

PROPUESTA DE DESARROLLO DE UN MANUAL DE OPERACIÓN PARA EL CENTRO
DE SERVICIOS INDUSTRIALES DEL CENTRO DE PROCESOS E INNOVACIÓN PARA
LA INDUSTRIA SOSTENIBLE DE LA UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

JULIÁN CAMILO GARCÍA ESTUPIÑÁN

Proyecto integral de grado para optar a título de
INGENIERO QUÍMICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre: Iván Ramírez Marín

Firma del director

Nombre: Luis Figueroa Casallas

Firma del codirector

Nombre

Firma del presidente jurado

Nombre

Firma del jurado

Nombre

Firma del jurado

Bogotá D.C, febrero de 2023

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector de Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decana de Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Director del Programa de Ingeniería Química

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Fundación Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	14
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1. Planta térmica	15
1.1.1. <i>Suavizador de agua de intercambio iónico</i>	18
1.1.2. <i>Tanque de combustible</i>	20
1.1.3. <i>Caldera de vapor saturado</i>	22
1.1.4. <i>Tanque de almacenamiento de agua</i>	24
1.1.5. <i>Sobre calentador eléctrico</i>	26
1.1.6. <i>Turbina de vapor</i>	27
1.1.7. <i>Tobera</i>	29
1.1.8. <i>Generador de corriente eléctrica</i>	31
1.1.9. <i>Condensador de vapor tipo de carcasa y tubos</i>	33
1.1.10. <i>Intercambiador de calor de placas</i>	36
1.1.11. <i>Torre de enfriamiento</i>	38
1.1.12. <i>Válvula de control PID</i>	41
1.1.13. <i>Caudalímetro</i>	42
1.2. Compresores	44
1.3. Gases especiales	46
1.3.1. <i>Nitrógeno</i>	46
1.3.2. <i>Oxígeno</i>	47

1.3.3. Aire comprimido	49
2. MARCO CONCEPTUAL	51
2.1. Dureza del agua	51
2.2. Salmuera	51
2.3. Presión de operación efectiva	51
2.4. Máxima presión de operación permisible (MPOP)	51
2.5. Presión de diseño	52
2.6. Instalación para suministro de gas	52
2.7. Líneas matrices	52
2.8. Pozo de registro	52
2.9. Pirotubular	52
2.10. Golpe de ariete	52
2.11. Temperatura de bulbo húmedo	53
2.12. Sensor de nivel	53
2.13. Procedimiento de encendido	53
2.14. Vapor sobrecalentado	53
2.15. Velocidad rotacional	54
2.16. Prueba hidrostática	54
2.17. Sello de fuga	54
3. METODOLOGÍA	55
4. CONCLUSIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	66

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Representación de una planta térmica.	17
Figura 2. Etapas del proceso de un suavizador de agua.	19
Figura 3. Representación de un tanque de combustible.	21
Figura 4. Ilustración de una caldera de vapor.	23
Figura 5. Representación de un sobrecalentador.	26
Figura 6. Ilustración de una turbina de vapor.	28
Figura 7. Ilustración de una tobera.	30
Figura 8. Ilustración de un generador eléctrico.	32
Figura 9. Ilustración de un intercambiador de calor de coraza y tubos.	35
Figura 10. Ilustración de un intercambiador de calor de placas.	37
Figura 11. Ilustración de una torre de enfriamiento.	39
Figura 12. Ilustración de un controlador PID.	42
Figura 13. Ilustración de un caudalímetro de múltiples fases.	43
Figura 14. Planta térmica.	67
Figura 15. Diagrama planta térmica.	69
Figura 16. Suavizador de agua.	70
Figura 17. Diagrama suavizador de agua.	71
Figura 18. Tanque de combustible.	76
Figura 19. Diagrama tanque de combustible.	77
Figura 20. Tanque de predosificación.	80
Figura 21. Caldera.	81
Figura 22. Diagrama de la caldera.	82
Figura 23. Tanque de agua de alimentación.	90
Figura 24. Diagrama tanque de agua de alimentación.	91
Figura 25. Distribuidor de vapor.	93
Figura 26. Trampeo de condensados.	94
Figura 27. Diagrama distribuidor de vapor.	94
Figura 28. Sobrecalentador.	99

Figura 29. Diagrama sobrecalentador.	99
Figura 30. Turbina de vapor.	102
Figura 31. Conjunto turbina de vapor y generador.	103
Figura 32. Diagrama turbina de vapor.	103
Figura 33. Diagrama etapas por velocidad.	105
Figura 34. Condensador.	108
Figura 35. Sistema de intercambiadores de calor.	109
Figura 36. Diagrama intercambiador de calor de carcasa-tubos.	110
Figura 37. Diagrama intercambiador de calor de placas.	110
Figura 38. Tanques de agua fría y caliente.	118
Figura 39. Diagrama tanque de agua horizontal.	119
Figura 40. Torre de enfriamiento.	121
Figura 41. Bomba torre de enfriamiento.	122
Figura 42. Diagrama torre de enfriamiento.	122
Figura 43. Válvula de control PID.	126
Figura 44. Diagrama válvula de control PID.	126
Figura 45. Tablero principal.	128
Figura 46. Componentes parte superior tablero principal.	129
Figura 47. Componentes parte inferior tablero principal.	130
Figura 48. Baliza de señalización.	130
Figura 49. Tablero de la caldera.	131
Figura 50. Tablero torre de enfriamiento.	132
Figura 51. Tablero sistema de intercambiadores de calor.	132
Figura 52. Tablero sobrecalentador.	133
Figura 53. Compresor de paletas.	134
Figura 54. Verificación de niveles sección tanque de agua de alimentación.	137
Figura 55. Verificación de niveles sección tanque de combustible.	138
Figura 56. Apertura de válvulas sección caldera.	140
Figura 57. Apertura de válvulas sección tablero de la caldera.	141
Figura 58. Tablero de la caldera y el quemador.	142
Figura 59. Salida mezcla líquido/vapor.	143

Figura 60. Tablero torre de enfriamiento.	144
Figura 61. Apertura de válvulas sección distribuidor de vapor.	145
Figura 62. Encendido tablero principal.	146
Figura 63. Pantalla táctil turbina.	146
Figura 64. Ingreso de velocidad turbina.	147
Figura 65. Gráfica de progreso de velocidad turbina.	148
Figura 66. Posicionamiento para apertura de válvula de bola.	149
Figura 67. Apertura de válvulas tanques de agua fría y caliente.	149
Figura 68. Apertura de válvulas trampeo de condensados.	150
Figura 69. Apertura de válvulas según configuración de flujo para el sistema de intercambiadores de calor.	151
Figura 70. Depósitos de almacenamiento de gases especiales.	154
Figura 71. Almacenamiento de nitrógeno para diferentes proveedores.	157
Figura 72. Almacenamiento de oxígeno para diferentes proveedores.	161
Figura 73. Almacenamiento de aire comprimido para diferentes proveedores.	165

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación dureza del agua.	73
Tabla 2. Límites de operación caldera.	83
Tabla 3. Información general de contenido en base al tamaño y tipo de cilindro para almacenamiento de nitrógeno.	158
Tabla 4. Información general de pesos en base al tipo de cilindro para almacenamiento de nitrógeno.	158
Tabla 5. Información general para conversión de unidades en base al estado de segregación del nitrógeno.	159
Tabla 6. Información general de contenido en base al tamaño y tipo de cilindro para almacenamiento de oxígeno.	162
Tabla 7. Información general de pesos en base al tipo de cilindro para el almacenamiento de oxígeno.	162
Tabla 8. Información general para conversión de unidades en base al estado de segregación del oxígeno.	163
Tabla 9. Información general de contenido en base al tamaño y tipo de cilindro para almacenamiento de aire comprimido.	166
Tabla 10. Información general para conversión de unidades en base al estado de segregación del aire comprimido.	166
Tabla 11. Contenido del porcentaje en volumen de los componentes presentes en el aire.	167
Tabla 12. Balance de masa y energía para el diagrama BFD.	172
Tabla 13. Balance de masa y energía para el diagrama PFD.	173
Tabla 14. Balance de masa y energía para el diagrama P&ID.	174

RESUMEN

El objetivo de este proyecto consiste en realizar una propuesta para el desarrollo de un manual de operación para los equipos que se encuentran distribuidos en el Centro de Servicios Industriales de la planta piloto de la Universidad de América. Para lograr esto se realizó la adquisición de la información técnica de las unidades de proceso que se encuentran allí, luego se determinó qué información es importante de la información en cuanto a términos de operatividad, características físico mecánicas de los equipos, y a su vez términos de condiciones de seguridad y mantenimiento. Como resultado de dicha información, se realizó un manual donde se evidencian como componentes, los equipos que se encuentran presentes, una descripción de ellos, consideraciones a tener en cuenta al momento de realizar diferentes actividades o prácticas con los mismos, y operatividad de las mismos teniendo en cuenta el procedimiento de encendido de cada uno de estos y finalmente tratando a cabalidad los gases especiales que se van a utilizar dentro de la planta.

Palabras clave

Gestión industrial, operación unitaria, suavizador de agua, caldera, distribuidor de vapor, intercambiador de calor, tanque de combustible, tanque de almacenamiento, gases especiales

INTRODUCCIÓN

La Fundación Universidad de América es un centro educativo donde se imparte la docencia, se adelanta investigaciones y donde se hacen labores de extensión universitaria y educativa de manera integral, allí se tiene el objetivo de formar líderes con excelencia académica, en donde se genere conocimiento, responsabilidad social y se comprometa con el desarrollo sostenible.

Actualmente la universidad tiene a su cargo el desarrollo del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS), el cual hasta el momento se encuentra en etapa de construcción. En este se tiene proyectado el uso de equipos industriales tales como banco de reactores, planta de absorción de gases, planta de destilación continua, planta de extracción sólido-líquido, secador de bandejas, tren de evaporadores, entre otros.

En las operaciones realizadas por estos equipos se manipulan una gran cantidad de variables que en caso de no ser controladas correctamente pueden llegar a ser factores de riesgo durante su operación, lo que no solo imposibilita su óptimo desempeño a la hora de realizar la operación deseada, sino que también pone en peligro la vida misma de los operarios, entre las variables que pueden estar incluidas en las operaciones pueden incluirse altas presiones que en caso de no ser controladas pueden llegar a generar una explosión.

Por ello es necesario conocer la información de cada uno de los equipos, así como sus intervalos de operación para evitar cualquier tipo de accidente a la hora de operar la planta, de la misma manera es necesario conocer el manejo de los instrumentos de control tales como válvulas y alarmas, ya que tales instrumentos son la clave para manipular y monitorizar todos los procesos que se lleven a cabo dentro del Centro de Servicios Industriales (CESI).

Así mismo, este tipo de actividades implican coordinación y colaboración de las diversas áreas de trabajo del CEPIIS, es por eso, que si se desea lograr un manual de operaciones de manera íntegra es esencial la participación de cada una de las partes.

Un manual de operaciones es un factor clave de la estructura de la ejecución de los equipos, el cual se insta para adquirir información prolija, metódica, consecuyente y cabal que abarca todos los preceptos, compromisos, e información sobre los regímenes, trabajos, metodología y conducta de las diferentes intervenciones o labores que se realicen dentro de la planta piloto.

A través del diseño del manual de manipulación y operación de las unidades de proceso se logrará adquirir un excelente control dentro de la organización y toma de decisiones. El manual permitirá constituir los lineamientos para el desempeño apropiado de los operarios de los equipos de la planta, los cuales le darán uso a esta herramienta que posibilita la transferencia de destrezas y entendimiento mediante la cual aportará a enriquecer al eficacia y ordenamiento de los recursos que aportarán los equipos.

Dado que la seguridad es una de los tópicos de mayor relevancia en una compañía, puesto que tiene como finalidad, proteger a los trabajadores de cualquier tipo de eventualidad, y así poder mantenerlos vacantes para realizar otras labores, en varias ocasiones algunos trabajadores se encuentran elaborando un cometido y/o arreglo que los socios no conozcan y den puesta en marcha a operaciones unitarias y/o herramientas o de ser posible accionen uno de los diferentes tipos de energías existentes produciendo incidentes o lesiones a personas y maquinaria, haciendo que esto conlleve secuelas para la empresa, por el tema de la tesorería con respecto a los gastos médicos.

Muchas empresas no cuentan con una forma de delimitación de las áreas para establecer un mayor margen de seguridad y certidumbre tanto para los operarios como el empleador, se decidió escoger este tópico de investigación dado que al momento de realizar participación activa en alguna operación de procesos, ya sea para una única indagación o mantenimiento, la garantía provee un papel elemental, puesto que nos ayuda a eludir y/o impedir accidentes, haciendo que los operarios sean más provechosos, añadiendo valor y reconocimiento a la misma empresa.

Este proyecto tiene como base el cumplimiento de la educación de calidad como ODS, ya que plantea la expansión de conocimientos acerca del uso y manejo de unidades de proceso, las cuales dan lugar a que se realicen actividades de manera autodidacta lo que conlleva a una buena adquisición de conocimientos por parte de la persona que va a utilizar la planta piloto.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar un manual de operación para las unidades del CESI del CEPIIS de la Universidad de América.

Objetivos específicos

- Identificar los procedimientos de operación de las unidades que constituyen el CESI según información suministrada por proveedores y estándares propios.
- Establecer las variables técnicas prioritarias para la operación de las unidades del CESI considerando aspectos de seguridad y control de procesos a partir de información técnica disponible.
- Desarrollar un manual de operación de las unidades del CESI con proyección de integración a las demás zonas del CEPIIS.

1. MARCO TEÓRICO

1.1.Planta térmica

Una fábrica termoeléctrica es un establecimiento en el que la energía mecánica necesaria para mover el rotor de un generador y, por lo tanto, la electricidad se obtiene de los vapores formados por agua hirviendo en una caldera. El vapor producido tiene alta presión y se envía a turbinas, de modo que durante su expansión pueda desplazarse. Una central de energía térmica es un tipo de energía en el que la energía térmica se transforma en electricidad. En un ciclo de producción de vapor, el calor se usa para hervir agua en un recipiente de alta presión para producir vapor de alta presión, la que se desencadena en una turbina de vapor conectada a un generador eléctrico. [1]

El escape de la turbina de baja presión entra en un condensador de vapor, donde se enfría para producir una condensación caliente, que se recicla en el proceso de calentamiento para generar más vapor de alta presión. A esto se le conoce como ciclo Rankine. Las plantas de energía termoeléctrica consumen carbón, combustible o gas natural. En estas fábricas, la energía de dichas fuentes fósiles (aunque también puede provenir de fuentes biológicas como la biomasa) se usa para transformar el agua en vapor. Una fábrica termoeléctrica está compuesta por una caldera y una turbina que mueve el generador eléctrico. La caldera es el elemento fundamental de la planta térmica y produce la combustión del combustible implicado o utilizado en la central termoeléctrica. [1]

Las plantas térmicas habituales están constituidas de varios componentes que permiten la modificación de los combustibles fósiles en electricidad. Sus elementos principales son:

- Caldera: un espacio en el que el agua se transforma en vapor debido al proceso de combustión. En este proceso, la energía química se transforma en energía térmica.
- Serpentín: son tuberías en las que el agua circula, la cual se encuentra en estado vapor. En estas se produce el intercambio de calor dada por la combustión hacia el agua.
- Turbina de vapor: un mecanismo que recoge vapor de agua y, gracias a un complejo sistema de prensa y temperatura, recibe el eje que lo cruza. Esta turbina generalmente tiene varios cuerpos, de alta, media y baja presión, para obtener el máximo de vapor de agua.
- Generador: una máquina que recoge la energía mecánica generada en el eje que cruza la turbina y la transforma en inducción electromagnética. Las plantas eléctricas transforman la energía

mecánica del eje en una corriente eléctrica en tres fases y una alternativa. El generador conecta el eje que cruza los diferentes cuerpos.

En las plantas térmicas convencionales, el combustible arde en una caldera, determinando la energía térmica utilizada para el calentamiento de agua, que se encuentra a alta presión. Por lo tanto, este vapor se dirige hacia una gran turbina, transformando la energía térmica en energía mecánica que luego se convierte en electricidad en un alternador. La electricidad pasa por un transformador que aumenta su voltaje y le permite transportarla, reduciendo las pérdidas debido al efecto Joule. El vapor que sale de la turbina se envía a un condensador para convertirlo en agua y llevarlo a la caldera para comenzar un nuevo ciclo de producción de vapor.

El funcionamiento de las plantas térmicas convencionales es el mismo, independientemente del combustible que se use. Sin embargo, hay diferencias en el tratamiento previo del combustible y el diseño de quemadores de calderas. Por lo tanto, si el núcleo se constituye de carbón, el combustible debe molerse antes de su proceso por la planta. En las centrales eléctricas, el combustible se calienta, mientras que, con respecto a las que usan gas natural, el combustible llega directamente a las tuberías, por lo que no necesita conservación previa. En el caso de las plantas mixtas, se aplica el tratamiento correspondiente a cada combustible. [2]

Figura 1.

Representación de una planta térmica.



Nota. La figura representa la fotografía de la planta térmica El-Burullus, la cual muestra los cuatro módulos del sistema de enfriamiento. Tomado de: E. A. M. Deabes, “The impact of thermal power stations on coastline and benthic fauna: Case study of El-Burullus power plant in Egypt,” *Results in Engineering*, vol. 7, p. 100128, Sep. 2020, doi: 10.1016/J.RINENG.2020.100128.

Casi todas las fábricas de carbón, petróleo, energía nuclear, geotérmica, solar e incineración, así como todas las fábricas de gas natural, son térmicas. El gas natural a menudo se quema a gas a través de calderas. El calor residual de una turbina de gas, en forma de gases de escape calientes, se puede usar para aumentar el vapor, haciéndose pasar este gas a través de un vapor de recuperación de calor. El vapor se usa para activar una turbina de vapor en una fábrica de ciclos combinados que mejora la eficiencia general. Las plantas eléctricas que queman carbón, combustible o gas natural a menudo se llaman centrales fósiles. También hay algunas plantas térmicas que hacen uso de la biomasa. Las plantas térmicas nucleares, especialmente las plantas fósiles, que no usan cogeneración, a veces se denominan plantas convencionales.

Las fábricas de comercio eléctrico de los servicios públicos generalmente se construyen y diseñan para una operación continua. Las grandes empresas o instituciones pueden tener sus propias plantas para proporcionar calefacción o electricidad a sus estructuras, especialmente si el vapor todavía se crea para otros fines. A bordo de las fábricas, generalmente se pone la turbina

directamente en las hélices del barco a través de cajas de repuesto. Las fábricas de energía para estos buques también ofrecen turbinas más pequeñas para que los generadores eléctricos proporcionen electricidad. La propulsión nuclear marina se usa, con algunas excepciones, solo en embarcaciones navales. Ha habido muchos buques turbo en los que una turbina de vapor desencadena un generador eléctrico que suministra un motor para su propulsión.

Las fábricas de cogeneración, generalmente llamadas instalaciones combinadas de calor y electricidad, producen electricidad y calor para calentar el espacio de proceso, como el vapor y el agua caliente. [3]

Para el caso de la planta térmica proporcionada por INGENIUM, y la cual es la que se va a encontrar instaurada en el CEPIIS, los equipos que componen la planta térmica, son los siguientes:

1.1.1. Suavizador de agua de intercambio iónico

El agua pesada se suaviza mediante la eliminación de la dureza mineral en el agua mediante un proceso llamado intercambio iónico. Cuando el agua dura entra al sistema de suavización de agua ocurre el intercambio iónico. La dureza, el calcio y los iones de magnesio se cambian con iones de sodio, dejando agua fresca.

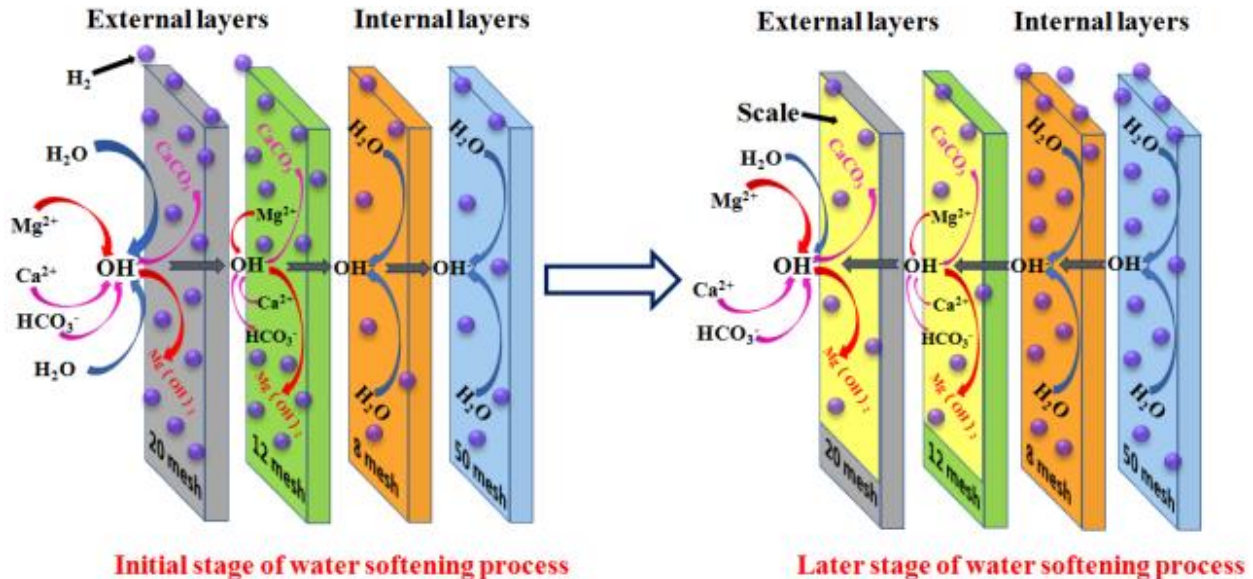
Debido a que el lecho de resina está lleno de iones duros, debe de ocurrir una regeneración o limpieza para el mismo. La sal generalmente se usa en el proceso de regeneración para limpiar las camas de resina. Después de la limpieza, el proceso de suavización del agua puede continuar. [4]

Un suavizador de agua es un sistema de filtración interno que elimina los minerales de calcio y magnesio del agua a través de un proceso de intercambio de iones. Un suavizador de agua se acerca a uno de los problemas de agua más comunes y devastadores: agua fuerte. El agua espesa causa daños a la casa moderna. La escala se acumula en sus tuberías, obstaculizando, y reduciendo la presión del agua. La escala reduce considerablemente la vida útil de dispositivos como lavaplatos, cafeteras y máquinas de hielo. El agua dura destruye los dispositivos con agua caliente. Cuanto mayor sea la temperatura del agua, más calcio y magnesio se ha solidificado y fortalecido en almacenes sólidos en el calentador de agua. Si vives en un territorio con agua dura, puede parecer que el calentador de agua explota como si palomitas de maíz se tratase. De hecho, la escala estaba relacionada con el elemento calefactor. A medida que aumenta la temperatura de calentamiento y

el depósito se extiende, los depósitos de roca calcificados con la corteza de los elementos de calefacción comienzan a romperse y estirarse. [5]

Figura 2.

Etapas del proceso de un suavizador de agua.



Nota. La figura representa una ilustración esquemática del principio de funcionamiento de un cátodo emparejado. Tomado de: J. Luan et al., “Multi-meshes coupled cathodes enhanced performance of electrochemical water softening system,” Sep Purif Technol, vol. 217, pp. 128–136, Jun. 2019, doi: 10.1016/J.SEPPUR.2019.01.054.

Un ablandador de agua se compone de tres componentes: una válvula de control, un tanque de minerales y un tanque de salmuera. Estos tres trabajan en conjunto para eliminar los minerales del agua dura, controlar el flujo de agua y limpiar periódicamente el sistema a través de un proceso de regeneración.

1.1.1.a El tanque mineral. El tanque mineral es la habitación donde se suaviza el agua dura. La línea de agua suministra el agua que dura en el tanque. El agua entra en las camas de resina, depositando iones de calcio e inducción de agua de magnesio. El agua sale del tanque suave y fluye a través de los tubos.

1.1.1.b La válvula de control. La válvula de control mide la cantidad de agua que cruza el tanque mineral. La válvula alberga un medidor que sigue el volumen de agua que ingresa al tanque mineral. Mientras que el agua dura cruza el tanque mineral, las camas de resina cambian sus iones de sodio con iones de dureza. Con el tiempo, esto agota la capacidad de resina para continuar suavizando

el agua de manera efectiva. Antes de que las camas estén muy sobrecargadas con contenido mineral para continuar eliminando los iones de calcio y magnesio, la válvula de control comienza automáticamente un ciclo de regeneración. Esta capacidad máxima es preprogramada a bordo de la válvula de control y se basa en varios factores, como el tamaño del sistema a filtrar, y la dureza del agua. Las válvulas de control son controladores de aplicación, que permiten que las unidades de ablandamiento de agua sean extremadamente efectivas.

1.1.1.c El tanque de salmuera. El tanque de salmuera ayuda al sistema de remojo de agua en la regeneración. Es un tanque más corto cerca del tanque mineral. El tanque de salmuera tiene una solución salina extremadamente concentrada (en ciertos casos de potasio) para restaurar el desplazamiento positivo de las camas de resina. La sal se agrega manualmente al tanque de salmuera en forma de gránulos o bloques. Esta se disuelve en el agua en el fondo del tanque. Cuando la válvula de control registra la capacidad de resina decreciente, la solución de salmuera pesada se elimina del tanque y se enjuaga a través de la resina del tanque mineral. Si el tanque de salmuera se queda sin sal, el agua que pasa a través de la unidad ya no será suavizada. [5]

1.1.2. Tanque de combustible

El tanque de combustible es un contenedor lo suficientemente cerrado para almacenar combustible para que el motor funcione durante un período deseado. El tamaño, la estructura y el material de un tanque de combustible están determinados por su aplicación y si el combustible almacenado es GNG o LLG.

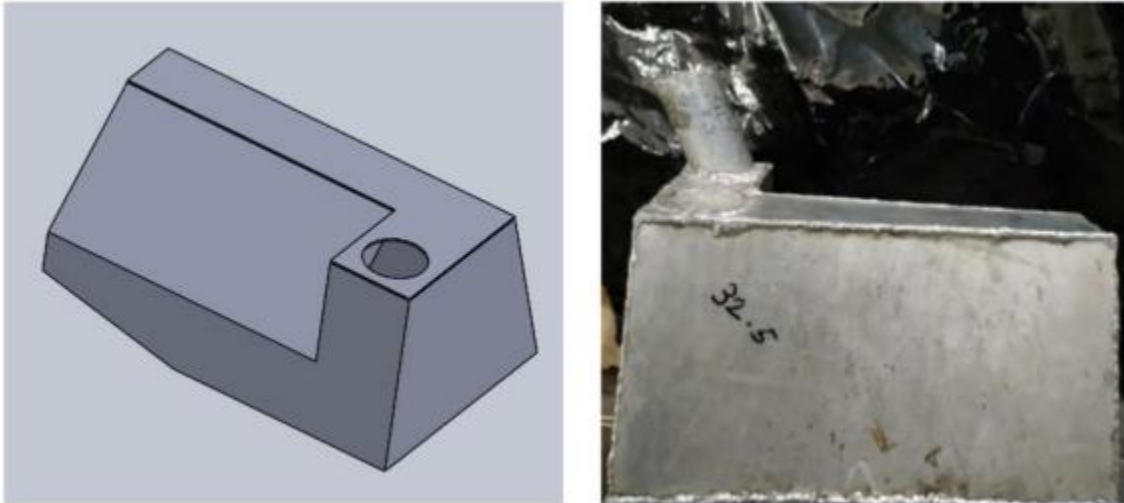
El tamaño mínimo del tanque de combustible depende de la distancia mínima de movimiento en un ciclo de potencia. En una caja plegable de basura, por ejemplo, el tanque de combustible debe ser lo suficientemente grande como para terminar al menos un viaje de ida y vuelta desde una estación de servicio para la recolección de basura y un lugar de expulsión y regresar al servicio de la estación.

Los depósitos cilíndricos de las capas compuestas con una cubierta interna impermeable son la estructura favorita para GNC. En general, la piel interna está hecha de aluminio debido a su resistencia a la corrosión, luz y bajos costos. Las capas externas están compuestas generalmente con fibras inorgánicas, como fibras de vidrio y materiales de conexión inorgánica, como epoxi, debido a sus propiedades químicas estables, su baja conductividad térmica y bajo costo, las cuales

son ligeras y muy resistentes. La masa de gas máxima está determinada por el tamaño total del tanque y la presión máxima de gas. [6]

Figura 3.

Representación de un tanque de combustible.



Nota. La figura representa la ilustración de un modelo CAD para un tanque de combustible y el mismo tanque. Tomado de: A. Pandit and V. K. Chawla, “Design and manufacturing of a fuel tank for formula SAE vehicle,” Mater Today Proc, vol. 43, pp. 148–153, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.11.251.

