204	0.547 × 10 <sup>-3</sup>	1.062 × 10 <sup>-5</sup>	3.55	1.00	0.451 × 10 <sup>-3</sup>
55	15.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1 908	0.649	0.0208	0.504 × 10 <sup>-3</sup>	1.077 × 10 <sup>-5</sup>	3.25	1.00	0.484 × 10 <sup>-3</sup>
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1 916	0.654	0.0212	0.467 × 10 <sup>-3</sup>	1.093 × 10 <sup>-5</sup>	2.99	1.00	0.517 × 10 <sup>-3</sup>
65	25.03	980.4	0.1614	2 346	4 187	1 926	0.659	0.0216	0.433 × 10 <sup>-3</sup>	1.110 × 10 <sup>-5</sup>	2.75	1.00	0.548 × 10 <sup>-3</sup>
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1 936	0.663	0.0221	0.404 × 10 <sup>-3</sup>	1.126 × 10 <sup>-5</sup>	2.55	1.00	0.578 × 10 <sup>-3</sup>
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1 948	0.667	0.0225	0.378 × 10 <sup>-3</sup>	1.142 × 10 <sup>-5</sup>	2.38	1.00	0.607 × 10 <sup>-3</sup>
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1 962	0.670	0.0230	0.355 × 10 <sup>-3</sup>	1.159 × 10 <sup>-5</sup>	2.22	1.00	0.653 × 10 <sup>-3</sup>
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1 977	0.673	0.0235	0.333 × 10 <sup>-3</sup>	1.176 × 10 <sup>-5</sup>	2.08	1.00	0.670 × 10 <sup>-3</sup>
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1 993	0.675	0.0240	0.315 × 10 <sup>-3</sup>	1.193 × 10 <sup>-5</sup>	1.96	1.00	0.702 × 10 <sup>-3</sup>
95	84.55	961.5	0.5045	2 270	4 212	2 010	0.677	0.0246	0.297 × 10 <sup>-3</sup>	1.210 × 10 <sup>-5</sup>	1.85	1.00	0.716 × 10 <sup>-3</sup>
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2 029	0.679	0.0251	0.282 × 10 <sup>-3</sup>	1.227 × 10 <sup>-5</sup>	1.75	1.00	0.750 × 10 <sup>-3</sup>
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2 071	0.682	0.0262	0.255 × 10 <sup>-3</sup>	1.261 × 10 <sup>-5</sup>	1.58	1.00	0.798 × 10 <sup>-3</sup>
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232 × 10 <sup>-3</sup>	1.296 × 10 <sup>-5</sup>	1.44	1.00	0.858 × 10 <sup>-3</sup>
130	270.1	934.6	1.496	2 174	4 263	2 177	0.684	0.0288	0.213 × 10 <sup>-3</sup>	1.330 × 10 <sup>-5</sup>	1.33	1.01	0.913 × 10 <sup>-3</sup>
140	361.3	921.7	1.965	2 145	4 286	2 244	0.683	0.0301	0.197 × 10 <sup>-3</sup>	1.365 × 10 <sup>-5</sup>	1.24	1.02	0.970 × 10 <sup>-3</sup>
150	475.8	916.6	2.546	2 114	4 311	2 314	0.682	0.0316	0.183 × 10 <sup>-3</sup>	1.399 × 10 <sup>-5</sup>	1.16	1.02	1.025 × 10 <sup>-3</sup>
160	617.8	907.4	3.256	2 083	4 340	2 420	0.680	0.0331	0.170 × 10 <sup>-3</sup>	1.434 × 10 <sup>-5</sup>	1.09	1.05	1.145 × 10 <sup>-3</sup>
170	791.7	897.7	4.119	2 050	4 370	2 490	0.677	0.0347	0.160 × 10 <sup>-3</sup>	1.468 × 10 <sup>-5</sup>	1.03	1.05	1.178 × 10 <sup>-3</sup>
180	1 002.1	887.3	5.153	2 015	4 410	2 590	0.673	0.0364	0.150 × 10 <sup>-3</sup>	1.502 × 10 <sup>-5</sup>	0.983	1.07	1.210 × 10 <sup>-3</sup>
190	1 254.4	876.4	6.388	1 979	4 460	2 710	0.669	0.0382	0.142 × 10 <sup>-3</sup>	1.537 × 10 <sup>-5</sup>	0.947	1.09	1.260 × 10 <sup>-3</sup>
200	1 553.8	864.3	7.852	1 941	4 500	2 840	0.663	0.0401	0.134 × 10 <sup>-3</sup>	1.571 × 10 <sup>-5</sup>	0.910	1.11	1.350 × 10 <sup>-3</sup>
220	2 318	840.3	11.60	1 859	4 610	3 110	0.650	0.0442	0.122 × 10 <sup>-3</sup>	1.641 × 10 <sup>-5</sup>	0.865	1.15	1.520 × 10 <sup>-3</sup>
240	3 344	813.7	16.73	1 767	4 760	3 520	0.632	0.0487	0.111 × 10 <sup>-3</sup>	1.712 × 10 <sup>-5</sup>	0.836	1.24	1.720 × 10 <sup>-3</sup>
260	4 688	783.7	23.69	1 663	4 970	4 070	0.609	0.0540	0.102 × 10 <sup>-3</sup>	1.788 × 10 <sup>-5</sup>	0.832	1.35	2.000 × 10 <sup>-3</sup>
280	6 412	750.8	33.15	1 544	5 280	4 835	0.581	0.0605	0.094 × 10 <sup>-3</sup>	1.870 × 10 <sup>-5</sup>	0.854	1.49	2.380 × 10 <sup>-3</sup>
300	8 581	713.8	46.15	1 405	5 750	5 980	0.548	0.0695	0.086 × 10 <sup>-3</sup>	1.965 × 10 <sup>-5</sup>	0.902	1.69	2.950 × 10 <sup>-3</sup>
320	11 274	667.1	64.57	1 239	6 540	7 900	0.509	0.0836	0.078 × 10 <sup>-3</sup>	2.084 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.97	—
340	14 586	610.5	92.62	1 028	8 240	11 870	0.469	0.110	0.070 × 10 <sup>-3</sup>	2.255 × 10 <sup>-5</sup>	1.23	2.43	—
360	18 651	528.3	144.0	720	14 690	25 800	0.427	0.178	0.060 × 10 <sup>-3</sup>	2.571 × 10 <sup>-5</sup>	2.06	3.73	—
374.14	22 090	317.0	317.0	0	=	=	=	=	0.043 × 10 <sup>-3</sup>	4.313 × 10 <sup>-6</sup>	—	—	—

Nota 1: La viscosidad cinemática  $\nu$  y la difusividad térmica  $\alpha$  se pueden calcular a partir de sus definiciones,  $\nu = \mu/\rho$  y  $\alpha = k/\rho c_p = wPr$ . Las temperaturas de 0.01°C, 100°C y 374.14°C son las temperaturas de los puntos triple, de ebullición y crítico del agua, respectivamente. Las propiedades cuya lista se da arriba (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualquier presión con error despreciable, excepto a temperaturas cercanas al valor del punto crítico.

Nota 2: La unidad kJ/kg · °C, para el calor específico, es equivalente a kJ/kg · K y la unidad W/m · °C, para la conductividad térmica es equivalente a W/m · K.

Fuente: Los datos de la viscosidad y la conductividad térmica se tomaron de J. V. Sengers y J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), págs. 291-1322. Los otros datos se obtuvieron de diversas fuentes o se calcularon.

## ANEXO E: Propiedades de materiales no metálicos

**TABLA A-6**

Propiedades de materiales aislantes  
(a una temperatura media de 24°C)

Material	Espesor, L, mm	Densidad, $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica, $k$ W/m · K	Calor específico, $c_p$ kJ/kg · K	Valor $R$ (para los espesores de la lista, $L/\lambda$ ), K · m <sup>2</sup> /W
<b>Colcha y lámina</b>					
Fibra mineral (forma fibrosa)	50 a 70 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	1.23
procesada a partir de roca,	75 a 90 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	1.94
escoria o vidrio)	135 a 165 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	3.32
<b>Tablero y losa</b>					
Vidrio celular	—	136	0.055	1.0	—
Fibra de vidrio (ligamento orgánico)	—	64-144	0.036	0.96	—
Poliestireno expandido (bolitas moldeadas)	—	16	0.040	1.2	—
Poliuretano expandido (R-11 expandido)	—	24	0.023	1.6	—
Perlita expandida (ligamento orgánico)	—	16	0.052	1.26	—
Caucho expandido (rígido)	—	72	0.032	1.68	—
Fibra mineral con aglomerante de resina	—	240	0.042	0.71	—
Corcho	—	120	0.039	1.80	—
<b>Rociado o formado en el sitio</b>					
Espuma de poliuretano	—	24-40	0.023-0.026	—	—
Fibra de vidrio	—	56-72	0.038-0.039	—	—
Uretano, mezcla de dos partes (espuma rígida)	—	70	0.026	1.045	—
Gránulos de lana mineral con aglomerantes de asbesto/inorgánico (rociado)	—	190	0.046	—	—
<b>Releno flojo</b>					
Fibra mineral (de roca, escoria o vidrio)	— 75 a 125 mm	9.6-32	—	0.71	1.94
	—165 a 222 mm	9.6-32	—	0.71	3.35
	—191 a 254 mm	—	—	0.71	3.87
	—185 mm	—	—	0.71	5.28
Aerogel de sílice	—	122	0.025	—	—
Vermiculita (expandida)	—	122	0.068	—	—
Perlita (expandida)	—	32-66	0.039-0.045	1.09	—
Aserín o virutas	—	128-240	0.065	1.38	—
Aislamiento celulósico (papel molido o pulpa de madera)	—	37-51	0.039-0.046	—	—
<b>Aislamiento para techo</b>					
Vidrio celular	—	144	0.058	1.0	—
Preformado, para usarse arriba del tablero	13 mm	—	—	1.0	0.24
	25 mm	—	—	2.1	0.49
	50 mm	—	—	3.9	0.93
<b>Aislamiento reflector</b>					
Polvo sílice (al vacío)	—	160	0.0017	—	—
Hoja de aluminio separando colchones de vidrio esponjoso; 10 a 12 capas (al vacío); para aplicaciones criogénicas (150 K)	—	40	0.00016	—	—
Hoja de aluminio y laminado de vidrio y papel; 75 a 150 capas; para aplicaciones criogénicas (150 K)	—	120	0.000017	—	—

ANEXO F: Propiedades de materiales ASME B31.3

ASME B31.3-2018

Table A-1 Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Cont'd)

Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Material	Spec. No.	Type/Grade	UNS No.	Class/Condition/Temp	Size, in.	P-No. (5)	Notes	Min. Temp., °F (6)	Specified Min. Strength, ksi		Basic Allowable Stress, S, ksi, at Metal Temperature, °F [Note (1)]		
									Tensile	Yield	to 100	200	300
Carbon Steel — Pipes and Tubes													
A285 Gr. A	A134	—	—	—	—	1	(Bb)(57)	B	45	24	15.0	14.7	14.2
A285 Gr. A	A672	A45	K01700	—	—	1	(57)(59)(67)	B	45	24	15.0	14.7	14.2
Butt weld	API 5L	A25	—	—	—	1	(Ba)(77)	-20	45	25	15.0	15.0	14.7
Seals & ERW	API 5L	A25	—	—	—	1	(57)(59)(77)	B	45	25	15.0	15.0	14.7
—	A179	—	K01200	—	—	1	(57)(59)	-20	47	26	15.7	15.7	15.3
Type F	A53	A	K02504	—	—	1	(Ba)	20	48	30	16.0	16.0	16.0
—	A139	A	—	—	—	1	(Bb)	A	48	30	16.0	16.0	16.0
—	A587	—	K11500	—	—	1	(57)(59)	-20	48	30	16.0	16.0	16.0
—	A53	A	K02504	—	—	1	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
—	A106	A	K02501	—	—	1	(57)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
—	A135	A	—	—	—	1	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
—	A369	FPA	K02501	—	—	1	(57)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
—	API 5L	A	—	—	—	1	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
A285 Gr. B	A134	—	—	—	—	1	(Bb)(57)	B	50	27	16.7	16.5	15.9
A285 Gr. B	A672	A50	K02200	—	—	1	(57)(59)(67)	B	50	27	16.7	16.5	15.9
A285 Gr. C	A134	—	—	—	—	1	(Bb)(57)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
—	A524	II	K02104	—	—	1	(57)	-20	55	30	18.3	18.3	17.7
—	A333	I	K03008	—	—	1	(57)(59)	-50	55	30	18.3	18.3	17.7
—	A334	I	K03008	—	—	1	(57)(59)	-50	55	30	18.3	18.3	17.7
A285 Gr. C	A671	CA55	K02801	—	—	1	(59)(67)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
A285 Gr. C	A672	A55	K02801	—	—	1	(57)(59)(67)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
A516 Gr. 55	A672	C55	K01800	—	—	1	(57)(67)	C	55	30	18.3	18.3	17.7
A516 Gr. 60	A671	CC60	K02100	—	—	1	(57)(67)	C	60	32	20.0	19.5	18.9
A515 Gr. 60	A671	CB60	K02401	—	—	1	(57)(67)	B	60	32	20.0	19.5	18.9
A515 Gr. 60	A672	B60	K02401	—	—	1	(57)(67)	B	60	32	20.0	19.5	18.9
A516 Gr. 60	A672	C60	K02100	—	—	1	(57)(67)	C	60	32	20.0	19.5	18.9
—	A139	B	K03003	—	—	1	(Bb)	A	60	35	20.0	20.0	20.0
—	A135	B	K03018	—	—	1	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
—	A524	I	K02104	—	—	1	(57)	-20	60	35	20.0	20.0	20.0
—	A53	B	K03005	—	—	1	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
—	A106	II	K03006	—	—	1	(57)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
—	A333	6	K03006	—	—	1	(57)	-50	60	35	20.0	20.0	20.0
—	A334	6	K03006	—	—	1	(57)	-50	60	35	20.0	20.0	20.0

**Table A-1 Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Cont'd)**

Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Basic Allowable Stress, S, ksi, at Metal Temperature, °F [Note (1)]													Type/ Grade	Spec. No.
400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1,000	1,050	1,100	Carbon Steel — Pipes and Tubes	
13.7	13.0	12.3	11.9	11.5	10.7	9.2	7.9	5.9	--	--	--	--	--	A134
13.7	13.0	12.3	11.9	11.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A45	A672
14.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	A25	API 5L
14.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	A25	API 5L
14.8	14.1	13.3	12.8	12.4	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	--	A179
16.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	A	A53
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	A	A139
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	--	--	--	--	--	--	A587
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A	A53
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A	A106
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A	A135
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	PPA	A369
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A	API 5L
15.4	14.7	13.8	13.3	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	--	--	--	--	--	A134
15.4	14.7	13.8	13.3	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A50	A672
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	--	--	--	--	--	A134
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	--	--	B	A524
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	I	A333
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	I	A334
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	CA55	A671
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A55	A672
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	CS5	A672
18.2	17.4	16.4	15.8	15.3	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	--	--	QX60	A671
18.2	17.4	16.4	15.8	15.3	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	CB60	A671
18.2	17.4	16.4	15.8	15.3	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	B60	A672
18.2	17.4	16.4	15.8	15.3	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	O60	A672
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	A139
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	--	--	B	A135
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	--	--	I	A524
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	B	A53
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	B	A106
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	6	A333
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	6	A334

# ANEXO G: Reportes de cámara Termográfica

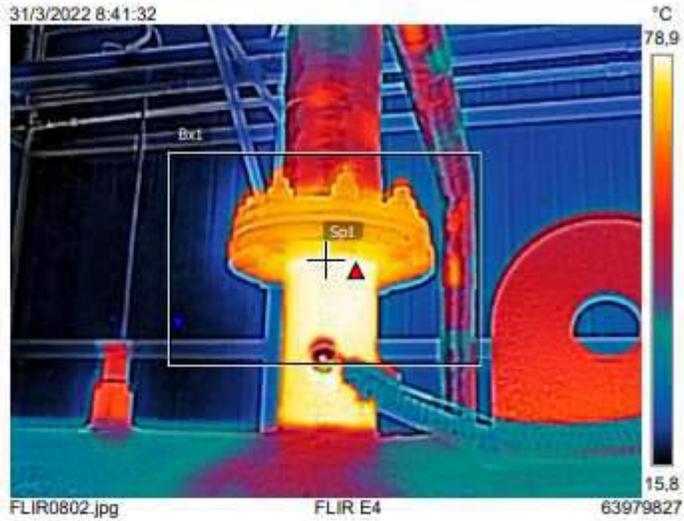


## SALIDA DE AGUA EN LA CALDERA

Measurements		
Bx1	Max	78,6 °C
	Min	16,2 °C
Sp1		78,5 °C

Parameters	
Emissivity	0,95
Refl. temp.	20 °C



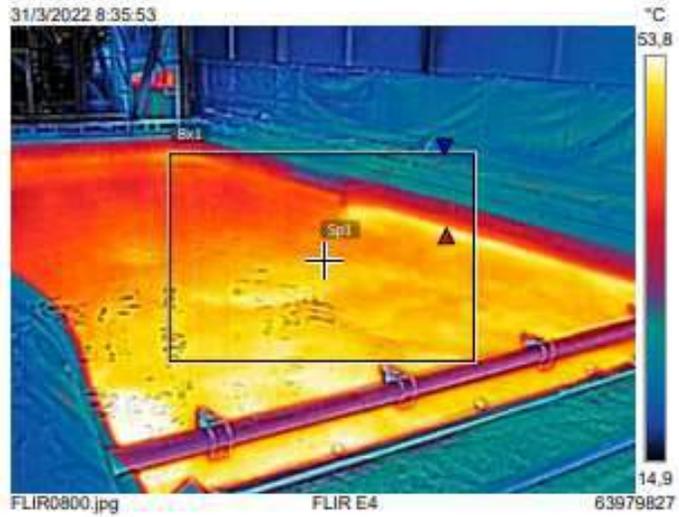


# TEMPERATURA DE CUBA 1

Measurements		
Bx1	Max	52,9 °C
	Min	22,1 °C
Sp1		49,7 °C

Parameters	
Emissivity	0.95
Ref. temp.	20 °C





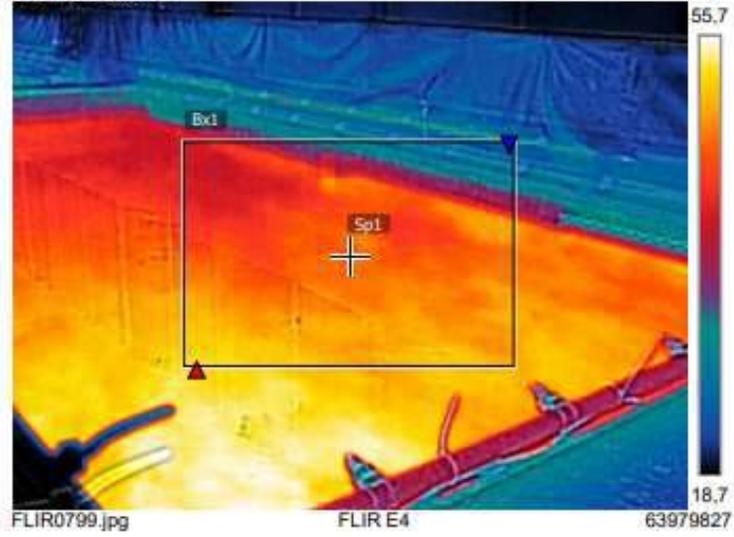
Measurements

Bx1	Max	53,5 °C
	Mn	23,2 °C
Sp1		49,6 °C

Parameters

Emissivity	0.95
Refl. temp.	20 °C

31/3/2022 8:35:19



31/3/2022 8:35:19

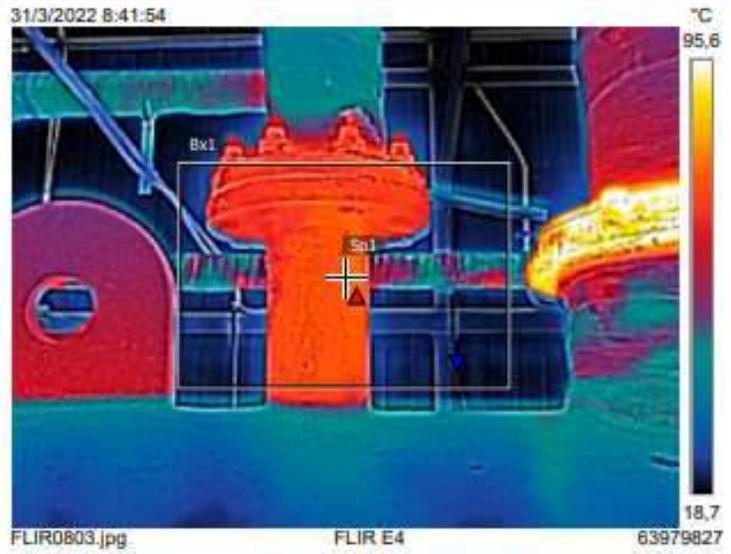




Measurements		
Bx1	Max	63,3 °C
	Min	19,1 °C
Sp1		62,7 °C

Parameters	
Emissivity	0.95
Refl. temp.	20 °C





# TUBERIA DE IMPULSIÓN

Measurements		
Bx1	Max	77,5 °C
	Min	17,5 °C
Sp1		77,0 °C
Parameters		
Emissivity		0.95
Refl. temp.		20 °C