Los tanques de combustible deben evitar la contaminación del mismo a través de productos o materiales de corrosión. También debe evitar el daño causado por la corrosión del depósito. Los recubrimientos deben ser resistentes a los productos similares y de aceite aromático. Un sistema epoxi de tres capas que cumple con un MIL-P-P-24441 es satisfactorio para este uso (tres chaquetas epoxi de 50 a 100 μm de DFT por capa, en total de 250 a 300 μm de DFT). Los recubrimientos de zinc no deben usarse en tanques de combustible, porque el zinc disuelto en combustible, especialmente gasolina, puede causar serios problemas con los motores. [7]

Muchos componentes fluoroelastómeros se utilizan en tanques modernos de combustible para automóviles. En estos se incluye sellos tóricos, entre otros; diafragmas, aislamiento para vibraciones, aparejamiento y tuberías. Los fluoroelastómeros y los tubos dentro del tanque conectan las líneas de vapor y los líquidos al envío de combustible. El requisito principal para el elastómero del tanque es la resistencia a la expansión y el ataque químico del combustible. Las piezas de fluoroelastómero deben permanecer funcionales para la vida del vehículo. Se recomienda el uso de compuestos de bisfenol (66% de flúor) o terpolímeros (68% a 69% de compuestos de

fluoruro) para tableros de conexión rápida y bomba de combustible, mientras que para los tubos del tanque y la manguera pueden recomendarse con un 69% de fluoruro de 71% de fluoruro.

La manguera que llena el tanque, debe tener una baja permeabilidad para proporcionar líquido y vapor para minimizar las emisiones. El tubo también debe ser flexible y duradero como para absorber las amortiguaciones y soportar la pausa en caso de un accidente. Una construcción con frecuencia especificada es una parte en forma de una capa interna de fluoroelastómero y una tapa de goma de nitrilo. Un termopolímero de bisfenol curable, (hasta el 71% del fluoruro) es una capa interna adecuada para el tubo de llenado, con baja permeabilidad y buena fijación. [8]

1.1.3. Caldera de vapor saturado

La caldera es un recipiente cerrado en el que se calienta agua u otro líquido, se genera vapor, o se sobrecalienta vapor o cualquier combinación de ambos, bajo presión o vacío, para uso externo a sí mismo, mediante la aplicación directa de energía de la combustión de combustibles, a partir de electricidad o energía nuclear. [9]

Las calderas son esencialmente intercambiadores de calor por coraza y tubos, el agua hierve hasta vapor o se transforma en agua a alta presión. El calor se genera quemando un combustible fósil; El gas de combustión se puede administrar alrededor de las tuberías que contienen agua (tubo de agua) o el gas caliente puede pasar dentro de las tuberías con agua en la coraza (caldera de control de fuego).

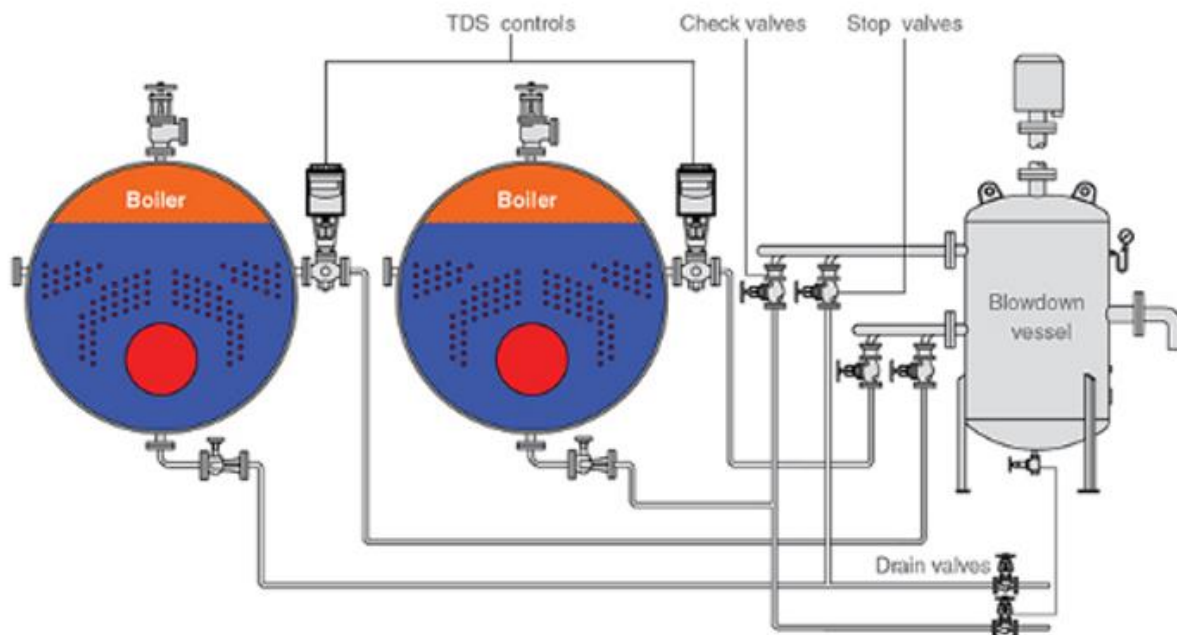
Las calderas estacionarias, es decir, calderas muy grandes son utilizadas en las estaciones de producción de electricidad, que trabajan con altas presiones y son invariablemente un tipo de tubo de agua. Las concepciones de las tuberías de agua también son populares para las calderas envasadas, ya que pueden diseñarse para una mayor presión. Las calderas con tubos a calor se limitan a aproximadamente 2,4 MPa (350 psig) y se utilizan principalmente para el calentamiento y el proceso de aplicación de vapor. [10]

Las calderas son componentes de un sistema de calefacción diseñado para generar vapor o agua caliente para su distribución en varios espacios de construcción. Como el agua no se puede utilizar para el calentamiento directo de un espacio, las calderas se usan solo en sistemas centrales, donde el agua caliente circula para dispositivos de entrega (por ejemplo, radiadores de pie, radiadores, convertidores o AHUs). Una vez que se ha calentado el dispositivo de suministro de agua caliente,

esta regresa a la caldera para recalentarse y el ciclo continuo de agua se repite. En general, las calderas de agua caliente son más efectivas que las calderas de vapor por varias razones, por ejemplo, hay menos pérdida de calor durante el trayecto del agua caliente por las tuberías y la coraza de la caldera porque la caldera de agua caliente funciona a baja temperatura mayor que la de la caldera de vapor. Esto significa que hay una menor pérdida de calor en toda la caldera y el sistema de tubería. Además, como la caldera de agua caliente funciona a una temperatura más baja, requiere menos combustible o energía para calentar. Los sistemas de transferencia de calor (bombas de calor) de la misma manera pueden reemplazar una caldera. [11]

Figura 4.

Ilustración de una caldera de vapor.



Nota. La figura representa un sistema de calentamiento y control de un tanque con calderas. Tomado de: MASTER SI, “Tanques De Purgas De Caldero,” Master SI, Mar. 09, 2021. <https://mastersi.com.pe/blog/192-tanques-de-purgas-de-caldero>.

Las calderas, como todos los tipos de equipos, tienen construcciones de aspecto fundamentalmente diferente según el tamaño de la caldera, el uso y el tipo de combustible. Las principales clases de uso de calderas son las de servicios públicos, industriales, generadores de vapor de recuperación de calor (HRSG) y de procesos. Las calderas también se clasifican según el proceso de cocción elegido: parrilla, lecho fluidizado y recuperación. En particular, la presión de funcionamiento

elegida tendrá un gran efecto en el tipo de caldera. La fuente de calor disponible (es decir, el tipo de combustible) y el método de encendido dictan el equipo de manejo de combustible y afectan los tipos y la ubicación de las superficies de transferencia de calor, en particular la apariencia del horno de la caldera.

A la hora de determinar el tipo de caldera a adquirir, hay que fijarse en el coste de cada tipo de central. Con base en los fondos disponibles y el desempeño ambiental, se pueden determinar las mejores alternativas. A menudo es difícil continuar sin obtener cotizaciones preliminares para los plazos de entrega y las condiciones en función de la ubicación de la caldera elegida. Finalmente, las características de carga requeridas siguen siendo el principal factor determinante. Cada combinación de combustible y tipo de caldera afectará el costo de mantenimiento. Cada combustible tiene propiedades únicas de corrosión y erosión. [12]

1.1.4. Tanque de almacenamiento de agua

Los tanques de almacenamiento que contienen líquidos orgánicos, líquidos no orgánicos, y vapores se pueden encontrar en muchas industrias. La mayoría de los tanques de almacenamiento están diseñados y construidos según la especificación API-650 del American Petroleum Institute.

Estos tanques pueden tener diferentes tamaños, que van desde 2 a 60 m de diámetro o más. Generalmente se instalan dentro de balsas de contención para contener derrames en caso de ruptura del tanque. Las industrias donde se pueden encontrar tanques de almacenamiento son... producción y refinación de petróleo, fabricación petroquímica y química, almacenamiento a granel y operaciones de transferencia, otras industrias que consumen o producen líquidos y vapores. [13]

Básicamente hay 8 tipos de tanques que se utilizan para almacenar líquidos

- Tanques de techo fijo
- Tanques externos de techo flotante
- Tanques internos de techo flotante
- Tanques de techo flotante externos abovedados
- Tanques horizontales
- Tanques de presión
- Tanques de espacio de vapor variable
- Tanques de GNL (Gas Natural Licuado)

Un tanque de almacenamiento de agua recoge agua y la almacena para su uso posterior. Los sistemas de ósmosis inversa funcionan lentamente, purificando el agua a su respectivo tiempo. Un tanque de almacenamiento de ósmosis invertido garantiza que se pueda acceder a esta agua cada vez que se la necesite. Muchos pozos son de baja presión y baja recuperación y tienen la tarea de proporcionar presión sobre toda un lugar o negocio. También ayudan a extender la duración de la bomba mediante la protección de la bomba de ciclismo corto.

Los tanques de almacenamiento de agua se presentan en todas las formas, dimensiones y configuraciones y se utilizan para diferentes propósitos en el sector del tratamiento del agua. Desde un pequeño tanque invertido de 5 galones que se mantienen debajo del fregadero hasta un imponente tanque de presión de 120 galones; los tanques de acumulación de agua son una parte integral de muchos sistemas de agua doméstica. Los grandes depósitos atmosféricos externos pueden almacenar miles de litros de agua de lluvia, agua con pozos o pueden usarse para abolir los incendios. Estos tanques generalmente están equipados con inhibidores de la radiación UV, evitando que la luz solar facilite el crecimiento de algas y crecimiento bacteriano en el tanque. [14]

La forma exacta en la que un tanque de almacenamiento de agua opera depende del propósito del tanque.

En la mayoría de los casos, los tanques de almacenamiento de agua se utilizan para proporcionar acceso a agua instantánea. Por ejemplo, los depósitos de presión proporcionan inmediatamente agua a trabajos rápidos, como llenar un vaso de agua, evitando la necesidad de esperar a que llegue al pozo para usar el agua del mismo.

Lo mismo es cierto para los depósitos de ósmosis inversa: el tanque está lleno de agua purificada cuando no se le requiere. Esto significa que cuando se necesita el agua, se puede acceder al tanque de manera instantánea.

Se considera el uso del agua para determinar las dimensiones apropiadas de un tanque de almacenamiento de agua. Debe haber suficiente agua para satisfacer siempre una demanda muy pequeña y el dimensionamiento puede causar deficiencia temporal de agua como tanque de recuperación. [15]

1.1.5. Sobre calentador eléctrico

El radiador eléctrico son depósitos que se calientan y acumulan agua y lo mantienen a una cierta temperatura por resistencia eléctrica. El término térmico eléctrico generalmente se usa para designar este tipo de dispositivos.

Figura 5.

Representación de un sobrecalentador.



Nota. La figura representa la instalación de un sobrecalentador instalado en una caldera. Tomado de: CERNEY, “Sistemas de Sobrecalentadores de vapor Industriales,” CERNEY S.A., 2022. <https://www.cerney.es/productos/equipos-complementarios/sobrecalentador>.

Los radiadores eléctricos funcionan al calentar el agua fría en una resistencia eléctrica. Cuando el agua alcanza la temperatura marcada por el termostato, la resistencia se detiene y acumula el agua caliente hasta su necesidad. Sin embargo, dado que el termostato tiene un diferencial de varios grados, cuando detecta que hay agua en el tanque, ya sea porque se ha almacenado o porque ya ha usado toda el agua todavía está caliente, el sistema eléctrico calienta toda el agua del tanque y lo mantiene a altas temperaturas. [16]

1.1.6. Turbina de vapor

Una turbina de vapor funciona con la fuente de calor (gas, carbón, nuclear, solar) para calentar el agua a una temperatura extremadamente alta cuando el vapor se transforma. Mientras el vapor atraviesa las aspas de la turbina, el vapor se extiende y se enfría. La energía potencial del vapor se transforma en energía cinética en las hojas de la turbina rotativa. Los álabes de una turbina están diseñados para controlar la velocidad, la dirección y la presión del vapor a medida que pasa por la turbina. Para turbinas a gran escala, hay docenas de palas unidas al rotor, generalmente en diferentes juegos. Cada juego de cuchillas ayuda a extraer energía del vapor y al mismo tiempo mantiene la presión en niveles óptimos.

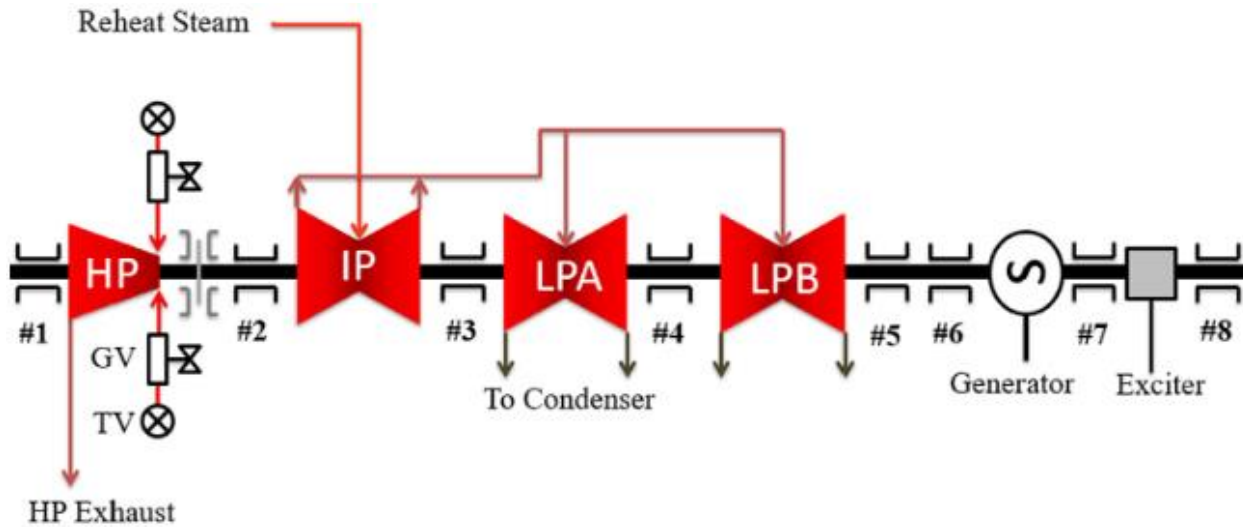
Este enfoque de etapas múltiples significa que los álabes de la turbina reducen la presión del vapor en incrementos muy pequeños durante cada etapa. Esto, a su vez, reduce las fuerzas sobre ellos y mejora significativamente el rendimiento general de la turbina. [17]

Las turbinas de vapor se pueden clasificar de varias maneras. Se pueden clasificar por ciclo y condiciones de vapor, como ciclo Rankine, ciclo regenerativo Rankine, ciclo de recalentamiento, con condensación o sin condensación, y por el número y la disposición de los ejes y las carcassas del eje de la turbina. Cuando se trata de dos o más carcassas, los diseños son compuestos en tándem (todas las carcassas en el mismo eje) o compuestos cruzados (cassas en dos o más ejes).

Las turbinas están diseñadas con múltiples etapas para adaptarse a la expansión del volumen de vapor a medida que cae la presión. A medida que el vapor se mueve a través del sistema y pierde presión y energía térmica, se expande en volumen, lo que requiere un diámetro mayor y álabes más largos en cada etapa sucesiva para extraer la energía restante. Cada etapa de una turbina tiene dos elementos básicos de diseño: la boquilla estacionaria y el álabe o cubeta móvil. El diseño de estas piezas depende de factores como las condiciones del vapor de entrada, la presión del vapor de escape, la velocidad del eje, la capacidad nominal y el flujo de vapor. [18]

Figura 6.

Ilustración de una turbina de vapor.



Nota. La figura representa la unidad de una turbina de vapor montada en el semieje de la misma. Tomado de: W. M. Ashraf et al., “Artificial intelligence based operational strategy development and implementation for vibration reduction of a supercritical steam turbine shaft bearing,” Alexandria Engineering Journal, vol. 61, no. 3, pp. 1864–1880, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.AEJ.2021.07.039.

Los dos estándares principales para las turbinas de vapor son API 611: turbinas de vapor de uso general y API 612: turbinas de vapor de uso especial. Al seleccionar una turbina de vapor como impulsor para una aplicación de petróleo y gas, el usuario debe seleccionar el estándar API 611 o API 612 a seguir. Cabe señalar que los estándares API 611 y 612 son independientes entre sí y cada estándar tiene sus propias especificaciones y requisitos mínimos. Existen muchas diferencias entre los dos estándares de turbinas de vapor, que son demasiado extensas para describirlas aquí. En general, API 612 tiene requisitos más estrictos para equipos críticos en aplicaciones de propósito especial. Los requisitos API cubiertos en API 611 y 612 incluyen diseño básico de turbinas de vapor, materiales, fabricación, pruebas de inspección y preparación para el envío. Las normas también cubren los sistemas de aceite lubricante, instrumentación, sistemas de control y equipos auxiliares relacionados. Al igual que otros estándares API, API 611 y 612 proporcionan hojas de datos para ayudar en la especificación y compra de turbinas de vapor. [19]

El diseño real de una turbina de vapor es una tarea compleja, generalmente realizada por un equipo de diseño multidisciplinario cuyos miembros interactúan constantemente con especialistas en túneles de viento y bancos de pruebas. La tecnología es madura y requiere muchos recursos, por

lo que la producción se concentra en muy pocos lugares en todo el mundo. Los productores independientes de turbinas de vapor de relevancia comercial e industrial (es decir, aquellos que desarrollan sus propios productos, no producen bajo licencia y generan una cantidad significativa de unidades por año) suman no más de quizás 15 en todo el mundo. Cada uno tiene su propio procedimiento de diseño, formalizado en manuales de diseño detallados, generalmente destinados solo para uso interno. Sin embargo, es muy probable que todos estos procedimientos de diseño patentados sigan el mismo diagrama de flujo lógico general y que las diferencias residan en las fórmulas utilizadas para los cálculos específicos del caso (p. ej., coeficientes de pérdida, correcciones del ángulo de la hoja, selección de materiales) o en la selección de una forma particular de turbina (debido al historial de patentes y/o antecedentes tecnológicos de la empresa). [20]

1.1.7. Tobera

Una tobera es un dispositivo a través del cual el flujo se expande de alta a baja presión para generar un chorro de alta velocidad. [21]

Técnicamente, una tobera es un dispositivo que transforma la energía térmica y la presión de un fluido en energía cinética; El líquido aumenta cuando la sección del barco disminuye, por lo que sufre una reducción de la presión y la temperatura cuando se mantiene la energía. En otras palabras, las toberas son los elementos que toman agua de las tuberías. Por esta razón, es un elemento muy útil y utilizado por empresas de renombre.

Las toberas son una herramienta ampliamente utilizada en todo tipo de automóviles, desde un cohete hasta el tubo de una casa. El uso de estas toberas puede conllevar a grandes ventajas, dada su versatilidad dentro de empresas importantes, tales como:

- Mayor productividad y capacidad de limpieza rentable.
- Optimizar equipos impulsivos y obtener mejores resultados.
- Obtener el mejor resultado de los equipos de gestión, ampliando la duración de su vida y reduciendo su consumo.

Por estas razones, el uso de toberas puede casarse con un antes y después de la eficiencia y los resultados de los servicios de desbloqueo y el mantenimiento de las tuberías. [22]

Figura 7.

Ilustración de una tobera.



Nota. La figura representa una fotografía de una unidad de enfoque con una tobera axial. Tomado de: A. Jeromen, A. Videgar, M. Fujishima, G. N. Levy, and E. Govekar, “Powder particle–wall collision-based design of the discrete axial nozzle-exit shape in direct laser deposition,” *J Mater Process Technol*, vol. 308, p. 117704, Oct. 2022, doi: 10.1016/J.JMATPROTEC.2022.117704.

Las boquillas están disponibles en diferentes tamaños y configuraciones. Las boquillas tienen superficies internas aerodinámicas suaves para impulsar fácilmente su fluido.

- Boquilla de la manguera. La boquilla se inserta en la manguera, por lo que el diámetro externo de la boquilla debe ser menor que el diámetro interno de la misma.
- Boquilla JIC (Joint Industry Conference). La boquilla JIC tiene un abocardado macho en la parte superior que se acopla con el acoplamiento JIC hembra en los conjuntos de manguera y

tubo. El accesorio abocardado macho de la boquilla JIC hace tope contra el acoplamiento JIC hembra. Es posible que se requiera el uso de una boquilla JIC para acoplarse correctamente con un extremo acampanado de la tubería.

- Accesorio de acoplamiento BSP (British Standard Pipe). El accesorio abocardado hembra de la boquilla BSP hace tope contra el acoplamiento BSP macho.
- Boquilla de tubo. La boquilla se inserta sobre el tubo, por lo tanto, el diámetro externo del tubo debe ser menor que el diámetro interno de la boquilla. Hay un tope en el interior de la boquilla que forma un sello hermético cuando el tubo está completamente insertado en la boquilla. [23]

1.1.8. Generador de corriente eléctrica

Un generador eléctrico, también llamado dínamo, es cualquier máquina que convierte la energía mecánica en electricidad para la transmisión y distribución a través de líneas eléctricas a clientes domésticos, comerciales e industriales. Los generadores también producen la energía eléctrica necesaria para automóviles, aviones, barcos y trenes.

La potencia mecánica de un generador eléctrico generalmente se obtiene de un eje giratorio y es igual al par del eje multiplicado por la velocidad de rotación o angular. La energía mecánica puede provenir de varias fuentes: turbinas hidráulicas en presas o cascadas; turbinas de viento; turbinas de vapor que utilizan vapor producido con el calor de la combustión de combustibles fósiles o de la fisión nuclear; turbinas de gas que queman gas directamente en la turbina; o motores de gasolina y diésel. La construcción y la velocidad del generador pueden variar considerablemente dependiendo de las características del motor primario mecánico.

Casi todos los generadores que se utilizan para suministrar redes de energía eléctrica generan corriente alterna, que invierte la polaridad a una frecuencia fija (generalmente 50 o 60 ciclos, o inversiones dobles, por segundo). Dado que varios generadores están conectados a una red eléctrica, deben operar a la misma frecuencia para la generación simultánea. Por lo tanto, se conocen como generadores síncronos o, en algunos contextos, alternadores. [24]

Un generador eléctrico es un dispositivo que convierte la energía mecánica obtenida de una fuente externa en energía eléctrica como salida.

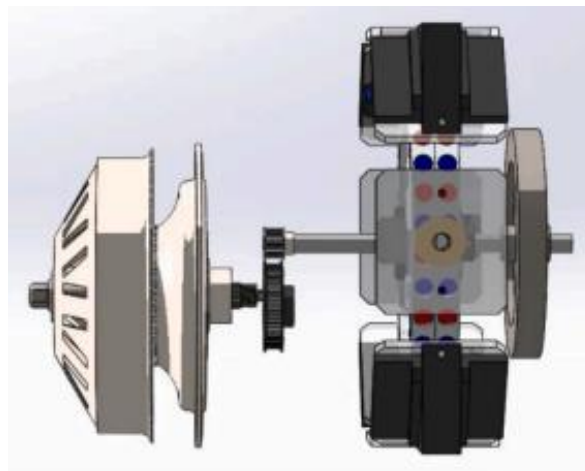
Es importante comprender que un generador en realidad no "crea" energía eléctrica. En cambio, utiliza la energía mecánica que se le suministra para forzar el movimiento de las cargas eléctricas

presentes en el alambre de sus devanados a través de un circuito eléctrico externo. Este flujo de cargas eléctricas constituye la corriente eléctrica de salida suministrada por el generador. Este mecanismo se puede entender considerando que el generador es análogo a una bomba de agua, que provoca el flujo de agua, pero en realidad no "crea" el agua que fluye a través de ella.

El generador moderno funciona según el principio de inducción electromagnética descubierto por Michael Faraday en 1831-32. Faraday descubrió que el flujo anterior de cargas eléctricas podría inducirse moviendo un conductor eléctrico, como un cable que contiene cargas eléctricas, en un campo magnético. Este movimiento crea una diferencia de voltaje entre los dos extremos del cable o conductor eléctrico, que a su vez hace que fluyan las cargas eléctricas, generando así corriente eléctrica. [25]

Figura 8.

Ilustración de un generador eléctrico.



Nota. La figura representa un diagrama de una pequeña unidad generador de electricidad. Tomado de: P. Naphon and S. Wiriyasart, "Investigation on performance analysis of a small solar electric generator," Case Studies in Thermal Engineering, vol. 27, p. 101224, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.CSITE.2021.101224.

La energía eléctrica es producida por unidades generadoras, alojadas en centrales eléctricas, que convierten la energía primaria en energía eléctrica. La energía primaria proviene de una serie de fuentes, como los combustibles fósiles y la energía nuclear, hidráulica, eólica y solar. El proceso utilizado para convertir esta energía en energía eléctrica depende del diseño de la unidad

generadora, que en parte está dictado por la fuente de energía primaria. El término “generación térmica” comúnmente se refiere a las unidades generadoras que queman combustible para convertir la energía química en energía térmica, que luego se utiliza para producir vapor a alta presión. Luego, este vapor fluye e impulsa el eje mecánico de un generador eléctrico de CA que produce voltaje y corriente alternos, o energía eléctrica, en sus terminales. Estos generadores tienen tres terminales y producen tres voltajes de CA, uno en cada terminal, que están desfasados 120° entre sí.

Desde la perspectiva operativa del sistema de energía eléctrica, las unidades generadoras se clasifican en tres categorías: unidades de carga base, intermedias y punta. Las unidades de carga base se utilizan para satisfacer las necesidades de energía constante o base del sistema. Funcionan de forma continua durante todo el año, excepto cuando deben apagarse para su reparación y mantenimiento. Las centrales nucleares y de carbón se utilizan generalmente como unidades de carga base, al igual que las centrales hidroeléctricas de pasada. Las unidades intermedias, también llamadas unidades cíclicas, funcionan durante largos períodos de tiempo, pero, a diferencia de las unidades de carga base, no a una potencia de forma continua. Tienen la capacidad de variar su producción más rápidamente que las unidades de carga base. Las plantas de turbinas de gas de ciclo combinado y las unidades generadoras térmicas más antiguas generalmente se utilizan como unidades intermedias. Las unidades de pico funcionan solo cuando la demanda de energía del sistema está cerca de su pico. Deben poder arrancar y detenerse rápidamente, pero solo funcionan durante unas pocas horas al año. [26]

1.1.9. Condensador de vapor tipo de carcasa y tubos

Un intercambiador de calor de carcasa y tubos (STHE, por sus siglas en inglés) es un tipo de dispositivo de intercambio de calor construido utilizando un gran recinto cilíndrico, o carcasa, que tiene haces de tubos perfectamente espaciados compactados en su interior. El intercambio de calor es la transferencia de calor de una sustancia o medio a otra sustancia o medio similar. Los intercambiadores de calor de carcasa y tubos son la forma más común de diseño de intercambio de calor. Se clasifican según sus propiedades, tipo de tubería y otras características.

El uso y la popularidad de los intercambiadores de calor de carcasa y tubos se debe a la simplicidad de su diseño y a la tasa de intercambio de calor excepcionalmente eficiente. El proceso de un intercambiador de calor de carcasa y tubos implica el uso de un líquido o vapor que fluye hacia la

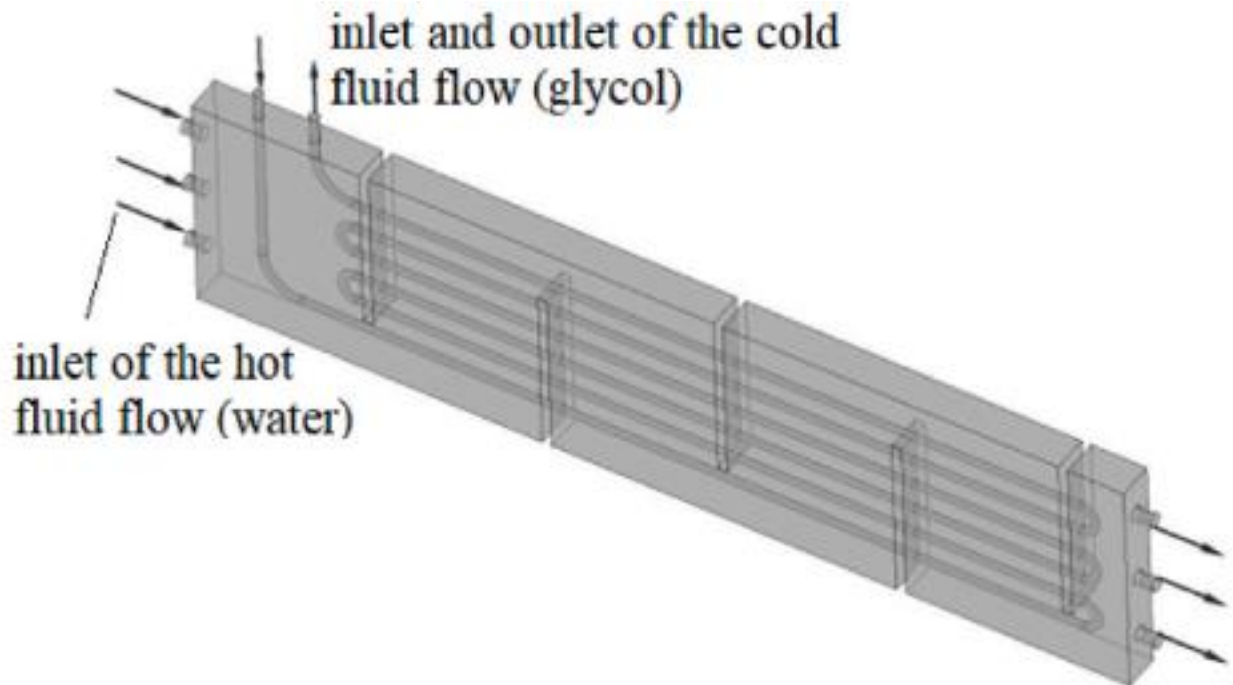
carcasa para calentar los tubos. Se considera que cuatro pasadas a través de los tubos es el método más eficiente y efectivo de transferencia de calor. [27]

El intercambiador de carcasa y tubos contiene una carcasa grande y muchos tubos. Una corriente de fluido pasa a través de los tubos y otra corriente pasa a través de la carcasa para intercambiar energía térmica. La transferencia de calor mejorada significa una tasa de transferencia más rápida y una mayor capacidad de calor del sistema. Esto se puede lograr mediante un incremento drástico en el área superficial que aumenta el coeficiente de transferencia de calor general (U). La tasa de transferencia de calor se calcula a partir de la ecuación $Q = UA(\Delta T)$ para procedimientos de diseño STHX. Donde Q = tasa de transferencia de calor (vatios); A = área (m²); U = coeficiente global de transferencia de calor (W/m²K); y ΔT = diferencia de temperatura (K). [28]

El intercambiador de carcasa y tubos cumple su tarea de enfriamiento haciendo circular un líquido caliente alrededor de los tubos que contienen un líquido más frío. El líquido caliente circula en un área cerrada llamada caparazón. Los tubos que contienen el líquido más frío se enrollan a través de la carcasa. El líquido caliente en el caparazón calienta el líquido más frío en los tubos, mientras que el líquido más frío en los tubos enfría el líquido tibio en el caparazón. El contacto entre los líquidos fríos y calientes intercambiará naturalmente el calor del más caliente al más frío. Dependiendo del proceso que se esté realizando, la orientación de entrada y salida de las boquillas del extremo del canal y del extremo de la carcasa se puede intercambiar. [29]

Figura 9.

Ilustración de un intercambiador de calor de coraza y tubos.



Nota. La figura representa una vista esquemática de un intercambiador de coraza y tubos con bafles. Tomado de: M. ben Slimene, S. Poncet, J. Bessrour, and F. Kallel, "Numerical investigation of the flow dynamics and heat transfer in a rectangular shell-and-tube heat exchanger," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 32, p. 101873, Apr. 2022, doi: 10.1016/J.CSITE.2022.101873.

Los intercambiadores de carcasa y tubos tienen varias configuraciones diferentes con diferentes tipos de cabezales y carcasas. Estas piezas se inspeccionan y reparan de manera similar. Las particiones de paso tienen casi todo el espesor sin daños mecánicos o por corrosión, las superficies de las juntas también están en buenas condiciones y los orificios de los pernos para la brida del cuerpo son redondos en lugar de mostrar daños por redondez. Hay varias razones de diseño para usar múltiples pasos en intercambiadores de carcasa y tubos. Una razón para aumentar la velocidad del fluido en los tubos es reducir los depósitos de suciedad. [30]

Los intercambiadores de carcasa y tubos rara vez tienen válvulas de alivio de presión para la exposición al fuego porque los vapores fluirán rápidamente al siguiente recipiente a presión desde el que puedan descargarse. La "regla de los dos tercios" de API RP 521 establece que:

Para equipos de presión relativamente baja, la falla completa del tubo no es una contingencia viable cuando la presión de diseño del lado de baja presión es igual o mayor a dos tercios de la presión de diseño del lado de alta presión. Las fugas menores rara vez pueden provocar una sobrepresión del lado de baja presión durante el funcionamiento. [31]

1.1.10. Intercambiador de calor de placas

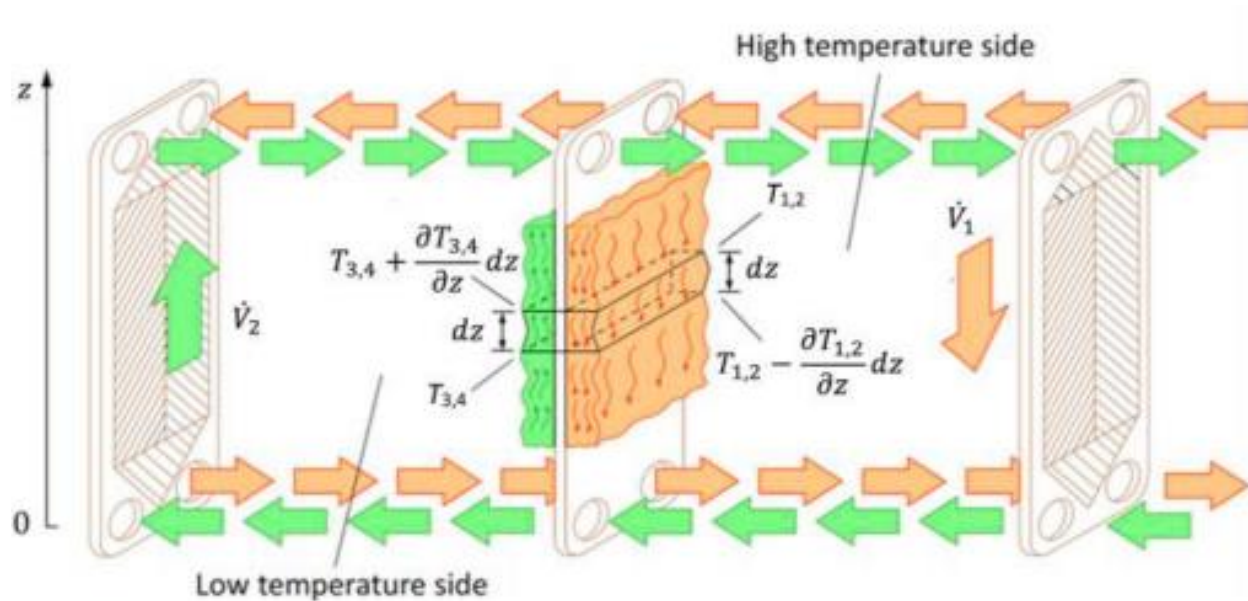
El diseño de un intercambiador de calor de placas (PHE) comprende varias placas de transferencia de calor. Sostenido por una placa fija y una placa de presión suelta para formar una unidad completa. Cada placa de transferencia de calor tiene un arreglo de juntas, lo que proporciona dos sistemas de canales separados. La disposición de las juntas permite el paso del flujo en canales individuales. Esto permite que los medios primario y secundario fluyan en contracorriente. Los medios no se mezclan debido al diseño de la junta. Las placas corrugadas crean turbulencia en los fluidos a medida que fluyen a través de la unidad. Esta turbulencia da un coeficiente efectivo de transferencia de calor. [32]

El intercambiador de calor de placas tiene varias ventajas de ser compacto y de alta eficiencia y recientemente se ha utilizado para muchos fines debido a su coeficiente global de transferencia de calor considerablemente alto en comparación con el intercambiador de calor multitubular. [33]

Generalmente, estas placas son corrugadas para aumentar la turbulencia, la superficie de intercambio térmico y dar rigidez mecánica al intercambiador. La ondulación se logra por forja en frío de láminas de metal con espesores de 0,3 mm a 1 mm. Los materiales más utilizados para las placas son el acero inoxidable (AISI 304, 316), el titanio y el aluminio. La ondulación de las placas fuerza al fluido por un camino tortuoso, estableciendo un espacio entre dos placas adyacentes b , de 1 a 5 milímetros. Los fluidos pueden cruzar los canales en serie (una solución menos común) o en paralelo haciendo configuraciones de corriente o contracorriente. La configuración en serie se utiliza cuando hay un caudal pequeño para cada fluido, pero un gran salto térmico; el mayor problema es con una caída de presión alta y una contracorriente imperfecta. La configuración en paralelo con canales a contracorriente se utiliza para caudales elevados con caídas de temperatura moderadas, y es la más utilizada. Cuando existe una gran diferencia entre los caudales (o entre las caídas de presión máximas admisibles) de los dos fluidos, el intercambiador puede funcionar dos veces por el fluido de menor caudal (o mayores pérdidas) para equilibrar los valores de caídas de presión o pérdidas específicas. caudales en los canales. [34]

Figura 10.

Ilustración de un intercambiador de calor de placas.



Nota. La figura representa un esquema de la transferencia de calor en un intercambiador de calor de placas. Tomado de: P. Z. Csursia, A. M. Chaudhry, T. de Troyer, and S. Bram, "First Results on Modelling of a Plate Heat Exchanger of a District Heating System," IFAC-PapersOnLine, vol. 55, no. 15, pp. 69–74, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.IFACOL.2022.07.610.

Este tipo de intercambiador de calor presenta ventajas, tales como:

- Son fáciles de limpiar quitando los pernos de unión y deslizando hacia atrás la parte del marco móvil. Luego, el paquete de placas se puede inspeccionar, limpiar a presión o quitar para reacondicionarlo si es necesario.
- Una característica muy importante del intercambiador de calor de placas es que es ampliable. Aumentar los requisitos de transferencia de calor significa simplemente agregar placas en lugar de comprar un nuevo intercambiador de calor, ahorrando tiempo y dinero.
- Debido a los patrones prensados en las placas y los espacios relativamente estrechos, se logra una turbulencia muy alta a una velocidad del fluido relativamente baja. Esto, combinado con el flujo contrarrecorriente, da como resultado coeficientes de transferencia de calor muy altos.
- Como resultado de la alta eficiencia, se requiere menos área de transferencia de calor, lo que da como resultado un intercambiador de calor mucho más pequeño que el que se necesitaría para el mismo trabajo utilizando otros tipos de intercambiadores de calor. Por lo general, un

intercambiador de calor de placas requiere entre un 20 y un 40 % del espacio requerido por un intercambiador de calor de tubo y carcasa.

- Las mismas características que dan al intercambiador de calor de placas su alta eficiencia también hacen posible alcanzar temperaturas cercanas, lo que es particularmente importante en las aplicaciones de recuperación y regeneración de calor. Es posible acercarse a temperaturas de 0,5°C.
- El intercambiador de calor de placas se puede construir en secciones, separadas con placas divisorias simples o marcos divisores más complicados con conexiones adicionales. Esto hace posible calentar, regenerar y enfriar un fluido en un intercambiador de calor, o calentar o enfriar múltiples fluidos con la misma fuente de enfriamiento o calor.
- Se logra una turbulencia muy alta como resultado del patrón de las placas, los muchos puntos de contacto y el estrecho espacio entre las placas. Esto, combinado con la superficie lisa de la placa, reduce considerablemente el ensuciamiento en comparación con otros tipos de intercambiadores de calor. [35]

1.1.11. Torre de enfriamiento

Una torre de enfriamiento es un intercambiador de calor especializado en el que el aire y el agua se ponen en contacto directo entre sí para reducir la temperatura del agua. Cuando esto ocurre, se evapora un pequeño volumen de esta, lo que reduce la temperatura del agua que está circulando.

El agua, que ha sido calentada por un proceso industrial o en un condensador de aire acondicionado, se bombea a la torre de enfriamiento a través de tuberías. El agua se rocía a través de boquillas sobre bancos de material llamado "relleno", lo que ralentiza el flujo de agua a través del mecanismo y expone la mayor superficie de agua posible para lograr el máximo contacto aire-agua. Durante el flujo del agua, esta queda expuesta al aire, que es arrastrado a través de la torre por el ventilador impulsado por un motor eléctrico. Cuando el agua y el aire se encuentran, se evapora una pequeña cantidad de agua, creando una acción refrescante. Luego, el agua enfriada se bombea de regreso al condensador o equipo de proceso donde se absorbe el calor. Luego será bombeado de regreso a la torre de enfriamiento para ser enfriado una vez más. [36]

Una torre de enfriamiento es uno de los elementos de equipo más grandes, en términos de área de terreno, que debe ubicarse en un plano del sitio. Los factores que afectan la ubicación de las torres

de enfriamiento, además de la conveniencia para el suministro y retorno de agua, son el viento predominante, el ruido y las vías de acceso.

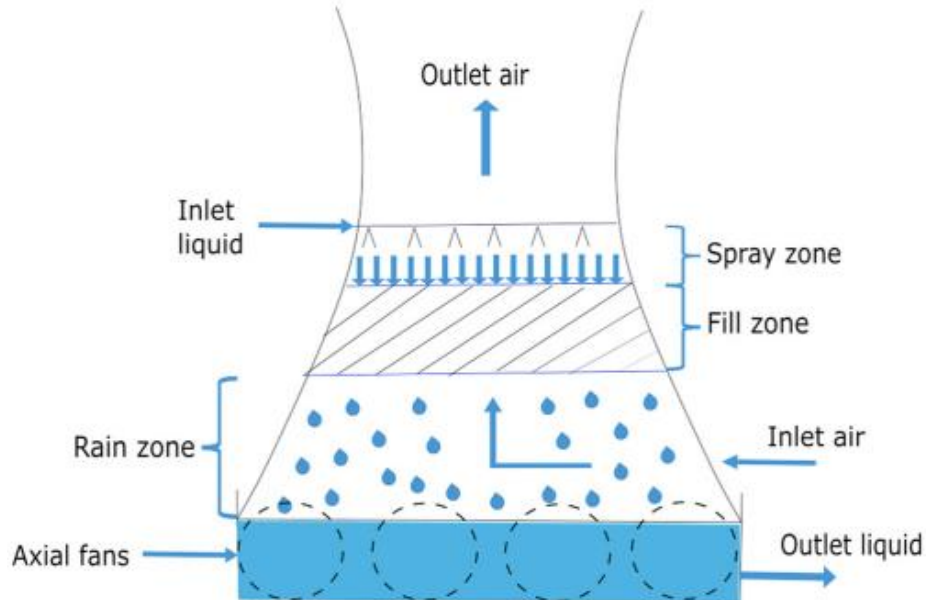
Las torres de enfriamiento deben ubicarse con su lado pequeño hacia el viento predominante. El da a ambos lados largos una entrada igual de aire fresco. Las torres de enfriamiento no deben estar a favor del viento o adyacentes a calentadores encendidos, chimeneas de antorchas o cualquier elemento que produzca calor, ya que estos elevan la temperatura del aire ambiente y reducen la eficiencia de enfriamiento de las torres.

Los niveles de ruido de las torres de enfriamiento más grandes pueden ser bastante altos y pueden volverse objetables si la torre está ubicada demasiado cerca de áreas de trabajo continuamente ocupadas, como oficinas y edificios de control.

El acceso es necesario para el mantenimiento esencial de las bombas, el equipo de dosificación de productos químicos y el manejo de las pantallas de basura. [37]

Figura 11.

Ilustración de una torre de enfriamiento.



Nota. La figura representa el boceto interior de una torre de enfriamiento híbrida. Tomado de: C. Jayaweera, N. Groot, S. Meul, A. Verliefde, I. Nopens, and I. Hitsov, "Development of a hybrid model for reliably predicting the thermal performance of direct contact countercurrent cooling towers," *Int J Heat Mass Transf*, vol. 197, p. 123336, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.IJHEATMASSTRANSFER.2022.123336.

La mayoría de las torres de enfriamiento empaquetadas usan ventiladores para forzar o extraer aire a través de la torre. Las torres de tiro inducido por contracorriente son las más frecuentes en las industrias de proceso, capaces de enfriar el agua a poco más de 1 °C (2 °F) de la temperatura del aire de bulbo húmedo.

Las torres de tiro inducido tienen ventiladores en la descarga que extraen el aire. Esto produce velocidades de aire de entrada bajas y de salida altas, lo que reduce la posibilidad de recirculación, en la que el aire descargado fluye de regreso a la entrada. La ubicación del ventilador en la corriente de aire caliente brinda una excelente protección contra la formación de hielo en los componentes mecánicos. Las torres varían de 3 a 160 000 m³/h (15 a 700 000 gpm).

Las torres de tiro forzado tienen ventiladores en la entrada de aire a la torre. Esto crea altas velocidades de aire de entrada y bajas de salida. La baja velocidad de salida es más propensa a la recirculación. Los diseños de tiro forzado generalmente requieren más potencia del motor que las torres de tiro inducido equivalentes porque generalmente están equipadas con ventiladores centrífugos. El beneficio principal es que existen posibles caídas de alta presión a través de la torre, lo que permite un diseño más compacto e instalación en interiores. [38]

Las torres de enfriamiento provistas en la mayoría de las industrias de procesos generalmente se construyen con materiales combustibles ordinarios (p. ej., madera, fibra de vidrio, etc.). Aunque fluye abundante agua por el interior de la torre, las superficies exteriores y algunas partes interiores permanecen totalmente secas. Durante las actividades de mantenimiento, la mayoría de las torres de enfriamiento tampoco están en funcionamiento y toda la unidad se secará. Las causas principales de los incendios en las torres de enfriamiento son los defectos eléctricos en el cableado, la iluminación, los motores y los interruptores. Estos defectos, a su vez, encienden las superficies expuestas de la estructura combustible seca. En ocasiones, los vapores combustibles se liberan del agua de proceso y se encienden. El agua utilizada para enfriar gases inflamables o líquidos inflamables puede constituir un peligro inusual. El peligro existe cuando la presión del agua de enfriamiento es menor que la del material que se está enfriando. El gas o líquido puede mezclarse con el agua de refrigeración, transportarse a través de la línea de retorno del agua de refrigeración y liberarse en el sistema de distribución de la torre donde puede haber un incendio. Dado que las torres de enfriamiento están diseñadas para hacer circular altas tasas de flujo de aire para el

enfriamiento, también aumentarán las probabilidades de que se produzca una ignición de un punto caliente eléctrico en una superficie combustible de la torre de enfriamiento. [39]

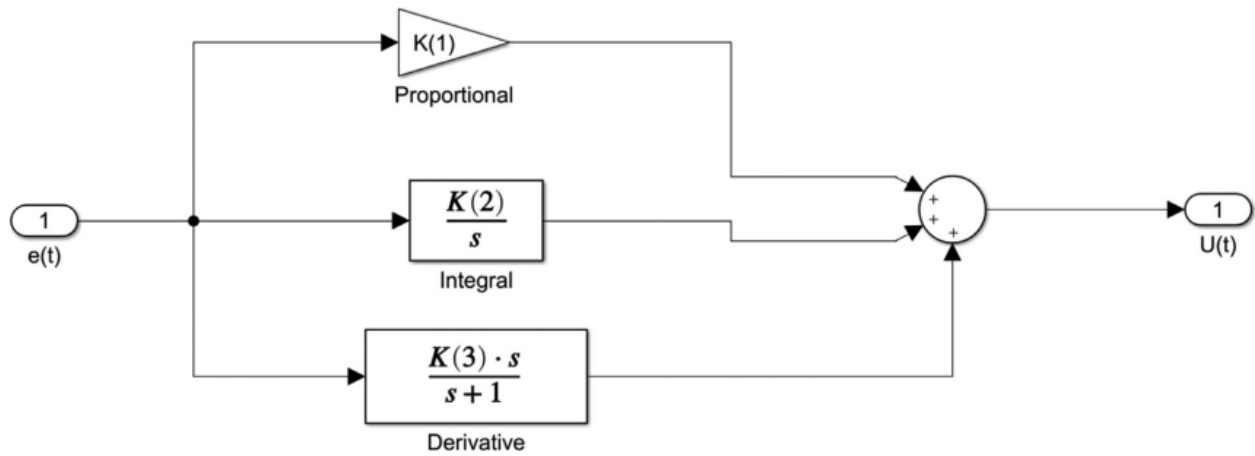
1.1.12. Válvula de control PID

Un controlador PID es un instrumento utilizado en aplicaciones de control industrial para regular la temperatura, el flujo, la presión, la velocidad y otras variables del proceso. Los controladores PID (proporcional integral y derivativo) utilizan un mecanismo de retroalimentación de bucle de control para controlar las variables del proceso y son el controlador más preciso y estable. El control PID es una forma bien establecida de conducir un sistema hacia una posición o nivel objetivo. Es un medio prácticamente omnipresente para controlar la temperatura y encuentra aplicación en innumerables procesos químicos y científicos, así como en la automatización. El control PID utiliza retroalimentación de control de circuito cerrado para mantener la salida real de un proceso lo más cerca posible de la salida objetivo o del punto de referencia. [40]

Los sistemas de control PID consisten en controladores y sujetos controlados. Al ajustar parámetros como el coeficiente proporcional, el coeficiente integral y el coeficiente diferencial, la estrategia de control puede lograr resultados satisfactorios. El control proporcional es la base de la estrategia de control PID. El control integral puede eliminar los errores de estado estable, pero puede aumentar el sobreajuste. El control diferencial puede acelerar el tiempo de respuesta, pero también disminuir el sobreajuste. El ajuste de los parámetros de control PID es la clave del control, cuyo objetivo es la cooperación entre las características de los controladores y los objetos controlados. El ajuste de cada coeficiente de control solo influye en el elemento correspondiente, lo que se considera una ventaja del control PID. El algoritmo de control es simple y no requiere grandes recursos de cómputo. Sin embargo, el efecto de control del control PID puede no ser lo suficientemente bueno cuando se trata de procesos no lineales, variables en el tiempo, acoplados y complejos con parámetros inciertos. [41]

Figura 12.

Ilustración de un controlador PID.



Nota. La figura representa el modelo matemático de un controlador PID en Simulink. Tomado de: O. O. Martins, A. A. Adekunle, M. O. Arowolo, D. C. Uguru-Okorie, and B. O. Bolaji, “The effect of an evolutionary algorithm’s rapid convergence on improving DC motor response using a PID controller,” *Sci Afr*, vol. 17, p. e01327, Sep. 2022, doi: 10.1016/J.SCIAF.2022.E01327.

El control proporcional integral derivativo (PID) es similar al control proporcional, pero con la adición de componentes de algoritmo relacionados con los valores integral y derivado de los datos de error. Esto agrega un elemento de historial al algoritmo, en lugar de que responda solo al valor de error actual. el error se integra y se multiplica por un valor de ganancia integral, así como se diferencia y se multiplica por una ganancia diferencial. Luego, estos se suman junto con el término de ganancia proporcional para dar un valor de control que tiene en cuenta no solo la posición actual, sino también la tasa de cambio de la posición y la historia de cambio a más largo plazo. Ahora, el ajuste del sistema se vuelve aún más complejo, pero los resultados pueden ser un sistema de control preciso con un error constante bajo y un sobreimpulso bajo. Los términos de ganancia se pueden calcular mediante experimentación y empleando herramientas de software. Los métodos matemáticos complejos pueden ayudar a determinar los mejores valores de ganancia PID, aunque a menudo también se requiere un ajuste manual fino. [42]

1.1.13. Caudalímetro

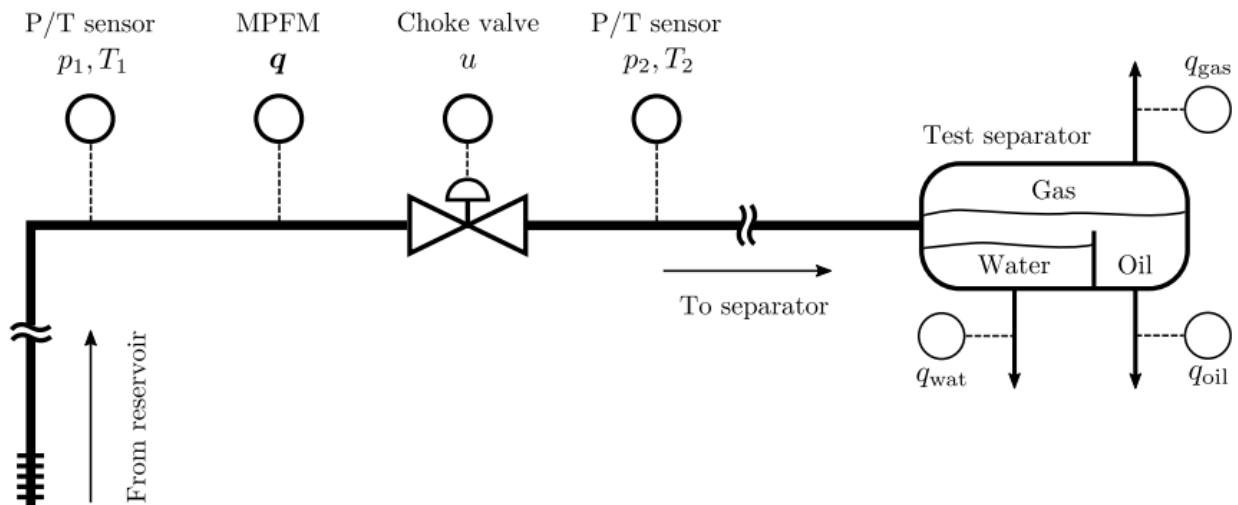
Medir el flujo de líquidos es una necesidad crítica en muchas aplicaciones industriales. En algunas operaciones, la capacidad de realizar mediciones de flujo precisas es tan importante que puede marcar la diferencia entre obtener una ganancia o una pérdida. En otros casos, las mediciones de

flujo imprecisas, o la falta de toma de mediciones, pueden causar resultados graves (o incluso desastrosos). Con la mayoría de los instrumentos de medición de flujo de líquidos, la tasa de flujo se determina por inferencia midiendo la velocidad del líquido o el cambio en la energía cinética. La velocidad depende del diferencial de presión que fuerza al líquido a través de una tubería o conducto. Debido a que el área de la sección transversal de la tubería se conoce y permanece constante, la velocidad promedio es una indicación de la tasa de flujo. [43]

La medición del flujo de fluidos se divide en varios tipos, ya que cada tipo requiere una consideración específica de factores tales como requisitos de precisión, consideraciones de costos y uso de la información de flujo para obtener los resultados finales requeridos. Al decidir sobre el mejor tipo de medidor para medir un flujo dado, se debe considerar la naturaleza del fluido a medir. Las características de flujo también son importantes. En la medición de transferencia de custodia, se requiere la mejor medición de flujo, para que las dos partes de las transacciones reciban un trato justo. [44]

Figura 13.

Ilustración de un caudalímetro de múltiples fases.



Nota. La figura representa un caudalímetro de múltiples fases que mide las tasas de flujo físicas a través de la válvula de estrangulamiento. Tomado de: M. Hotvedt, B. A. Grimstad, and L. S. Imsland, "Passive learning to address nonstationarity in virtual flow metering applications," *Expert Syst Appl*, vol. 210, no. February, p. 118382, Dec. 2022, doi: 10.1016/J.ESWA.2022.118382.

Las mediciones del flujo de fluidos son necesarias en una amplia gama de aplicaciones, desde el control del flujo de combustible en los sistemas de gestión del motor hasta la regulación de la administración de fármacos en los ventiladores. Las mediciones de flujo de fluido implican la determinación de la velocidad del flujo, el caudal másico o el caudal volumétrico. Las mediciones de la velocidad de flujo promedio se pueden usar para determinar el flujo másico, si se conocen la densidad y el área de la sección transversal. Alternativamente, si se conoce el caudal másico, se puede determinar la velocidad media del caudal.