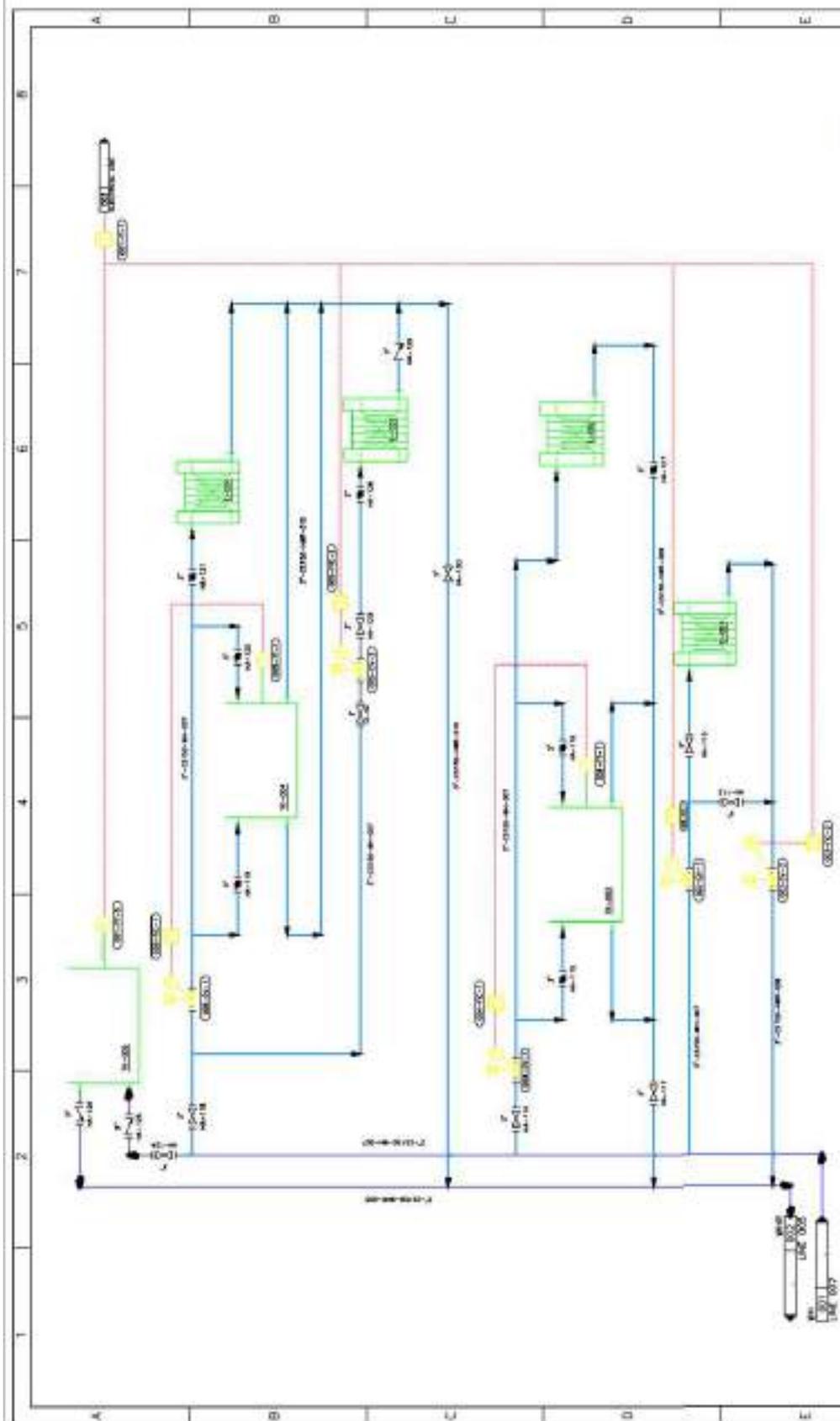
FLIR0804.jpg FLIR E4 63979827



FLIR0804.jpg FLIR E4 63979827

## **ANEXO H:** Planos isométricos

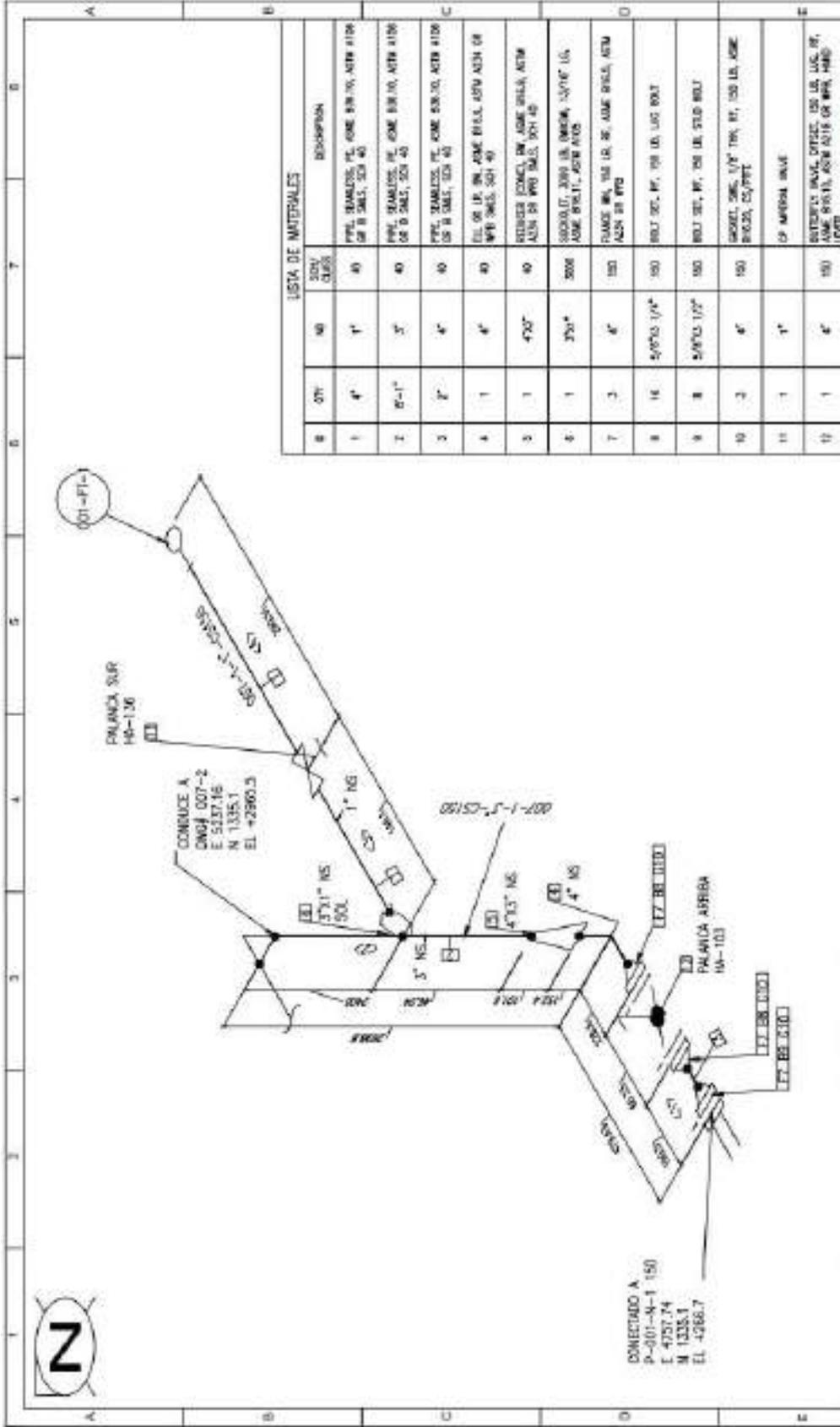




NOTAS GENERALES		REVISIONES		REGISTRO DE FIRMA	FECHA	CUENTE!
NOTAS 1. Todos las medidas en mm. 2. Todos las tuberías llevan aislamiento (perfora espesores)		NÚMERO DE REFERENCIA FM-P01	DESCRIPCIÓN P&ID SIST. DE CALEN. A PRIMERA REVISIÓN	REVISOR J.N.	FECHA 22/10/22	 CLIENTE: PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO DESCRIPCIÓN: P02- SIST. DE CALEN.
					22/10/22	
					22/10/22	
					22/10/22	
					22/10/22	
					22/10/22	TAMAÑO: A4 CÍRCULO N°: ESCALA: IND. ESPOCH-FIM-P02 2 DE 2

## **ANEXO I:** Planos isométricos





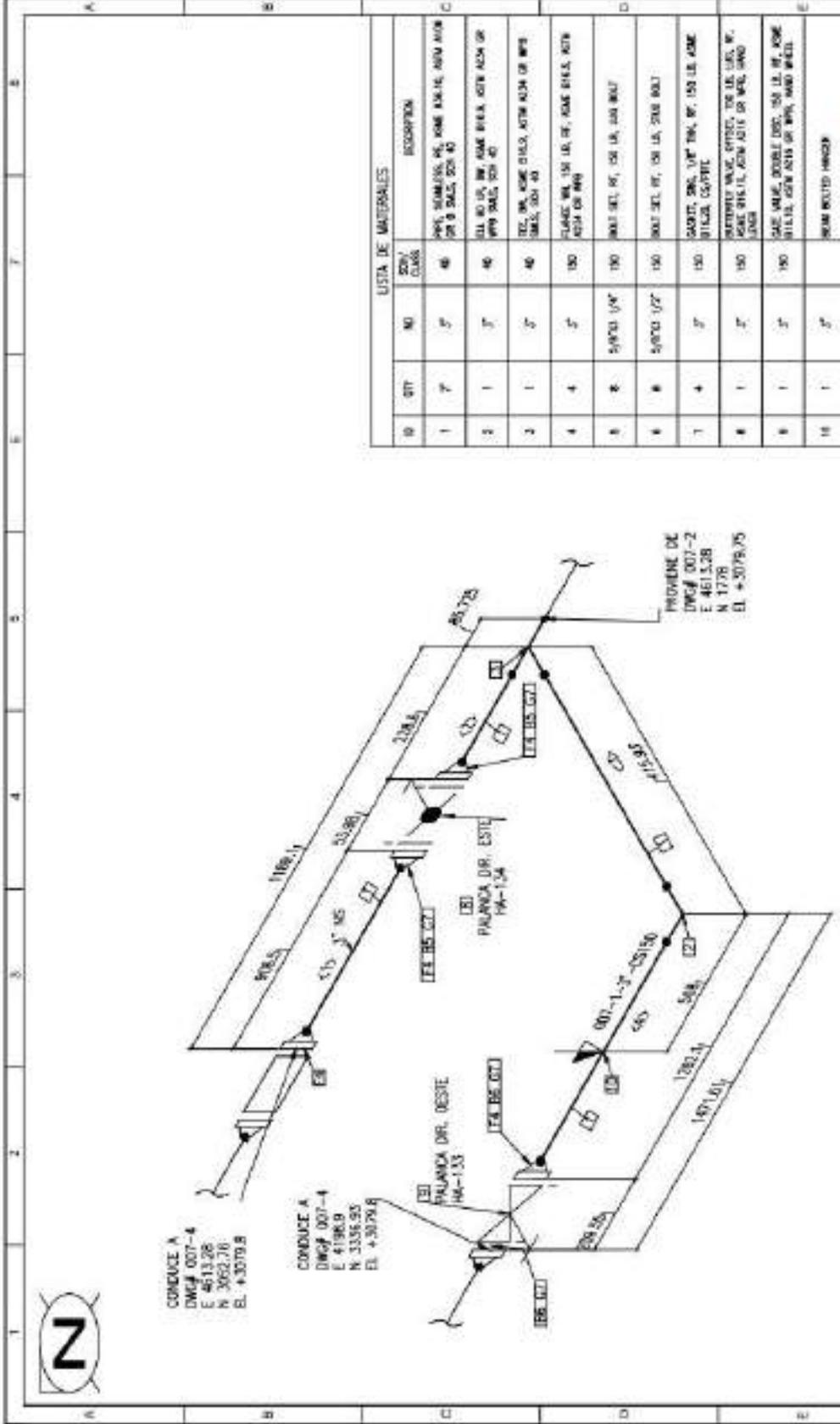
CONECTADO A  
 P-001-N-1 150  
 E 4757.74  
 M 1335.1  
 EL 4268.7

LISTA DE MATERIALES			
QTY	NO	SOY. CLAS.	DESCRIPCION
1	4"	40	PPL. STAINLESS, PE, 40ME 839 700, ASTM A106 GR B 3045, 503 40
2	8"-1"	40	PPL. STAINLESS, PE, 40ME 839 700, ASTM A106 GR B 3045, 503 40
3	2"	40	PPL. STAINLESS, PE, 40ME 839 700, ASTM A106 GR B 3045, 503 40
4	1	40	EL. DE PE. DE. AME BRIL. ASTM A304 GR BPA 3045, 501 40
5	1	40	VALVULA 2000L, 2000 LB, AME BRIL. ASTM A304 GR BPA 3045, 501 40
6	1	3000	SOV. AUT. 2000 LB, 2000 PSI, 1/2" NPT, 1/2" NPT, AME BRIL. ASTM A304 GR BPA 3045, 501 40
7	3	150	FLANQUE 150 LB, 150 LB, AME BRIL. ASTM A204 GR B70
8	16	150	BOL. 304. 1/4", 150 LB, 150 LB, 304
9	8	150	BOL. 304. 1/2", 150 LB, 150 LB, 304
10	3	150	SOV. AUT. 1/2" NPT, 1/2" NPT, 150 LB, AME BRIL. ASTM A304 GR BPA 3045, 501 40
11	1	1"	OP. AMERCA 150 LB
12	1	150	VALVULA 2000L, 2000 LB, 1/2" NPT, 1/2" NPT, AME BRIL. ASTM A304 GR BPA 3045, 501 40

NOTAS GENERALES		DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES		REGISTRO DE DISEÑO		FECHA		CLIENTE	
1. Todas las medidas en mm. 2. Matriciales y normas especificadas en los datos de materiales. 3. Numero 'D' especificado en cada elemento. 4. Representaciones (Plano), (Elevación), (Corte), (Sección), (Detalle). 5. Para identificar la línea de tubería ver el diagrama P&ID.		NUMERO DIBUJO: FM-001 DESCRIPCION: PALN. SIST. DE GALLIN. LINEA ANTES BOMBA LINEA DE SUCCION		REV. DESCRIPCION: A PRIMERA REVISION FECHA DIBUJO: 20/10/22		ING. DISEÑO: J.O.H. REVISADO: J.O.H. ING. PROYECTO: J.N. APROB. GRAL: M.E.		20/10/22 20/10/22 20/10/22 20/10/22		CUALTO PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION	





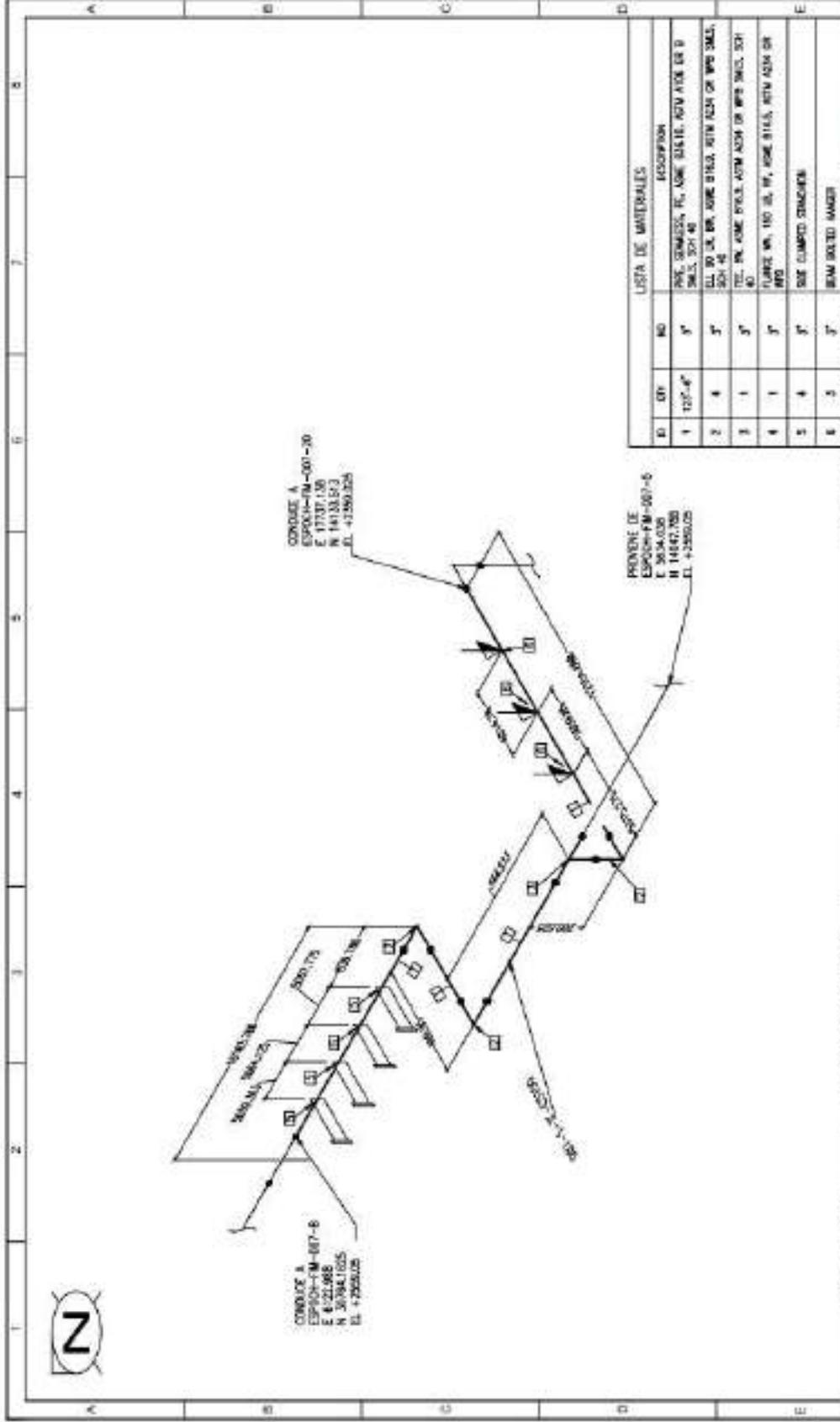


ID	QTY	NO.	SYN. CLASS	DESCRIPCION
1	7	5	46	PIPE, SEAMLESS, W. KONE 1/2 IN. ALUM ALUM (2' 8 SALS, 225 4)
2	1	7	46	VAL. 90 DE, W. KONE 1/2 IN. ALUM ALUM (2' 8 SALS, 225 4)
3	1	7	46	VAL. 90 DE, W. KONE 1/2 IN. ALUM ALUM (2' 8 SALS, 225 4)
4	4	7	130	PLACA W. 1/2 IN. DE, KONE 1/2 IN. ALUM ALUM (2' 8 SALS, 225 4)
5	8	5/8" X 1/2"	190	RADI. 361. 361. 361. 361. 361. 361. 361. 361.
6	6	5/8" X 1/2"	190	RADI. 361. 361. 361. 361. 361. 361.
7	4	7	150	SAOITE. 2 IN. 1/2" DIA. W. 153 LB. ASME 316L. COPPE.
8	1	7	150	VALV. 90 DE, W. KONE 1/2 IN. ALUM ALUM (2' 8 SALS, 225 4)
9	1	7	150	VALV. 90 DE, W. KONE 1/2 IN. ALUM ALUM (2' 8 SALS, 225 4)
10	1	7		SEAM WELDED HANGAR

NOTAS GENERALES		TABLA DE REFERENCIA		REVISIONES		REGISTRO DISEÑO		FORMA		FECHA	
1. Todas las medidas en mm. 2. Materiales y formas especificados en la lista de materiales. 3. Nomenclatura de equipos basada en el estándar ASME. 4. Representaciones: P (Plan), B (Banco), C (Cableado), E (Elevación). 5. Para la instalación de la línea de tubería revisar el diagrama P&ID.		ALICATORIO: P&ID 007-2 DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION		FECHA: 20/10/22 REVISOR: J.N. M.E.		REGISTRO DISEÑO: P&ID 007-2 DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION		FORMA: K.L.L. FECHA: 20/10/22		CLIENTE: CUALUTO	
		ALICATORIO: P&ID 007-4 DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION		FECHA: 20/10/22 REVISOR: J.N. M.E.		REGISTRO DISEÑO: P&ID 007-4 DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION		FORMA: K.L.L. FECHA: 20/10/22		CLIENTE: CUALUTO	
		ALICATORIO: P&ID 007-4 DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION		FECHA: 20/10/22 REVISOR: J.N. M.E.		REGISTRO DISEÑO: P&ID 007-4 DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION		FORMA: K.L.L. FECHA: 20/10/22		CLIENTE: CUALUTO	
		ALICATORIO: P&ID 007-4 DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION		FECHA: 20/10/22 REVISOR: J.N. M.E.		REGISTRO DISEÑO: P&ID 007-4 DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION		FORMA: K.L.L. FECHA: 20/10/22		CLIENTE: CUALUTO	
		ALICATORIO: P&ID 007-4 DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION		FECHA: 20/10/22 REVISOR: J.N. M.E.		REGISTRO DISEÑO: P&ID 007-4 DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION		FORMA: K.L.L. FECHA: 20/10/22		CLIENTE: CUALUTO	