La velocidad del fluido se puede medir mediante una variedad de técnicas que incluyen tubos de Pitot, medidores de película delgada y anemometría láser Doppler. Los tubos de Pitot consisten en un tubo en forma de L que se inserta en el flujo de manera que el extremo estanca el flujo. Varios dispositivos miden el flujo másico en función de la pérdida de presión a través de una característica de constricción o flujo. Estos incluyen placas de orificio y medidores Venturi. La instalación y uso de placas de orificio está documentada en ISO 5167-1:1991(E). [45]

1.2.Compresores

Un compresor es un dispositivo mecánico que aumenta la presión de un gas al reducir su volumen. Un compresor de aire es un tipo específico de compresor de gas. La selección de un compresor eficiente depende de la aplicación de refrigeración. Los compresores pueden operar en condiciones de carga parcial (donde solo se comprime una parte del gas de succión), pero rara vez funcionan de manera eficiente en esta condición. Con grandes cargas de calor variables, generalmente es más eficiente dividir la carga entre varios compresores en lugar de un compresor grande. Con un sistema de control adecuado, entonces es posible operar compresores individuales a plena carga. Otra solución alternativa es utilizar un inversor para accionar el motor del compresor. Los inversores pueden hacer funcionar los compresores hasta un 30 % de carga completa con una disminución mínima de la eficiencia y es probable que se vuelvan más comunes en el futuro. [46]

El compresor de aire debe instalarse preferiblemente en un lugar protegido de la intemperie, idealmente en un área técnica cubierta lo más cerca posible del área industrial de uso para minimizar la longitud de la tubería de distribución de aire comprimido. Las siguientes recomendaciones se relacionan con la instalación en interiores de unidades de compresores de aire:

- Los compresores generan calor y, por lo tanto, nunca deben instalarse en áreas de procesamiento de alimentos donde se requiere una temperatura baja.

- Debe proporcionarse ventilación: la salida de aire de refrigeración de un sistema de aire comprimido debe enviarse a un área exterior o a un sistema de recuperación de energía. Cuando el aire calentado del compresor permanece alrededor de la unidad y luego es absorbido por el compresor, la temperatura de funcionamiento de la unidad aumenta, lo que eventualmente puede conducir al apagado del compresor de aire. Deben evitarse las áreas extremadamente húmedas o donde la temperatura ambiente supere los 40–45 °C. En el otro extremo de la escala, también deben evitarse temperaturas inferiores a 5 °C, ya que los dispositivos de seguridad del compresor pueden congelarse.
- Para permitir el mantenimiento, la inspección y el retiro del equipo cuando sea necesario, debe haber aproximadamente 1 m de espacio alrededor de las unidades compresoras.
- Los compresores de aire y los depósitos deben instalarse sobre zócalos de hormigón de aproximadamente 150 a 200 mm de altura, con líneas de descarga inclinadas del sifón de desagüe del equipo hacia los desagües de los servicios públicos. Los zócalos de hormigón deben extenderse una distancia corta (~ 75 mm) más allá de los compresores y receptores, para permitir la separación segura del equipo del personal y los vehículos de mantenimiento que pasan. [47]

La tecnología de compresores se usa ampliamente en la producción moderna de varias empresas (por ejemplo, industrias químicas y petroleras), así como en sistemas neumáticos. La capacidad de los compresores puede alcanzar los 27.000 m³/min; la potencia del accionamiento eléctrico es de hasta 40.000 kW. El trabajo mínimo para un trabajo de compresión dado se logra termodinámicamente mediante un proceso isotérmico, pero esto requiere enfriar continuamente el gas mientras se comprime, un desafío de ingeniería abrumador. Los procesos de compresión reales están más cerca de los adiabáticos, pero a menudo se modelan como politrópicos. Por lo tanto, la compresión real de los gases da como resultado un aumento de la temperatura que a menudo no es deseado. Por lo tanto, se requiere enfriamiento antes de que el gas se entregue al uso final. La cantidad de calor eliminado por el sistema de refrigeración suele ser del 80 al 90 % de la potencia de accionamiento eléctrico consumida. La cantidad de calor extraído de las unidades compresoras también depende de la capacidad del compresor y de la presión del gas a la salida del compresor. [48]

1.3.Gases especiales

Los gases especiales son gases que se consideran así, dadas las especificaciones que representa respecto a su composición, ya sea relacionado con sus impurezas, la pureza a la que se necesita, respecto a la industria que lo desee, y la concentración a la que se provean.

Algunos gases especiales que se comprenden de este tipo se consideran:

- Oxígeno
- Dióxido de carbono
- Hidrógeno
- Nitrógeno
- Argón
- Helio
- Aire comprimido
- Acetileno
- Óxido nitroso
- Monóxido de carbono
- Etileno
- Metano

Para el caso que se comprenderá en la zona del CESI, los gases especiales que se utilizarán serán los gases de nitrógeno, oxígeno y aire comprimido.

1.3.1. Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento químico, el cual a temperatura y presión ambiente se encuentra como un gas incoloro e inodoro, no es combustible y tampoco es tóxico. Este gas constituye la mayor parte de la atmósfera, pero no mantiene la vida por sí mismo. Este se utiliza en la industria alimentaria, en acondicionamientos de aire y sistemas de refrigeración, y también en aeronáutica. Este puede causar asfixia al desplazar el aire. Bajo exposiciones prolongadas al fuego o a contenedores de calor, puede romper el contenedor que lo contiene y eyectarse como un cohete.

El nitrógeno se encuentra como fase líquida a condiciones criogénicas. Al encontrarse a temperaturas muy frías, puede provocar quemaduras por frío. Este es utilizado para la refrigeración

de alimentos, para la preservación de la sangre y de otros organismos biológicos, así como también es utilizado como refrigerante en la industria. [49]

El nitrógeno representa aproximadamente el 80% de los gases presentes en la atmósfera y este enorme volumen mantiene el equilibrio de la concentración de nitrógeno en los cuerpos de agua abiertos. La solubilidad del nitrógeno en agua es muy inferior; es del orden de 15 mg/L. Las actividades humanas influyen en el nitrógeno de las aguas superficiales de varias formas. El nitrógeno está presente en los desechos que se descargan en los cuerpos de agua superficiales. La escorrentía de las áreas agrícolas contiene nutrientes que contienen nitrógeno. También está presente en los gases de escape de automóviles e industrias. Los parámetros clave para el nitrógeno son el nitrato y el amoníaco. La nitrificación, que es la oxidación de amoníaco y nitrito a nitrato, consume oxígeno disuelto en el agua. La presencia excesiva de nitrógeno en el agua puede conducir a la eutrofización. [50]

Los nutrientes, como el nitrógeno y el fósforo, son esenciales para el crecimiento y la nutrición de plantas y animales, pero la sobreabundancia de ciertos nutrientes en el agua puede causar una serie de efectos adversos para la salud y el medio ambiente. El nitrógeno, en forma de nitrato, nitrito o amonio, es un nutriente necesario para el crecimiento de las plantas. Alrededor del 78 % del aire que respiramos está compuesto de gas nitrógeno, y en algunas áreas de los Estados Unidos, particularmente en el noreste, ciertas formas de nitrógeno se depositan comúnmente en la lluvia ácida.

Por supuesto, el nitrógeno se usa en la agricultura para cultivar, y en muchas granjas el paisaje se ha modificado en gran medida para maximizar la producción agrícola. Los campos han sido nivelados y modificados para drenar eficientemente el exceso de agua que pueda caer como precipitación o por las prácticas de riego. [51]

1.3.2. Oxígeno

El oxígeno es un gas a temperatura y presión ambiental, el cual es incoloro e inodoro. El mayor uso comercial del oxígeno gaseoso se presenta en la industria del acero. En esta industria se usan grandes cantidades para la manufactura de un amplio rango de químicos, tales como ácido nítrico y peróxido de hidrógeno. Este también es utilizado para hacer epoxietano, como anticongelante y en la fabricación de poliésteres, cloroetano y precursores del PVC.

El oxígeno constituye el 21% del porcentaje en volumen de la atmósfera. Este se encuentra entre el 17% (el cual, por debajo de este rango, se vuelve adverso para la respiración sobre las personas que no se encuentran adaptadas a estos ambientes) y el 25% (en el cual, por encima, se vuelve un compuesto altamente inflamable para muchos compuestos orgánicos).

Este elemento es esencial para la supervivencia humana. Una disminución en los niveles de oxígeno puede ser tratado con terapias usando oxígeno medicinal. El tratamiento con oxígeno sirve para incrementar los niveles de oxígeno en la sangre y también ejerce un efecto secundario de la merma en la resistencia al flujo sanguíneo en enfermedades pulmonares, llevando a una disminución de la carga cardiovascular en un intento de oxigenar los pulmones. La terapia con oxígeno es usada para tratar enfisema, neumonía, algunos desórdenes cardíacos, varios desórdenes que pueden incrementar la presión arterial pulmonar, y cualquier enfermedad que altere la habilidad corporal de aceptar y usar el oxígeno gaseoso.

La respiración proporciona oxígeno (O_2) a los tejidos y elimina el dióxido de carbono (CO_2) de los tejidos. La función fisiológica de la respiración resulta de la ventilación, que consiste en acciones mecánicas para promover el intercambio cíclico de gas alveolar con aire atmosférico; difusión de oxígeno y dióxido de carbono entre los alvéolos y la sangre; y transporte, a través de la sangre, de O_2 y CO_2 entre los pulmones y otros tejidos corporales. La información sobre la adecuación de la ventilación, la eficiencia del intercambio gaseoso en los pulmones, el transporte de gases en la sangre y la oxigenación tisular son fundamentales en el seguimiento de los pacientes, especialmente si están sometidos a ventilación artificial o bajo anestesia. [52]

Para la mayoría de los seres vivos, el oxígeno es una molécula esencial para la supervivencia, siendo la base de las oxidaciones biológicas, que satisfacen la mayor parte de las necesidades energéticas de los organismos aeróbicos. El oxígeno también puede comportarse como un agente tóxico que supone una amenaza para la existencia de los seres vivos, ya que puede dar lugar a especies reactivas de oxígeno (ERO) que pueden oxidar macromoléculas biológicas, entre las que las proteínas y los lípidos son las dianas preferidas. El daño oxidativo puede inducir disfunción de células, tejidos y órganos, lo que conduce a daños corporales graves e incluso a la muerte. [53]

1.3.3. Aire comprimido

El aire comprimido es utilizado en el día a día en muchas actividades que rodean al ser humano. Este puede ser utilizado en forma de sistemas de ventilación o como una fuente de energía, y es utilizado para energizar elementos mecánicos o en la producción industrial.

El aire comprimido es aire que se encuentra presurizado a presiones superiores a la atmosférica. Se comporta exactamente de la misma manera que el aire que se respira, solo que este se encuentra forzado a un volumen más pequeño y se mantiene bajo ciertas presiones. El aire se encuentra conformado del 78% por nitrógeno, 21% oxígeno y alrededor del 1 o 2% de otros gases, así como también de vapor de agua. Cuando se le comprime, el aire sigue manteniendo la misma composición, con la diferencia de que se encontrará mayor cantidad de volumen en un menor espacio, haciendo que las moléculas se junten.

El aire comprimido se puede almacenar a altas presiones y es un medio fantástico para la transmisión de energía. El aire comprimido es una fuente popular de energía, ya que es más seguro y una alternativa más fácil que el uso de vapor y de baterías. El vapor puede ser peligro a medida que se vuelve extremadamente caliente, mientras que las baterías se pueden gastar rápidamente y su disposición puede provocar peligros para el medio ambiente.

El aire comprimido es una parte integral de la mayoría de los procesos de fabricación. Sin embargo, es una de las utilidades más ineficientes, caras y mal utilizadas en las plantas de fabricación. El aire comprimido a menudo se considera un producto gratuito en el punto de uso. Pero cuando el aire se comprime, se enfría, se seca, se transporta, se regula y finalmente se usa, es cualquier cosa menos libre. Los costos de electricidad para los compresores de aire pueden representar hasta el 30% de la factura eléctrica total de un sitio de fabricación. [54]

En muchas instalaciones industriales, los compresores de aire usan más electricidad que cualquier otro tipo de equipo. Las ineficiencias en los sistemas de aire comprimido pueden ser significativas. Los ahorros de energía derivados de las mejoras del sistema pueden ser sustanciales, lo que puede generar miles o incluso cientos de miles de dólares en ahorros anuales potenciales, según el uso. Un sistema de aire comprimido administrado correctamente puede ahorrar energía, reducir el mantenimiento, disminuir el tiempo de inactividad, aumentar el rendimiento de producción y mejorar la calidad del producto.

Los sistemas de aire comprimido constan de un lado de suministro y un lado de demanda. El lado de suministro incluye compresores y tratamiento de aire (secadores y filtros). El lado de la demanda incluye equipos de distribución y uso final. Un lado de suministro correctamente administrado dará como resultado un suministro de aire estable, seco y limpio a la presión adecuada de manera confiable y rentable. Un lado de la demanda correctamente gestionado minimiza el aire desperdiciado y utiliza aire comprimido para las aplicaciones adecuadas. Mejorar y mantener el rendimiento máximo del sistema de aire comprimido requiere abordar tanto el lado de la oferta como el de la demanda del sistema y cómo interactúan los dos. [55]

2. MARCO CONCEPTUAL

En el siguiente apartado, se tendrá en cuenta todos aquellos conceptos que se encuentran presentes dentro del manual de operaciones, y que se definirán a continuación.

2.1.Dureza del agua

La definición simple de dureza del agua es la cantidad de calcio y magnesio disueltos en el agua. El agua dura tiene un alto contenido de minerales disueltos, principalmente calcio y magnesio. Cuando se calienta agua dura, como en un calentador de agua doméstico, se pueden formar depósitos sólidos de carbonato de calcio. Esta escala puede reducir la vida útil del equipo, aumentar los costos de calentar el agua, disminuir la eficiencia de los calentadores de agua eléctricos y obstruir las tuberías. Las pautas generales para la clasificación de las aguas son: 0 a 60 mg/L (miligramos por litro) ya que el carbonato de calcio se clasifica como blando; 61 a 120 mg/L como moderadamente duro; 121 a 180 mg/L como duro; y más de 180 mg/L como muy duro. [56]

2.2.Salmuera

La salmuera, es agua salada, particularmente una solución acuosa altamente concentrada de sal común (cloruro de sodio). Las salmueras naturales se encuentran bajo tierra, en lagos salados o como agua de mar y son fuentes comercialmente importantes de sal común y otras sales, como cloruros y sulfatos de magnesio y potasio. La salmuera se utiliza como conservante en el envasado de carne (como en la carne en conserva) y en escabeche. En los sistemas de refrigeración y refrigeración, las salmueras se utilizan como medios de transferencia de calor debido a sus bajas temperaturas de congelación o como agentes de absorción de vapor debido a su baja presión de vapor. [57]

2.3.Presión de operación efectiva

Esta es la máxima presión de operación que efectivamente se presenta en un sistema de tuberías durante un tiempo mínimo 4 h continuas en ciclos de un año contados a partir de la fecha de inicio de operación del sistema. No incluye los valores de presión presentados debido a casos excepcionales. [58]

2.4.Máxima presión de operación permisible (MPOP)

Es la máxima presión a la cual puede ser operado un sistema de gas de conformidad con las especificaciones de la presente norma. [58]

2.5.Presión de diseño

Máxima presión permisible prescrita por las normas técnicas aplicables a cada sistema de tuberías, determinada mediante los procedimientos de diseño establecidos para el tipo de materiales en que está construido y la clase de localidades que involucra en su trazado. [58]

2.6.Instalación para suministro de gas

Conjunto de tuberías, equipos y accesorios requeridos para el suministro de gas a edificaciones; está comprendida entre la salida de la válvula de corte en la acometida y los puntos de salida para conexión de los gasodomésticos o equipos para uso comercial que funcionan con gas. [58]

2.7.Líneas matrices

Sistemas de tuberías exteriores o interiores a la edificación (en este último caso, ubicadas en las áreas comunes de la edificación), que forman parte de la instalación para suministro de gas donde resulte imprescindible ingresar a las edificaciones multiusuario con el objeto de accesar los centros de medición. Está comprendidas entre la salida de la válvula de corte en la acometida de la respectiva edificación multiusuario y los correspondientes medidores individuales de consumo. [58]

2.8.Pozo de registro

Una boca de acceso o una cámara de inspección es una unidad construida bajo tierra para proporcionar acceso a los servicios públicos como un sistema de alcantarillado, sistema de drenaje, etc. Por lo tanto, con la ayuda de una boca de acceso, los servicios subterráneos se inspeccionan, modifican, se limpian y se les realiza mantenimiento. [59]

2.9.Pirotubular

Una caldera pirotubular es un tipo de caldera en la que los gases calientes pasan del fuego a través de uno o (muchos) tubos que atraviesan un recipiente sellado de agua. El calor de los gases se transfiere a través de las paredes de los tubos por conducción térmica, calentando el agua y creando finalmente vapor. La potencia nominal de vapor en las calderas pirotubulares no supera los 2500 kg por hora y la presión está limitada a 10 bar. [60]

2.10. Golpe de ariete

El golpe de ariete es un fenómeno de presión transitorio causado por la rápida interrupción del flujo. La desaceleración rápida hace que una onda de presión se propague aguas arriba, donde se

refleja y regresa creando un pulso de presión aumentado en el punto de desaceleración. Este pulso de presión hace que se escuche un fuerte "bang" seguido de otros a intervalos regulares. Los intervalos están determinados por la velocidad del sonido en el agua de mar (5000 pies/so 1500 m/s) y el doble de la distancia aguas arriba hasta el punto de reflexión. [61]

2.11. Temperatura de bulbo húmedo

La temperatura de bulbo húmedo es la temperatura de saturación adiabática. Esta es la temperatura indicada por el bulbo de un termómetro humedecido expuesto al flujo de aire. La temperatura del bulbo húmedo se puede medir usando un termómetro con el bulbo envuelto en muselina húmeda. La evaporación adiabática del agua del termómetro y el efecto de enfriamiento se indican mediante una "temperatura de bulbo húmedo" más baja que la "temperatura de bulbo seco" en el aire. La tasa de evaporación del vendaje húmedo en el bulbo y la diferencia de temperatura entre el bulbo seco y el bulbo húmedo depende de la humedad del aire. La evaporación se reduce cuando el aire contiene más vapor de agua. [62]

2.12. Sensor de nivel

Los sensores de nivel detectan el nivel de líquidos y otros fluidos y sólidos fluidizados, incluidos lodos, materiales granulares y polvos que exhiben una superficie superior libre. Las sustancias que fluyen se vuelven esencialmente horizontales en sus contenedores (u otros límites físicos) debido a la gravedad, mientras que la mayoría de los sólidos a granel se apilan en un ángulo de reposo hasta un pico. La sustancia a medir puede estar dentro de un recipiente o puede estar en su forma natural (por ejemplo, un río o un lago). La medición de nivel puede ser continua o puntual. [63]

2.13. Procedimiento de encendido

El procedimiento de puesta en marcha es un 'ciclo procesal de una puesta en marcha que puede considerarse completo cuando una empresa se encuentra en pleno funcionamiento para desarrollar sus actividades económicas, industriales, y de encendido de las operaciones unitarias y las unidades de proceso según corresponda'. [64]

2.14. Vapor sobrecalentado

El vapor sobrecalentado es vapor calentado a una temperatura superior a su punto de ebullición correspondiente a la presión de funcionamiento.[65]

El control de la temperatura del vapor sobrecalentado es una consideración crítica para el funcionamiento eficiente del generador de vapor frente a la unidad del turbogenerador. La temperatura del vapor debe ser estable para lograr la mayor eficiencia de la turbina. Esto también reduciría la fatiga del metal de la turbina. [66]

2.15. Velocidad rotacional

En palabras simples, la velocidad angular es la tasa de tiempo a la que un objeto gira o gira alrededor de un eje. Se mide en ángulo por unidad de tiempo; por lo tanto, la unidad SI de velocidad angular es radianes por segundo. Para un objeto que gira alrededor de un eje, todos los puntos del objeto tienen la misma velocidad angular. Pero los puntos más alejados del eje de rotación se mueven a una velocidad tangencial diferente que los puntos más cercanos al eje de rotación. La velocidad angular también se conoce como velocidad de rotación y vector de frecuencia angular. [67]

2.16. Prueba hidrostática

Una prueba hidrostática es una prueba de presión en la que se presuriza la tubería u otro componente para evaluar su integridad. Esta prueba se utiliza para evaluar la integridad estructural de la tubería u otra infraestructura que contenga presión. Durante la prueba, la tubería se llena con agua y la presión del agua aumenta, se mantiene durante un cierto tiempo y luego se libera. La prueba se realiza a presiones por encima de las condiciones normales de operación de la tubería. Normalmente, la prueba se realiza cuando la tubería se pone en servicio, pero también se puede realizar para evaluar la integridad de la infraestructura después de un cierto período de operación. [68]

2.17. Sello de fuga

La norma ANSI/FCI 70-2 fue desarrollada para medir unos niveles (Clases) de fuga entre obturador-asiento en válvulas de control solamente. Si se desea un nivel de cierre mayor, como si de una válvula de aislamiento se tratase, otros estándares más rigurosos podrían usarse, aunque no hayan sido redactados pensando en válvulas de control. Allí se establecen varias Clases de calidad de cierre, que van desde Clase I a Clase VI, y las diferentes condiciones de prueba para certificar esos niveles de fuga, eso sí en banco de pruebas. Cada clase de fuga utiliza un procedimiento y criterio de aceptación diferente; por esto las clases no tienen una progresión lineal. [69]

3. METODOLOGÍA

Para el cumplimiento de los objetivos de investigación, se tuvieron en cuenta diferentes aspectos relacionados con el desarrollo de actividades que permitirían el avance del proyecto.

En primera medida se tuvo en cuenta la agrupación de información, en donde a través de la información proporcionada por proveedores, e ingenieros encargados de, para en ese entonces, el desarrollo de la planta piloto de la Universidad de América, se obtuvo los diferentes equipos que se encontrarían presentes en la zona del CESI, operaciones unitarias, la distribución de dichos equipos en la planta, y las funciones que ejercerían de acuerdo a la distribución de tuberías y corrientes que por allí se enlazarían.

Posteriormente se determinó información más específica, ya fuere por las fichas técnicas de los equipos disponibles, o por estándares propios, para determinar la forma de operación de dichos equipos y cuál era su funcionalidad dentro de la zona del CESI. Esto se realizó con el fin de determinar el procedimiento de encendido y apagado de los equipos de manera directa a lo que respecta a la zona del CESI. Para ello se determinaron las variables de operación disponibles con respecto a su importancia en el aspecto de funcionamiento del equipo, las cuales se comprendían entre el caudal, nivel de fluido, temperatura y presión de operación.

Luego de determinar la operación y la funcionalidad de los equipos, se determinaron aspectos importantes de seguridad y control de procesos relacionados con las variables de operación, y las diferentes situaciones que se puedan arraigar de la manipulación de dichas variables, incluso en situaciones por fuera de la operación rutinaria.

Seguidamente se investigaron aspectos de seguridad y mantenimiento predictivo del equipo, con el fin de proporcionar información que sería necesaria para el caso de alguna eventualidad de mal funcionamiento del equipo.

Por último, para el caso de los gases especiales, se proporcionó información relacionada con los tipos de gases que se proporcionarían desde la zona del CESI, así como también información de almacenaje de los gases que allí se utilizarían, teniendo en cuenta tipo de cilindro de almacenaje, contenido, presión a la que se encuentran, y tamaño. Allí también se tuvo en cuenta los aspectos de seguridad y manipulación de dichos gases, así como también los peligros que representan para la salud humana, y para las operaciones que se realicen dentro de la planta piloto.

4. CONCLUSIONES

Se identificaron los procedimientos de operación de las unidades del CESI, las cuales representan:

Suavizador de intercambio iónico como equipo para la reducción de la dureza del agua que proviene al proceso, el cual reduce la dureza del agua hasta 2.4 granos por galón (41 ppm).

Tanque de combustible, donde se almacenará el ACPM o gas propano (según se requiera) que será necesario en la caldera, allí se determinó que la cantidad de combustible necesaria para realizar el procedimiento de encendido es de como mínimo 150 L.

Tanque de predosificación, el cual es donde pasará el combustible antes de entrar al quemador para visualizar el consumo continuo de la caldera, allí se determinó que la capacidad máxima es de 24 L y que es necesario tener un mínimo de 14 L para su puesta en marcha.

Caldera, la cual es la operación unitaria encargada de convertir el agua que entra a la misma, en vapor saturado, allí se determinó que la eficiencia de la caldera es de 81%, con una potencia de 20 bhp operando a una presión de 8,6 bar es capaz de producir una cantidad de vapor de 563,7 L/h

Tanque de retorno de condensados, el cual es el tanque que almacena el agua que proviene de los condensados en el distribuidor de vapor y es donde se almacena el agua antes de entrar a la caldera, este tanque tiene una capacidad de 170 L, y necesita tener un mínimo de 68 L para iniciar la puesta en marcha.

Distribuidor de vapor, el cual consiste de dos válvulas que envían el vapor de proceso hacia el sobrecalentador y los intercambiadores de calor, allí se utiliza un aislamiento de lana mineral para la distribución de vapor de manera segura, y cuenta con un trapeo de condensados, el cual permite evitar problemas de golpe de ariete, al desplazar condensados a una velocidad de 30 km/h.

Sobrecalentador, el cual es el equipo que sobrecalienta el agua para mejorar la eficacia de la transferencia de energía cinética al enviarla a la turbina, este equipo utiliza resistencias eléctricas, dado que es más seguro y fácil para el control del proceso global utilizando tuberías en acero al carbón

Turbina de vapor, este equipo permite la generación de energía eléctrica y que se puede evidenciar en el tablero de consumo que se encuentra en la planta térmica, este equipo es capaz de generar 1.5 kW de energía eléctrica operando a una velocidad rotacional de 6000 rpm.

Intercambiadores de calor, el cual son los encargados de condensar el agua que proviene de la turbina y se almacenarán en el tanque de condensados, y son el lugar donde se realizarán las prácticas a escala piloto de los intercambiadores de coraza-tubos y placas, allí se determinó que para el caso del condensador, este posee un área de transferencia de calor de 2.59 m^2 utilizando 55 tubos con un diámetro interno de 12.52 mm; para el caso del intercambiador de calor de coraza y tubos, se obtuvo un área de transferencia de calor de 0.36 m^2 utilizando 24 tubos con un diámetro interno de 9.25 mm; y finalmente para el caso del intercambiador de calor de placas, se obtuvo un área de transferencia de calor de 0.0987 m^2 utilizando en total 9 placas en acero inoxidable 316.

Torre de enfriamiento, la cual es el equipo encargado de proveer del servicio de enfriamiento necesario en los intercambiadores de calor presentes en la planta térmica, allí se determinó que el caudal máximo con el que es capaz de operar es de $1 \text{ m}^3/\text{h}$, teniendo una temperatura de entrada de 70°C , y una temperatura de salida de 40°C con una temperatura de bulbo húmedo de 16°C .

Válvula de control PID, el cual es un mecanismo que controla el caudal que se dirige al sobrecalentador a través de un lazo de control acoplado a la turbina, allí se determinó que para su operación se necesita una presión de suministro de aire de 6 bar, la cual cuenta con un sello de clase IV, el cual determina que la válvula tiene una capacidad nominal a fugas de un 0,01%.

Tableros de control, el cual cuenta con los componentes de mando y control para controlar y visualizar las variables de operación y de respuesta de la planta térmica respectivamente, allí se determinó que las paradas de emergencia para evitar inconvenientes en la planta se deben a sobrerrevoluciones de la turbina, excediendo 6000 rpm, o sobredemandas en la caldera, para evitar sobrecalentamientos de la misma, y temperaturas inferiores a los 190°C para iniciar la derivación del vapor a las diferentes partes de la planta térmica.

Compresor, el cual es el equipo encargado de comprimir el aire que se dirige a la válvula PID y al humidificador de aire que se encuentra en la planta de absorción del CEPIIS, allí se determinó que es necesario que se comprima el aire hasta 6 bares para el caso del compresor de la válvula PID, y que se comprima a 2 bares con un flujo volumétrico de 1200 L/h .

Posteriormente se realizó el desarrollo de una manual de operación de equipos del CESI, el cual se encuentra en el Anexo 1, donde se evidencia los equipos que se encuentran presentes en el CESI,

el funcionamiento de dichos equipos, pautas a tener en cuenta en relación con diferentes situaciones que se pueden presentar en el equipo, y condiciones de seguridad y mantenimiento preventivo de los mismos, como lo son el caso de los gases especiales, donde . Además, se presenta las variables importantes a tener en cuenta a la hora de la puesta en marcha de la planta térmica como lo es la verificación de niveles de niveles para el caso del tanque de combustible, tanque de predosificación, tanque de agua de alimentación y retorno de condensados, y los tanques de agua fría y caliente; suministro de aire y su presión para el caso de la válvula PID y el compresor de paletas rotatorias, la temperatura a la cual se debe encontrar el vapor a la salida de la caldera, la regulación del caudal para el caso de la turbina con la válvula PID, y la apertura de las válvulas para el correcto procedimiento de encendido, purga de la caldera, inicio de las prácticas de laboratorio en el sistema de intercambiadores de calor y su respectivo procedimiento de apagado.