LISTA DE MATERIALES		DESCRIPCION
1	125'-4"	PVCL 50MM, R. ASME B16.5, 40M ANCH DE D 20.5, 201 40
2	4	1/2" 30 LB. BR. ASME B16.5, 40M ANCH DE WPS SMLS, SCH 40
3	1	1/2" 30 LB. ASME B16.5, 40M ANCH DE WPS SMLS, SCH 40
4	1	FLANGE 30 LB. 1/2", ASME B16.5, 40M ANCH DE WPS
5	4	VALV. CUARTO GOMONEN
6	5	BRN 30LB 1/2"

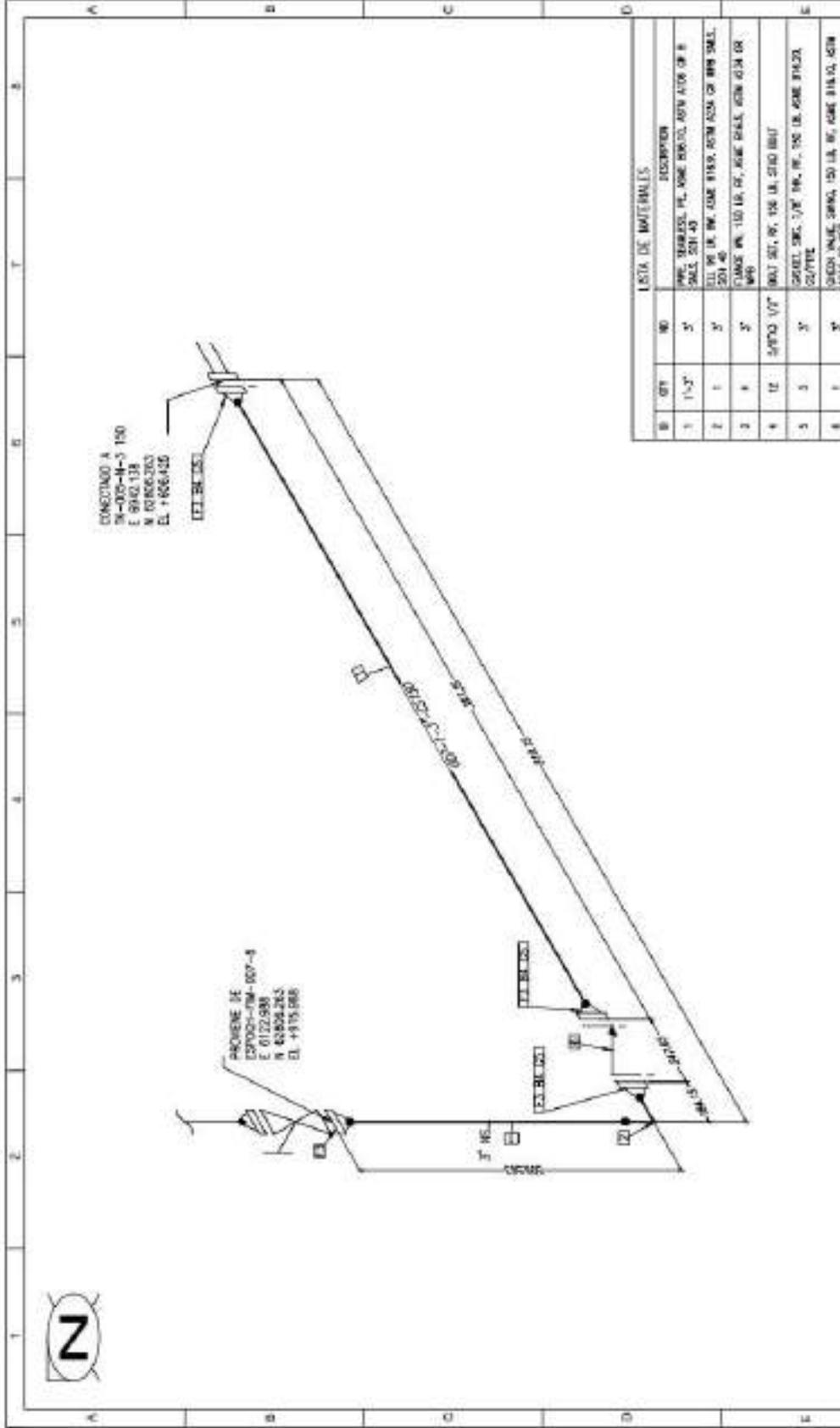
NOTAS GENERALES		TABLAS DE REFERENCIA		REVISIONES		FECHA DE REVISION		REVISOR		FECHA DE REVISION		REVISOR	
1. Todos los detalles en mm.		NUMERO		DESCRIPCION		FECHA DE REVISION		REVISOR		FECHA DE REVISION		REVISOR	
2. Materiales y normas especificadas en la lista de materiales.		TABLA		DESCRIPCION		FECHA DE REVISION		REVISOR		FECHA DE REVISION		REVISOR	
3. Numero 'ID' especificado en cada elemento.		TABLA		DESCRIPCION		FECHA DE REVISION		REVISOR		FECHA DE REVISION		REVISOR	
4. Representaciones: F(Fuente), D(Dist), C(Calidad), E(, 0), EL(Elevacion).		TABLA		DESCRIPCION		FECHA DE REVISION		REVISOR		FECHA DE REVISION		REVISOR	
5. Para identificar la tabla de Estándar revisar el diagrama P&ID.		TABLA		DESCRIPCION		FECHA DE REVISION		REVISOR		FECHA DE REVISION		REVISOR	
NOTAS		TABLA		DESCRIPCION		FECHA DE REVISION		REVISOR		FECHA DE REVISION		REVISOR	
REGISTRADO		TABLA		DESCRIPCION		FECHA DE REVISION		REVISOR		FECHA DE REVISION		REVISOR	
ING. PROYECTO		TABLA		DESCRIPCION		FECHA DE REVISION		REVISOR		FECHA DE REVISION		REVISOR	
SUPERV. GRAL.		TABLA		DESCRIPCION		FECHA DE REVISION		REVISOR		FECHA DE REVISION		REVISOR	
M.E.		TABLA		DESCRIPCION		FECHA DE REVISION		REVISOR		FECHA DE REVISION		REVISOR	
M.O.A.		TABLA		DESCRIPCION		FECHA DE REVISION		REVISOR		FECHA DE REVISION		REVISOR	
REV		TABLA		DESCRIPCION		FECHA DE REVISION		REVISOR		FECHA DE REVISION		REVISOR	
7 DE 21		TABLA		DESCRIPCION		FECHA DE REVISION		REVISOR		FECHA DE REVISION		REVISOR	



PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO  
 DESCRIPCION: LINEA DE IMPULSION

CLIENTE	FECHA	REVISOR	FECHA DE REVISION	REVISOR
CIAUTO	20/10/22	K.L.L.	20/10/22	K.L.L.
	20/10/22	K.L.L.	20/10/22	K.L.L.
	20/10/22	J.O.H.	20/10/22	J.O.H.
	20/10/22	J.N.	20/10/22	J.N.
	20/10/22	M.E.	20/10/22	M.E.



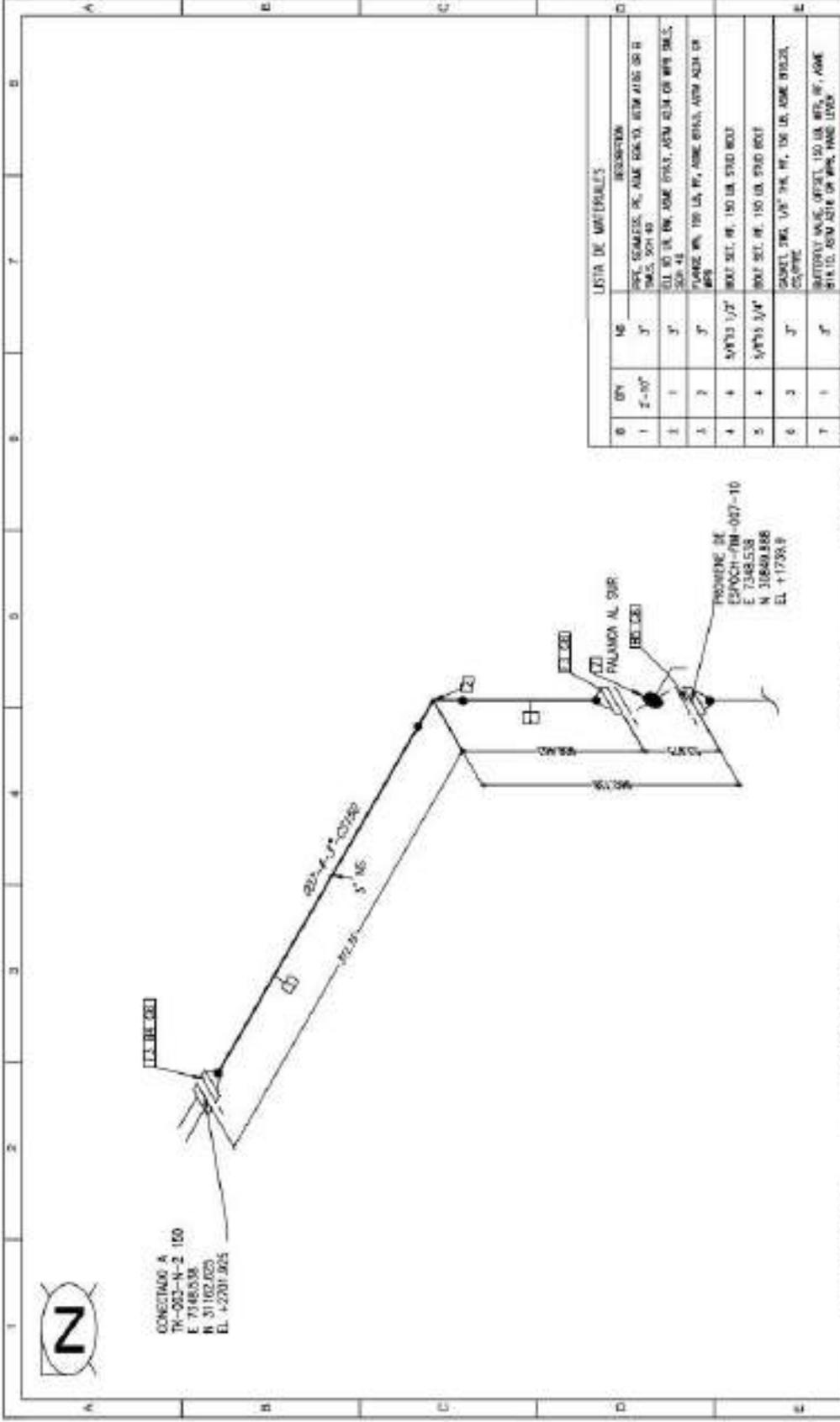


NOTAS GENERALES		DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES		REGISTRO DISEÑO		CLIENTE	
1. Todos los medidas en PVI.		NUMERO	DESCRIPCION	FECHA	FECHA	PRIMA	FECHA	CUALITO	
2. Materiales y normas especificados en la lista de materiales.		FM-102	PSO SIST DE CALEN	201022	201022	K.LL	22/10/22	PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO	
3. Numero 'D' especificado en cada elemento.		FM-007-B	LINEA DE SUCCION			J.M		DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION C1	
4. Referencias: F (Flange), B (Bolt), G (Gasket), E (S), S (Solderado).									
5. Para identificar la linea de tuberia revisar el diagrama PSO.									
								TAMING A4	TUBO N°
								ERCAJA INO	ESP004-FM-007-0
									HOLA REV
									9 DE 21 0

LISTA DE MATERIALES	
ID	DESCRIPCION
1	1x3" PVC, SERRAL. PL. ANE 10000L, ANE 1000 08 8 SALL 201 40
2	1x1" 1/2" PVC, ANE 1150, ANE 1025 08 8MS SALL 201 40
3	1x1" 1/2" PVC, ANE 1150, ANE 1025 08 8MS SALL 201 40
4	1x1" 1/2" PVC, ANE 1150, ANE 1025 08 8MS SALL 201 40
5	1x1" 1/2" PVC, ANE 1150, ANE 1025 08 8MS SALL 201 40
6	1x1" 1/2" PVC, ANE 1150, ANE 1025 08 8MS SALL 201 40







CONCRETO A  
 TR-023-V-2 150  
 E 7348.538  
 N 31849.888  
 EL +2201.965



LISTA DE MATERIALES

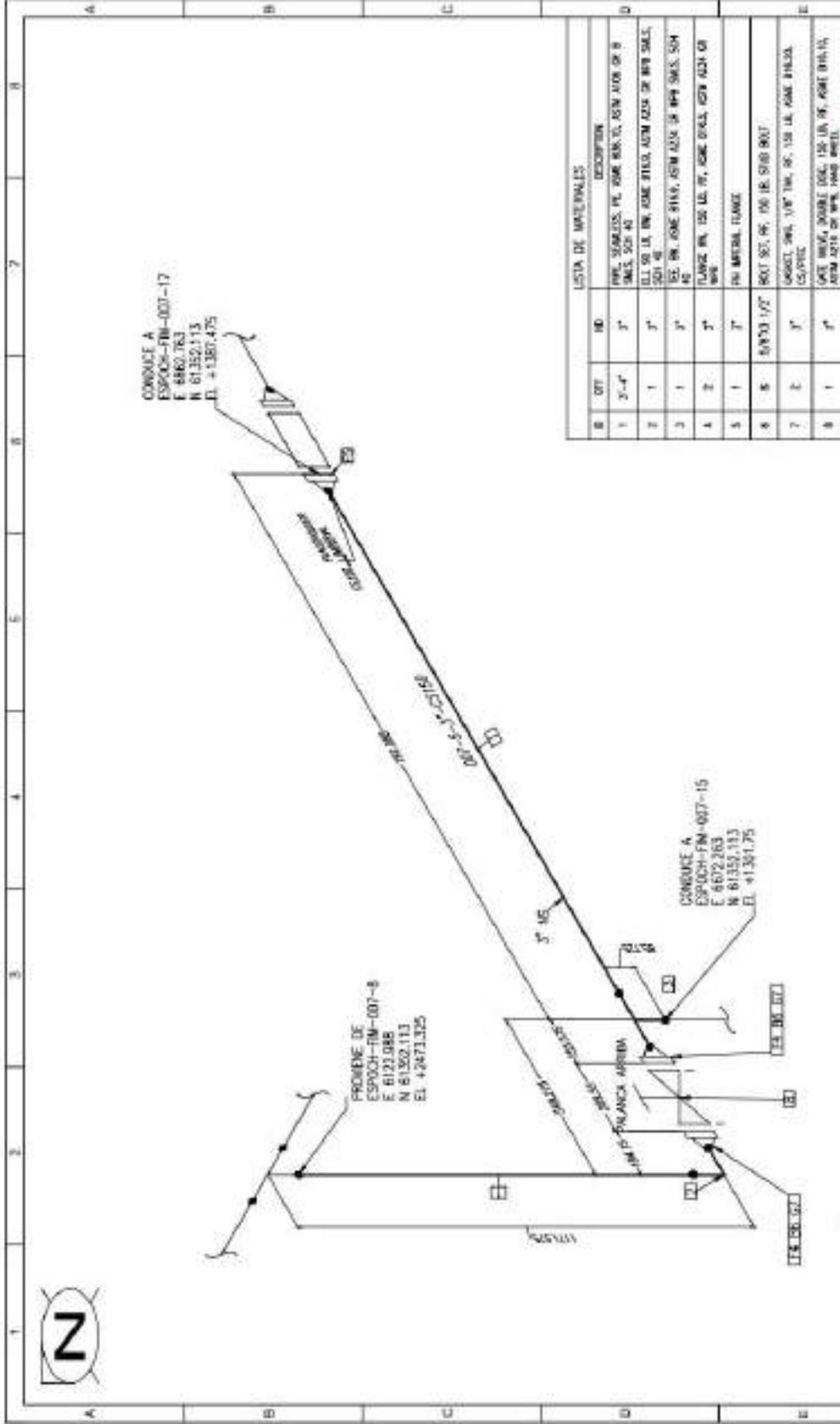
Q	QTY	MS	DESCRIPCION
1	2'-00"	3"	PIPE, GALVANIZ. PE, ASME B36.10, STD 40S, 30# 30 H NMS, 50H 40
2	1	3"	EL 10' DE INV. ASME B72.1, ASTM A234, GR BPE, 30# S, 50H 40
3	3	3"	FLANGE, 90, 150 LB, W, ASME B72.1, ASTM A234, GR BPE
4	4	5/8"x1/2"	ROUL SET, W, 150 LB, STD 40S
5	4	5/8"x1/4"	ROUL SET, W, 150 LB, STD 40S
6	3	3"	MANTEL, 30#, 1/4" TH, W, 150 LB, ASME B72.1, 50#
7	1	3"	BATTERY MANE, 100 PSI, 150 LB, WTS, W, ASME B72.1, ASTM A234, GR BPE, 30# S, 50H 40

NOTAS GENERALES	DEBIDOS DE REFERENCIA	REVISIONES	REGISTRADOS EN	PRIMA FECHA	CLIENTE			
1. Todas las medidas en mm. 2. Materiales y normas especificados en la lista de materiales. 3. Números "ID" especificado en cada elemento. 4. Representaciones: F(Fuente), R(Red), G(Gasas), E(E), S(S), EL(Elevación). 5. Para identificar la línea de tubería revisar el diagrama P&ID.	NUMERO DESCRIPCION TAMPO: F&ID SIST DE DAIEN YMA007-10 LINEA DE SUCCION CS	REV DESCRIPCION A PRIMERA REVISION	FECHA DE REVISION 22/10/22	K.L.L. J.N. M.E. K.L.L. K.L.L. J.C.H. J.N. M.E.	INGENIERO DISEÑO REVISADO ING. PROYECTO APROB. GRAL.	22/10/22 22/10/22 22/10/22 22/10/22 22/10/22	PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION CS	TAMBO A: DISCUTIN ESCALA: 1:50 HOJA: 01 DE: 01 DE 21



CALUTO

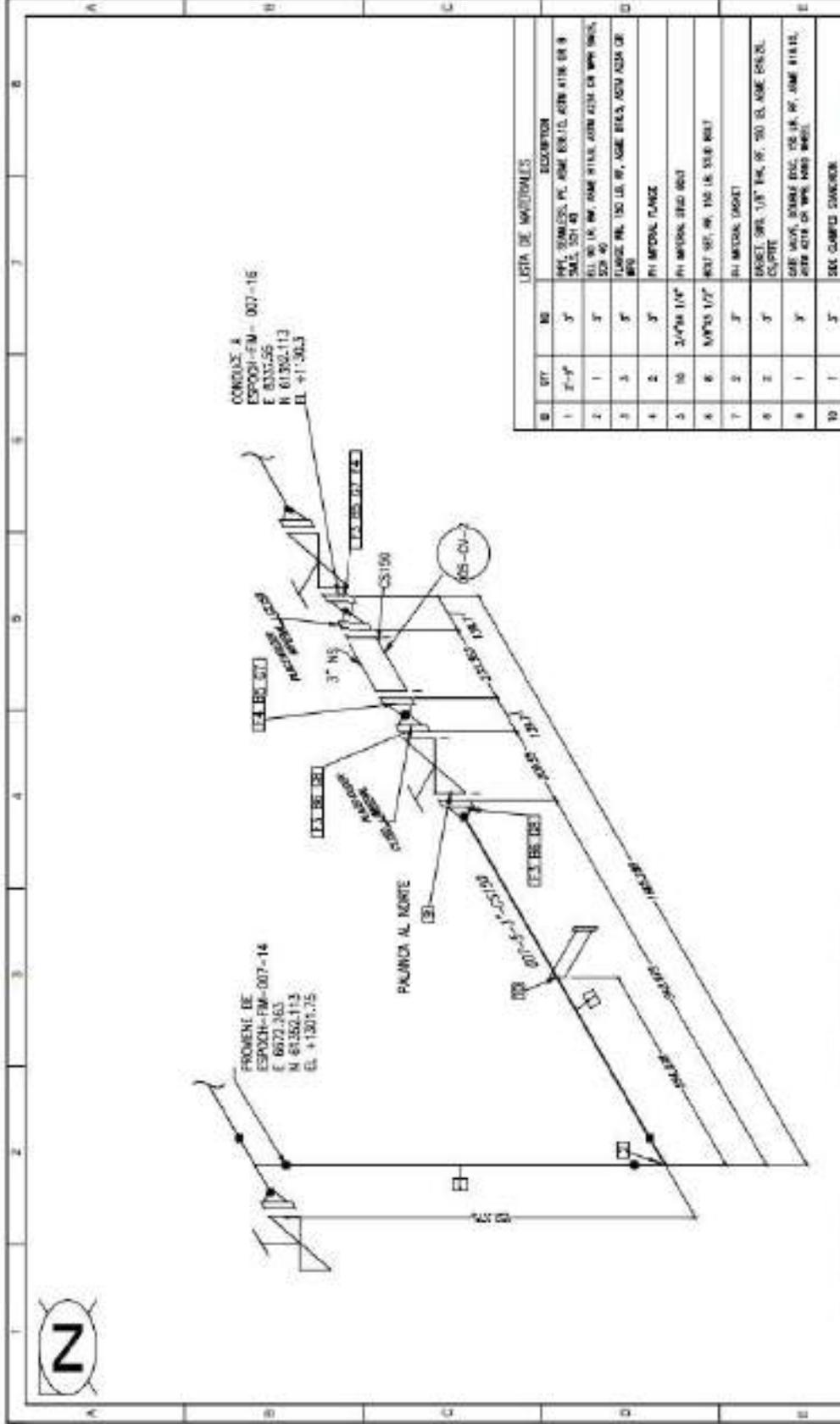




LISTA DE MATERIALES

ID	QTY	DESCRIPCION
1	2-4"	PPL. SCHEDULE 40, 90# BSW, 1/2" ANCH. OF 8 SMLS, 500' 40
2	1	ELL. 90 LA. 90# ASME B16.3, 1/2" ANCH. OF 8# SMLS, 200' 40
3	1	TEE. 90# ASME B16.3, 1/2" ANCH. OF 8# SMLS, 50# 40
4	2	FLANGE. 90 LA. 90# ASME B16.3, 1/2" ANCH. OF 8# SMLS, 50# 40
5	1	90# METAL FLANGE
6	6	ROD. 90# 1/2" 90 LA. 90# BSW
7	2	WALVE. 90# 1/2" 90 LA. 90# ASME B16.3, 1/2" ANCH. OF 8# SMLS, 50# 40
8	1	VALVE. 90# 1/2" 90 LA. 90# ASME B16.3, 1/2" ANCH. OF 8# SMLS, 50# 40