Por último, para el caso de los gases especiales que se utilizarán en el CEPIIS, se tuvieron en cuenta aspectos de almacenamiento, como el aislamiento del tanque de combustible para evitar accidentes por operación de dichos gases especiales; tipo de envase de almacenaje, condiciones de presión como lo es para el caso del nitrógeno, oxígeno con una presión máxima de almacenamiento de 200 bar, volumen el cual consiste de 9.42 m³ para el caso del nitrógeno, y 10 m³ para el caso del oxígeno, con una temperatura máxima de calentamiento de los cilindros para el caso del nitrógeno y oxígeno de 52°C, así como también el tipos de válvulas que presenta cada cilindro, el cual es de 200/300 para el caso del nitrógeno y del oxígeno, con consideraciones de seguridad tales como mantener pruebas hidrostáticas vigentes con su tapa de protección y mantener almacenados los cilindros de materiales combustibles a por lo menos una distancia de 1.5 m teniendo un grado de resistencia de a incendios de 0.5 h.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Foro Nuclear, “¿Qué es una central termoeléctrica?,” *Foro de la Industria Nuclear Española*, 2022. <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-una-central-termoelectrica/> (accessed Aug. 27, 2022).
- [2] Fundación Endesa, “Central térmica convencional,” *Fundación Endesa*, 2022. <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-electricas-convencionales/central-termica-convencional> (accessed Aug. 28, 2022).
- [3] Refornovalia, “Qué es la Energía Térmica,” *Artículos de Reformas e Instalaciones para el Hogar*, 2022. <https://reformaenergeticamalaga.es/que-es-la-energia-termica.html> (accessed Aug. 28, 2022).
- [4] Kinetico, “Water Softeners,” *Kinetico water systems*, 2022. <https://www.kinetico.com/water-softeners/> (accessed Aug. 28, 2022).
- [5] J. Woodard, “What Is a Water Softener and How Does It Work?,” *Fresh Water Systems*, Aug. 12, 2022. <https://www.freshwatersystems.com/blogs/blog/what-is-a-water-softener-and-how-does-it-work> (accessed Aug. 28, 2022).
- [6] D. Zhang, “Direct injection natural gas engines,” *Advanced Direct Injection Combustion Engine Technologies and Development*, pp. 199–228, Jan. 2010, doi: 10.1533/9781845697327.199.
- [7] H. Bleile and S. D. Rodgers, “Marine Coatings,” *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*, pp. 5174–5185, Jan. 2001, doi: 10.1016/B0-08-043152-6/00899-8.
- [8] A. L. Moore, “Compounds for Auto Fuel Systems,” *Fluoroelastomers Handbook*, pp. 279–290, Jan. 2006, doi: 10.1016/B978-081551517-3.50015-0.
- [9] Thermodyne, “What is Boiler?,” *Thermodyne Engineering systems*, 2022. <https://www.thermodyneboilers.com/what-is-boiler/> (accessed Aug. 28, 2022).
- [10] S. Hall, “Boilers,” *Branan’s Rules of Thumb for Chemical Engineers*, pp. 166–181, Jan. 2012, doi: 10.1016/B978-0-12-387785-7.00009-8.

- [11] S. Kubba, “Impact of Energy and Atmosphere,” *Handbook of Green Building Design and Construction*, pp. 385–492, Jan. 2012, doi: 10.1016/B978-0-12-385128-4.00009-3.
- [12] E. K. Vakkilainen, “Boiler Processes,” *Steam Generation from Biomass*, pp. 57–86, Jan. 2017, doi: 10.1016/B978-0-12-804389-9.00003-4.
- [13] Wermac, “Storage tanks,” *Wermac*, 2022. https://www.wermac.org/equipment/storage_tanks_vessels_general.html (accessed Aug. 28, 2022).
- [14] Woodard John, “What is a Water Storage Tank and How Does It Work?,” *Fresh Water Systems*, Oct. 29, 2019. <https://www.freshwatersystems.com/blogs/blog/what-is-a-water-storage-tank-and-how-does-it-work> (accessed Aug. 28, 2022).
- [15] B. Campbell, “What is Water Tank Storage?,” *Water & Waste Digest*, Mar. 16, 2022. <https://www.wwdmag.com/editorial-topical/what-is-articles/article/10940672/what-is-water-tank-storage> (accessed Aug. 28, 2022).
- [16] I. Arnabat, “Calentador de agua eléctrico,” *Calor y frío*, Oct. 17, 2019. <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/agua-caliente/calentador-de-agua-electrico-claves-elegir-mejor-infografia.html> (accessed Aug. 28, 2022).
- [17] Petrotech, “How Does a Steam Turbine Work?,” *Petrotech*, 2022. <https://petrotechinc.com/how-does-a-steam-turbine-work/> (accessed Aug. 28, 2022).
- [18] B. G. Miller, “Anatomy of a Coal-Fired Power Plant,” *Clean Coal Engineering Technology*, pp. 219–250, Jan. 2011, doi: 10.1016/B978-1-85617-710-8.00006-6.
- [19] C. Kulhanek, M. Taher, J. J. Moore, G. Phillippi, and B. White, “Standards and Codes,” *Compression Machinery for Oil and Gas*, pp. 463–481, Jan. 2019, doi: 10.1016/B978-0-12-814683-5.00013-4.
- [20] E. Sciubba, “Turbines, Steam,” *Encyclopedia of Energy*, pp. 231–254, Jan. 2004, doi: 10.1016/B0-12-176480-X/00097-8.
- [21] “Compressible Flow,” *Fluid Mechanics*, pp. 729–778, Jan. 2012, doi: 10.1016/B978-0-12-382100-3.10015-0.

- [22] Econet Desatascos, “Qué son las toberas y para qué sirven,” *Econet Desatascos*, 2022. <https://econetdesatascos.com/toberas-que-son-y-para-que-sirven/> (accessed Aug. 28, 2022).
- [23] R. Kohli, “Non-Aqueous Interior Surface Cleaning Using Projectiles,” *Developments in Surface Contamination and Cleaning - Methods for Removal of Particle Contaminants*, pp. 123–147, Jan. 2011, doi: 10.1016/B978-1-4377-7885-4.10004-1.
- [24] G. Slemon, “electric generator | instrument | Britannica,” *Britannica*, Sep. 2020. <https://www.britannica.com/technology/electric-generator> (accessed Aug. 28, 2022).
- [25] Generator source, “How Does A Generator Work?,” *Formerly Diesel Service & Supply*, 2022. https://www.generatorsource.com/How_Generators_Work.aspx (accessed Aug. 28, 2022).
- [26] A. Papalexopoulos, “Transmission Grid Fundamentals,” *Climate Vulnerability: Understanding and Addressing Threats to Essential Resources*, vol. 3, pp. 217–230, Jan. 2013, doi: 10.1016/B978-0-12-384703-4.00327-0.
- [27] Industrial Quick Search, “Shell and Tube Heat Exchanger,” *IQS Directory*, 2022. <https://www.iqsdirectory.com/articles/heat-exchanger/shell-and-tube-heat-exchangers.html> (accessed Aug. 28, 2022).
- [28] U. Roy and P. K. Roy, “Advances in heat intensification techniques in shell and tube heat exchanger,” *Advanced Analytic and Control Techniques for Thermal Systems with Heat Exchangers*, pp. 197–207, Jan. 2020, doi: 10.1016/B978-0-12-819422-5.00007-4.
- [29] R. A. Parish and R. A. Rhea, “Mechanical Equipment,” *Pipe Drafting and Design*, pp. 119–153, Jan. 2022, doi: 10.1016/B978-0-12-822047-4.00011-X.
- [30] M. Stewart, “Tubular heat exchanger inspection, maintenance, and repair,” *Surface Production Operations*, pp. 555–668, Jan. 2021, doi: 10.1016/B978-0-12-803722-5.00011-2.
- [31] I. Sutton, “Regulations and Standards,” *Offshore Safety Management*, pp. 107–138, Jan. 2014, doi: 10.1016/B978-0-323-26206-4.00004-6.

- [32] Alfa Level, “How plate heat exchanger work,” *Alfa Level*, 2022. <https://www.alfalaval.my/products/heat-transfer/plate-heat-exchangers/gasketed-plate-and-frame-heat-exchangers/heat-exchanger/how-plate-heat-exchanger-work/> (accessed Sep. 02, 2022).
- [33] K. Oyakawa, Y. Furukawa, T. Taira, I. Senaha, And T. Nagata, “Effects Of Vortex Generators On Heat Transfer Enhancement In A Duct,” *Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics 1993*, pp. 633–640, Jan. 1993, doi: 10.1016/B978-0-444-81619-1.50075-7.
- [34] E. Golin, “Plate Heat Exchanger Working Principle,” *R&D Onda S.p.A.*, 2022. <https://www.onda-it.com/eng/news/how-a-plate-heat-exchanger-works/plate-heat-exchanger-working-principle> (accessed Sep. 02, 2022).
- [35] WCR, “Plate Heat Exchangers,” *Wermac*, 2022. <https://www.wermac.org/equipment/plateheatexchanger.html> (accessed Sep. 02, 2022).
- [36] Marley Cooling towers, “What Is A Cooling Tower?,” *SPX Cooling Technologies*, 2022. <https://www.spxcooling.com/coolingtowers/> (accessed Sep. 02, 2022).
- [37] R. Botermans and P. Smith, “Cooling Towers,” *Advanced Piping Design*, pp. 177–182, Jan. 2008, doi: 10.1016/B978-1-933762-18-0.50016-7.
- [38] S. Hall, “Cooling Towers,” *Branan’s Rules of Thumb for Chemical Engineers*, pp. 182–189, Jan. 2012, doi: 10.1016/B978-0-12-387785-7.00010-4.
- [39] D. P. Nolan, “Special Locations, Facilities, and Equipment,” *Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles*, pp. 353–377, Jan. 2014, doi: 10.1016/B978-0-323-31301-8.00020-9.
- [40] Omega, “Pid Controller,” *Omega Engineering inc.*, 2022. <https://www.omega.co.uk/prodinfo/pid-controllers.html> (accessed Sep. 02, 2022).
- [41] K. Jiao *et al.*, “System-level modeling of proton exchange membrane fuel cell,” *Water and Thermal Management of Proton Exchange Membrane Fuel Cells*, pp. 265–314, Jan. 2021, doi: 10.1016/B978-0-323-91116-0.00007-9.

- [42] R. Toulson and T. Wilmshurst, “An Introduction to Control Systems,” *Fast and Effective Embedded Systems Design*, pp. 273–295, Jan. 2012, doi: 10.1016/B978-0-08-097768-3.00013-1.
- [43] OMEGA, “An Introduction to Flow Meters,” *OMEGA Engineering inc.*, 2022. <https://www.omega.com/en-us/resources/flow-meters> (accessed Sep. 02, 2022).
- [44] P. J. LaNasa and E. L. Upp, “Types of Fluid Flow Measurement,” *Fluid Flow Measurement*, pp. 31–44, Jan. 2014, doi: 10.1016/B978-0-12-409524-3.00003-4.
- [45] P. Childs, “Pneumatics and hydraulics,” *Assembly*, vol. 44, no. 6, pp. 849–874, Jan. 2019, doi: 10.1016/B978-0-08-102367-9.00018-4.
- [46] J. Evans, “Technologies to reduce refrigeration energy consumption in the food industry,” *Handbook of Waste Management and Co-Product Recovery in Food Processing*, vol. 2, pp. 196–220, Jan. 2009, doi: 10.1533/9781845697051.2.196.
- [47] F. Moerman and S. Dewulf, “Hygiene control in the application of compressed air and food gases,” *Hygiene in Food Processing: Principles and Practice: Second Edition*, pp. 203–255, Jan. 2014, doi: 10.1533/9780857098634.2.203.
- [48] A. Redko, O. Redko, and R. DiPippo, “Industrial waste heat resources,” *Low-Temperature Energy Systems with Applications of Renewable Energy*, pp. 329–362, Jan. 2020, doi: 10.1016/B978-0-12-816249-1.00009-1.
- [49] L. van den Berg and M. Ashmore, “Nitrogen,” *Encyclopedia of Ecology, Five-Volume Set*, pp. 2518–2526, Jan. 2008, doi: 10.1016/B978-0-08045405-4.00409-2.
- [50] “Acquisition and Processing of Water Resources Data,” *Developments in Water Science*, vol. 51, no. C, pp. 47–121, Jan. 2003, doi: 10.1016/S0167-5648(03)80056-4.
- [51] Water Science School, “Nitrogen and Water,” *U.S. Geological Survey*, May 21, 2018. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/nitrogen-and-water> (accessed Sep. 21, 2022).

- [52] V. L. D. S. N. Button, “Optical Transducers for Oximetry and Capnography,” *Principles of Measurement and Transduction of Biomedical Variables*, pp. 325–350, Jan. 2015, doi: 10.1016/B978-0-12-800774-7.00008-8.
- [53] J. T. Hancock, C. A. Correia De Sequeira, G. Napolitano, G. Fasciolo, and P. Venditti, “The Ambiguous Aspects of Oxygen,” *Oxygen 2022, Vol. 2, Pages 382-409*, vol. 2, no. 3, pp. 382–409, Sep. 2022, doi: 10.3390/OXYGEN2030027.
- [54] M. Stowe, “Compressed Air Basics,” *Chemical Engineering Process*, pp. 40–46, May 2017. Accessed: Sep. 21, 2022. [Online]. Available: <https://www.aiche.org/sites/default/files/cep/20170540.pdf>
- [55] E. Tawil and L. Ap, “An Introduction to Industrial Compressed Air Systems Credit: 3 PDH”.
- [56] Water Science School, “Hardness of Water,” *U.S. Geological Survey*, Jun. 11, 2018. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/hardness-water> (accessed Feb. 10, 2023).
- [57] Herbert H. Dow, “Brine,” *Encyclopaedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/brine> (accessed Feb. 10, 2023).
- [58] Icontec International, *Gasoductos Presiones De Operacion*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2014. Accessed: Feb. 10, 2023. [Online]. Available: http://www.nuevaleislacion.com/files/susc/cdj/conc/ntc_3838_14.pdf
- [59] The Constructor, “Manhole - Purpose, Types, and Construction,” *The Constructor*, 2021. <https://theconstructor.org/practical-guide/manhole-purpose-types-features/36941/> (accessed Feb. 10, 2023).
- [60] “Fire Tube Boiler: Types Construction, Working,” *Thermodyne Boilers*, 2023. <https://www.thermodyneboilers.com/fire-tube-boiler/> (accessed Feb. 10, 2023).
- [61] “Piping Design and Calculations,” *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, vol. 33, no. C, pp. 81–100, Jan. 2002, doi: 10.1016/S0167-9309(02)80006-0.

- [62] Weather, “Temperatures,” *Weather*.
https://www.weather.gov/source/zhu/ZHU_Training_Page/definitions/dry_wet_bulb_definition/dry_wet_bulb.html (accessed Feb. 10, 2023).
- [63] Realpars, “What is a Level Sensor?,” *The RealPars Team*, 2023. <https://realpars.com/level-sensor/> (accessed Feb. 10, 2023).
- [64] European Commission, “Start-up procedures,” *European Union*, 2017. https://single-market-economy.ec.europa.eu/smes/sme-strategy/start-procedures_en (accessed Feb. 10, 2023).
- [65] C. L. Law, H. H. H. Chen, and A. S. Mujumdar, “Food Technologies: Drying,” *Encyclopedia of Food Safety*, vol. 3, pp. 156–167, Jan. 2014, doi: 10.1016/B978-0-12-378612-8.00268-7.
- [66] S. Basu and A. K. Debnath, “Boiler Control System,” *Power Plant Instrumentation and Control Handbook*, pp. 633–741, Jan. 2019, doi: 10.1016/B978-0-12-819504-8.00008-1.
- [67] Byju’s, “What is Angular Velocity,” *Byju’s*, 2023. <https://byjus.com/physics/angular-velocity/> (accessed Feb. 10, 2023).
- [68] S. Papavinasam, “Monitoring – External Corrosion,” *Corrosion Control in the Oil and Gas Industry*, pp. 715–750, Jan. 2014, doi: 10.1016/B978-0-12-397022-0.00011-X.
- [69] Campo López, “Fugas En Válvulas De Control,” *ISA Sección Española*, Jun. 27, 2018. <https://isa-spain.org/fugas-en-valvulas-de-control-la-parte/> (accessed Feb. 10, 2023).

ANEXOS

ANEXO 1.

MANUAL CENTRO DE SERVICIOS INDUSTRIALES

Descripción

El Centro de Servicios Industriales (CESI), es una de las zonas del Centro de Procesos para la Innovación y la Industria Sostenible (CEPIIS) encargada de las prácticas que se realizarán en las unidades de proceso que la constituyen y que más adelante se entrará en detalle de cuáles son sus componentes, cuál es su funcionamiento, cuál es el objetivo de dichas operaciones unitarias, y cómo se enlazarán los diferentes productos resultado de los equipos presentes o del almacenamiento de materias primas que serán utilizadas junto con sus derivaciones a las diferentes zonas del CEPIIS.

Planta térmica

Figura 14.

Planta térmica.



Nota. La figura representa una fotografía general de la planta térmica.

Descripción

La planta térmica que se encuentra en el CESI es una unidad de proceso que hace de sus veces, el funcionamiento, a escala piloto, de una central termoeléctrica que opera bajo el principio termodinámico Rankine. Gracias a los equipos que posee, permite reproducir de manera real principios energéticos mediante prácticas de laboratorio de manera didáctica, para que los estudiantes puedan aprender y sea de utilidad para el desarrollo de su aprendizaje, y comprendan este tipo de sistemas que pueden encontrarse en la industria.

Las prácticas o los temas de investigación que abarca la planta térmica pueden ser:

- Principios y leyes termodinámicas.
- Prácticas de transferencia de calor a través del uso de diferentes intercambiadores de calor (Coraza y tubos, y placas), con diferentes disposiciones de flujo (paralelo y contracorriente).
- Generación de energía eléctrica.
- Trabajo y eficiencias térmicas de equipos en conjunto.
- Proceso con el uso de vapor.
- Procesos de enfriamiento, mediante el principio de refrigeración evaporativa.
- Consumos energéticos de combustible contra energía generada.

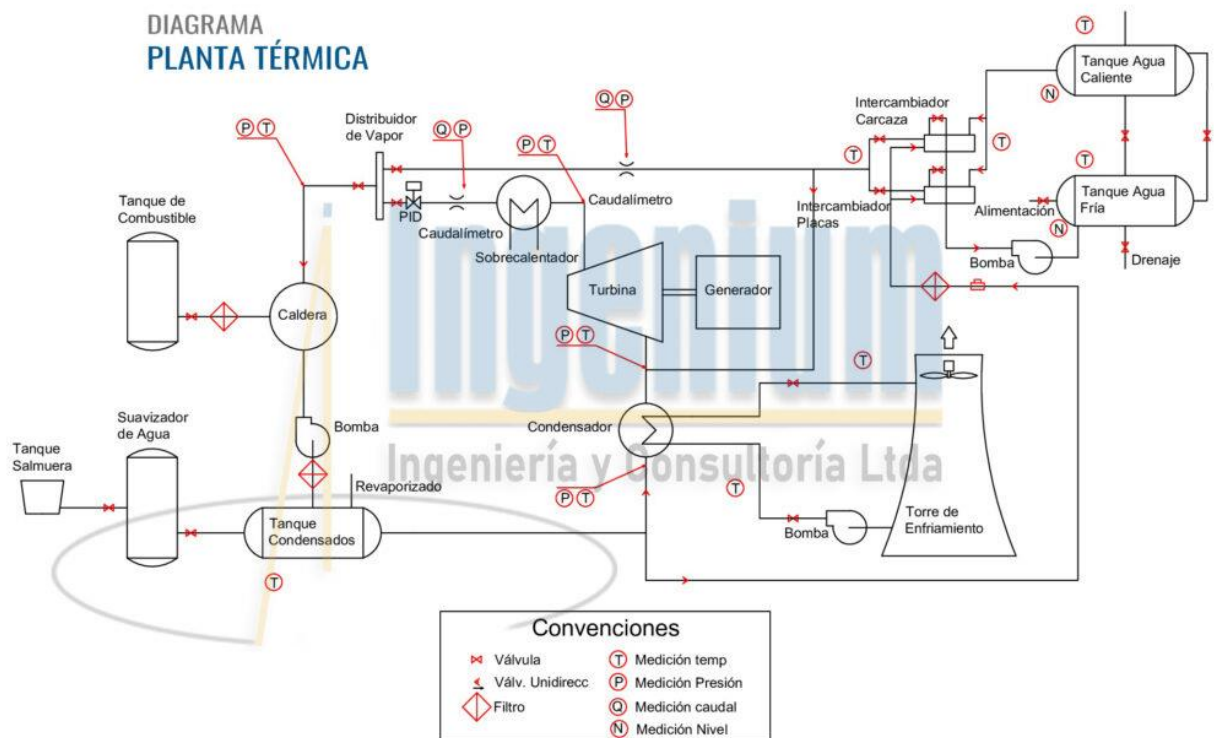
La planta térmica cuenta con un subconjunto de equipos, los cuales la conforman y serán los que darán lugar al funcionamiento de la misma. Estos equipos son los siguientes:

- Suavizador de agua
- Tanque de combustible
- Tanque de predosificado y medición volumétrica de ACPM
- Caldera de vapor
- Tanque de condensados
- Distribuidor de vapor
- Sobrecalentador eléctrico
- Turbina de vapor
- Condensador de vapor
- Torre de enfriamiento

- Generador de energía eléctrica
- Tanques de agua fría y caliente
- Intercambiador de calor de coraza y tubos
- Intercambiador de placas
- Válvula PID
- Tablero de consumo de energía
- Tableros eléctricos auxiliares
- Caudalímetros y elementos de medición

Figura 15.

Diagrama planta térmica.



Nota. La figura representa el diagrama general de la Planta Térmica.

Suavizador de agua

Figura 16.

Suavizador de agua.



Nota. La figura representa la fotografía real del suavizador de agua presente en la planta térmica.

Figura 17.

Diagrama suavizador de agua.



Nota. La figura representa las partes y el modo de operación de las diferentes funcionalidades de un suavizador de agua. Tomado de: Puritec de México, “Frecuencia de regeneración del suavizador de agua,” Puritec de México, Sep. 14, 2020.

Especificaciones técnicas y de capacidad

- Un tanque para salmuera
- Una columna.
- Diámetro de 14 pulgadas.
- 60 pulgadas de altura de cuerpo recto.
- $\frac{3}{4}$ de pulgadas de diámetro de tuberías principales.
- Presión de diseño de 75 psi.
- Presión de prueba de 112,5 psi.

- Presión de operación de 50 psi.
- Flujo de servicio de 11 gal/min.
- Flujo en retrolavado 8 gal/min.
- Dureza de entrada 100 ppm.
- Cantidad de resina de 3 ft³.
- Capacidad en granos por pie cúbico 25 000.
- 4,227 galones de agua suavizada por pie cúbico de resina.
- 10,568 galones de agua suavizada por ciclo entre regeneraciones.
- 40 metros cúbicos de agua por ciclo de regeneración.
- Capacidad de 60000 en granos de dureza de CaCO₃.
- Capacidad de tanque de 120 L para la preparación del NaCl.
- Peso vacío del equipo 200 kg.
- Peso en operación 470 kg.

Descripción

El suavizador o ablandador de agua es un equipo que trabaja con resinas de intercambio iónico – catiónico, y es fundamental para eliminar el contenido de sales minerales (calcio y magnesio), principales formadores de dureza, los cuales son altamente nocivos en la formación de incrustaciones corrosivas en superficies y tuberías metálicas cuando estas se encuentran en contacto con agua o vapor sin tratamiento de suavización. Gracias al diseño del suavizador de agua, se permite obtener ciclos de servicio, retrolavado, regeneración, enjuague y reposición de agua en el tanque de preparación de solución de cloruro de sodio de manera automática, a través de un eyector de vacío.

El equipo suavizador de agua contiene resina de intercambio cationico de ácido fuerte, la cual es una matriz polimérica sintética, capaz de atraer y retener cargas iónicas positivas. Los iones que provocan la dureza del agua son principalmente el Calcio (Ca²⁺) y Magnesio (Mg²⁺). El intercambio iónico es entonces, una sustitución de Ca²⁺ y Mg²⁺ por iones de sodio, potasio o hidronio (Na⁺, K⁺ o H⁺).

El agua dura, es la que tiene un alto contenido de minerales de calcio y magnesio, en contraste con agua blanda o suavizada. El agua dura se forma cuando corre a través de depósitos minerales de

calcio y magnesio, como la piedra caliza, creta y dolomita. Los iones de dureza no permiten la reacción del jabón con el agua, prohibiendo la producción de espuma. Otra forma de comprobar que hay dureza en el agua es observar incrustaciones, formación de depósitos de sarro en tuberías y calentadores de agua.

De acuerdo con la Water Quality Association (WQA), la dureza del agua se clasifica como se representa en la tabla 1.

Tabla 1.

Clasificación dureza del agua.

Clasificación del agua	Granos por galón	Partes por millón (ppm o mg/L)
Suave	0 – 1	0 – 17.1
Ligeramente dura	1 – 3.5	17.1 – 60
Moderadamente dura	3.5 – 7.0	60 – 120
Dura	7.0 – 10.5	120 – 180
Muy dura	> 10.5	> 180

Nota. Esta tabla muestra la clasificación de la dureza del agua de acuerdo a su composición de acuerdo con la Water Quality Association. Tomado de: Carbotecnia, “¿Qué es el suavizador de agua?,” Carbotecnia, Oct. 13, 2021.

El suavizador de agua se encuentra compuesto de tres componentes principales: una válvula de control, un tanque mineral y un tanque de salmuera.

Tanque mineral

El tanque mineral es el lugar donde se encuentra la resina y es la cámara donde el agua dura se suaviza. El agua que se alimenta al equipo entra al tanque, la cual pasa a través de la cama de resinas, deposita los iones de magnesio y calcio que provienen del agua dura, y finalmente el agua sale del tanque como agua suave y fluye a través de las tuberías, la cual será utilizada dentro de la planta térmica como vapor saturado.

Tanque de salmuera

El tanque de salmuera es crucial para el sistema de regeneración de las resinas. Este es un pequeño tanque que se encuentra adjunto al tanque mineral. El tanque de salmuera contiene una solución altamente concentrada de sal para restaurar las camas de resinas de intercambio positivo. La sal se

agrega manualmente al tanque de salmuera en forma de pellets o bloques. Estos se disuelven en el agua que se encuentra en el fondo del tanque. Cuando se da comienzo al proceso de generación, la solución se hace fluir a través de la resina en el tanque mineral y posteriormente se descarga como agua de residuo.

Válvula de control

La válvula de control mide la cantidad de agua que pasa a través del tanque mineral. Esta también funciona como caudalímetro. A medida que el agua fluye a través del tanque mineral, se produce el intercambio iónico. Con el paso del tiempo, esto merma la capacidad de la resina para seguir suavizando el agua a medida que se realizan los ciclos de suavización del agua. Cuando la cama de resinas se encuentra cargada con demasiado contenido mineral para continuar realizando los ciclos de suavización, esta se encarga de comenzar, de manera automática, el ciclo de regeneración.

Consideraciones de seguridad, mantenimiento y problemas comunes

- Comprobar los niveles de sal que se encuentren en el tanque de salmuera al menos una vez al mes.
- Es necesario llenar el tanque con sal al menos hasta la mitad, manteniéndola al menos 7,5 cm (3 in) por encima del nivel del agua.
- En caso de utilizarse bloques de sal, es necesario que se aumente el nivel del agua para mantener el bloque sumergido completamente.
- En caso de utilizarse sal granulada, tener en cuenta que es posible que los cristales de sal común pueden obstruir el tanque.
- En caso de haber obstrucción del tanque por el uso de sal granulada, se recomienda hacer uso de sal en forma de pellets.
- La sal de roca contiene un cierto grado de impurezas, lo que disminuye la eficiencia y ensucia el tanque, por lo que, en caso de utilizarse este tipo de sal, se requerirá de una limpieza más frecuente del tanque de salmuera.
- Otras opciones para reemplazar la sal de roca son la sal marina o solar, y la sal evaporada, aunque dichas opciones pueden resultar más costosas.
- La sal puede formar una capa sólida en el tanque de salmuera, lo que evita que la sal suelta en la parte superior se mezcle con el agua de la parte inferior, por lo que es recomendable romper

dicha capa con algún objeto longitudinal por la parte del centro del tanque, para romper la formación de dichos puentes.