NOTAS GENERALES		DETALLE DE REFERENCIA		REVISIONES		REGISTRO DE OBRAS		CLIENTE	
<b>NOTAS:</b> 1. Todas las medidas en mm. 2. Mide alto y normas especificados en la lista de materiales. 3. Numero '00' especificado en cada elemento. 4. Representacion: F(Flange), B(Bolt), O(Osculet), E(L. S.), L(L. Shrover). 5. Para identificar la linea de tuberia revisar el diagrama P&ID.		NUMERO DE DESCRIPCION FM-002-8 R3D SIST. DE CALEN FM-007-8 LINEA DE SUCCION 13 FM-007-15 LINEA DE SUCCION 13 FM-007-17 LINEA DE SUCCION C2		REV. DE DESCRIPCION A PRIMERA REVISION		FECHA DE OBRAS 23/10/22		PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION C2	
				ING. DISEÑO K.L.L.		23/10/22			
				REVISADO J.C.H.		23/10/22			
				ING. PROYECTO J.N.		23/10/22			
				SUPERVISOR M.E.		23/10/22		FOLIO 14 DE 21	

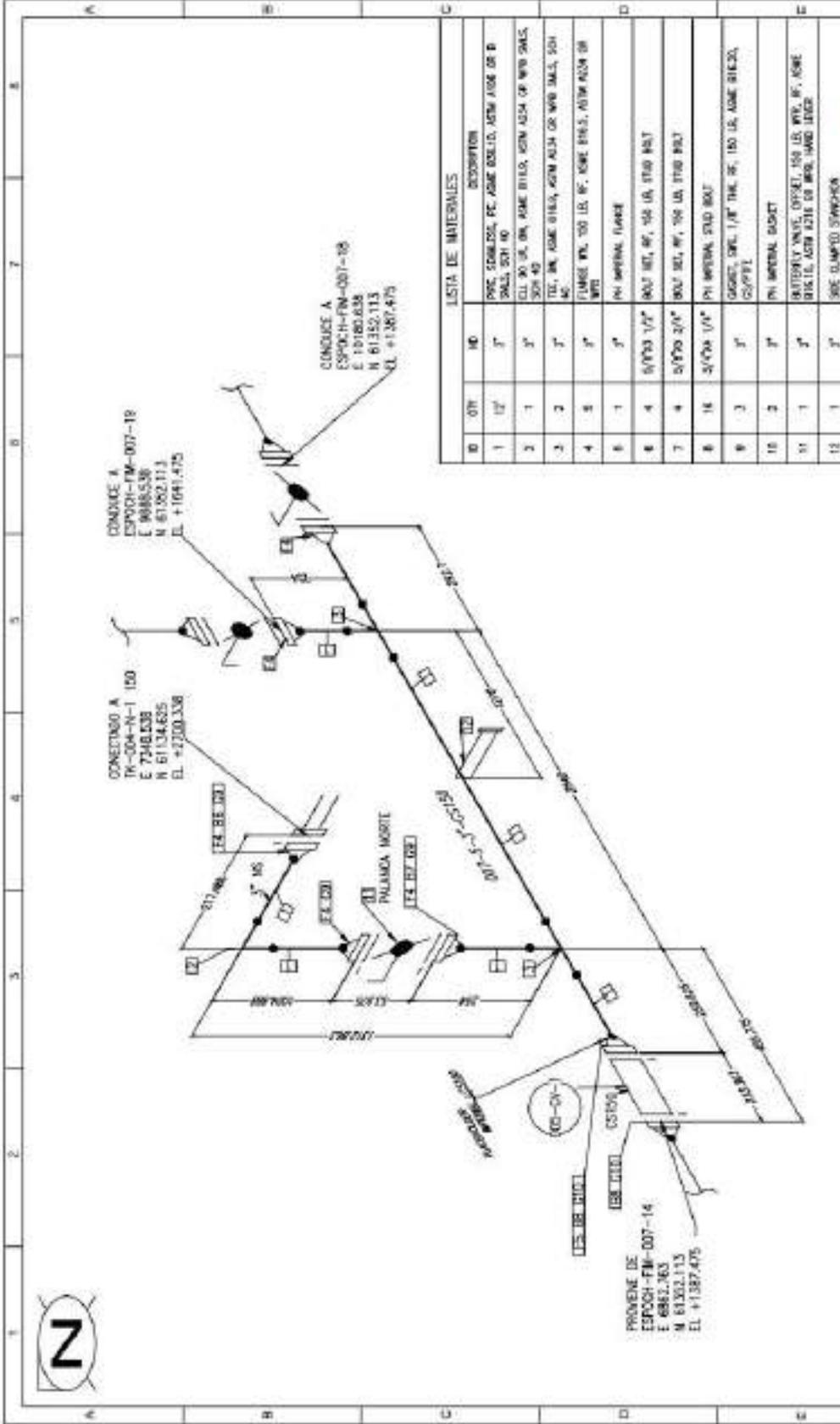


LISTA DE MATERIALES

ID	MT	DESCRIPCION
1	3"	PPA, 25M/25.00, P.C. ASME B31.10, 4000 4136 08 8 SML, 501 43
2	1"	EL. 90 18. 90. ASME B16.11, 4000 4134 08 900 SML, 509 40
3	3"	FLANGE 90. 150 18. 90. ASME B16.5, 4000 4134 08 900 SML
4	3"	PI MIPONAL FLANGE
5	3/4" 11/2"	PI MIPONAL 3040 603
6	3"	ROD 90. 150 18. 90 18. 316 SS 903
7	3"	PI MIPONAL SOCKET
8	3"	ROD 90. 150 18. 90. 90. 316 SS 903
9	3"	VALV. 90. 150 18. 90. 90. 316 SS 903
10	3"	SEL. CAMBIO DIMENSION

NOTAS GENERALES		DEBIDOS DE REFERENCIA		REVISIONES		REGISTRO DE REVISIONES		CLIENTE			
<p>NOTAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Todas las medidas en mt.</li> <li>Materiales y normas especificados en la lista de materiales.</li> <li>Normas: "D" especificado en cada elemento.</li> <li>Representaciones: (F) Face, (B) Back, (C) Chisel, (S) S, (L) Location.</li> <li>Para identificar la línea de tubería revisar el programa P&amp;ID.</li> </ol>		<p>NUMERO DESCRIPCION</p> <p>FAM-007-14 F.M.D. EST. DE CALEN.</p> <p>FAM-007-18 LINEA DE SUCCION C2</p> <p>FAM-500-10 LINEA DE SUCCION D</p>		<p>REV. DESCRIPCION</p> <p>A PRIMERA REVISION</p>		<p>FECHA</p> <p>22/10/22</p>		<p>PROYECTO:</p> <p>SISTEMA DE CALENTAMIENTO</p> <p>DESCRIPCION:</p> <p>LINEA DE SUCCION II</p>		<p>FECHA</p> <p>22/10/22</p>	
		<p>ING. PROYECTO:</p> <p>J.N</p>		<p>ING. PROYECTO:</p> <p>J.N</p>		<p>ING. PROYECTO:</p> <p>J.N</p>		<p>CLIENTE:</p> <p>CIALTO</p>		<p>HOJA</p> <p>15 DE 21</p>	
		<p>MURDOY: GIGAL</p> <p>M.E</p>		<p>MURDOY: GIGAL</p> <p>M.E</p>		<p>MURDOY: GIGAL</p> <p>M.E</p>		<p>ESCALA: 1/50</p>		<p>23/08/2022</p>	



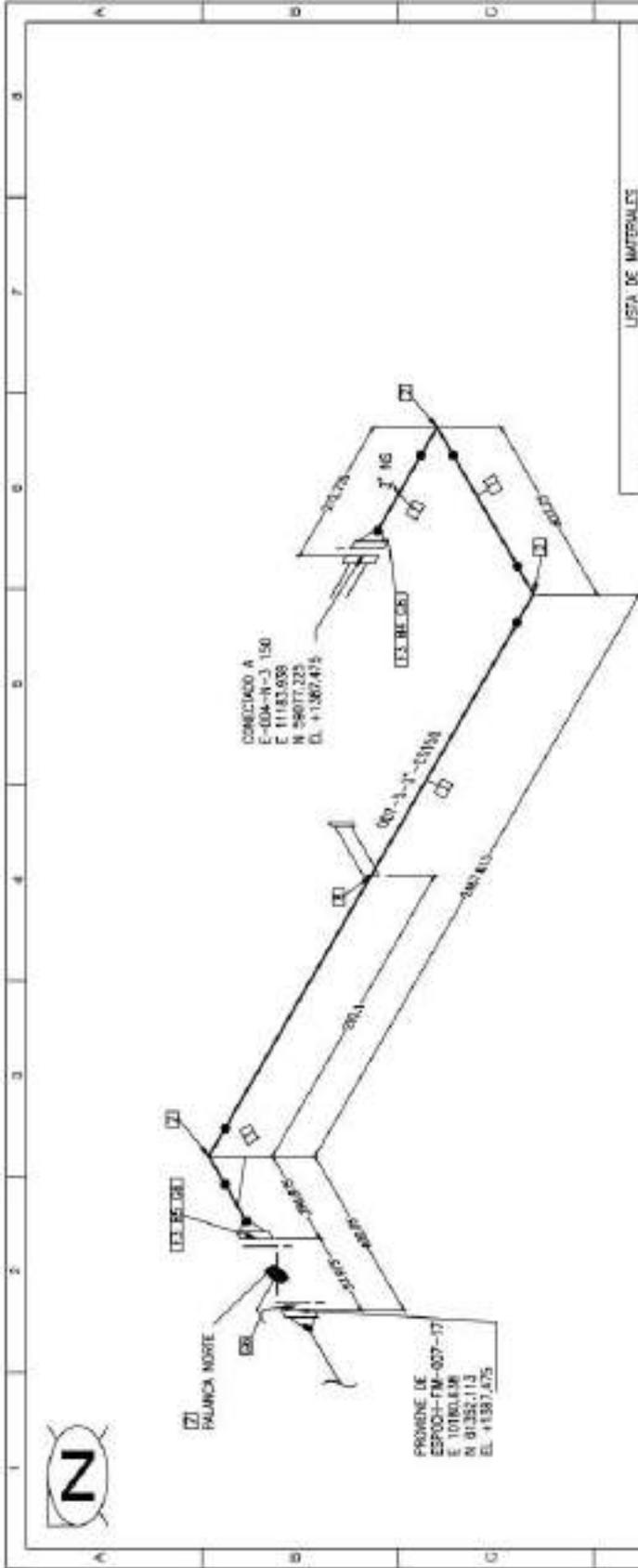


ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	12'	3"	PVC SCHWABE, PC ASME B8E10, ASTM A106 GR B SMLS, SCH 40
2	1	3"	CLL 30 LB, BK, ASME B16.5, ASTM A254 OF WPS SMLS, SCH 40
3	2	3"	TEL. BK, ASME B16.5, ASTM A254 GR WPS SMLS, SCH 40
4	5	3"	FLANGE WFL 100 LB, W, ASME B16.5, ASTM A106 GR WPS
5	1	3"	PI WIPERAL FLANGE
6	4	Ø 1/2" 1/2"	Ø 1/2" SCH. 40, 150 LB, STD B&T
7	4	Ø 1/2" 3/4"	Ø 1/2" SCH. 40, 150 LB, STD B&T
8	18	3/4" 1/4"	PI WIPERAL STD B&T
9	3	3"	GLOBE, Ø 1/8" THK, W, 150 LB, ASME B16.5, COPPER
10	2	3"	PI WIPERAL BOSET
11	1	3"	Ø 1/2" INSTE. Ø 1/2" 150 LB, WPS, W, ASME B16.5, ASTM A254 GR WPS, HARD STEEL
12	1	3"	Ø 1/2" LAMPED SWITCHER

NOTAS	REVISIONES	FECHA	PROYECTANTE	REVISADO	APROBADO	FECHA
1. Todos los medidas en PIES.	A	22/11/22	K.L.L	M.E		
2. Materiales y normas especificadas en la lista de materiales.						
3. Número 'Ø' especificado en cada elemento.						
4. Representaciones: (P) Paralelo, (B) Borneo, (C) Codo, (L) L, (D) Derivación.						
5. Para identificar la línea de Muestra revisar el diagrama P&ID.						

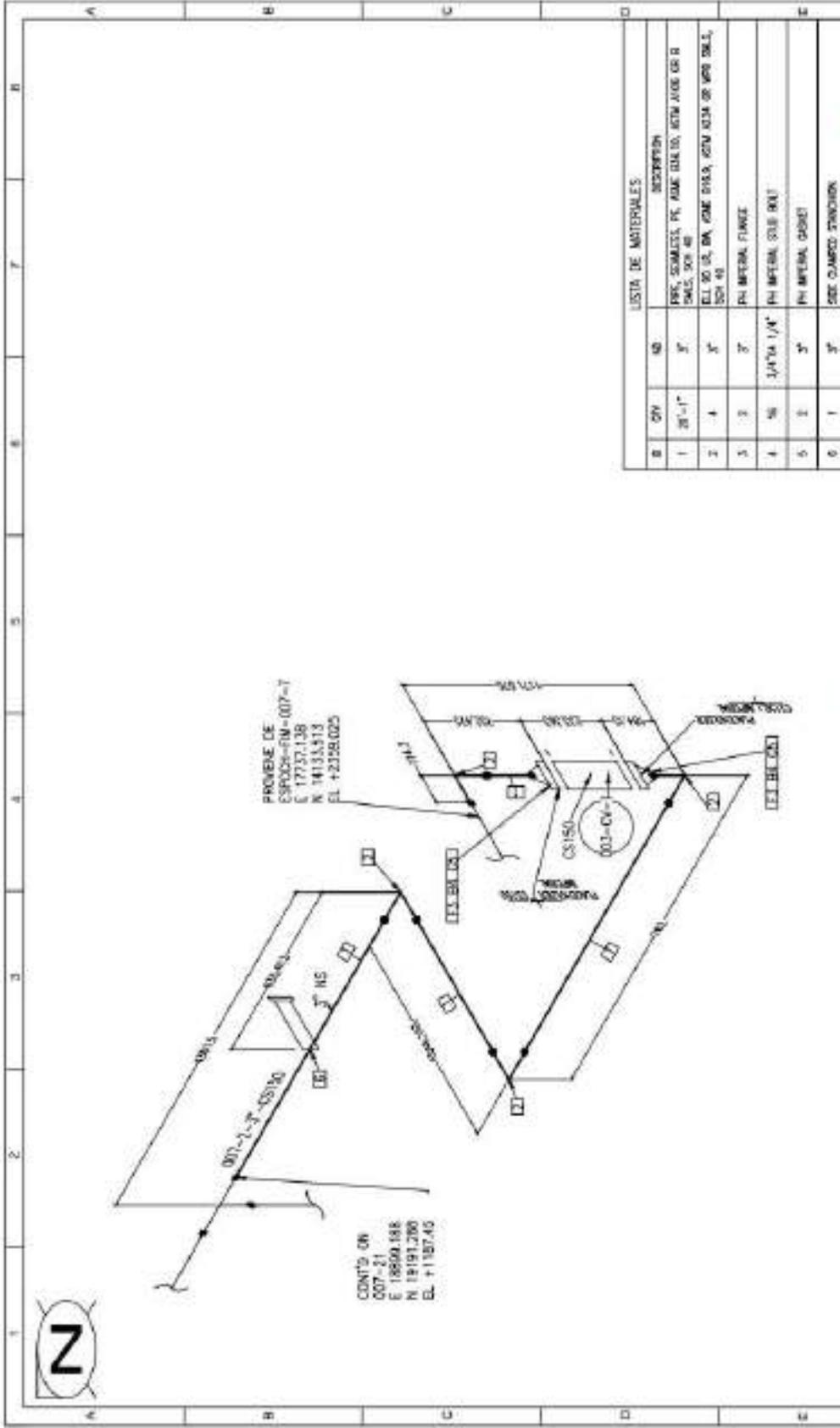
CLIENTE	TAMAÑO	PROYECTO	FECHA
CAJALUTO	A4	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	17 DE 21
		DESCRIPCIÓN	REV
		LÍNEA DE SUCCIÓN C2	0
		TAMAÑO A4	17 DE 21
		PROYECTO	REV
		SISTEMA DE CALENTAMIENTO	0
		DESCRIPCIÓN	0
		LÍNEA DE SUCCIÓN C2	0



ID	QTY	NO	DESCRIPCION
1	1	1"	WPL. SOMIERA, PL. ASME 150 LB, ASIM. A108 DR. B (M.L.), 300 LB
2	3	1"	ELL. 90 GR. DR. ASME 150 LB, ASIM. A108 DR. WPL. DALL. 300 LB
3	3	1"	TUBER. WPL. 150 LB, W.P. ASME B16.3, 4224 GR. B79
4	4	5/8"X 1/2"	BOI. SET. W.P. 150 LB, STD. 800T
5	4	5/8"X 3/4"	BOI. SET. W.P. 150 LB, STD. 800T
6	3	1"	GARCEL. WPL. 1/2" INCL. W.P. 150 LB. ASME B16.3. 02/PLC
7	1	1"	BUTYL. WPL. 075X2, 150 LB, W.P. ASME B16.3, ASIM. A108 DR. WPL. 150 LB. LINEA
8	1	1"	SOE. CAMBIO. DIMENSION

NOTAS GENERALES		LIBROS DE REFERENCIA		RESUMENES		REGISTRO DISEÑO		CLIENTE	
NOTA 0 1. Todas las medidas en mm. 2. Material y normas especificadas en la lista de referencias. 3. Número "30" especificado en cada elemento. 4. Representaciones: P (Piega), B (Bolt), G (Cable), T (T), S (S), E (El. (El. cables)). 5. Para identificar la línea de tubería usar el diagrama "SID".		NÚMERO: FM-101-17 TÍTULO: PAQ-SIST. DE CALEN. LINEA SUCCION C2	REV: A DESCRIPCION: PRIMERA REVISION	FECHA: 22/10/22 DISEÑADOR: K.L.L. REVISOR: J.O.H. ING. PROYECTO: J.N. APROV. GENL: M.G.	FECHA: 22/10/22 DISEÑO: K.L.L. REVISADO: J.O.H. ING. PROYECTO: J.N. APROV. GENL: M.G.	CLIENTE: CIAUTO		PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION E4	HOJA: 10 DE 210 REV: 10 DE 210