- Otra opción para romper la capa sólida es utilizando agua caliente.
- En caso de presentar problemas con la formación de dichas capas sólidas, se recomienda usar menos sal y dejar que el nivel de sal baje más entre cada recarga.
- La sal también puede formar acumulaciones blandas en la base del tanque, causando que el agua se asiente a su alrededor en lugar de mezclarse. Para esto se recomienda retirar la masa acumulada y disolverla en agua caliente, para poder volver a usarla en el tanque.
- En necesario programar una limpieza del suavizador de agua para un periodo anual; no obstante, en caso de no presentarse necesidad de hacer limpieza anual, esta se puede prolongar hasta un periodo de 5 a 10 años.
- Cuando se requiera de vaciar el tanque, se procura no verte los residuos en lugares con zonas verdes, ya que la sal provoca daños a la vegetación circundante.
- De ser necesario para el vacío del tanque, se deberá disolver los bloques o puentes de sal con agua caliente.
- En caso de realizar una limpieza al tanque de salmuera, se requerirá del uso de jabón líquido (como el que es usado para lavar los platos) en 4 a 8 litros de agua, y frotar dicha mezcla con un cepillo de mango largo.
- Normalmente, los organismos no pueden desarrollarse en salmuera concentrada, pero en caso de ser necesario, se deberá hacer una limpieza con lejía.

Tanque de combustible

Figura 18.

Tanque de combustible.



Nota. La figura representa la fotografía de la parte exterior del tanque de combustible con su mirilla de nivel.

Figura 19.

Diagrama tanque de combustible



1. Manhole
2. Válvula de alivio
3. Válvula de calibración
4. Mirilla de nivel
5. Válvula de desagüe
6. Información técnica
7. Tanque

Nota. La figura representa las partes de un tanque de combustible aproximado al que se encuentra en la planta térmica. Tomado de: Kaser, “Tanques de Combustible Diésel Doble Pared Vista Frontal Partes,” Kaser Ingeniería México, 2023.

Especificaciones técnicas

- Volumen de 90 galones.
- Material en lámina de acero HR cal 1/8.
- Capacidad de 340 L.
- Man-hole de 300 mm de diámetro.
- Mirilla de vidrio de verificación de nivel.
- Válvula de drenaje de ¾ in.
- Venteo en tubería de 1 ½ in.

Descripción

El tanque de combustible es un depósito seguro para contener el líquido inflamable que se va a dirigir al quemador de la caldera, en este se almacenará el ACPM o el gas propano. Un tanque de combustible (también llamado tanque de gasolina o tanque de gas) es un contenedor seguro para fluidos inflamables, a menudo gasolina o combustible diesel. Aunque cualquier tanque de almacenamiento de combustible puede llamarse así, el término generalmente se aplica a una parte de un sistema de motor en el que el combustible se almacena y se impulsa (bomba de combustible)

o se libera (gas presurizado) en un motor. Los tanques de combustible varían en tamaño y complejidad, desde el pequeño tanque de plástico de un encendedor de butano hasta el tanque externo criogénico de varias cámaras del transbordador espacial.

Si bien la mayoría de los tanques se fabrican, algunos tanques de combustible aún son fabricados por artesanos del metal o hechos a mano en el caso de los tanques de estilo vejiga. Estos incluyen tanques personalizados y de restauración para automóviles, aviones, motocicletas, barcos e incluso tractores. La construcción de tanques de combustible sigue una serie de pasos específicos.

El diseño y la construcción adecuados de un tanque de combustible desempeñan un papel importante en la seguridad del sistema del que forma parte el tanque. En la mayoría de los casos, los tanques de combustible intactos son muy seguros, ya que el tanque está lleno de una mezcla de aire y vapor de combustible que está muy por encima de los límites de inflamabilidad y, por lo tanto, no puede arder incluso si hubiera una fuente de ignición presente (lo cual es raro).

Los tanques de aceite combinados se utilizan para almacenar de forma segura aceite de calefacción doméstico y otros materiales peligrosos. Las compañías de seguros a menudo requieren la unión, en lugar de tanques de almacenamiento de petróleo de una sola pared.

Consideraciones de seguridad, mantenimiento y problemas comunes

- Para almacenamiento de diésel, lo más recomendable es la limpieza con ingreso, ya que se cuenta con man-hole, o por Gamajet o aspersiones por chorros a presión, que desprende las borras adheridas a las paredes del fondo y laterales del tanque.
- El lavado por aspiración de fondo se hace con una “aspiradora” que se desplaza a lo largo del tanque retirando las borras adheridas en el fondo. El inventario de diésel en el tanque debe estar superior al 50% y la limpieza toma entre 3 y 4 horas, sin necesidad de parar la operación del tanque.
- La diálisis del tanque o filtrado de combustible se utiliza para remover el agua y sólidos suspendidos, recirculando el combustible pasando por una batería de filtros en serie. Este proceso se recomienda como parte de un programa de mantenimiento que incluye el lavado de los tanques.
- La limpieza del tanque de combustible se evidenciará al producirse acumulación de agua, formación de sustancias inertes y fauna microbiana.

- El personal a cargo deberá encargarse de la remoción de sedimentos en el fondo del tanque y sus paredes.
- Es necesario verificar la condición de los man-holes para que haya un aseguramiento de la remoción de los vapores del tanque.
- Aunque el tanque no presenta un gran volumen, es necesario tener en cuenta que a la hora de realizar el mantenimiento ha dicho tanque, se debe tener presente los niveles de oxígeno y azufre, para garantizar que el área es segura.

Tanque de predosificación

Figura 20.

Tanque de predosificación.



Nota. La figura representa la fotografía del tanque de predosificación que se encuentra en la planta térmica.

4.1.1.1.1. Especificaciones técnicas

- Capacidad de 28 L.
- Material de acrílico con espesor de 5 mm.
- Tapa inferior y superior en acrílico de 2,5 cm.
- Tara que permite medición en rangos de 100 cm³.
- Empaquetadura de Nitrilo.
- Estructura general de acero inoxidable 304.

Descripción

En este tanque se permitirá visualizar el consumo de la caldera continuamente.

Caldera

Figura 21.

Caldera.

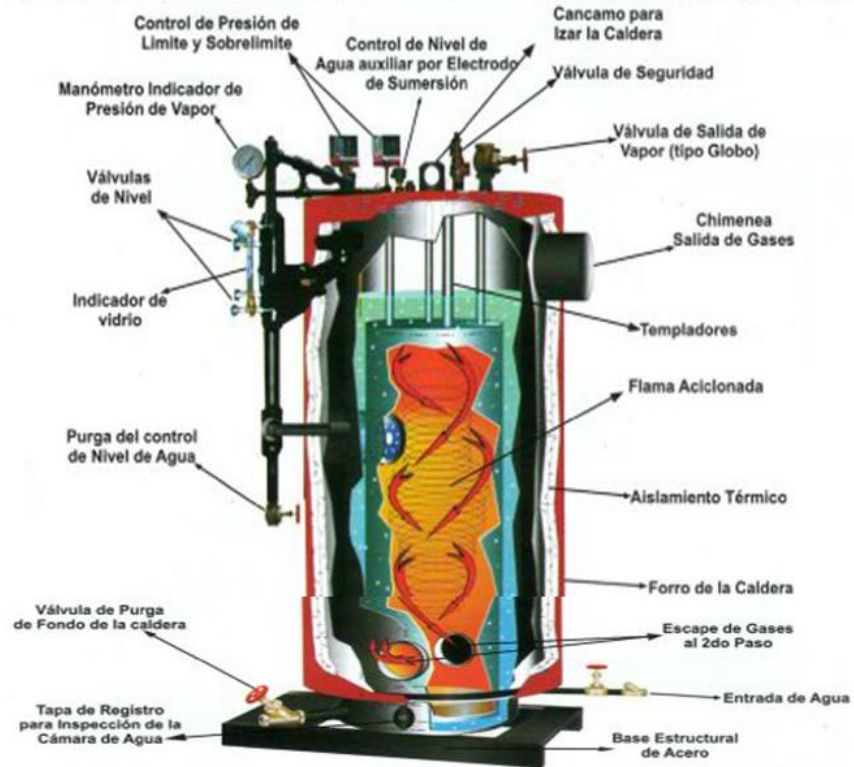


Nota. La figura representa la fotografía real de la caldera de la planta térmica.

Figura 22.

Diagrama de la caldera.

PARTE INTERIOR Y EXTERIOR DE UNA CALDERA "MANSER" VERTICAL DE 4 PASOS DE GASES CON SUS COMPONENTES DE SEGURIDAD PRINCIPALES Y AUXILIARES



Nota. La figura representa las partes de un acercamiento de la caldera que se encuentra en la planta térmica. Tomado de: E. Fernández Gutiérrez, "Universidad Autónoma San Francisco," Slideplayer, 2014.

Especificaciones técnicas

- Quemador dual para combustible diésel o gas propano.
- Potencia de 20 BHP.
- Tipo piro tubular vertical de un paso.
- Presión de diseño 10.34 bar.
- Presión de operación 8.62 bar.
- Eficiencia del 81-82%.
- Cámara de combustión refrigerada por agua.
- Quemador on-off de tipo forzado.

Tabla 2.

Límites de operación caldera.

Variable	Límite máximo de operación
Presión de prueba hidrostática	281.25 bar
Dureza del agua	700 ppm
pH	10.5-11.5
Sólidos disueltos acumulados	3500 ppm
Ruido	80 dB
Temperatura de salida de gases	250°C
Temperatura de agua de alimentación	95°C
Purgas diarias	2
Temperatura de calentamiento de la caldera	193,5 °C

Nota. Esta tabla muestra los límites de operación máximos para las variables de operación de la caldera.

Descripción

La caldera es el corazón de todos los sistemas de vapor, hasta no hace mucho, la necesidad de sistemas rigurosos de control para la caldera no era del todo entendido, a menudo y equivocadamente se pensaba que, si el nivel del agua en el medidor era calmo y estable, lo mismo podía decirse del movimiento del agua al interior de la caldera.

El principio fundamental detrás de la operación de una caldera es relativamente sencillo, el agua es calentada hasta su punto de ebullición y se produce vapor. Conforme se evapora el agua, su nivel baja y habrá que suministrar agua para mantener un nivel dado. El nivel del agua puede ser extremadamente sensible a cambios como un aumento en la demanda de vapor. A parte de tener en cuenta estos factores al momento de la operación de la caldera, a través de la Tabla 2, se puede determinar los límites de operación máximos a los cuales puede operar la planta de manera segura.

Nivel de agua

El primer propósito de los sistemas de control es mantener el nivel del agua dentro de los límites superiores e inferiores. Si es demasiado bajo, las superficies de calentamiento quedarán expuestas y la caldera se sobrecalentará. Si es demasiado alto, el agua podría ser aspirada junto con el vapor,

resultando en una pobre calidad de vapor y arrastre. El diseño compacto de las calderas modernas implica que esta banda de operación es muy angosta, por lo tanto, un control preciso se ha vuelto imprescindible para una operación segura y eficiente.

Para poder controlar el nivel del agua dentro de una caldera, es crucial su medición. El término nivel de agua en estas condiciones, aún con tasas bajas de generación de vapor, cuando las condiciones son de lo más estables, hay un movimiento considerable del agua y gran turbulencia; al hervir el agua, las burbujas de vapor empiezan a ocupar un cierto espacio dentro del agua, ocasionando un aumento del nivel general, aunque la cantidad de agua en sí no ha cambiado. Entre más vigorosa se vuelve la ebullición, más aumenta el nivel. La superficie está casi completamente formada de grandes burbujas que estallan, pero el espesor de esta capa de burbujas puede variar según las circunstancias.

Los cristales de medición externos miden el nivel del agua en ebullición justo por debajo de la capa de burbujas, donde la proporción de agua burbujas sea representativa del interior de la caldera, y ese es el nivel que se ve a través del indicador de nivel.

Control del agua de alimentación

Para reemplazar el agua que ha sido convertida en vapor, es necesario suministrar agua de reposición. Un método común para lograrlo es conocido como control de nivel “ON/OFF”.

Cuando el nivel del agua cae a un cierto punto, la bomba de alimentación se enciende y llena la caldera hasta el nivel adecuado y así se repite el ciclo. Este mecanismo es bastante sencillo de llevar a cabo, pero interfiere con el delicado equilibrio al interior de la caldera. Esto puede ser demostrado de manera eficaz comparándola con un recipiente de agua en ebullición que produce vapor a una tasa constante hacia la atmósfera. Al añadir una cantidad de agua fría, esto tiene un efecto dramático. Inmediatamente se suprime la tasa de ebullición, y por consecuencia, la generación de vapor disminuye, y la tasa solo puede recuperarse hasta que el agua haya alcanzado nuevamente su punto de ebullición. Esto es una desventaja del control de nivel “ON/OFF”.

Los mismos efectos pueden ser vistos en la caldera, pero dado que ocurren en un período de tiempo más largo, son menos evidentes. Tan pronto como se enciende la bomba, la ebullición es suprimida y el nivel cae; al apagarse la bomba, la ebullición se recupera lentamente y el nivel empieza a subir,

solo que continúa ascendiendo por encima de la posición “OFF” de la bomba debido a la reaparición de las burbujas de vapor. Cabe aclarar que se formará niebla justo después del encendido de la bomba, esto se debe a que el vapor recién generado se vuelve a condensar por el repentino descenso de la temperatura del agua. Tan pronto como la bomba se apaga y la temperatura aumenta, la niebla desaparece. Así con el control “ON/OFF”, el nivel del agua sube y baja continuamente, lo que también hace la tasa de generación.

Estos efectos pueden ser reducidos con el precalentamiento del agua de alimentación. Cuanto más alta la temperatura más rápidamente se recupera la tasa de ebullición. Una temperatura más elevada del agua de alimentación también reduce el consumo de secuestradores químicos de oxígeno.

Una solución más adecuada es lograr un suministro continuo, pero variable de agua precalentada para mantener la caldera en equilibrio. Al suministrar cuidadosamente el caudal de agua de reposición para igualar los cambios en la demanda de vapor, el nivel es mantenido en una posición óptima con poca fluctuación. En una caldera esto se conoce como control modulado. El resultado es un caudal de vapor constante y seguro, y esto permitirá responder a demandas fluctuantes.

Operación a baja presión

Si se compara, para una misma demanda de vapor, una caldera operando a 8 bar y otra a 3.5 bar, se podrá ver que, en la operación a baja presión, la superficie será mucho más turbulenta, asperjando agua hacia el punto de salida del vapor. La razón de ello es que las burbujas de vapor son más grandes a baja presión, y al ser más grandes, causan más turbulencia conforme se rompen en la superficie.

Trabajar a baja presión es menos estable y hay más probabilidad de que gotas de agua contaminen la calidad del vapor cuando el nivel del agua alcance su punto más alto. Por ello si se requiere vapor de baja presión, es aconsejable operar la caldera a su presión de diseño y en el punto de aplicación reducirla con una válvula reductora de presión.

Aumento de la demanda

Las demandas de vapor reales son raramente estables, varían frecuentemente y una caldera debe ser capaz de responder a estos cambios.

Cuando la demanda de vapor aumenta, la caldera tardará un poco en aumentar su generación para igualar la nueva demanda; sin embargo, durante este periodo de transición, la demanda de la planta sobrepasa la cantidad de vapor que la caldera puede producir, y el resultado es una caída de presión en el sistema de vapor. Una caída de presión tiene mayor efecto en el interior de la caldera.

Al tener una situación donde se aumenta temporalmente la demanda de vapor, pero dentro de la capacidad máxima de la caldera, la superficie del agua burbujeante empezará a aumentar con una alta aceleración, y en poco tiempo el nivel será tan alto que el agua y la espuma serán arrastradas hacia el punto de salida del vapor. Tan pronto como la demanda disminuya, la presión aumenta y el nivel de la superficie se restablecerá al reanudarse una operación normal. Esta respuesta repentina a menudo se conoce como dilatación, y es el resultado de la combinación de dos factores:

- Las burbujas de vapor dentro del agua de la caldera se expanden al reducirse la presión, ocasionando un aumento en el nivel de la superficie.
- El agua en la superficie se vaporiza causando mayor turbulencia.

Cuando hay una caída de presión, se produce vapor flash, que no es más que la conversión espontánea de agua en vapor sin aporte de calor, cuando se tiene agua a alta presión, justo por debajo de su punto de ebullición, y a esta se le disminuyera drásticamente la presión.

La formación momentánea de vapor flash es un fenómeno normal cuando la caldera sufre un aumento en la demanda de vapor. Pero es importante darse cuenta que la demanda deberá ser aumentada gradualmente porque es precisamente el aumento la causa de la inestabilidad de la caldera, aun cuando la demanda esté dentro de la capacidad de la caldera.

Demanda muy alta

Si la demanda de vapor es aumentada más allá de su capacidad de generación, aun por un período muy corto, esto puede ocasionar problemas de golpe de ariete y nivel bajo de agua en la caldera. De hecho, es común que la caldera se apague al ser sobredemandada al accionarse una alarma de bajo nivel.

Para ejemplificar esto, nótese una situación cuando la demanda de vapor es aumentada suavemente hasta un 15% por encima de la capacidad máxima. En este caso, la caída de presión ocasiona que el nivel de la superficie aumente y las condiciones se vuelvan más turbulentas debido a la

formación de vapor flash. Muy pronto el agua es aspirada hacia la toma de vapor, pero esta vez al sostener la sobredemanda, el nivel turbulento de burbujas sigue subiendo ocasionando un arrastre casi continuo.

Nada de esto es visible en el indicador de nivel externo, ya que está mostrando agua casi libre de burbujas, mientras que el agua en la parte superior de la caldera consiste principalmente de burbujas de vapor. Los niveles mostrados empiezan a caer conforme el agua se revaporiza continuamente en el intento de la caldera por satisfacer la demanda excesiva. Enseguida se vuelve evidente cuán poca agua queda en la caldera, tan poca que la estructura ha quedado expuesta.

Esto demuestra la importancia de mantener una caldera operando dentro de sus parámetros y la necesidad de sensores de nivel precisos y fiables.

Control de los sólidos totales disueltos (STD)

El agua contiene sales químicas en solución llamadas sólidos disueltos. Estos no pueden ser transformados en vapor, así que al hervir el agua se quedan y forman un residuo. Este proceso sucede continuamente cuando una caldera produce vapor, y si no hubiera control, la concentración de sólidos disueltos aumentaría a un nivel inaceptable.

Los altos niveles de sólidos disueltos alteran el comportamiento físico de las burbujas. Estas se vuelven más estables y tardan más en estallar, lo que resulta en espuma. Sin embargo, el nivel del agua en ebullición real medido por el sensor de nivel no estará donde se espera, de hecho, está mucho más abajo, ya que la capa de burbujas espumosas es sustancialmente más espesa que con los sólidos disueltos normales.

Esto reduce el espacio efectivo de vapor al interior de la caldera y la deja expuesta al problema del arrastre, aun cuando los demás parámetros estén dentro de los límites normales de operación. Esto es sobre todo cierto cuando el nivel del agua alcanza el punto más alto del ciclo de la bomba de alimentación, o al reaccionar ante un aumento de la demanda.

Afortunadamente, estos problemas pueden ser fácilmente evitados al utilizar un método apropiado de control de los sólidos disueltos, como lo sería el utilizar un suavizador de agua para reducir estos sólidos disueltos antes del ingreso del agua a la caldera.

Consideraciones de seguridad, mantenimiento y problemas comunes

- Será necesario examinar las superficies de calentamiento y paredes en busca de corrosión, fugas de gases que se identifican por marca de ceniza o color oscuro, grietas.
- Observar que la lámina externa protectora del aislamiento térmico no esté desprendida, maltratada o rota.
- Revisar el buen estado del aislamiento térmico, el colchón de lana de vidrio debe estar completamente seco.
- Asegurarse de que todas las válvulas accionen libremente y que no se tengan fugas.
- Confirmar el buen funcionamiento del sistema de control y el tablero eléctrico.
- Evaluar los puntos críticos propensos a mecanismos de falla típicos asociados a las condiciones de operación.
- Al realizar un mantenimiento interno de la caldera, es necesario y de suma importancia asegurarse de que dicho equipo se encuentre despresurizado y la temperatura sea admisible para el cuerpo humano.
- Será necesario realizar prueba de humos, la cual tendrá por objetivo revisar la hermeticidad de la caldera, la cual es una de las condiciones de seguridad que tiene un equipo generador de vapor; pues en condiciones de variaciones de carga brusca de generación, se producen excesos de gases que, entre otros, van como corrientes de monóxido de carbono en los gases de combustión.
- Para buscar proteger la caldera y a las personas encargadas de su operación, se deberá realizar una prueba hidrostática, con el fin de revisar la resistencia de las partes que trabajan a alta presión y localizar fallas que se pudieran presentar.
- Al momento de vaciar el agua en la caldera, será necesario dejarla enfriar lentamente antes de dicha operación, ya que el enfriamiento rápido endurece las incrustaciones y es perjudicial para el refractario, ya que provoca excesivos esfuerzos en las juntas.
- No es conveniente enviar a la caldera grandes cantidades de agua fría con el objeto de enfriar su agua o reducir su presión.
- Cuando se mantenga inactiva la caldera, es probable que se deteriore al mantenerse en un lugar húmedo y sucio. Por lo que, para preservarla, se pueden quitar las portezuelas, limpiarla por

completo, y secarla por dentro utilizando el tiro forzado prendiendo el quemador durante una hora.

- Será necesario tomar todas las medidas de seguridad contra una apertura accidental de alguna válvula de que la caldera se encuentre en condiciones de entrar en servicio y cedida por mantenimiento.
- En caso de notarse imperfecciones abiertas a la superficie, se recomienda hacer una prueba de líquidos penetrantes, la cual es una técnica no destructiva que permite visualizar dichas imperfecciones en las uniones realizadas por soldaduras, roturas, pliegues, inclusiones o porosidad.
- Las partes de la caldera sometidas a la medición de espesores es para determinar el desgaste a causa de espesores por debajo del espesor mínimo de cálculo. Ya que, si esto llega a ocurrir, entonces será necesario reparar el defecto por soldadura, calcular una nueva presión de trabajo inferior a la original de diseño o finalmente reemplazar la zona afectada.
- Para revelar daños por grietas, poros, o cualquier defecto por debajo de 6 mm de la superficie de la caldera, se puede realizar una prueba no destructiva con partículas magnéticas, donde se utiliza polvo de hierro y una fuente de corriente con un yugo conveniente para garantizar un buen contacto; este se coloca sobre el área a estudiar con el polvo de hierro previamente rociado, para que de esta manera se haga pasar una corriente eléctrica ocasionando un campo magnético sobre la zona, ocasionando una distribución del polvo sobre la zona de la imperfección.
- En caso de necesitarse realizar una inspección visual al interior de las tuberías a las que no se puede acceder de manera sencilla y se pueda facilitar los diagnósticos visuales y objetivos, se puede emplear un boroscopio para dicha tarea.

Tanque de alimentación de agua y retorno de condensados

Figura 23.

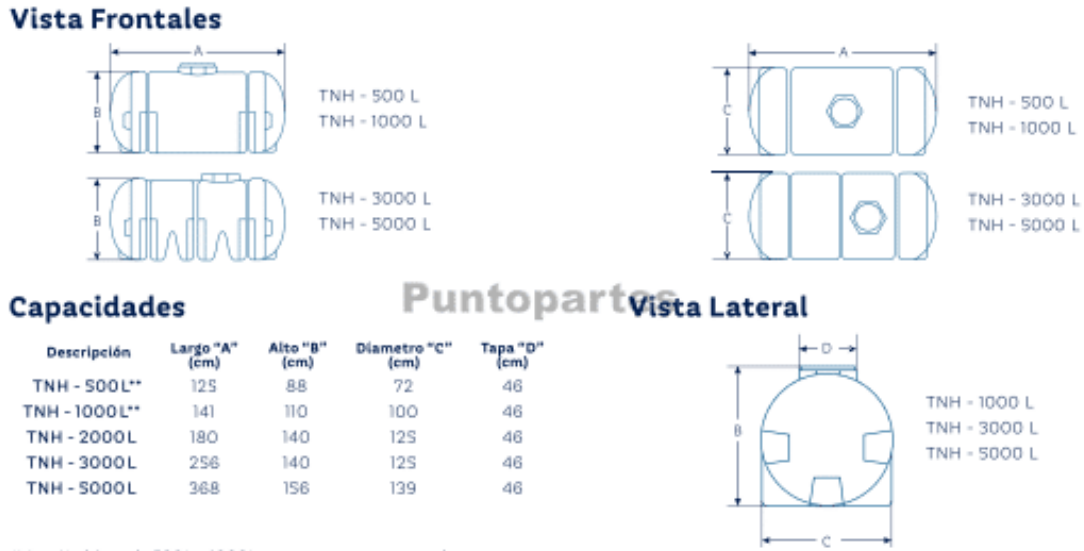
Tanque de agua de alimentación.



Nota. La figura representa una fotografía del tanque de alimentación de agua y retorno de condensados de la planta térmica.

Figura 24.

Diagrama tanque de agua de alimentación.



Nota. La figura representa un diagrama con los componentes de aproximación del tanque de alimentación de agua y retorno de condensados. Tomado de: Rotoplas, “Tanque Horizontal 3000 lts Rotoplas,” Puntopartes, 2023.

Especificaciones técnicas

- Capacidad de 45 gal.
- Material en acero carbón.
- Bomba trifásica de 1,5 hp a 220 V.
- Altura media de 90 m.
- Caudal medio de 6 GPM.
- Base soporte en acero carbón.
- Control de nivel tipo flotador.
- Mirilla de inspección de nivel.
- Medidor de temperatura.

Descripción

El tanque de condensados es el tanque donde se proporciona el agua que se pudo haber condensado y que proviene del trampeo de condensados ubicado en el distribuidor de vapor; sin embargo, allí también se almacenará el agua suave que viene del suavizador de agua.

Consideraciones de seguridad, mantenimiento y problemas comunes

- Se establece que, por normativa, los tanques para almacenamiento de agua deben lavarse y desinfectarse mínimo cada seis meses, ya que se puede producir la acumulación de bacterias y demás insectos que dañen la calidad del agua, y causen riesgo a la hora de usarla.
- Para la realización de la limpieza del tanque, es necesario tener en cuenta el estado de la superficie del material y los productos a utilizar en su lavado.
- Para mayor información acerca de condiciones de seguridad, intervalos de inspección, tolerancias a la corrosión, sistemas preventivos de corrosión, métodos y materiales para reparación y mantenimiento, riesgos potenciales y sistemas de detección, consultar la norma api 653.

Distribuidor de vapor

Figura 25.

Distribuidor de vapor.



Nota. La figura representa la fotografía del distribuidor de vapor.

Figura 26.

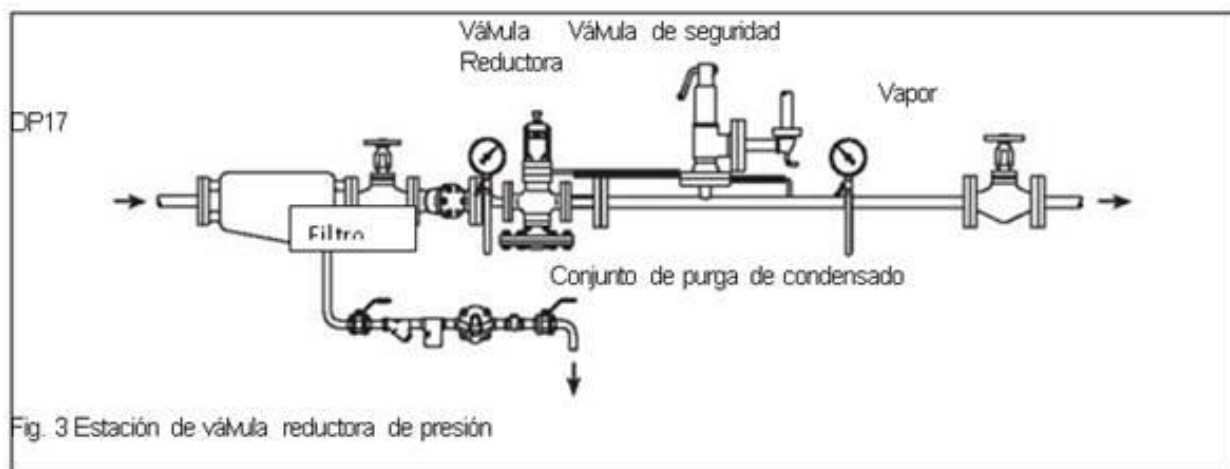
Trampeo de condensados.



Nota. La figura representa la fotografía del trampeo de condensados del distribuidor de vapor.

Figura 27.

Diagrama distribuidor de vapor.



Nota. La figura representa un diagrama aproximado de las partes que debe contar el distribuidor de vapor. Tomado de: Monografías, "Curso de distribución del vapor en instalaciones industriales," Monografías, 2022.

Especificaciones técnicas

- Diámetro de 3 in.
- Tubería SCH 40 sin aislamiento de 890 mm de acero carbón.
- Una entrada de 1 ¼ in.
- Dos salidas de 1 in.
- Dos salidas de ¾ in.
- Una salida para condensados con diámetro de ½ in.
- Trampeo termodinámico de ½ in.
- Equipo de trampeo.
- Aislamiento mediante lana mineral.

Descripción

El sistema de distribución de vapor es un enlace importante entre la fuente generadora del vapor y su distribución en los diferentes equipos. La fuente generadora del vapor será la caldera. Esta, debe proporcionar vapor de buena calidad en las condiciones de caudal y presión requeridas, y debe realizarlo con las mínimas pérdidas de calor y atenciones de mantenimiento.

El vapor generado en la caldera debe ser conducido a través de las tuberías hasta el punto en que se requiere esta energía calorífica (generador de energía eléctrica). Inicialmente habrá una o más tuberías principales que transporten el vapor de la caldera en la dirección de la planta de utilización del vapor. Otras tuberías derivadas de las primeras pueden transportar el vapor a los equipos individuales (intercambiadores de calor de coraza y tubo, y placas).

Fundamentos del sistema de vapor

Cuando la válvula de salida de la caldera está abierta, el vapor pasa inmediatamente de la caldera a las tuberías principales. La tubería está inicialmente fría y, por tanto, el vapor le transfiere calor. El aire que rodea las tuberías está más frío que el vapor y en consecuencia, la tubería transfiere calor al aire.

Como el vapor fluye hacia un medio más frío, comenzará a condensar inmediatamente. En la puesta en marcha del sistema, la cantidad de condensado será la mayor, debido a que el vapor se utiliza para el calentamiento de la tubería fría. A esto se le conoce como “carga de puesta en

marcha”. Cuando la tubería se haya calentado, aún habrá condensación, ya que la tubería seguirá cediendo calor al aire que la rodea. Esto se conoce por “carga de funcionamiento”.

El condensado que resulta, va a parar a la parte inferior de la tubería y es arrastrado a lo largo de esta por el flujo de vapor y por la gravedad, debido al gradiente en la conducción de vapor que normalmente disminuirá en la dirección del flujo de vapor. Deberá entonces purgarse el condensado de los puntos bajos de la tubería de distribución.

En este momento hay un flujo continuo de vapor desde la caldera para satisfacer la carga conectada y para mantener este suministro deberá generarse más vapor. Para hacerlo, será necesario alimentar la caldera con más combustible y bombear más agua a su interior para reemplazar el agua que ha sido evaporada.

El condensado formado tanto en la tubería de distribución como en los equipos de proceso, es agua ya caliente y preparada para la alimentación de la caldera. Aunque es importante evacuar el condensado del espacio del vapor, se trata de un elemento demasiado valioso como para permitirnos desaprovecharlo. El circuito de vapor básico debe completarse con el retorno del condensado al tanque de condensados de la caldera, siempre que sea factible.

Presión de trabajo

La presión a la que el vapor debe distribuirse está parcialmente determinada por el equipo de la planta que requiere una mayor presión.

Debe recordarse que el vapor perderá una parte de su presión al pasar por la tubería, a causa de la resistencia de la tubería al paso del fluido, y a la condensación por la cesión de calor a la tubería. Deberá tenerse en cuenta este margen a la hora de decidir la presión inicial de distribución.

Básicamente, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Presión requerida en el punto de utilización
- Caída de presión a lo largo de la tubería debida a la resistencia al paso del fluido.
- Pérdidas de calor en la tubería.

La generación de vapor y distribución de vapor a una presión elevada tendrá las siguientes ventajas:

- Al requerirse tuberías de distribución de vapor de menor diámetro, se tiene una superficie de intercambio menor, y por ende las pérdidas de calor serán menores.
- Vapor más seco en el punto de utilización, debido al efecto de aumento de fracción seca que tiene lugar en cualquier reducción de presión.
- La capacidad de almacenamiento térmico de la caldera aumenta y ayuda a soportar de formas más eficientes las fluctuaciones de carga, reduciendo el riesgo de arrastres de agua y de impurezas con el vapor a condiciones máximas.

Si se distribuye a altas presiones, será necesario reducir la presión de vapor en cada zona o punto de utilización del sistema, con el fin de que se ajuste a lo que la aplicación requiere.

Golpes de ariete y sus efectos

El golpe de ariete se produce cuando el condensado en lugar de ser purgado en los puntos bajos del sistema, es arrastrado por el vapor a lo largo de la tubería, y se detiene bruscamente al impactar contra algún obstáculo del sistema. Las gotitas de condensado acumuladas a lo largo de la tubería, con el tiempo forman una bolsa ‘sólida’ de agua que será arrastrada por la tubería a la velocidad del vapor. Estas velocidades pueden ser de 30 km/h o más. Esta bolsa de agua es densa e incompresible y, cuando viaja a una velocidad elevada, tiene una energía cinética considerable.

Cuando se obstruye su paso, a causa de una ‘T’ en la tubería o una curva, la energía cinética se convierte en un golpe de presión que aplicado contra el obstáculo. Normalmente se produce un ruido de golpe, que puede ir acompañado del movimiento de la tubería. En casos serios, los accesorios pueden incluso romperse con un efecto casi explosivo, con la consecuente pérdida de vapor vivo en la rotura, creando una situación peligrosa.

Evitar el golpe de ariete es una alternativa mejor que intentar contenerlo eligiendo excelentes materiales, y limitando la presión de los equipos.

Consideraciones de seguridad, mantenimiento y problemas comunes

- Toda la red de distribución de vapor debe ser revisada diariamente para determinar si hay pérdidas en uniones, tees, codos, válvulas, etc.
- Revisar las juntas de expansión ajustando los topes de succión y el prensa estopas en los casos necesarios.

- Revisar el aislamiento térmico por desprendimiento, erosión, etc.
- Inspeccionar las válvulas de control para determinar si operan en condiciones satisfactorias.
- Inspeccionar el correcto funcionamiento del trapeo de vapor.
- Determinar el estado de los anclajes y soportes del sistema de tubería.
- Determinar si existe vibración en la tubería. Aun en la menor medida, puede convertirse en algo serio si no se remedia de inmediato. Reportar cualquier problema de vibración tan pronto como sea posible para tomar las medidas correctivas correspondientes.
- Los ganchos o soportes doblados o desprendidos, causan drenajes inapropiados y deformación de las juntas y pueden finalmente causar escapes. Cualquier defecto debe reportarse y corregir los desalineamientos cuando ellos existan.
- Limpiar la superficie exterior de la tubería de tal forma que los escapes y los desperfectos del forro aislante puedan ser fácilmente vistos y reparados.
- Reparar cualquier rotura o grieta que tenga el forro aislante.
- Comprobar todos los equipos que trabajen con vapor para su buen funcionamiento.
- Revisar los tanques de condensados y sus accesorios.
- Revisar el funcionamiento de las válvulas reductoras de presión. Poner atención a ruidos extraños durante la operación. Revisar la presión correcta del lado de baja presión.
- Revisar las tuberías de entrada y salida de las válvulas, y asegurarse que no ocasionen deformación en el cuerpo de la válvula.
- Limpiar los filtros de toda la instalación.

Sobrecalentador

Figura 28.

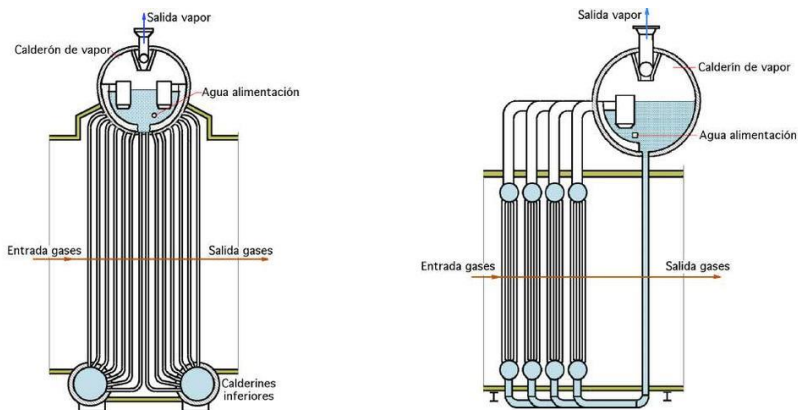
Sobrecalentador.



Nota. La figura representa una fotografía del sobrecalentador que se encuentra en la planta térmica.

Figura 29.

Diagrama sobrecalentador.



Configuración de 3 calderines, típica en instalaciones con una gran cantidad de ceniza; en la zona que separa los calderines inferiores se ubica la tolva para recoger y retirar las partículas sólidas

En los últimos veinte años, esta configuración, apoyada en el suelo, se ha convertido en el más popular de todos los diseños de evaporadores. Se puede construir en módulos axiales o en módulos laterales múltiples, diseño que acepta cualquier tipo de flujo de gases.

Nota. La figura representa un diagrama con las partes de una aproximación para el sobrecalentador. Tomado de: L. M. Peralta Espejo, “Xix.- Calderas, Sobrecalentadores Y Recalentadores,” Docplayer, 2019.

Especificaciones técnicas

- Tipo U.
- Resistencias eléctricas tipo abrazadera de 1 ¼ in de diámetro.
- Cada resistencia de 100 W y 208 V.
- Potencia total de 1 kW (en 10 resistencias).
- Diámetro de tubería de 1 ¼ SCH 40.
- Voltaje del equipo de 220 V.
- Tubería SCH 40.
- Tubería en acero carbón.
- Aislamiento en lana de vidrio.
- Carcasa en acero inoxidable 304.

Descripción

El sobrecalentador permite amplificar la eficacia de la caldera cuando el título de vapor requiere de unos valores determinados de temperatura y humedad, esto se realizará para evitar daños en la turbina donde se realizará la generación de electricidad, allí se determinó que el estado de salida del vapor es de vapor parcial (vapor húmedo), por lo que se dedujo que la turbina puede trabajar bajo vapor sobrecalentado, vapor saturado y vapor húmedo; no obstante, en base a la velocidad rotacional y la capacidad máxima de generación de energía eléctrica, no se puede trabajar con líquido saturado a la presión de operación del fluido (8.62 bar).

Un sobrecalentador eléctrico funciona esencialmente de la misma manera que un calentador de agua a gas. Trae agua fría a través del tubo de inmersión y la calienta utilizando los elementos de calefacción eléctrica dentro del tanque. El agua caliente sube en el tanque y se mueve por toda la casa a través de la tubería de calefacción.

Al igual que con el calentador de agua a gas, un calentador de agua eléctrico tiene un termostato, una válvula de alivio de temperatura y presión, una válvula de drenaje, el tanque está aislado y tiene una varilla de ánodo. La única gran diferencia es que el agua se calienta mediante elementos eléctricos y, por lo tanto, se conecta a una fuente de alimentación.

El agua fría se alimenta al fondo del tanque del calentador a través de un tubo de inmersión y luego se calienta mediante resistencias eléctricas. A medida que el agua se calienta, sube a la parte superior del tanque debido a la convección natural y se descarga a través de la salida de agua caliente para su uso en la turbina de la planta térmica.

Consideraciones de seguridad, mantenimiento y problemas comunes

- Se debe de medir los sólidos totales disueltos y la tasa de conductividad que ayudaría a determinar la tasa de purga.
- Debe asegurarse que la superficie interna de transferencia de calor se mantenga limpia, y se limpie con regularidad.
- Evitar la formación de incrustaciones en la superficie y reducir así la velocidad de corrosión.
- Cuando se vaya a realizar el lavado del sobrecalentador eléctrico, se recomienda retirar la corriente de energía eléctrica por un lapso de un día antes de realizar el lavado.
- Reparar inmediatamente cualquier desperfecto que se encuentre en las resistencias eléctricas presentes al interior del sobrecalentador, o en su defecto, reemplazarlas.

Turbina de vapor

Figura 30.

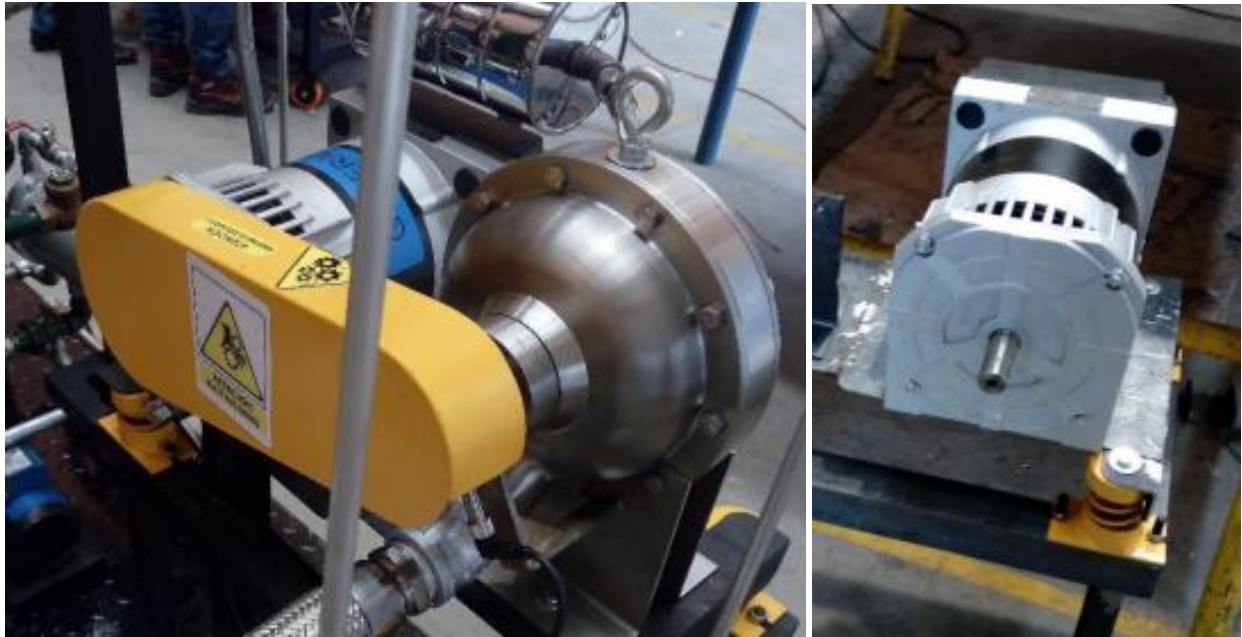
Turbina de vapor.



Nota. La figura representa la fotografía de la turbina de vapor de la planta térmica.

Figura 31.

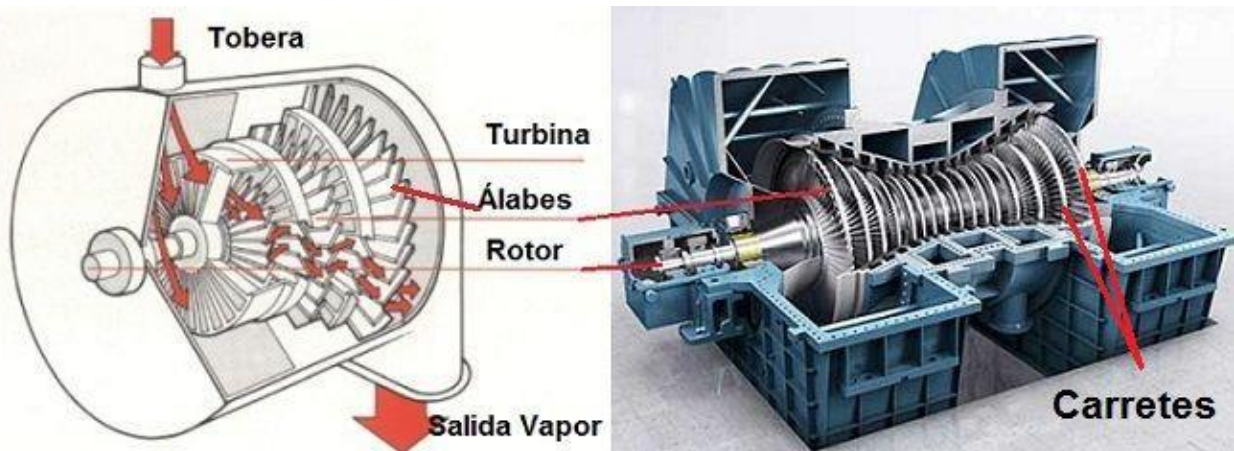
Conjunto turbina de vapor y generador.



Nota. La figura representa el conjunto turbina de vapor y el generador de energía eléctrica de la planta térmica.

Figura 32.

Diagrama turbina de vapor.



Nota. La figura representa el diagrama con los componentes de una turbina de vapor. Tomado de: Area Tecnología, “Turbina de Vapor,” Area Tecnología, 2020.

Especificaciones técnicas

- Turbina de impulso, de condensación – tipo etapas de velocidad.

- Capacidad de generación de 1,5 kW a 6000 rpm.
- Entrada de vapor parcial.
- Presión de operación máxima de 10 bar.
- Rodamientos tipo sellados con características de juego interno C3 o C4.
- Generador de 120 V, 20 A, a 3600 rpm y 60 Hz.

Descripción

La turbina es una turbomáquina motora, que se encuentra acoplada a un generador de energía eléctrica, allí se transforma la energía que proviene del vapor sobrecalentado en el sobrecalentador eléctrico, a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el vapor y el rodete.

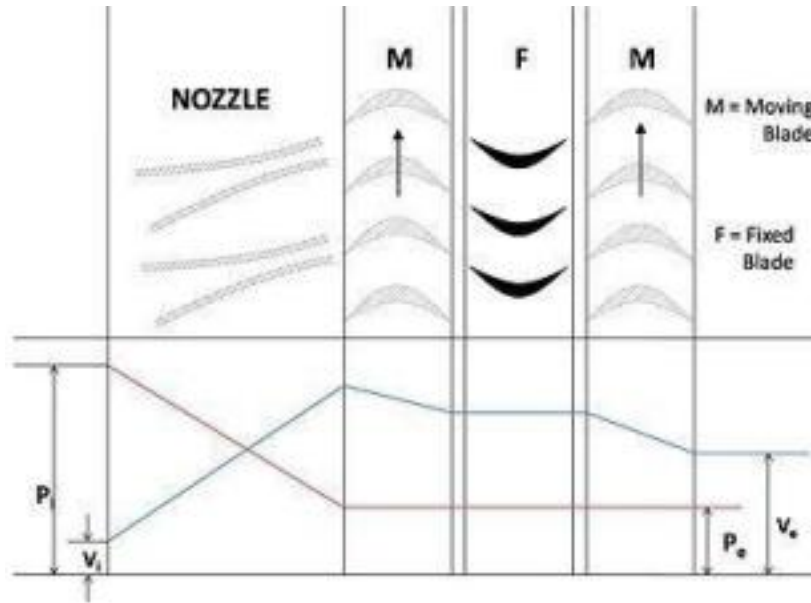
La turbina es un conjunto intrincado de palas de sección de perfil aerodinámico estacionarias y giratorias alternas. A medida que el vapor sobrecalentado se expande a través de la turbina, hace girar las palas giratorias. Las aspas giratorias realizan una doble función: impulsan el compresor para atraer más aire presurizado a la sección del rodete y hacen girar un generador para producir electricidad.

Estas turbinas tienen tres componentes principales. El primero de ellos son las palas del rotor, que tienen forma de alas de avión para atrapar el aire y hacer que las palas giren. El segundo componente es la góndola, un conjunto de engranajes y un generador que transforma la rotación de las palas en energía eléctrica.

A continuación, se muestra un diagrama de los tipos de etapas de velocidad que se presentan en la turbina.

Figura 33.

Diagrama etapas por velocidad.



Nota. La figura representa el diagrama de etapas por velocidad de una turbina. Tomado de: INEVID, “Turbinas de vapor: tipos, características y clasificación,” Blogspot, 2014.

Consideraciones de seguridad, mantenimiento y problemas comunes

- Respetar las instrucciones de operación en arranques, durante la marcha y durante la parada de equipos.
- Vigilar muy especialmente el aceite de lubricación. Realizar análisis periódicos y comprobar que la calidad del aceite, su presión, temperatura y presencia de contaminantes esté dentro de los márgenes adecuados.
- Respetar las consignas de protección del equipo. Si la turbina da algún síntoma de mal funcionamiento, parar y revisar el equipo: nunca sobrepasar los límites de determinados parámetros para poder seguir con ella en producción o incluso para poder arrancarla.
- Realizar los mantenimientos programados con la periodicidad prevista.
- Si se realiza una parada por alguna causa, investigar y solucionar el problema antes de poner el equipo en marcha nuevamente.
- Se debe hacer una vigilancia de parámetros diaria, la cual comprende: niveles de vibración, revoluciones, temperaturas de entrada y salida de vapor, presión de entrada y salida, presión

de vacío del depósito de aceite de lubricación, comprobación de nivel de aceite, presión diferencial de filtros.

- Inspección visual de la turbina y sus auxiliares, tales como fugas de aceite, fugas de vapor, fugas de sistema de refrigeración, ruidos y vibraciones anormales, y registro de indicadores visuales.
- Purga del agua del aceite de lubricación.
- Inspección visual del grupo hidráulico de aceite de control.
- Análisis del espectro de vibración de turbina, reductor y alternador, a distintas velocidades y en aceleración. Se verifica así la posible ausencia de problemas en cojinetes, el estado de la alineación y el equilibrado de los tres equipos.
- Inspección boroscópica de álabes. Con esta tarea se comprueba el estado de los álabes, las posibles incrustaciones que puedan haber aparecido en la superficie de éstos y defectos en algunos de ellos, por roces o impactos.
- Apertura de cojinetes y comprobación del estado. Cambio de cojinetes si procede. La mayor parte de los cojinetes pueden cambiarse o revisarse sin necesidad de abrir la turbina. Esto garantiza un funcionamiento ausente de vibraciones causadas por el mal estado de los cojinetes de apoyo y/o empuje.
- Cambio de filtros de aceite. Esto garantiza el buen estado del aceite y la filtración de partículas extrañas.
- Inspección del sistema de eliminación de vahos. El funcionamiento a vacío del depósito de aceite garantiza que los vapores que se produzcan, especialmente los relacionados con el agua que pueda llevar mezclado el aceite, se eliminan. Eso ayudará a que la calidad del aceite de lubricación sea la adecuada.
- Comprobación de pares de apriete de tornillos. El apriete de los tornillos de sujeción a la bancada y los tornillos de la carcasa, entre otros, deben ser revisado. Esto evitará, entre otros, problemas de vibraciones debidos a un deficiente anclaje.
- Comprobación de alineación de turbina-reductor y reductor-alternador. Se haya detectado o no en el análisis de vibraciones, es conveniente comprobar la alineación mediante láser al menos una vez al año. Esto evitará problemas de vibraciones.

- Calibración de la instrumentación. Muchas de las señales incorrectas y medidas falsas que provocarán un mal funcionamiento de la turbina pueden ser evitados con una calibración sistemática de toda la instrumentación.
- Comprobación de la presión del vapor de sellos. La presión de sellos debe estar regulada a una presión determinada, ni más ni menos. Una menor presión hará que el vapor escape al exterior, se pierda energía y se puedan provocar algunos daños.
- Termografía de la turbina. Esta prueba, a realizar con la turbina en marcha, permitirá saber si se están produciendo pérdidas de rendimiento por un deficiente aislamiento o por fugas de vapor.
- Limpieza y mantenimiento del cuadro de control. Curiosamente, muchas averías en sistemas eléctricos y electrónicos están causados por la suciedad. Mantener los cuadros en su correcto estado de limpieza garantiza la ausencia de estos problemas.
- Inspección del virador. El virador es un elemento importantísimo durante las paradas. Un mal funcionamiento supondrá una dificultad o imposibilidad de arrancar la turbina. La inspección es sencilla y garantiza el correcto arranque tras una parada.
- Prueba de potencia. Al finalizar la inspección será conveniente comprobar las prestaciones de la turbina, especialmente la potencia máxima que es capaz de alcanzar.

Intercambiadores de calor

Figura 34.

Condensador.



Nota. La figura representa la fotografía del condensador de tipo carcasa-tubos.

Figura 35.

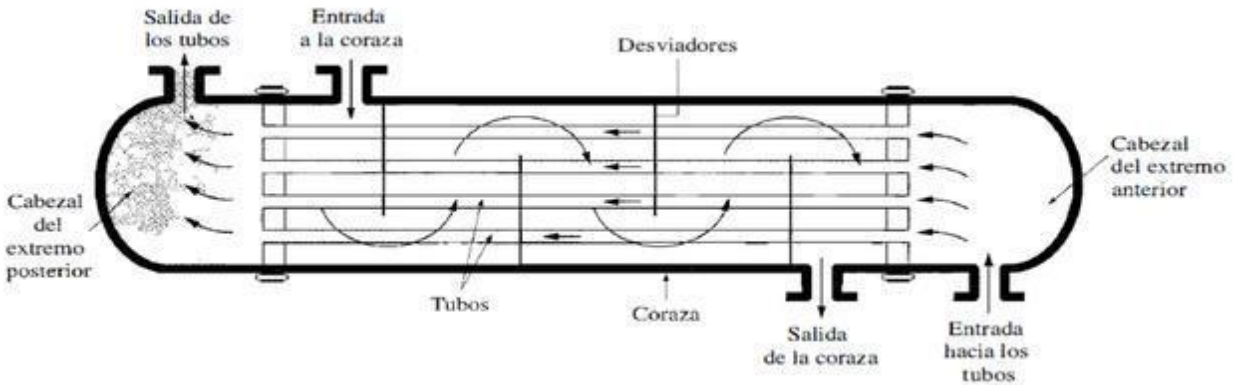
Sistema de intercambiadores de calor.



Nota. La figura representa la fotografía del sistema de intercambiadores de calor.

Figura 36.

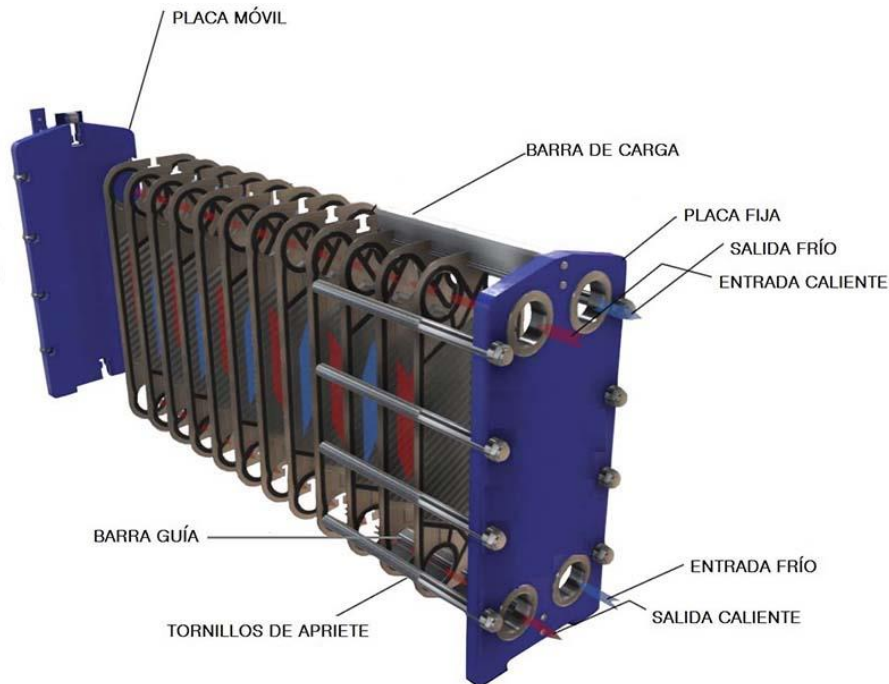
Diagrama intercambiador de calor de carcasa-tubos.



Nota. La figura representa el diagrama de un intercambiador de calor de tipo carcasa-tubos con sus partes. Tomado de: M. B. R. Rodríguez and J. L. M. Rodríguez, “Design and Optimization of Shell and tube heat exchangers, state of the art,” ITEGAM- Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (ITEGAM-JETIA), vol. 2, no. 6, 2016, doi: 10.5935/2447-0228.20160011.

Figura 37.

Diagrama intercambiador de calor de placas.



Nota. La figura representa un diagrama de intercambiadores de calor de tipo placas y sus partes. Tomado de: Revista Cero Grados, “Intercambiadores de calor de placas. Hechos a tu medida,” 0grados, Jan. 22, 2021.

Especificaciones técnicas

Condensador de tipo carcasa-tubos

- 55 tubos internos.
- SCH 40 de 3/8 in.
- Longitud de 1000 mm.
- Diámetro externo de los tubos de 17,5 mm.
- Diámetro interno de los tubos de 12,52 mm.
- Área de transferencia de calor de 2,59 m².
- Espacio entre deflectores de 250 mm.
- Pasos por carcasa 1.
- Pasos por tubos 1.
- Configuración contraflujo.
- Arreglo de tubos cuadrado en rombo.

Intercambiador de tipo carcasa-tubos

- Diámetro interno de coraza de 102,26 mm.
- Pasos por carcasa 1.
- Pasos por tubos 1.
- 24 tubos internos.
- Longitud de 300 mm.
- Diámetro externo de 13,72 mm.
- Diámetro interno de 9,25 mm.
- Área de transferencia de 0,36 m².
- Configuración paralelo o contraflujo.
- Espacio entre deflectores de 100 mm.
- Arreglo de tubos triangular con ápice vertical.