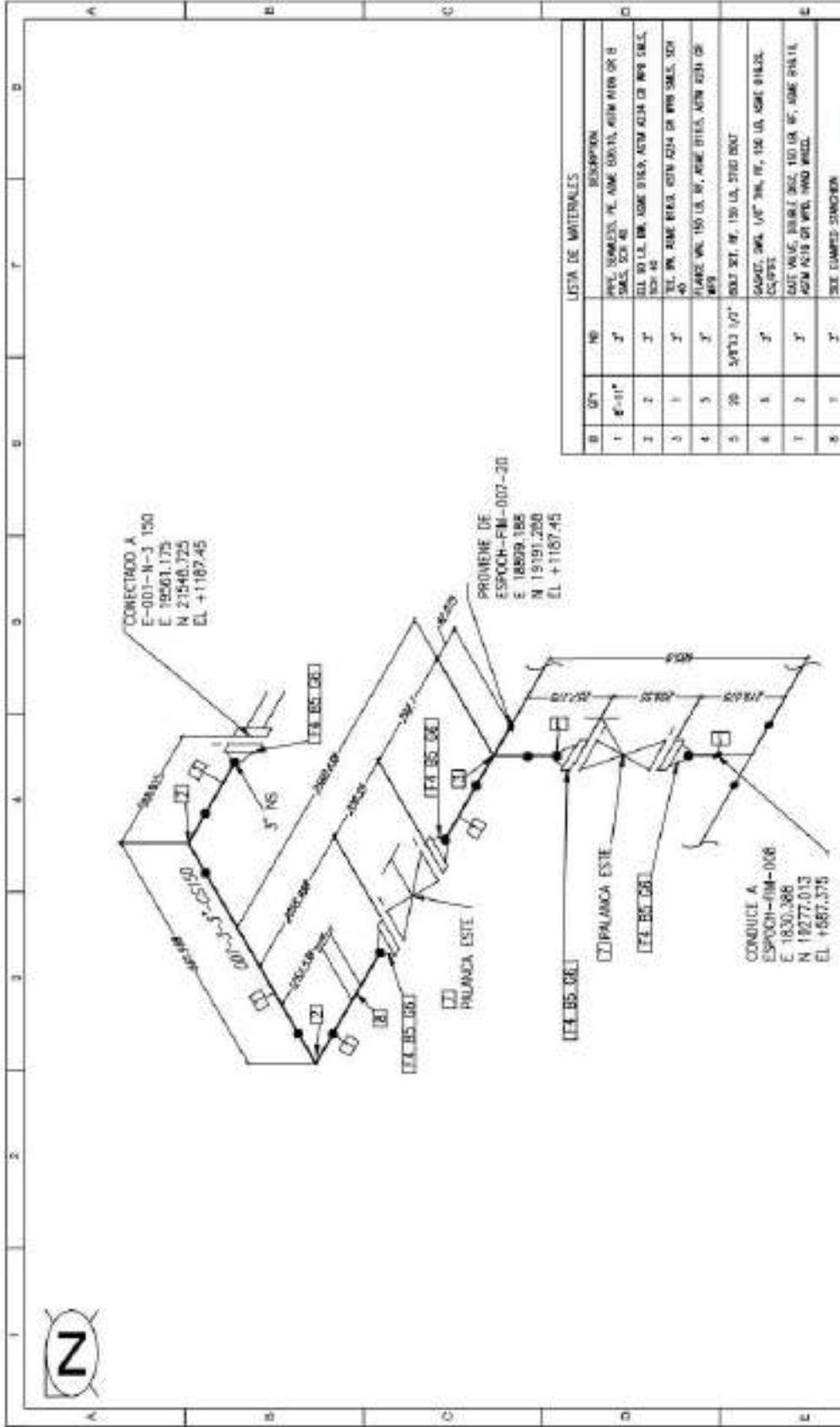




LISTA DE MATERIALES

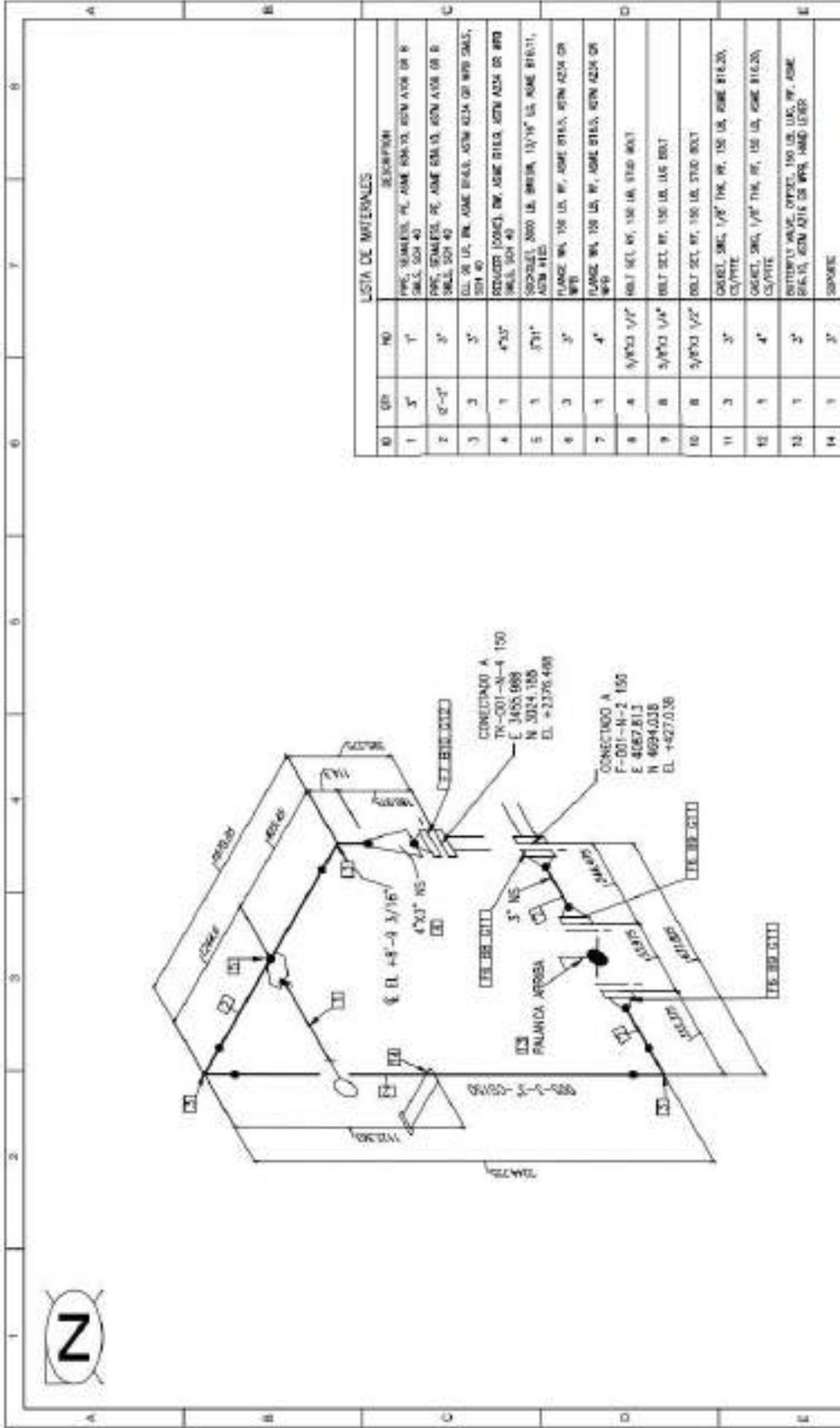
ID	QTY	UN	DESCRIPCIÓN
1	20	1"	PIPE, SCHLIES, PC, ANNE DIA 10, 10CM ALOE GR B DMS, 300 LB
2	4	3"	ELL 90 GR, BA, 10CM DIA, 10CM ALOE GR WPS 30LB, SCH 40
3	3	3"	PI METAL FLANGE
4	5	1/4"	PI METAL 316 SS
5	1	3"	PI METAL GORE
6	1	3"	SEE O.M.P.D. TRENCH

NOTAS GENERALES		DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES		REGISTRO DE REVISOR		FECHA		CLIENTE			
NOTAS: 1. Todos los medidas en mm. 2. Materiales y marcas especificados en la lista de materiales. 3. Numero 'ID' especificado en cada elemento. 4. Representaciones: P (Pargos), B (Bols), C (Cables), E (E), S (L), G (Derivados). 5. Para identificar la línea de tubería revisar el diagrama P&ID.		NUMERO: FM-007-7 DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION E1		REV: A DESCRIPCION: PRIMERA REVISION		FECHA: 20/10/22 DIBUJANTE: K.L.L. REVISOR: J.N. M.E.		FIRMAS: REGISTRO DE REVISOR: K.L.L. REGISTRO DE REVISOR: J.N. M.E.		20/10/22 PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO DESCRIPCION: LINEA DE SUCCION E1		CUALTO	
										TAMAYO: AM SOBUDIN:		HOJA: 05/07 ESPOCH-FM-007-26 (20 DE 24) D	



NOTAS GENERALES		LIBRO DE REFERENCIA		REVISIONES		REGISTRO DE BENEF. FORMA		FECHA		CLIENTE	
1. Todas las medidas en cm. 2. Materiales y normas especificados en la lista de materiales. 3. Numero ID especificados en cada elemento. 4. Representaciones: F(R) (Fugas), B(B03), G(Cualquier L.L.), L(L), E(Enchufas). 5. Para identificar la linea de tuberia revisar el diagrama P&ID.		NUMERO: P&ID-007-20 DESCRIPCION: LINEA DE BUCCION ET	REV. DESCRIPCION: A PROMERA REVISION FECHA: 22/10/22 K.L.L.	INGENIERO: JCH REVISADO: JCH ING. PROYECTO: J.N. APROB. ORAL: M.E.	NO. DISEÑO: K.L.L. REVISADO: JCH ING. PROYECTO: J.N. APROB. ORAL: M.E.	REG. BENEF. J.N. FORMA: M.E.	22/10/22 22/10/22 22/10/22 22/10/22	CALUTO	PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO DESGRIFORCE LINEA DE BUCCION ET		HOJA: 057 21 DE 210

LISTA DE MATERIALES		DESCRIPCION	
1	2'	PIPE VAMBAZS. PL. ANGE 08010, ANGE 10010 OR B SMLS, SCH 40	
2	2'	TEL. 90 LB. ANGE 0163, ANGE 0234 OR WPS SMLS, SCH 40	
3	1'	TEL. 90 ANGE 0163, 0234 OR WPS SMLS, SCH 40	
4	3'	FLANGE WEL 150 LB. W, ANGE 0165, ANGE 0234 OR WPS	
5	20	SOFT SET, W. 150 LB, 2100 DOOT	
6	1	GAROTE. 06A. 1/2" 3/4, W. 150 LB. ANGE 0163, SCH 40	
7	1	GATE VALVE, 06A. 1/2, 150 LB W, ANGE 0163, ANGE 0234 OR WPS, WND WELD.	
8	1	SOE CLAMPED SIMONON	

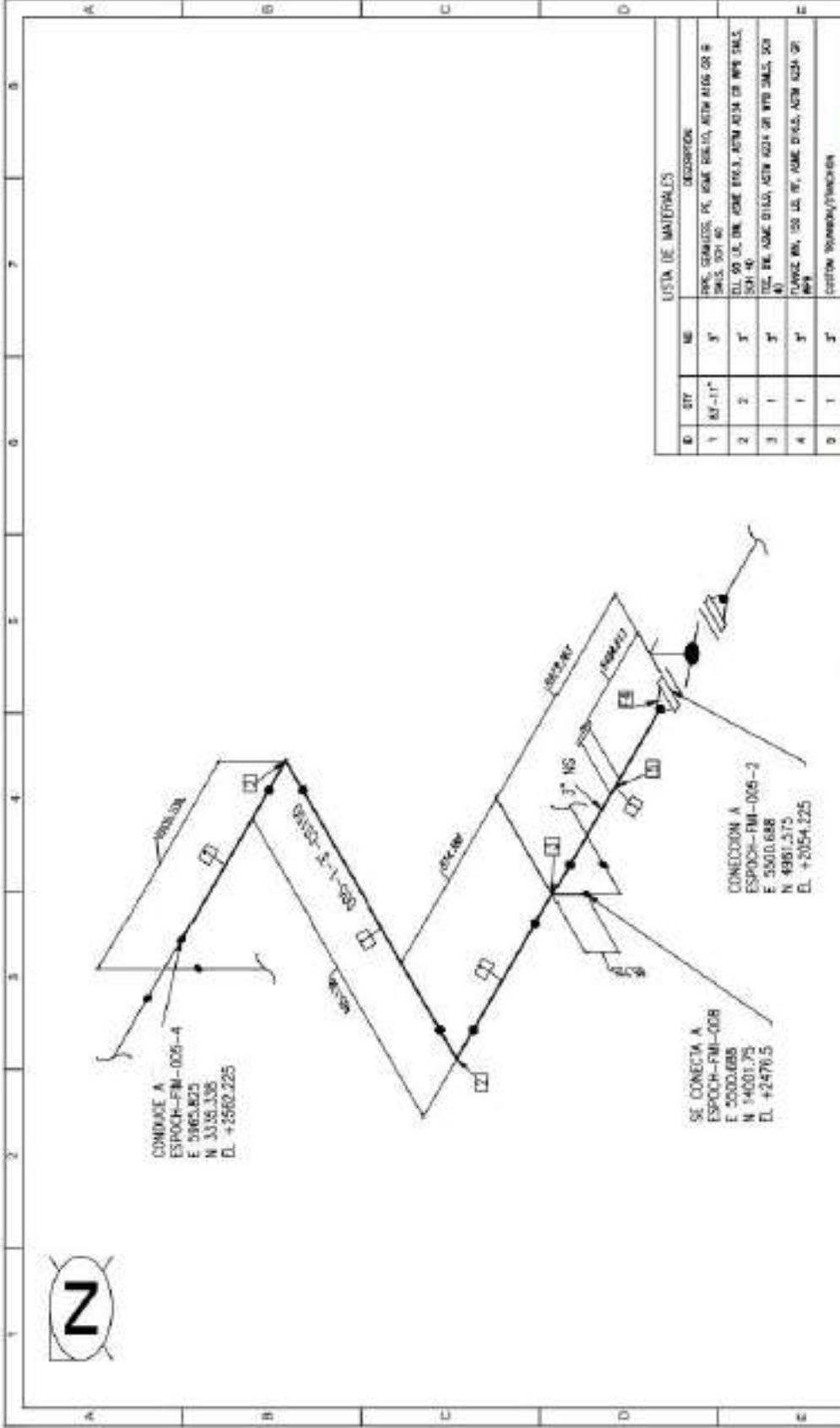


**LISTA DE MATERIALES**

ID	QTY	NO	DESCRIPCION
1	1	1"	PPR, 3/4" X 1/2", PL. ANHE 85N-10, 85N-10M OR R 85N-10, 85N-10
2	2	2"	PPR, 3/4" X 1/2", PL. ANHE 85N-10, 85N-10M OR R 85N-10, 85N-10
3	3	3"	PL. DE UN. PL. ANHE 85N-10, 85N-10M OR R 85N-10, 85N-10
4	1	4"X3"	REDUCTOR (CONC), 2W, ANHE 85N-10, 85N-10M OR R 85N-10, 85N-10
5	1	3/4"	SECCION, 85N-10, 85N-10M, 13/16" PL. ANHE 85N-10, 85N-10
6	3	3"	FLANJE 85N-10, 85N-10M, 85N-10M, 85N-10M OR R 85N-10, 85N-10
7	1	4"	FLANJE 85N-10, 85N-10M, 85N-10M, 85N-10M OR R 85N-10, 85N-10
8	4	3/4"X3 1/4"	VALV. 85N-10, 85N-10M, 85N-10M
9	8	3/4"X3 1/4"	VALV. 85N-10, 85N-10M, 85N-10M
10	8	3/4"X3 1/2"	VALV. 85N-10, 85N-10M, 85N-10M
11	3	3"	VALV. 85N-10, 85N-10M, 85N-10M, 85N-10M OR R 85N-10, 85N-10
12	1	4"	VALV. 85N-10, 85N-10M, 85N-10M, 85N-10M OR R 85N-10, 85N-10
13	1	3"	VALV. 85N-10, 85N-10M, 85N-10M, 85N-10M OR R 85N-10, 85N-10
14	1	3"	VALV. 85N-10, 85N-10M, 85N-10M, 85N-10M OR R 85N-10, 85N-10

NOTAS GENERALES		REVISIONES		REGISTRO DE REVISIONES		FECHA		CLIENTE:	
1. Todas las medidas en mm.		FECHA DE LA REVISION		APROBADO		20/10/22		CIAUTO	
2. Materiales y normas especificados en la lista de materiales.		DESCRIPCION		REVISOR		20/10/22		PROYECTO	
3. Material 3D especificado en cada elemento.		REV		ING. DISEÑO		20/10/22		SISTEMA DE CALENTAMIENTO	
4. Representaciones: F (Plano), B (Bata), C (Corte), M (Módulo), E (E), D (Ejecución).		PRIMERA REVISION		ING. REVISOR		20/10/22		DESCRIPCION	
5. Para identificar la línea de tubería revisar el código P&ID.		LINEA DE RETORNO		ING. PROYECTO		20/10/22		LINEA DE RETORNO	
				APROV. ORAL				TABLADO N°	
				M.E				ESPOCH-FRM-005-1	
								HOJA	
								1 DE 4	





ID	QTY	ME	DESCRIPCION
1	1	3"	PIPE, GALVANIZ. PE, ASME B31.10, ASTM A106 GR B, SCH 40
2	2	3"	FLG. 90 D.G. DN. ASME B16.3, ASTM A134 GR WP SMLS, SCH 40
3	1	3"	TEE, 90 DEG. DN. ASME B16.3, ASTM A134 GR WP SMLS, SCH 40
4	1	3"	FLANGE, 90 D.G. DN. ASME B16.5, ASTM A134 GR B, WP
5	1	3"	Capilla 30x30x3/16x3/16

NOTAS GENERALES		REVISORES		FECHAS	
1. Todas las medidas en mm. 2. Materiales y unidades especificadas en la lista de materiales. 3. Numero "ID" especificado en cada elemento. 4. Representaciones: P (Plano), D (Detalle), G (Caudal), E (E), R (Revisión). 5. Para identificar la línea de trabajo revisar el diagrama P&ID.		REV: A ING. DISEÑO: K.L.L. REVISADO: J.C.H. ING. PROYECTO: J.N. APROV. GRAL: M.E.	FECHA: 22/10/22 ING. DISEÑO: K.L.L. REVISADO: J.C.H. ING. PROYECTO: J.N. APROV. GRAL: M.E.	REV: A ING. DISEÑO: K.L.L. REVISADO: J.C.H. ING. PROYECTO: J.N. APROV. GRAL: M.E.	FECHA: 22/10/22 ING. DISEÑO: K.L.L. REVISADO: J.C.H. ING. PROYECTO: J.N. APROV. GRAL: M.E.

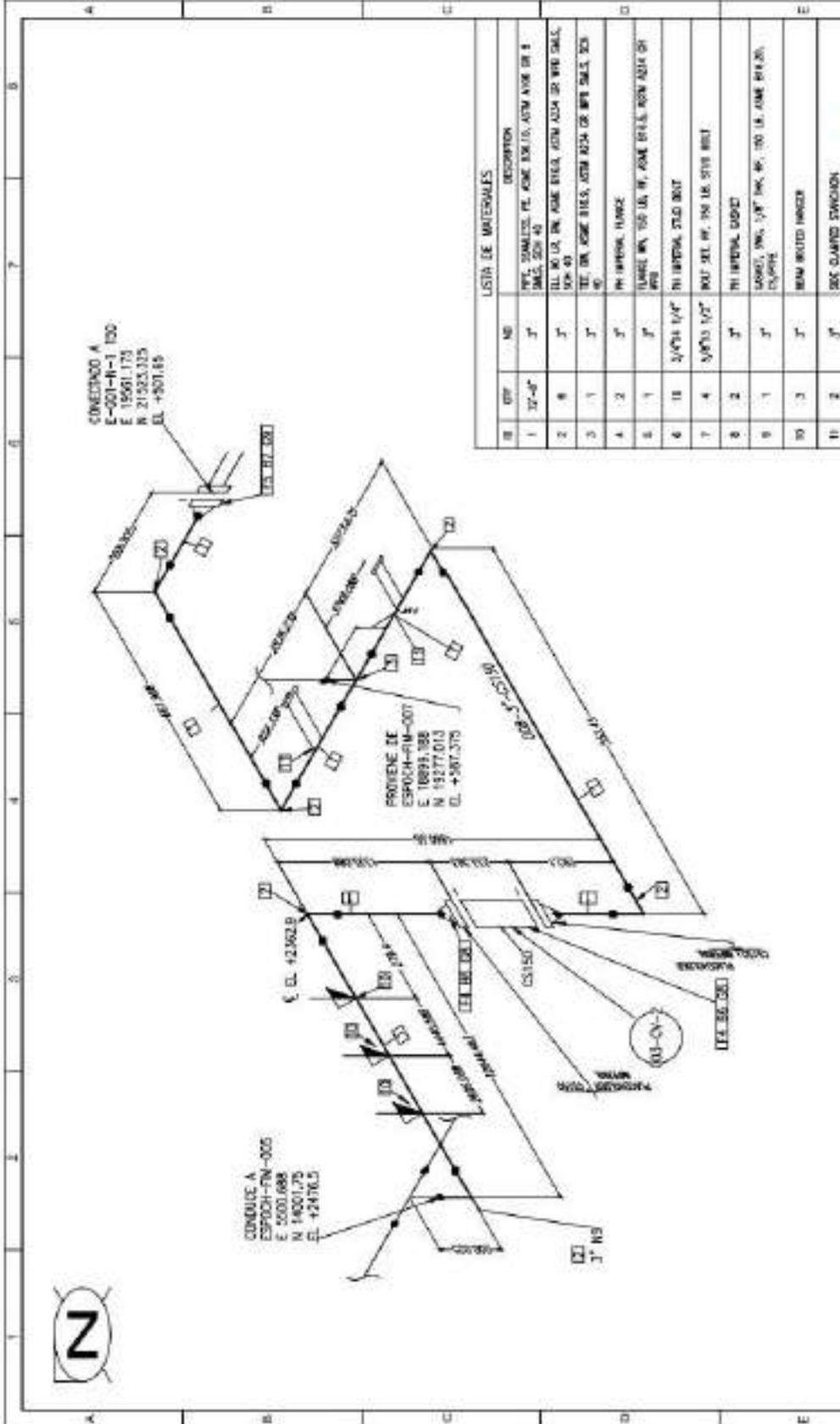

  
 CLIENTE: CIALUTO


  
 PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO

DESCRIPCION: LINEA DE RETORNO

TAMANO: A4	DIBUJANT: EDP/CHM-M-005-3	HOJA: 3	REV: 0
ESCALA: IND.			

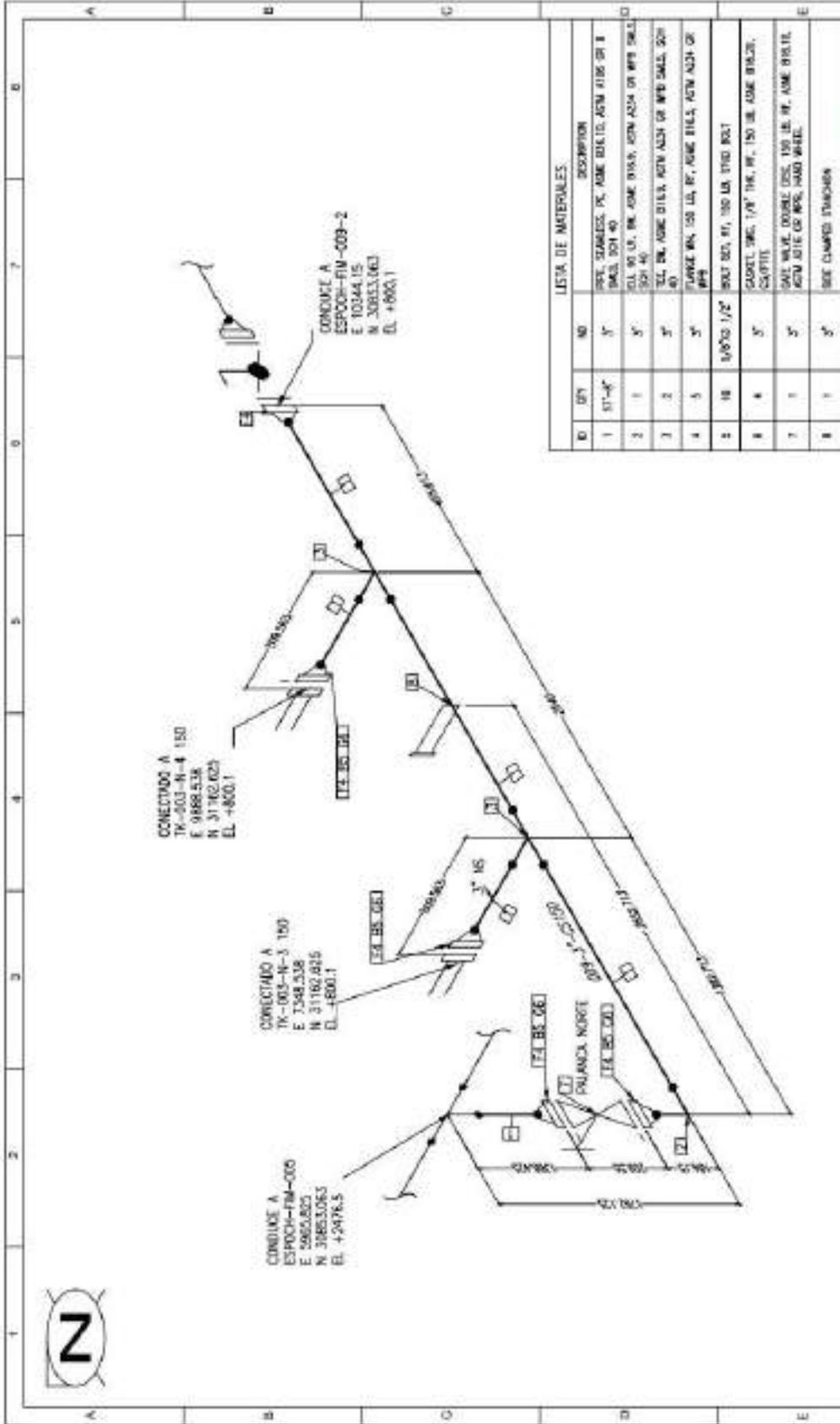




LISTA DE MATERIALES

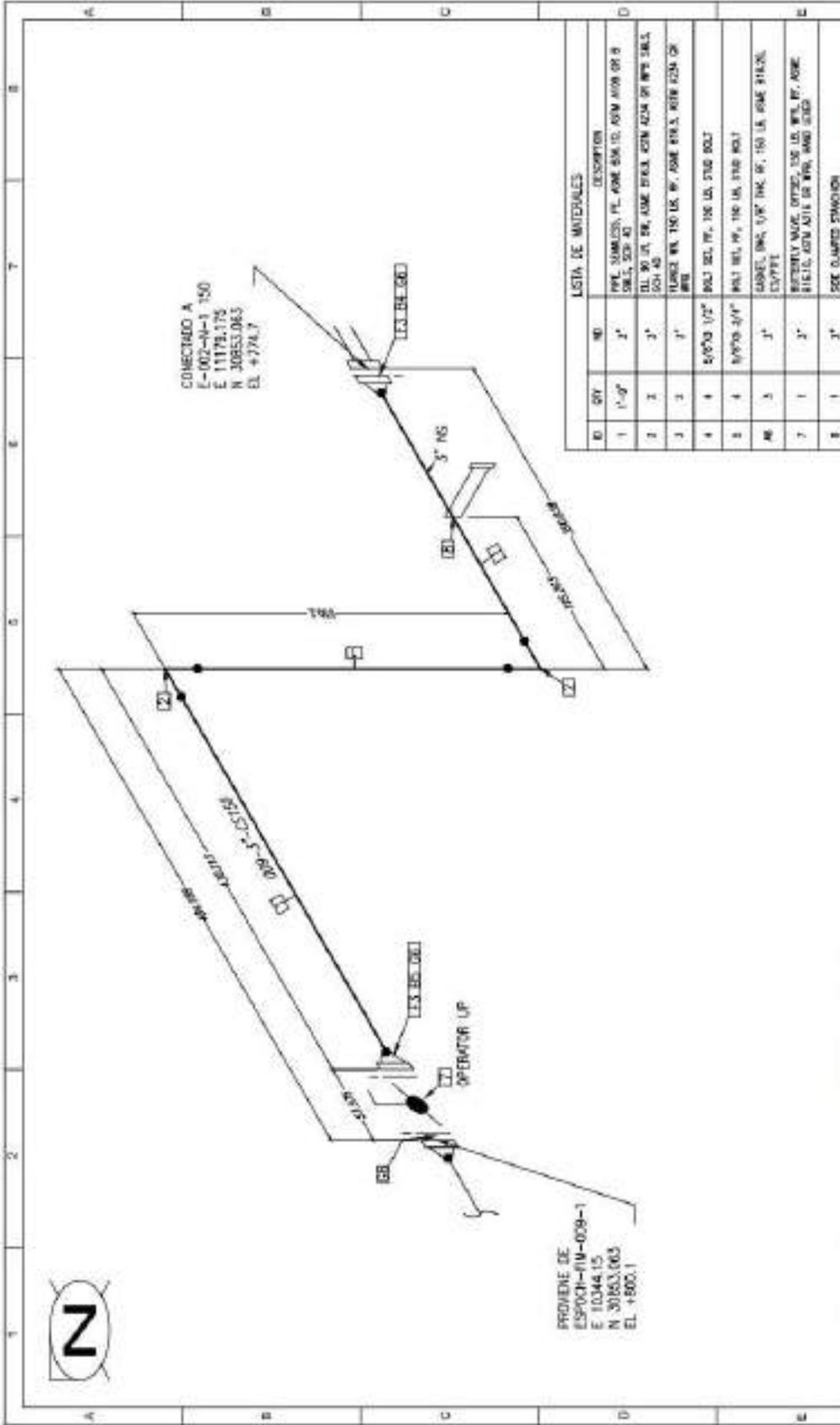
ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	32'-4"	3"	PFT, SINALCO, PL. ASME B36.10, ASTM A106 GR B SMLS, SCH 40
2	8	3"	ELL. 90 GR, PL. ASME B36.10, ASTM A106 GR B SMLS, SCH 40
3	1	3"	TEE, DR. ASME B36.10, ASTM A106 GR B SMLS, SCH 40
4	2	3"	PL. INFERIOR, WASTE
5	1	3"	FLANGE WP, 150 LB, W, ASME B16.5, ASTM A240 SH
6	18	3/4"x1/4"	PL. INFERIOR, STD. BOLT
7	4	3/4"x1/2"	ROD DEL. WP, 150 LB, STD. BOLT
8	2	3"	PL. INFERIOR, COVER
9	1	3"	COVER, 150 LB, 1/4" THK, WP, 150 LB, ASME B16.5, FLANGE
10	3	3"	BEAM BRIDGE HANGER
11	2	3"	BOX CLAMP SWAGON

NOTAS DE MATERIALES		REVISOR/DISEÑO		FECHA	
<p>NOTAS</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Todas las medidas en mm.</li> <li>Materiales y normas especificados en la lista de materiales.</li> <li>Módulo "3D" especificado en cada elemento.</li> <li>Representaciones P (Planos), T (Pisos), G (Cortes), E (L), S (L), R (Elevaciones).</li> <li>Para identificar la línea de trabajo se usará el diagrama P&amp;ID.</li> </ol>		<p>REVISOR/DISEÑO</p> <p>M.E.</p>	<p>FECHA</p> <p>22/10/22</p>	<p>CLIENTE:</p> <p>CLAUTO</p>	
<p>REVISOR/DISEÑO</p> <p>M.E.</p>		<p>FECHA</p> <p>22/10/22</p>	<p>PROYECTO</p> <p>SISTEMA DE CALENTAMIENTO</p> <p>DESCRIPCION:</p> <p>LINEA DE RETORNO E1</p>		
<p>REVISOR/DISEÑO</p> <p>M.E.</p>		<p>FECHA</p> <p>22/10/22</p>	<p>TAMBORES: AL</p> <p>DIBUJO Nº: FSDA</p> <p>ESCALA: 1/10</p> <p>REVISOR: DE 1</p> <p>REV: 0</p>		



ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	57'-4"	3"	PPE. SANGRE PE. ASME B16.10, ASTM A182 GR B (SAL. 304 40)
2	1	5"	VAL. 90 GR. BK. ASME B16.33, ASTM A234 OR WPS SMLS (304 40)
3	2	3"	VAL. ENL. ASME B16.5, ASTM A234 OR WPS SMLS (304 40)
4	5	3"	FLANGE ENL. 150 LB. BK. ASME B16.5, ASTM A234 OR WPS
5	18	1/2"	VALV. 90 GR. BK. 150 LB. STD. BSPT
6	4	5"	VALV. 90 GR. BK. 150 LB. STD. ASME B16.33, BSPT
7	1	3"	VALV. 90 GR. BK. 150 LB. BK. ASME B16.33, STD. BSPT OR BK. STD. BSPT
8	1	3"	BOE CLAMPED END

NOTAS GENERALES		DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES		REGISTRO (USUARIO / FECHA / FIRMA)		CLIENTE	
NOTAS 1. Todas las medidas en mm. 2. Materiales y normas especificados en la lista de materiales. 3. Número "D" especificado en cada elemento. 4. Representaciones: (F) Furgón, (B) Bata, (C) Casaca, (E) E, (L) L, (C) Cevadora. 5. Para identificar la línea de subterráneo en el diagrama P&ID.		NÚMERO: FM-100 DESCRIPCIÓN: LÍNEA DE RETORNO REV: A PRIMERA REVISIÓN: 22/10/22	NÚMERO: FM-100-2 DESCRIPCIÓN: LÍNEA DE RETORNO E2	FECHA: 22/10/22 K.L.L. J.N. M.E.	FECHA: 22/10/22 K.L.L. J.N. M.E.	REGISTRO: JCH USUARIO: JCH INGENIERO: JCH INGENIERO PROYECTO: J.N. SUPERVISOR: J.N. M.E.	FECHA: 22/10/22 K.L.L. J.N. M.E.	FECHA: 22/10/22 K.L.L. J.N. M.E.	CUALTO PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO DESCRIPCIÓN: LÍNEA DE RETORNO E2
								TAMAÑO: A3 ESCALA: 1:1 HOJA: 12/27 DE: 1 DE 2	



PROVIENE DE  
ESPOCH-FIM-079-1  
E 10344.15  
N 30853.063  
EL +800.1

CONECTADO A  
E-002-N-1 150  
E 11179.175  
N 30853.063  
EL +774.7

LISTA DE MATERIALES

ID	QTY	NO	DESCRIPCION
1	1'-0"	3"	PPL SIMONSON, PL. ASME 506.10, ASM A108 GR B, SCL 2, SCH 40
2	3	3"	BL 90 ST, DR, ASME 506.10, 42M 42M GR WPL SBL3, SCH 40
3	3	3"	FLANGE WL 150 LB, W, ASME 506.10, 42M 42M GR WPL
4	4	5/8" x 1/2"	BSL 902, WF, 150 LB, STD 902
5	4	1/2" x 1/2"	BSL 902, WF, 150 LB, STD 902
6	3	3"	GABELET, 6M, 1/2" INH, W, 150 LB, ASME 506.10, 42M 42M GR WPL
7	1	3"	REDUCER VALV. OPERC, 150 LB, WPL, W, ASME 506.10, 42M 42M GR WPL, WPL, WPL, WPL
8	1	3"	SOE CLAMPT SIMONSON

NOTAS GENERALES		DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES		REGISTRO DE REVISIONES		CLIENTE	
NUMERO	DESCRIPCION	REV	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJANTE	APROBADO	FECHA	PROYECTO	DESCRIPCION
FIM-009-1	LINEA DE RETORNO C3	A	PRIMERA REVISION	22/10/22	K.L.L	M.E	22/10/22	ESPOCH-FIM-079-2	LINEA DE RETORNO C2
					ING. DISEÑO				
					REVISADO				
					ING. PROYECTO				
					APROV. GRAL				
					M.E				

NOTAS

- Todas las medidas se dan en metros.
- Materiales y normas especificadas en la lista de materiales.
- Numero '0' especificado en cada elemento.
- Representaciones: F (Fuerza), B (Barrido), G (Gabinete), E (Elevacion).
- Para identificar la línea de tubería revisar el diagrama P&ID.

CLIENTE: CLAUUTO

PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO

DESCRIPCION: LINEA DE RETORNO C2

TAMAÑO: A4

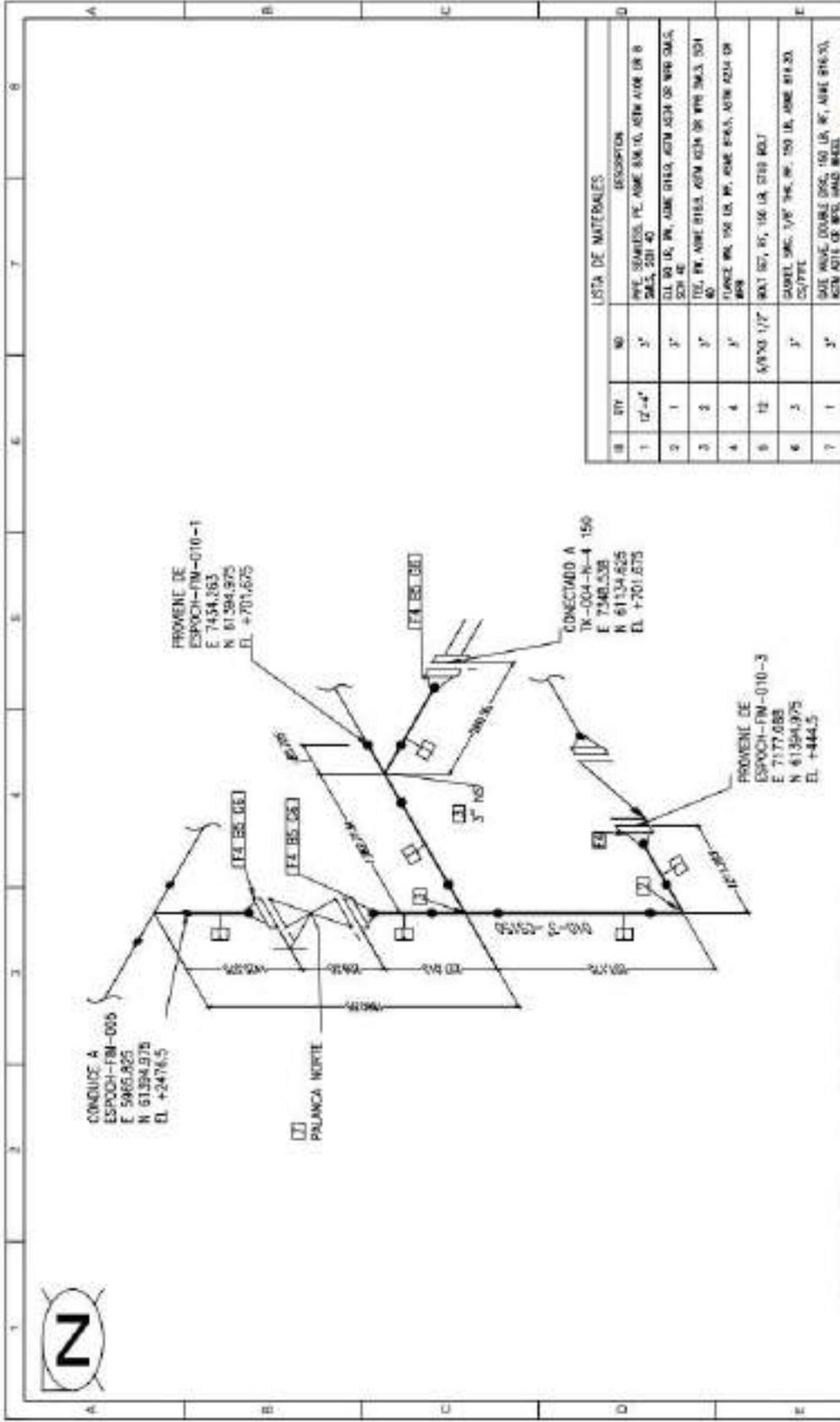
DIBUJANTE: ESPOCH-FIM-079-2

FECHA: 22/10/22

REVISOR: 2 DE 2

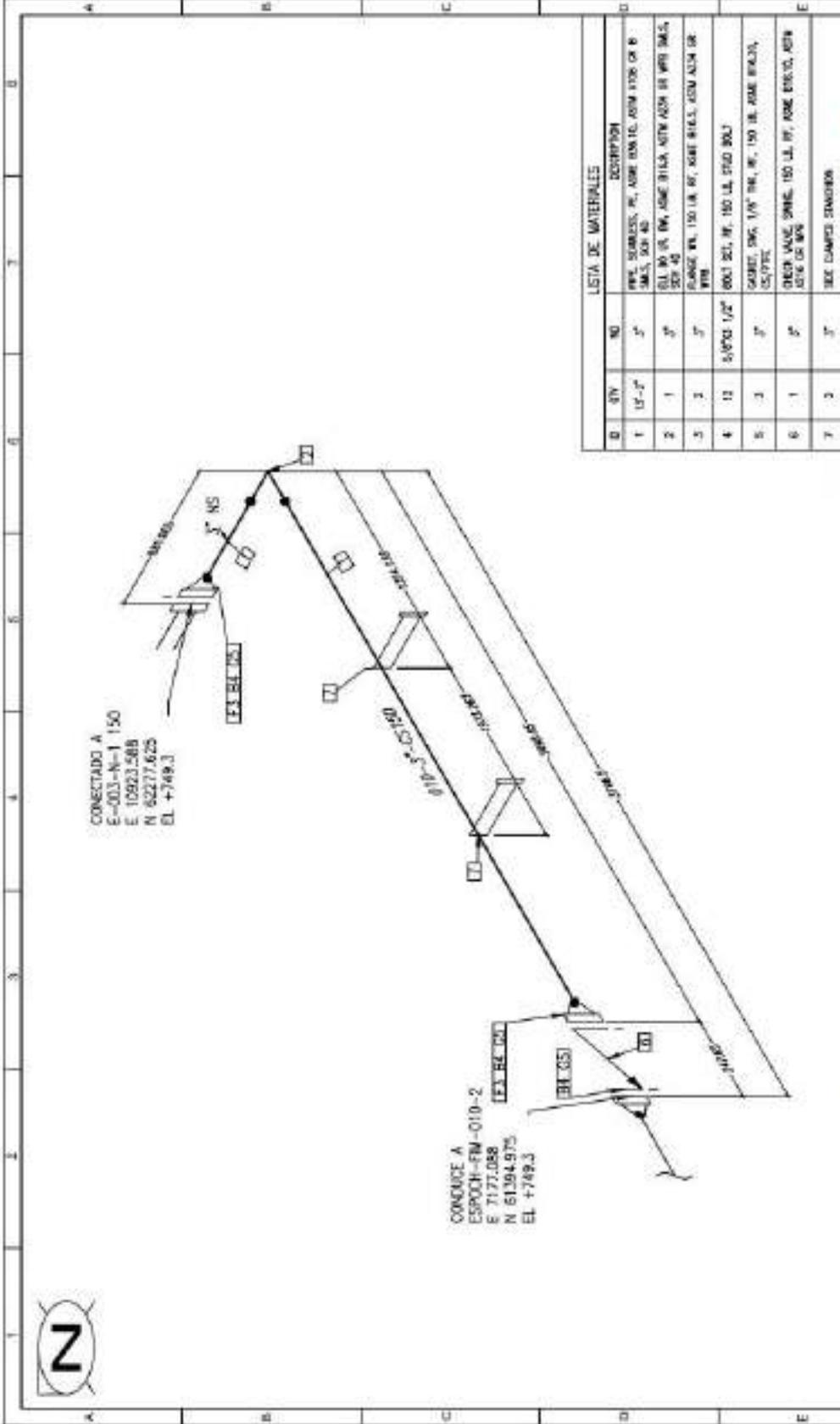
REVISION: 0





NO	DESCRIPCION
1	PIPE SÁMBROS PE. AME 8/8 TO. 42M A108 DR 8 2M5, 201 40
2	ELI 90 LG. 10. AME 8/8 LG. 42M A24 DR 8/8 2M5, 201 40
3	TEL. PE. AME 8/8 LG. 42M A24 DR 8/8 2M5, 201 40
4	UNICE 90. 100 LG. 10. AME 8/8 LG. 42M A24 DR 8/8
5	VALV. 1/2" 150 LG. 210 80/7
6	VALV. 3/4" 150 LG. 150 LG. AME 8/8 LG. 42M A24 DR 8/8
7	VALV. 1/2" 150 LG. 150 LG. AME 8/8 LG. 42M A24 DR 8/8

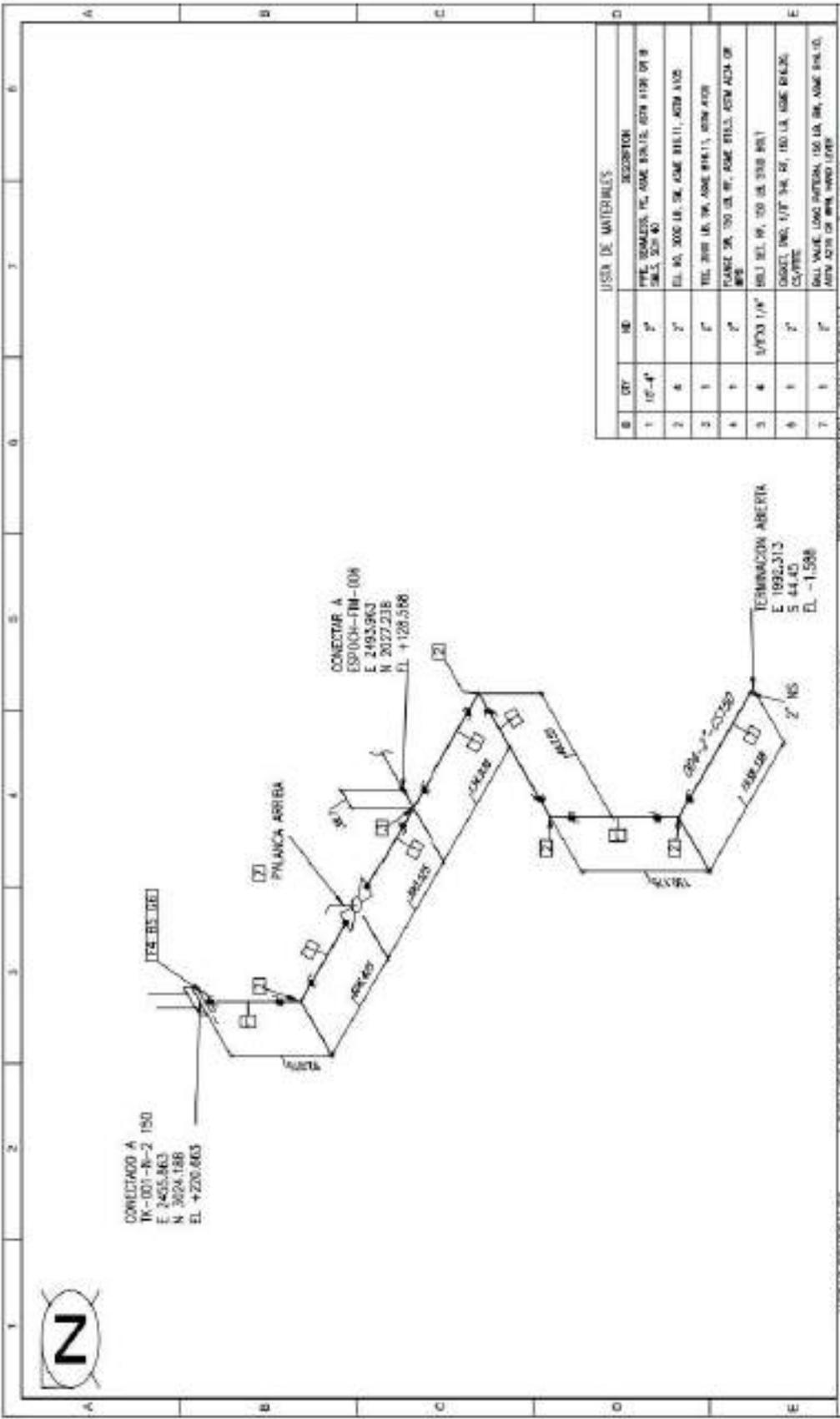
NOTAS GENERALES		DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES		REGISTRO DE REVISOR		CLIENTE	
<b>NOTAS</b> 1. Todas las medidas en mm. 2. Medidas y notas especificadas en la lista de materiales. 3. Numero ID especificado en cada elemento. 4. Representaciones: P (Purga), A (Aire), E (Elevacion), G (Gas), E (E), S (S), EL (Elevacion). 5. Para identificar la linea de tubería revisar el diagrama P&ID.		NUMERO DE DIBUJO: FM-005 TITULO: LÍNEA DE RETORNO DE FM-010-1 LÍNEA DE RETORNO DE FM-010-3	REVISOR: A FECHA: 27/02/22 REVISOR: J.M. FECHA: 27/02/22 REVISOR: J.M. REVISOR: J.M. REVISOR: J.M.	REVISOR: A FECHA: 27/02/22 REVISOR: J.M. FECHA: 27/02/22 REVISOR: J.M. FECHA: 27/02/22 REVISOR: J.M.	REGISTRO DE REVISOR: A FECHA: 27/02/22 REVISOR: J.M. FECHA: 27/02/22 REVISOR: J.M. FECHA: 27/02/22 REVISOR: J.M.	CLIENTE: CIAAUTO	PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO DESCRIPCION: LINEA DE RETORNO C2	TAMAÑO: A4 ESCALA: 1:100 HOJA: 2 DE 3	



**LISTA DE MATERIALES**

ID	QTY	NO	DESCRIPION
1	15'-2"	2"	PPL. SCHLASS. R., ANE. SAN. 10, ANE. 1700 CR B 3M.S. SCH 42
2	1	2"	EL. 90 GR. 90, ANE. 311A. NTH. ANE. 18 WPI 2M.S. SCH 42
3	3	2"	GRABE. 90, 150 LB. 90, ANE. 311.E. ANE. 18M GR. WPI
4	12	5/8"X 1/2"	8003 201, 90, 150 LB. STD 30LJ
5	3	2"	GRABE. 296, 1/8" TH. 90, 150 LB. ANE. 311A, 05/79C
6	1	2"	GRABE. 296, 1/8" TH. 150 LB. ANE. 311A, 05/79C
7	3	2"	TEE CAMPO 296008

NOTAS GENERALES		OBJETOS DE REFERENCIA		REVIS		REVISIONES		REGISTRO DISEÑO		CLIENTE	
NOTAS	OBJETOS	NUMERO	DESCRIPCION	REV	DESCRIPCION	FECHA	PROYECTO	FECHA	PROYECTO	DESCRIPCION	
1. Todas las medidas en mts.	FM-010-2	FM-010-2	PRIMERA REVISION	A	PRIMERA REVISION	23/10/22	PROYECTO	23/10/22	PROYECTO	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	
2. Materiales y normas especificados en el ICB de instalaciones.	FM-010-2	FM-010-2	LINEA DE RETORNO (2)		ING. DISEÑO					DESCRIPCION	
3. Número "02" especificado en cada elemento de instalación.					REVISADO					LINEA DE RETORNO (2)	
4. Representaciones (Plano, Alzado, Corte, etc.) en (E, Elevación).					ING. PROYECTO						
5. Para identificar la línea de tubería usar el diagrama P&ID.					APROV. DISEÑO						
					M.E.						
											
										TAMAÑO: A4 ESCALA: 1:100 HOJA: 01/03 ESPOCH-FM-010-3 1 DE 3	



- NOTAS**
1. Todas las medidas en mil.
  2. Matrices y normas especificadas en la lista de materiales.
  3. Número 'O' especificado en cada elemento.
  4. Representaciones F (Fuerza), D (Dist), C (Cableado), E (E), S (Estructura).
  5. Para identificar la línea de fuerza revisar el diagrama P&ID.

**REVISIONES**

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DESIGNADO	APPROBADO
A	PRIMERA REVISION	22/10/22	K.L.L.	M.E
	LINEA ORDENALE			

**REVISOR**

FECHA	REVISOR	APPROBADO
22/10/22	ING. DISEÑO	
22/10/22	REVISADO	
22/10/22	ING. PROYECTO	
22/10/22	APROV. GRAL.	

**CLIENTE:**



PROYECTO:  
SISTEMA DE CALENTAMIENTO  
DESCRIPCION:  
LINEA DRENAJE

**USIA DE MATERIALES**

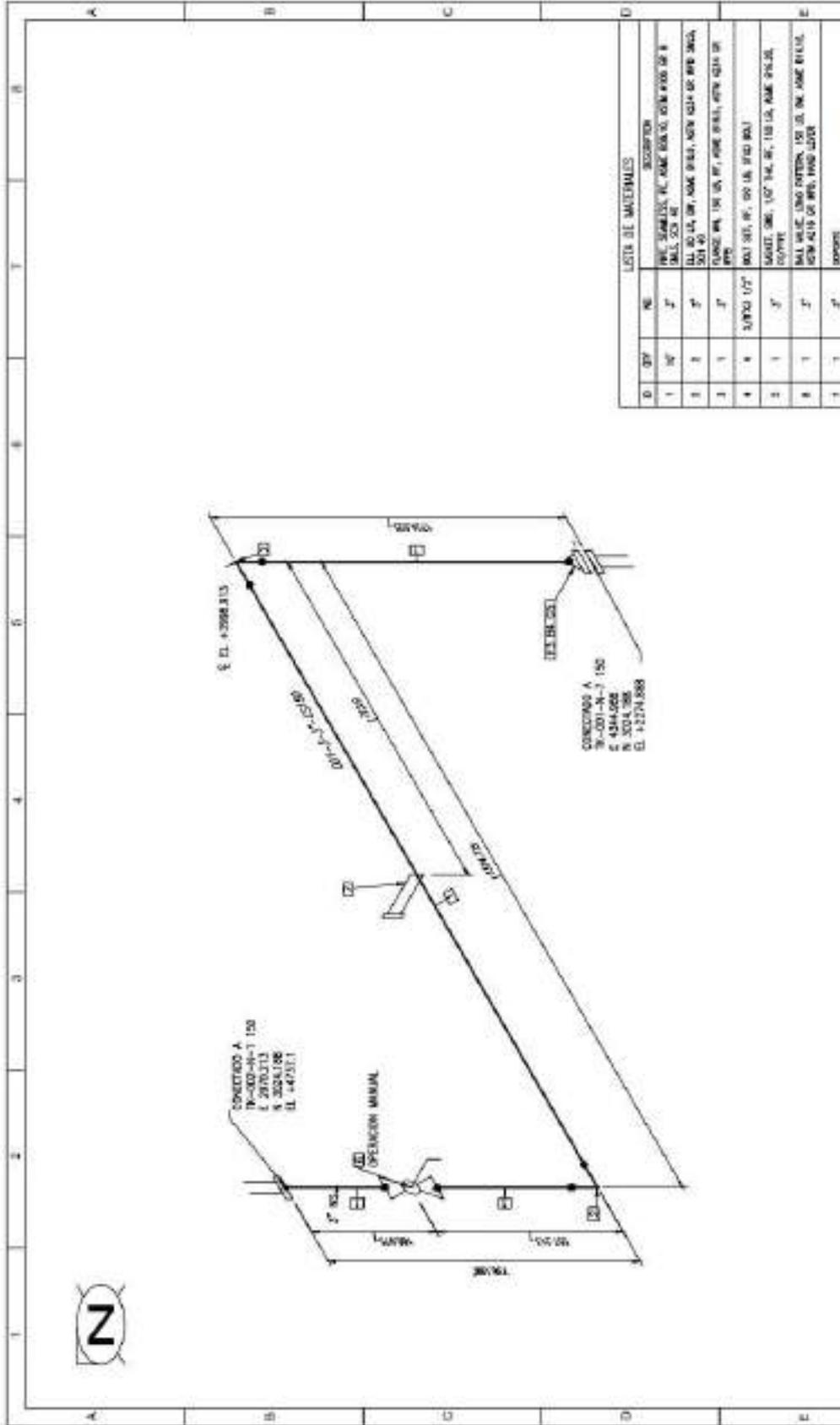
ID	QTY	MB	DESCRIPCION
1	17	4'	PER. 20MMES. TC. 20MM BRILIS. 60% 119% 0% 9 S&L. 20' 40
2	4	2'	EL. 40. 2000 LB. 3M. 40MM 215.11. 402M 4102
3	1	2'	TRE. 2000 LB. 3M. 40MM 215.11. 402M 4102
4	1	2'	PLANEA 20. 300 LB. 3M. 40MM 215.11. 402M 4102
5	4	1/2" x 1/4"	MBL. 30. 18. 30 LB. 3000 90.1
6	1	2'	GRUET. 180. 1/2" 3/4. 40. 100 LB. 40MM BRILIS. CLAYTON
7	1	2'	VAL. VARE. 1000 2000. 100 LB. 3M. 40MM 215.11. 402M 4102 0% 100% 0%

**TABLADEADO**

REVISION	FECHA	REVISOR	APPROBADO
01	22/10/22	ING. DISEÑO	
02	22/10/22	REVISADO	
03	22/10/22	ING. PROYECTO	
04	22/10/22	APROV. GRAL.	



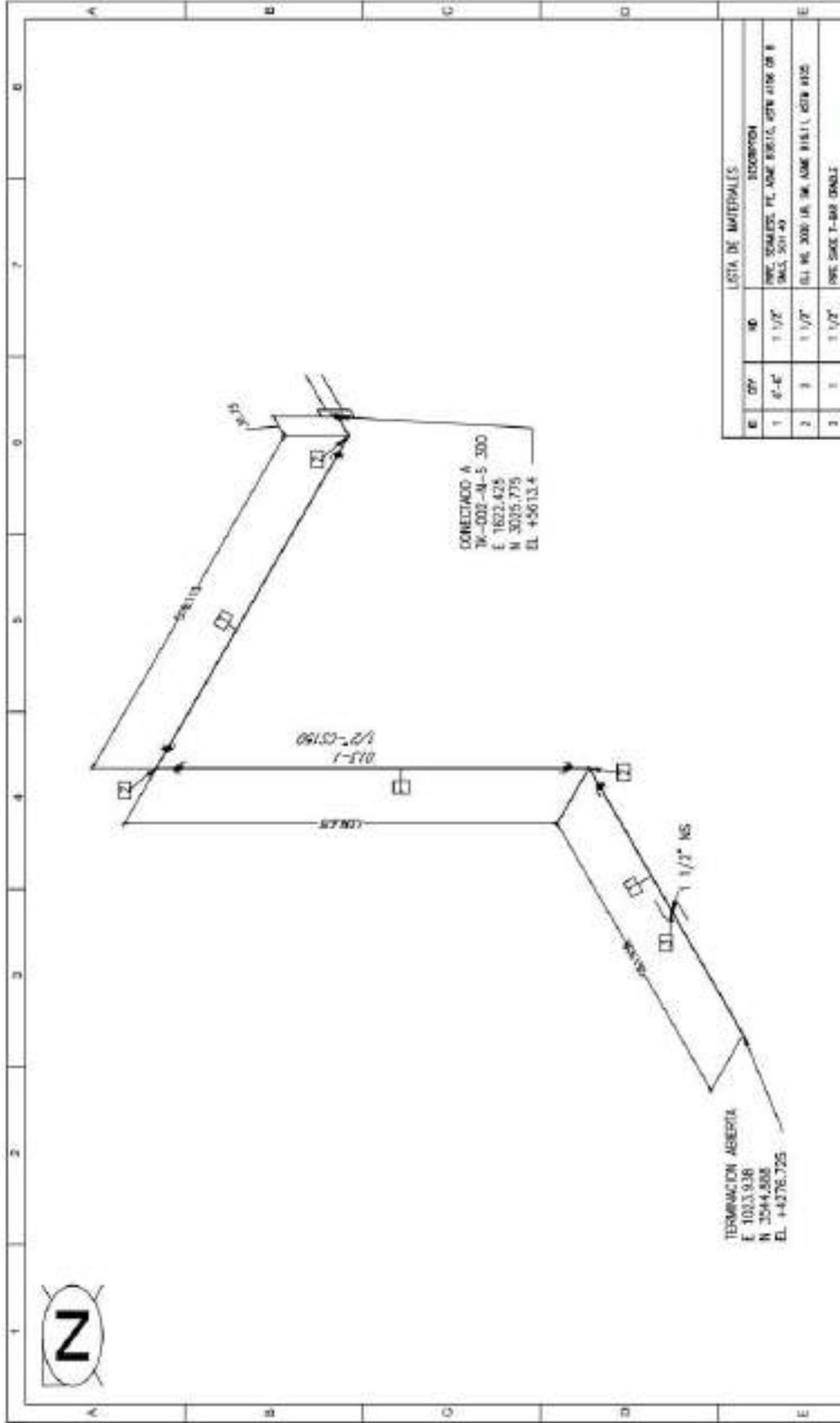




NOTAS GENERALES		DETALLES DE REFERENCIA		REVISIONES		REGISTRO DE REVISIONES	FECHA	PROYECTO	CLIENTE					
NOTAS: 1. Todas las medidas en cm. 2. Materiales y formas especificados en la lista de materiales. 3. Número "D" ubicado en cada elemento. 4. Representaciones: P (Perforación), B (Boca), G (Cuchara), E ( ), S ( ), C (Llave), etc. 5. Para identificar la línea de liberación ver el diagrama F&D.		NUMERO PROYECTO: 19-001-A-1-150	DESCRIPCION: PAJ. SIST. DE COLEN.	REV: A	DESCRIPCION: PRIMERA REVISION	FECHA: 23/10/22	DISEÑADO: KLL	REVISADO: JCH	INS. PROYECTO: JN	APROB. ORAL: ME	REGISTRO DE REVISIONES: KLL, JN, ME	FECHA: 23/10/22	PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO	CLIENTE: CUALITO

D.	QTY	NO.	LISTA DE MATERIAS	DESCRIPCION
1	10'	1'	19-001-A-1-150	CONCRETO A
2	1	1'	19-001-A-1-150	OPCION MANUAL
3	1	1'	19-001-A-1-150	OPCION MANUAL
4	1	1'	19-001-A-1-150	OPCION MANUAL
5	1	1'	19-001-A-1-150	OPCION MANUAL
6	1	1'	19-001-A-1-150	OPCION MANUAL
7	1	1'	19-001-A-1-150	OPCION MANUAL





CONECTADO A  
 TM-002-M-S 300  
 E 1622.425  
 N 3025.776  
 EL +5613.4

06150-2/1  
 1-510

TERMINACION ABIERTA  
 E 1033.938  
 N 3544.888  
 EL +4476.725



LISTA DE MATERIALES		DESCRIPCION		CANTIDAD		UNIDAD	
1	1 1/2"	PVC SANEADO PL. AME 80x110, 45W 41W 08 8	963,50140				
2	1 1/2"	EL. RE. 300P. 16 TM. AME 81x111, 45W 41W					
3	1 1/2"	PVC SANE 1-848 DN111					

REGISTRO USUARIO		FECHA		DESCRIPCION	
ING. DISEÑO:	K.L.L.	22/10/22			
REVISADO:	K.L.L.	22/10/22			
ING. PROYECTO:	J.C.H.	22/10/22			
APROB. GRAL.:	J.N.	22/10/22			
	M.L.E.				

NOTAS GENERALES		DESCRIPCION		FECHA		REVISOR	
1.	Todos los medidas en mm.						
2.	Materiales y normas especificados en la lista de materiales.						
3.	Número "D" especificado en cada elemento.						
4.	Representaciones (F, P, A, B, C, D, E, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK, AL, AM, AN, AO, AP, AQ, AR, AS, AT, AU, AV, AW, AX, AY, AZ, BA, BB, BC, BD, BE, BF, BG, BH, BI, BJ, BK, BL, BM, BN, BO, BP, BQ, BR, BS, BT, BU, BV, BW, BX, BY, BZ, CA, CB, CC, CD, CE, CF, CG, CH, CI, CJ, CK, CL, CM, CN, CO, CP, CQ, CR, CS, CT, CU, CV, CW, CX, CY, CZ, DA, DB, DC, DD, DE, DF, DG, DH, DI, DJ, DK, DL, DM, DN, DO, DP, DQ, DR, DS, DT, DU, DV, DW, DX, DY, DZ, EA, EB, EC, ED, EE, EF, EG, EH, EI, EJ, EK, EL, EM, EN, EO, EP, EQ, ER, ES, ET, EU, EV, EW, EX, EY, EZ, FA, FB, FC, FD, FE, FF, FG, FH, FI, FJ, FK, FL, FM, FN, FO, FP, FQ, FR, FS, FT, FU, FV, FW, FX, FY, FZ, GA, GB, GC, GD, GE, GF, GG, GH, GI, GJ, GK, GL, GM, GN, GO, GP, GQ, GR, GS, GT, GU, GV, GW, GX, GY, GZ, HA, HB, HC, HD, HE, HF, HG, HH, HI, HJ, HK, HL, HM, HN, HO, HP, HQ, HR, HS, HT, HU, HV, HW, HX, HY, HZ, IA, IB, IC, ID, IE, IF, IG, IH, II, IJ, IK, IL, IM, IN, IO, IP, IQ, IR, IS, IT, IU, IV, IW, IX, IY, IZ, JA, JB, JC, JD, JE, JF, JG, JH, JI, JJ, JK, JL, JM, JN, JO, JP, JQ, JR, JS, JT, JU, JV, JW, JX, JY, JZ, KA, KB, KC, KD, KE, KF, KG, KH, KI, KJ, KK, KL, KM, KN, KO, KP, KQ, KR, KS, KT, KU, KV, KW, KX, KY, KZ, LA, LB, LC, LD, LE, LF, LG, LH, LI, LJ, LK, LL, LM, LN, LO, LP, LQ, LR, LS, LT, LU, LV, LW, LX, LY, LZ, MA, MB, MC, MD, ME, MF, MG, MH, MI, MJ, MK, ML, MM, MN, MO, MP, MQ, MR, MS, MT, MU, MV, MW, MX, MY, MZ, NA, NB, NC, ND, NE, NF, NG, NH, NI, NJ, NK, NL, NM, NN, NO, NP, NQ, NR, NS, NT, NU, NV, NW, NX, NY, NZ, OA, OB, OC, OD, OE, OF, OG, OH, OI, OJ, OK, OL, OM, ON, OO, OP, OQ, OR, OS, OT, OU, OV, OW, OX, OY, OZ, PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG, PH, PI, PJ, PK, PL, PM, PN, PO, PP, PQ, PR, PS, PT, PU, PV, PW, PX, PY, PZ, QA, QB, QC, QD, QE, QF, QG, QH, QI, QJ, QK, QL, QM, QN, QO, QP, QQ, QR, QS, QT, QU, QV, QW, QX, QY, QZ, RA, RB, RC, RD, RE, RF, RG, RH, RI, RJ, RK, RL, RM, RN, RO, RP, RQ, RR, RS, RT, RU, RV, RW, RX, RY, RZ, SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SI, SJ, SK, SL, SM, SN, SO, SP, SQ, SR, SS, ST, SU, SV, SW, SX, SY, SZ, TA, TB, TC, TD, TE, TF, TG, TH, TI, TJ, TK, TL, TM, TN, TO, TP, TQ, TR, TS, TT, TU, TV, TW, TX, TY, TZ, UA, UB, UC, UD, UE, UF, UG, UH, UI, UJ, UK, UL, UM, UN, UO, UP, UQ, UR, US, UT, UY, UV, UW, UX, UZ, VA, VB, VC, VD, VE, VF, VG, VH, VI, VJ, VK, VL, VM, VN, VO, VP, VQ, VR, VS, VT, VU, VV, VW, VX, VY, VZ, WA, WB, WC, WD, WE, WF, WG, WH, WI, WJ, WK, WL, WM, WN, WO, WP, WQ, WR, WS, WT, WU, WV, WW, WX, WY, WZ, XA, XB, XC, XD, XE, XF, XG, XH, XI, XJ, XK, XL, XM, XN, XO, XP, XQ, XR, XS, XT, XU, XV, XW, XX, XY, XZ, YA, YB, YC, YD, YE, YF, YG, YH, YI, YJ, YK, YL, YM, YN, YO, YP, YQ, YR, YS, YT, YU, YV, YW, YX, YY, YZ, ZA, ZB, ZC, ZD, ZE, ZF, ZG, ZH, ZI, ZJ, ZK, ZL, ZM, ZN, ZO, ZP, ZQ, ZR, ZS, ZT, ZU, ZV, ZW, ZX, ZY, ZZ						

DESCRIPCION		FECHA		REVISOR	
PROYECTO:	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	22/10/22			
DESCRIPCION:	UNSA ALIMENTACION TANQUE ESP/AN.	22/10/22			
TAMANO:	A4	22/10/22			
ESCALA:	1:1	22/10/22			

**ANEXO J:** Planos y vistas generales



NOTAS GENERALES		DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES		REGISTRO DISEÑO	FIRMA	FECHA
<b>NOTAS</b> 1. Todos los medidas en mm. 2. Materiales y normas especificadas en la lista de materiales. 3. Número "ID" especificado en cada elemento. 4. Representaciones: F (Fuerza), B (Barras), C (Cable), E (L), S (CLUS), (sección). 5. Para identificar la línea de tubería revisar el diagrama P&ID.		MUNERO	DESCRIPCION	REV	DESCRIPCION	FECHA	DISEÑADOR	PROYECTOR
	FM-201	PLD SIST. DE CALEN.	A	PRIMERA REVISION	22/10/22	K.L.L	M.E	22/10/22
	FM-202	PLD SIST. DE CALEN.				ING. DISEÑO:		
						REVISADO:		
						J.O.H		
						ING. PROYECTO:		
						J.N		
						APROB. GRAL:		
						M.E		

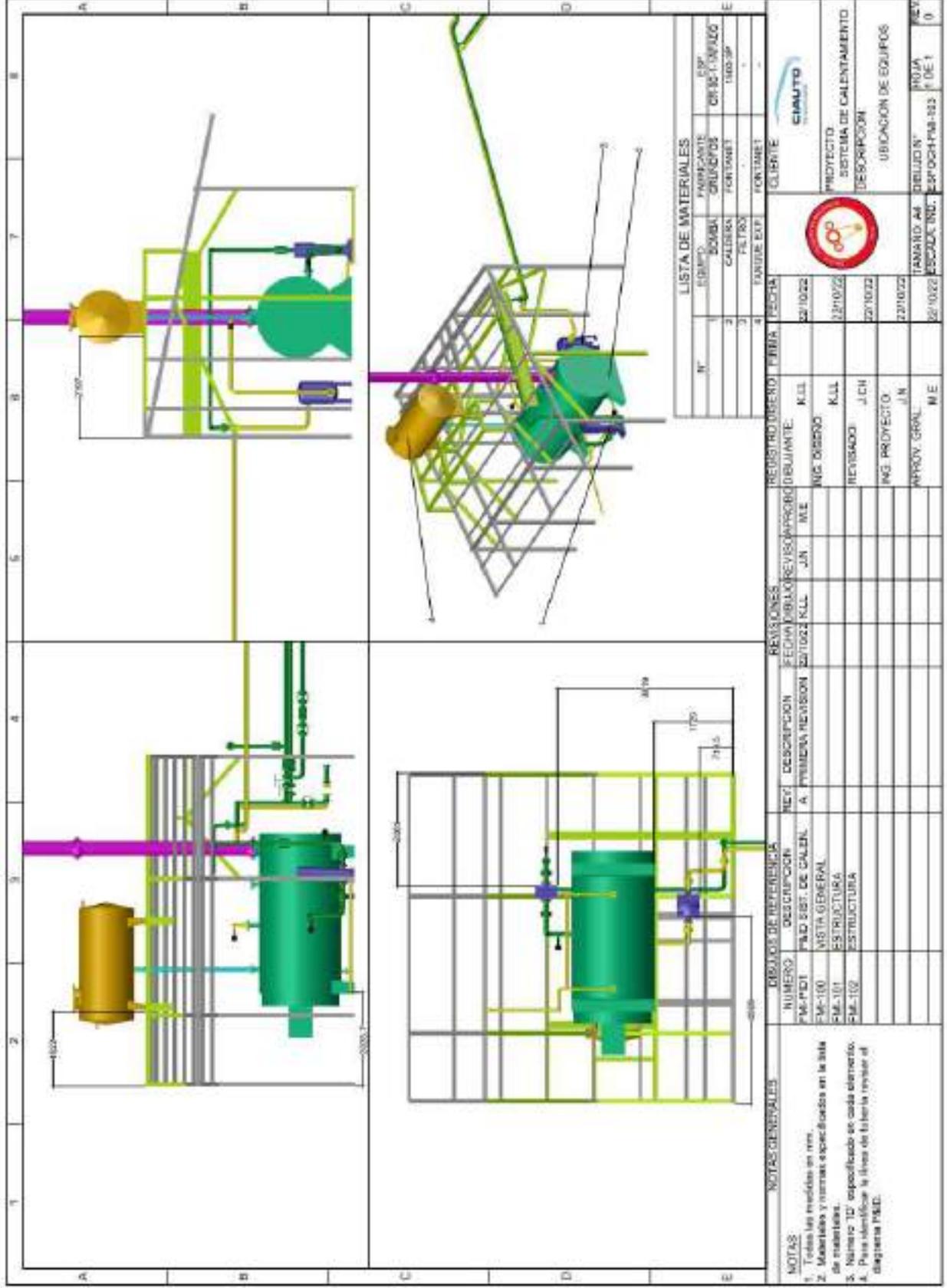
CLIENTE



PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO  
DESCRIPCION: VISTAS GENERALES



TAMAÑO: A4	DIBUJO N°	HOJA
ESCALA: 1/50	ESBOZO-FMI-100	1 DE 1
		0



LISTA DE MATERIALES

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	BOMBAS	2	UNIDAD
2	CALENERA	1	UNIDAD
3	FILTROS	2	UNIDAD
4	TUBERÍA	1000	METROS

REGISTRO	FECHA	REVISOR	PROYECTO
1	22/10/22	M.E.	SISTEMA DE CALENTAMIENTO
2	22/10/22	J.C.H.	UBICACION DE EQUIPOS
3	22/10/22	M.E.	
4	22/10/22	M.E.	

NOTAS GENERALES

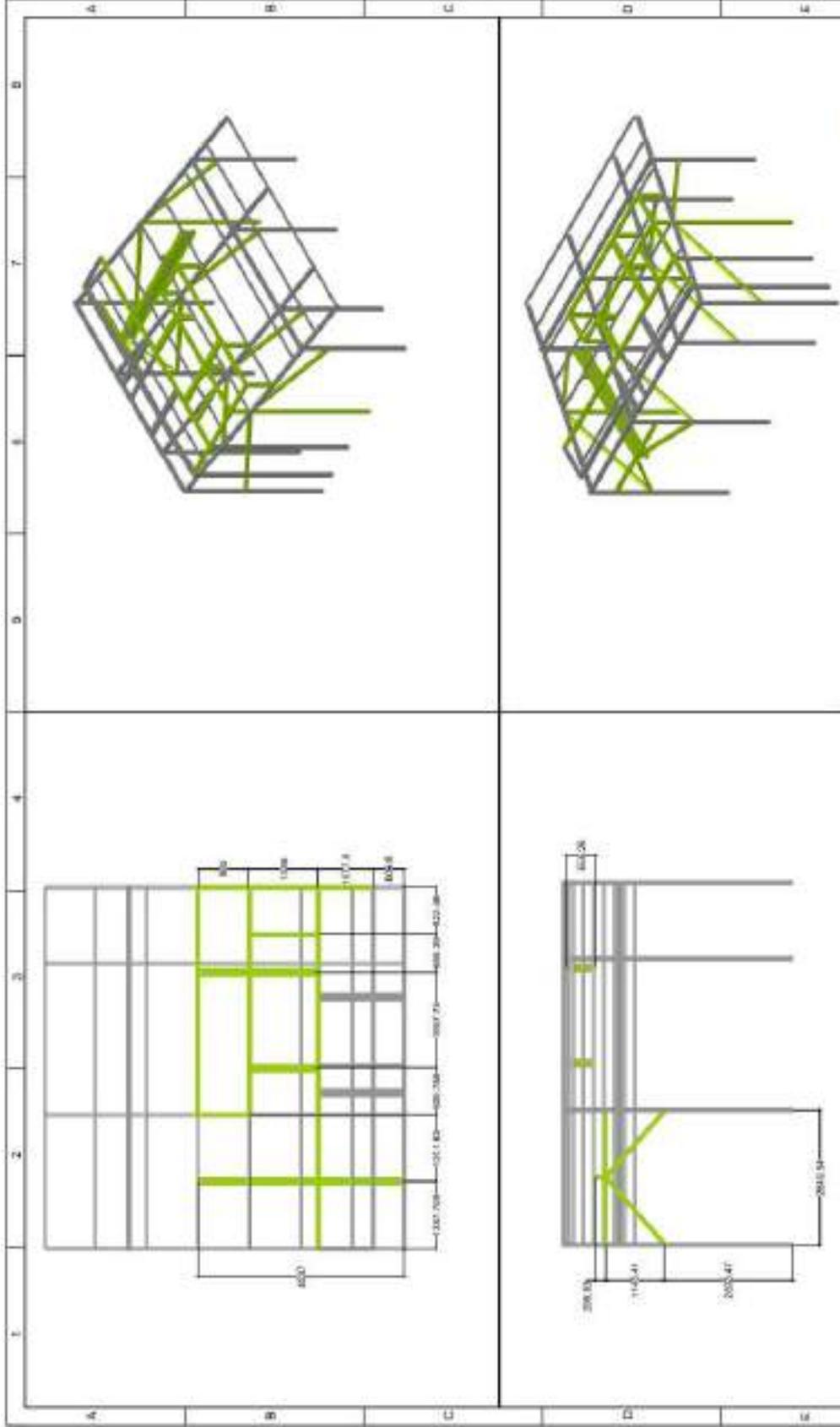
- Todos los medidas en mm.
- Abiertas y cerradas especificadas en la lista de materiales.
- Número "10" especificado en cada elemento.
- Para identificar la línea de tubería revisar el diagrama P&ID.

NUMERO	DESCRIPCION	FECHA	REVISOR	PROYECTO
FM-100	PLANO SIST. DE CALZAL. A. PRIMERA REVISION	22/10/22	M.E.	SISTEMA DE CALENTAMIENTO
FM-101	VISTA GENERAL ESTRUCTURAL	22/10/22	J.C.H.	UBICACION DE EQUIPOS
FM-102	ESTRUCTURA	22/10/22	M.E.	

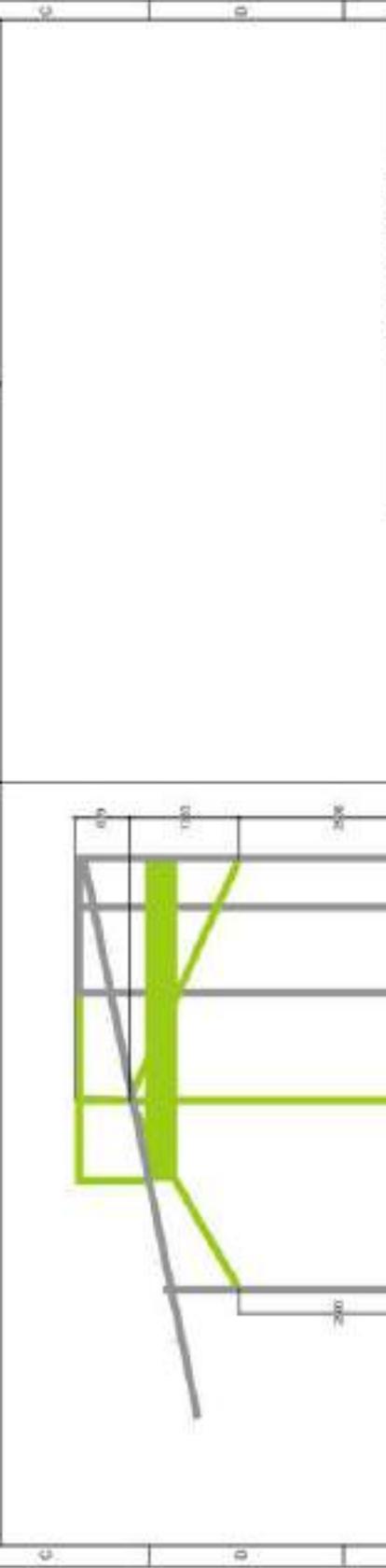
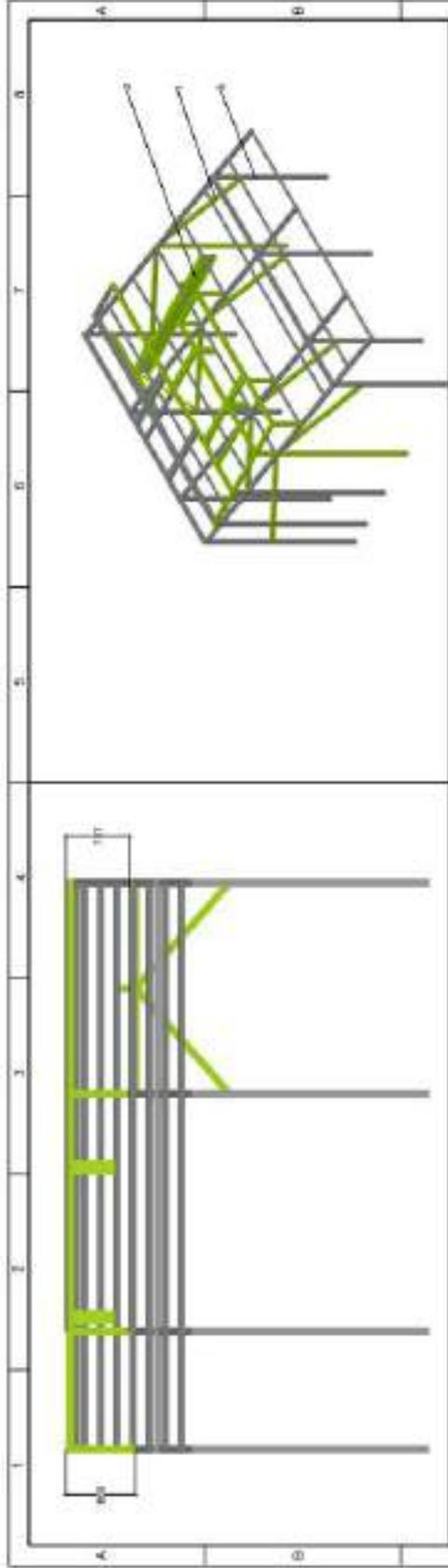

  
 PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO
   
 DESCRIPCION: UBICACION DE EQUIPOS

FECHA	PROYECTO	DESCRIPCION	UBICACION DE EQUIPOS
22/10/22	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	UBICACION DE EQUIPOS	





NOTAS GENERALES		DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES				REGISTRO DISEÑO	HOJA	FECHA	
1. Todas las medidas en mm. 2. Materiales y normas especificados en la lista de materiales. 3. Número "00" especificado en cada elemento. 4. Para identificar la línea de trabajo revise el programa P&O.		NUMERO FM-100	DESCRIPCION PABO SIST. DE CALEN. VISTA GENERAL	REV. A	DESCRIPCION PRIMERA REVISION	FECHA 201002	REVISOR JIN	M.E.	REGISTRO DISEÑO KILL	HOJA 1 DE 1	FECHA 201002
								ING. DISEÑO KILL	201002	CLIENTE CIALUTO	PROYECTO SISTEMA DE CALENTAMIENTO
								REVISADO JOH	201002		DESCRIPCION ESTRUCTURA
								ING. PROYECTO JIN	201002	TAMAÑO A4	DIBUJO N° ESPOCH-FM-103
								APROV. CIVIL M.E.	201002	ESCALA: IND.	REV. 0



**LISTA DE MATERIALES**

N°	CANTIDAD	UNID.	DESIGNACION	MATERIAL
1	1	m <sup>2</sup>	100x100x3	ASTRACOR
2	2	m <sup>2</sup>	100x101.7x4	ASTRACOR
3	3	m <sup>2</sup>	100x100x3	ASTRACOR

CLIENTE: **CIAUTO**

PROYECTO: SISTEMA DE CALENTAMIENTO

DESCRIPCION: ESTRUCTURA

TAMBO: A4  
 CUBIJO: N°  
 ESPEC: PMS-102  
 IND: 0

REGISTRO	DISEÑO	PIBIA	FECHA
			22/10/22
			22/10/22
			22/10/22
			22/10/22
			22/10/22

REVISIONES	FECHA	DESCRIPCION	REV	DESCRIPCION
	22/10/22	PRIMERA REVISION	A	PRIMERA REVISION

NOTAS GENERALES
1. Todas las medidas en mm. 2. Materiales y normas especificados en la lista de materiales. 3. Monera 'D' especificado en cada elemento. 4. Para identificar la línea de tubería revisar el diagrama P&ID.