Intercambiador de tipo placas

- Placas en acero inoxidable 316.
- Ancho de 45,4 mm.

- Largo de 73,5 mm.
- Alto de 209,5 mm.
- 9 placas en total.
- Superficie de transferencia de calor 0,09870 m².
- Conexiones de ¾ in.
- Caudal máximo de 4,1 m³/h.
- Dirección del flujo en paralelo.

Descripción

Los intercambiadores de calor, permiten el intercambio de energía térmica entre dos fluidos, que, en el caso de la planta térmica, será el intercambio entre vapor y agua líquida, sin que estos dos entre en contacto entre sí.

Fundamentos del intercambiador de vapor

Dado que la transferencia de calor se da a través de dos fluidos que se encuentran a diferentes temperaturas, la fuerza motriz que va a fundamentar esta cuestión es un gradiente de temperatura.

En los intercambiadores de calor, se destaca la presencia de dos mecanismos de transferencia de calor: por conducción y por convección. Durante el arranque de la planta térmica, el vapor saturado o sobrecalentado va a pasar por el intercambiador de calor, y este experimentará un choque térmico, esto se debe a que el intercambiador no tendrá la misma temperatura que la temperatura de entrada del vapor caliente, y por ende es allí donde se da lugar la transferencia de calor.

Cuando el vapor caliente se encuentra con el agua fría, comenzará la transferencia de calor, ocasionando que se empiece a formar una capa que se va a adherir a la superficie del intercambio de calor. Esta pequeña capa de moléculas de agua que se encontrará a una temperatura más baja que la del vapor se le denomina capa límite. Esto quiere decir que en el momento en el que se adhieren las moléculas de agua, al haber un gradiente de temperatura, es lo que provocará que haya una transferencia de calor.

Este proceso ocurre de manera convectiva, porque las moléculas de agua que allí se encuentran, van a incrementar su energía cinética a la región cercana a la capa límite.

Tiempo de residencia

Es importante resaltar el tiempo de residencia que se ha de tener dentro del intercambiador de calor, ya que dependiendo de la velocidad y la fuerza a la que el agua sea bombeada dentro del intercambiador de calor, permitirá que la temperatura se encuentre de manera óptima a la salida del intercambiador de calor. En caso de operarse a altas velocidades debido al tamaño reducido del equipo, la longitud para que se dé la transferencia de calor no será suficiente.

Configuración del fluido

Dependiendo de la dirección del fluido, esto tendrá cambios en la eficiencia del intercambio de calor.

Flujo paralelo

Para el caso del perfil de temperaturas de esta configuración al inicio del intercambiador de calor, que será el lugar donde ambos fluidos entrarán por primera vez en contacto, la diferencia de temperatura entre ambos fluidos es máxima y a medida que los fluidos van circulando a través del intercambiador de calor, esta diferencia de temperaturas irá disminuyendo gradualmente. Al llegar al final del intercambiador de calor, la diferencia de temperaturas será mínima y bastante pequeña, por lo que transferencia de calor en este punto será menor que a la entrada del intercambiador de calor; esto es una desventaja de los intercambiadores de calor con esta configuración.

Flujo contraflujo

Para el caso de un flujo en contraflujo, a la entrada del intercambiador de calor la diferencia de temperatura tiene un valor dado que no necesariamente será máximo y a medida que los fluidos circulan por el intercambiador de calor, esta diferencia de temperatura se mantiene cercana al valor de la entrada, lo que provoca que a diferencia del intercambio de calor por flujo paralelo, la transferencia de calor a lo largo de todo el sistema se equitativa; sin embargo, para este tipo de configuración, la diferencia de temperatura a la entrada siempre será menor que la diferencia de temperatura con una configuración en paralelo, por lo que la transferencia de calor a la entrada siempre será mucho menor, y por ende habrá un menor choque térmico.

Intercambiador de carcasa-tubos

Este intercambiador de calor se generaliza como una base del intercambiador de tubos concéntricos, en el cual, en lugar de tener un solo tubo en el interior de la carcasa, se va a tener un banco de

tubos, en el cual, para el caso de la planta térmica, el fluido caliente (vapor) va a circular por el interior de los tubos, mientras que el fluido frío (agua de enfriamiento) va a circular por la coraza.

Cuando se observa el intercambiador de manera lateral, se encuentra constituido por las tapas, que son la parte exterior por donde se podrá ver la configuración del banco de tubos que se encuentra en el interior del intercambiador de calor y los empaques. Estos tubos se encuentran permanentemente unidos al espejo.

Intercambiador de placas

Para el caso del intercambiador de placas, el contacto entre los fluidos se hace a través de la pared plana de una placa, en este intercambiador se encuentran dispuestas diferentes placas de manera paralela y el flujo va a pasar por ambas caras de cada una de las placas presentes en el intercambiador. Para separar los fluidos que se encontrarán en contacto en el intercambiador de calor, y evitar que estos se mezclen, se encontrará una junta que realizará dicho trabajo.

Sin embargo, este tipo de intercambiador presenta un problema y es que el paso es muy estrecho y que a partir de 65 grados la cal precipita de una forma exorbitante, se diría que en función de la dureza de agua que se tenga, las precipitaciones de cal van a provocar una capa dura y no porosa se van a ir pegando fuertemente a los metales y acabarán por cegar el paso, o sea, acabará por no funcionar nuestro intercambiador de placas.

Es allí donde se tendrá que tener en cuenta los mantenimientos en corto que se tienen que realizar al intercambiador de calor, para evitar incrustaciones y pérdidas en el intercambio de calor.

Consideraciones de seguridad, mantenimiento y problemas comunes

Intercambiador de calor de coraza-tubos

- Los intercambiadores expuestos a ensuciamiento deberán ser limpiados periódicamente, ya que una ligera capa de suciedad en tubos, reducirá su eficiencia.
- Un aumento o caída de presión y/o una reducción del rendimiento normalmente indican que es necesaria una limpieza de los tubos del haz.
- Debido a que la dificultad de la limpieza del haz incrementa a medida que aumenta el espesor de ensuciamiento, los intervalos de limpieza no deberán ser excesivos.

- Antes de realizar una limpieza de los tubos del haz, se deberá analizar si la disminución del rendimiento no es debida a gases o vapor atrapado en los tubos.
- El equipo no deberá de operar en condiciones que excedan las indicadas en la placa de características que todo intercambiador de calor debe llevar acompañándole.
- Los intercambiadores de calor deberán ser inspeccionados, tanto interna como externamente, a intervalos regulares y/o tan frecuentemente como marque la experiencia.
- La negligencia en el mantenimiento puede ocasionar el cierre del paso del fluido por algunos tubos pudiendo originar tensiones térmicas y roturas en la unión de tubo a placa tubular.
- Se deberá de realizar una inspección visual de las zonas sometidas a mayores esfuerzos y a mayor corrosión, en una comprobación de espesores por ultrasonido, y en cualquier ensayo no destructivo que se considere necesario, siempre que las condiciones del proceso lo permitan. (No es necesario poner fuera de servicio el equipo).
- Se deberá realizar una completa inspección interna para poder conocer daños producidos durante el servicio en lo referente a corrosión, agrietamiento y estado de las soldaduras.
- Para la realización de una inspección interna, se deberá realizar una inspección visual de todas las partes sometidas a presión.
- Antes del desmontaje de los equipos, se deberá asegurar que la unidad ha sido despresurizada, venteadada, drenada y neutralizada.
- Cuando la inspección interna no se puede llevar a cabo por imposibilidad física, se sustituirá por una prueba a presión.
- Las superficies de los intercambiadores de calor deberán mantenerse razonablemente limpias para asegurar un funcionamiento satisfactorio, disponiendo para ello de los métodos adecuados de limpieza.
- Los intercambiadores podrán limpiarse mediante métodos químicos o mecánicos, siendo el usuario del equipo el que deberá seleccionar el método de limpieza más apropiado en función del tipo de equipo y de la disponibilidad de los medios de limpieza existentes en la planta.
- Es siempre recomendable que los servicios de limpieza se realicen bajo una organización de reconocido prestigio en el campo de la limpieza industrial.
- Se debe asegurar que la limpieza mecánica no dañe los tubos del haz tubular.
- No es recomendable la limpieza de tubos soplando vapor a través de ellos debido a que el sobrecalentamiento puede originar tensiones por dilatación diferencial.

Intercambiador de calor de placas

- Se aconseja realizar un control general del suministro antes de efectuar la instalación y comunicar inmediatamente las posibles omisiones o daños de los materiales suministrados.
- No se deberán descargar las tensiones o expansiones térmicas en las conexiones o en el intercambiador.
- La plancha móvil jamás se debe sujetar a un punto fijo. Las tensiones térmicas que se generen pueden causar pérdidas.
- Si se utilizan agentes inhibidores, se aconseja comprobar que no interactúen con los materiales de las juntas, placas y elementos de conexión.
- Antes de efectuar una puesta en marcha, se deberá controlar la cota de apriete comprobando su conformidad respecto de lo indicado en la placa de características.
- El usuario no deberá de exceder la presión máxima de trabajo, ni siquiera durante la ejecución de las pruebas internas.
- Se deberá comprobar que las temperaturas y presiones en operación estén dentro de los límites indicados en la placa de características.
- Al exceder el umbral de temperatura, se pueden producir pérdidas debidas a la rotura de las juntas.
- La columna de soporte, la barra de soporte y la barra de dirección deben de estar limpias y engrasadas.
- Los tirantes se deben lubricar con disulfuro de molibdeno o un equivalente especialmente en la sección usada para la apertura y cierre del intercambiador.
- Las regulaciones de caudal se deben efectuar lentamente para proteger el sistema contra sacudidas térmicas y de presión.
- Cuando el equipo se vaya a encontrar en parada durante largos periodos de tiempo, se recomienda retirar el equipo de la instalación o bien ventilar periódicamente la sala donde está ubicado.
- Se aconseja efectuar limpieza de la barra de soporte, de los pernos y de la parte de la roscada de los tirantes.
- Se aconseja efectuar lubricación de la barra de soporte, y de las partes de deslizamiento.

- El intercambiador se puede abrir solamente cuando la temperatura ha descendido por debajo de los 50°C y el recipiente no está más bajo presión.
- Se debe prestar atención a que, en la apertura del intercambiador de calor, la plancha móvil esté paralela a la plancha fija.
- Aleje los tirantes solamente cuando los pernos se pueden desenroscar a mano porque el paquete de placas está totalmente libre y no comprimido.
- Para la manipulación de las placas, es aconsejable utilizar guantes, ya que los bordes de las mismas pueden causar cortes en la piel.
- Si dos o más placas permanecen en contacto, es necesario separarlas cuidadosamente para quitar las juntas de su alojamiento. La cola que fija la junta a la placa pierde fuerza en presencia de altas temperaturas de trabajo.
- Siempre se debe solicitar al proveedor del detergente o al proveedor del equipo (LAVAL), la compatibilidad del agente utilizado para la limpieza y los modos de aplicación (temperatura y duración del tratamiento).
- La sosa y el ácido nítrico pueden dañar seriamente el intercambiador de placas de acero; el efecto de la corrosión depende de la temperatura y el pH medio de la concentración.
- Se debe de utilizar gafas de seguridad, guantes y ropa adecuada para proteger la vista y las demás partes del cuerpo en modo adecuado contra el riesgo de contacto con las soluciones utilizadas, como lo serían el contacto con ácidos.
- Los vapores pueden dañar también la salud, por lo tanto, se exige que no se trabaje en ambientes cerrados o escasamente ventilados.
- Se debe prestar atención a no dañar la junta durante la limpieza manual.
- No se debe utilizar cepillos o herramientas de hierro para limpiar las placas.

Tanques de agua fría y caliente

Figura 38.

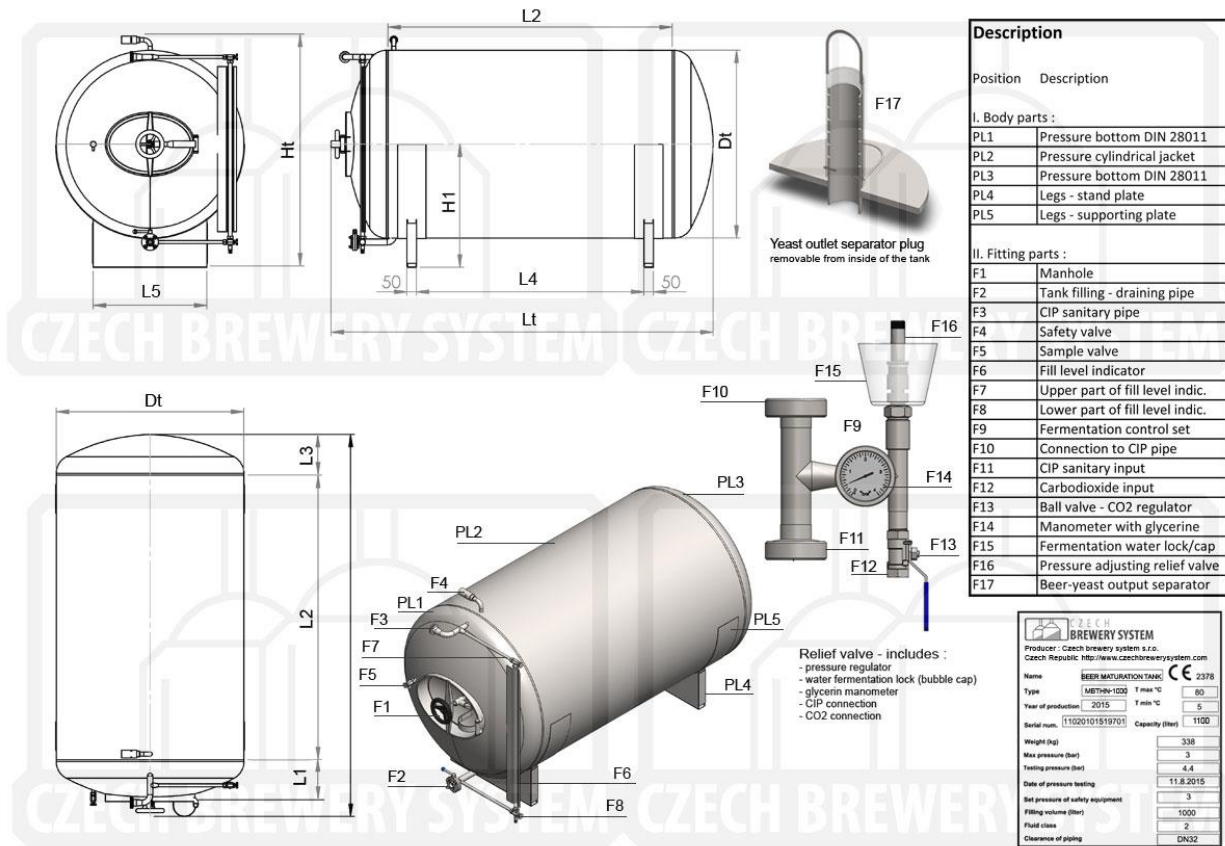
Tanques de agua fría y caliente.



Nota. La figura representa una fotografía de los tanques de agua fría y caliente de la planta térmica.

Figura 39.

Diagrama tanque de agua horizontal.



Nota. La figura representa un diagrama con sus partes de un tanque de agua horizontal. Tomado de: CZECH Brewery, “Depósito cilíndrico BBT 1200 / 1400 litros, horizontal, sin aislamiento,” CZECH Brewery System, 2019.

Especificaciones técnicas

- Material en acero HR cal 12.
- Capacidad de cada tanque de 150 L.
- Mirilla de vidrio calibrada.
- Tanque inferior cuenta con sensor de nivel.

Descripción

Tanque de agua significa un recipiente de almacenamiento, elevado o a nivel del suelo, que contiene agua potable o no potable para su uso, incluidos, entre otros, un sistema de agua potable, un proceso de fabricación u otro tipo de proceso, o para combatir incendios.

Por diseño, un tanque o recipiente de agua no debe dañar el agua. El agua es susceptible a una serie de influencias ambientales negativas, incluidas bacterias, virus, algas, cambios en el pH, acumulación de minerales y gas acumulado. La contaminación puede provenir de una variedad de orígenes que incluyen tuberías, materiales de construcción de tanques, intrusión de minerales y gases. Un tanque de agua correctamente diseñado funciona para abordar y mitigar estos efectos negativos. Es deseable que los tanques de agua se limpien anualmente para reducir la entrega de algas, bacterias y virus a personas o animales.

Los tanques atmosféricos retienen agua a presión ambiental, o la presión de agua preexistente en la ubicación del tanque. Se necesita una bomba de refuerzo de agua para extraer agua de este tipo de tanque de almacenamiento y enviarla a través del sistema de tuberías.

Las aplicaciones a gran escala o al aire libre son más propensas que las aplicaciones de interior al utilizar tanques atmosféricos. Por ejemplo, los tanques atmosféricos estabilizados con UV se utilizan para fines agrícolas, distribución de agua, recolección de agua de lluvia y transporte de aguas residuales. Los tanques atmosféricos pueden contener miles de galones de agua y tienden a ser más resistentes a la intemperie que los tanques presurizados.

Consideraciones de seguridad, mantenimiento y problemas comunes

- Se establece que, por normativa, los tanques para almacenamiento de agua deben lavarse y desinfectarse mínimo cada seis meses, ya que se puede producir la acumulación de bacterias y demás insectos que dañen la calidad del agua, y causen riesgo a la hora de usarla.
- Para la realización de la limpieza del tanque, es necesario tener en cuenta el estado de la superficie del material y los productos a utilizar en su lavado.
- Para mayor información acerca de condiciones de seguridad, intervalos de inspección, tolerancias a la corrosión, sistemas preventivos de corrosión, métodos y materiales para reparación y mantenimiento, riesgos potenciales y sistemas de detección, consultar la norma api 653.

Torre de enfriamiento

Figura 40.

Torre de enfriamiento.



Nota. La figura representa la fotografía de la torre de enfriamiento.

Figura 41.

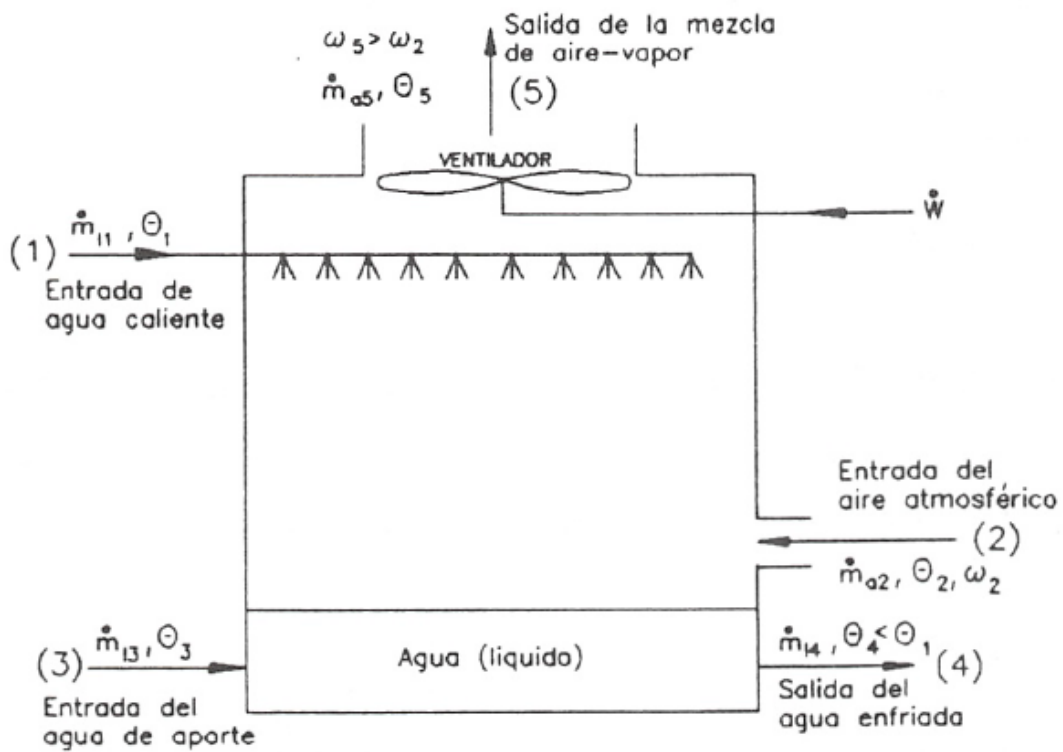
Bomba torre de enfriamiento.



Nota. La figura representa la bomba de la torre de enfriamiento.

Figura 42.

Diagrama torre de enfriamiento.



Nota. La figura representa un diagrama general de la torre de enfriamiento. Tomado de: J. M. García Pérez, "Torres de enfriamiento," Sphinx, 2017.

Especificaciones técnicas

Torre de enfriamiento

- Flujo de aire inducido.
- Tipo EWK 064/09 con alberca.
- Largo de 0,81 m.
- Ancho de 0,81 m.
- Altura de 2,32 m.
- Peso vacío con alberca de 115 kg.
- Peso en operación de 250 kg.
- Caudal total de 41,4 gal/min.
- Temperatura de entrada de 70°C.
- Temperatura de salida de 40°C.
- Temperatura de bulbo húmedo de 16°C.
- Potencia efectiva de 1190,476 btu/h.
- Pérdidas por evaporación de 1,98 gal/min.

Ventilador

- Motor eléctrico trifásico.
- Potencia de 1 hp.
- Voltaje de 220V/440V.
- Frecuencia de 60 Hz.
- Corriente de 3,4 A.
- Velocidad rotacional de 1140 rpm.

Bomba

- Tipo centrífuga.
- Voltaje de 120V/220V.
- Frecuencia de 60 Hz.
- Corriente de 12,6 A.
- Caudal máximo de 165 L/min.

- Altura máxima de 30,1 m.
- Succión de 1 ¼ in.
- Descarga de 1 in.

Descripción

La torre de enfriamiento es un equipo que no trabaja a presión, es abierto a la atmósfera y su función es enfriar agua que viene de algún proceso industrial. Estas son equipos que se utilizan de manera generalizada en plantas de proceso para disminuir la temperatura de una corriente de agua que sale de un sistema de intercambio de calor y permite su reutilización en dicho sistema o su disposición segura al medio ambiente.

Flujo de aire inducido

Se le conoce como flujo de aire inducido porque en el techo hay ventiladores que succionan el aire. En una torre de enfriamiento el agua caliente va a ser bombeada a través de tuberías hacia el techo de la torre y a partir de allí va a ir descendiendo por el interior de la torre que tiene un relleno especial y se va a ir enfriando de modo que al llegar a la base donde se almacena el agua, bajó su temperatura de forma significativa.

En el techo hay ventiladores que succionan aire que penetra por las aletas laterales de la torre, penetra a donde está el relleno y donde está descendiendo el agua y sube creando una contracorriente que es la que realmente enfría el agua. Por arriba del ventilador sale el aire caliente cargado de humedad.

Sistema de rocío

El sistema de bombeo que se encuentra a nivel del suelo, es el que impulsa el agua caliente hacia el techo. Allí se descarga y puede hacerlo de diferentes maneras: se puede descargar simplemente sobre el techo y va goteando el agua hacia el interior; aunque hoy en día se utilizan rociadores. Cuanto más fino sea el rocío, más se va a enfriar el agua a lo largo de su travesía por el interior de la torre. En el techo el ventilador succiona el aire hacia arriba y el aire fresco en consecuencia va a ingresar por las aletas laterales de la torre.

Consideraciones de seguridad, mantenimiento y problemas comunes

- Es necesario hacer una inspección de la zona, esto con el fin de encontrar posibles fugas de agua, ruidos y vibraciones extrañas, etc.
- Se debe revisar la temperatura y presión del agua de aporte a la torre.
- Es necesario realizar una inspección visual de la válvula de aporte.
- Diariamente se debe realizar la comprobación del caudal aportado en las últimas 24 horas, ya que se dispone de caudalímetro a la salida de la bomba de la torre de enfriamiento.
- Es necesario comprobar la temperatura del agua en la entrada de la torre, así como también la temperatura en la balsa, y la comprobación del salto térmico.
- Comprobación del buen funcionamiento de los equipos de dosificación química.
- De manera mensual es bueno realizar la comprobación del consumo de los ventiladores en la torre.
- Es recomendable realizar el engrase de los ejes en los ventiladores.
- Para evitar presentar fallos en los componentes presentes en la torre, es necesario realizar una inspección visual del relleno, del ventilador, y de la distribución de agua en la parte superior.
- Si se dispone del equipo adecuado para dicha inspección, se recomienda realizar un análisis de vibraciones de ventiladores.
- Durante una parada programada, es necesario realizar la limpieza y/o sustitución de rellenos en la torre.
- Es necesario realizar una comprobación de rociadores y sistemas de distribución de agua en el interior de la torre.
- Inspección interna de la estructura de la torre.
- Limpieza rutinaria de la balsa para evitar acumulación de algún componente presente en la misma.
- Comprobación de la estanqueidad de todo el circuito y de los equipos de dosificación de productos químicos.
- En caso de que la torre de enfriamiento se encuentre durante largos periodos de parada o desuso, será necesario realizar una calibración sistemática de toda la instrumentación.

Válvula de control PID

Figura 43.

Válvula de control PID.



Nota. La figura representa la fotografía de la válvula de control PID de la planta térmica.

Figura 44.

Diagrama válvula de control PID.

Partes de una Válvula de Control



Nota. La figura representa el diagrama general de la válvula de control PID. Tomado de: Instrumentación y Control, “Partes de una válvula de control. Una vista interna,” Instrumentación y Control, Sep. 11, 2021.

Especificaciones técnicas

- Conexión tipo brida para tubería de 1 in.
- Tipo de fijación B para válvula tipo 3321 – IP.
- Material del cuerpo de fundición de hierro A 126B.
- Kvs 0,25 – 35 isoporcentual.
- Material interno de acero inoxidable.
- Sellos clase IV.
- Empaquetadura PTFE carbón.
- Actuador electroneumático con recorrido de 15 mm.
- Posicionador electrónico y digital.
- Señal de mando de 4 – 20 mA.
- IP 65.
- Presión de suministro de aire de 6 bar.

Descripción

La válvula de control PID, es una válvula de control proporcional, integral y derivativo. En esta se realiza un mecanismo de control que, a través de un lazo de retroalimentación, permite regular la velocidad del proceso en base a las respuestas que se entregan en la turbina y la variable deseada que se quiere obtener.

Básicamente el algoritmo de control PID consta de tres parámetros principales: el primero depende del error actual, el segundo depende de los errores pasados, y el tercero es una predicción de los errores futuros.

Al realizar el ajuste de estas tres variables, se permite que el controlador pueda proveer de una acción de control adaptada a los requerimientos de la cantidad de caudal necesario a ingresar al sobrecalentador, antes de ingresar a la turbina.

La respuesta del controlador puede describirse en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador sobrepasa el punto de ajuste, y el grado de oscilación del sistema.

Tableros eléctricos

La planta cuenta con 5 tableros eléctricos, debidamente identificados y enumerados, de la siguiente manera y con la descripción que a continuación se trata.

Tablero principal

Figura 45.

Tablero principal.



Nota. La figura representa la fotografía del tablero eléctrico principal de la planta térmica.

Un tablero principal con elementos de mando y control, sistemas de seguridad que garantizan funcionamiento confiable y seguro de todas las aplicaciones.

Componentes

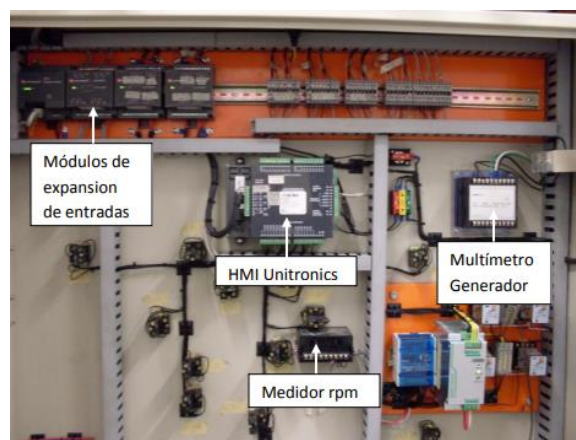
En este tablero eléctrico se incluye:

- Un equipo HMI Unitronics con pantalla táctil, que permite la visualización de las diferentes señales de salida del equipo.
- Un indicador digital con display triple que monitorea señales de salida del generador de energía.
- Medidor de revoluciones.
- Paro de emergencia.
- Pulsadores sobre un diagrama de funcionamiento para visualizar las diferentes variables que intervienen en la planta térmica.

El tablero principal tiene un pulsador doble de encendido y apagado general, así, verde encendido y rojo apagado. También posee un paro de emergencia que desenergiza todos los equipos salvo el PLC, en caso de que este sea accionado. También se encuentran ubicados sobre un diagrama de ciclo térmico, los pulsadores de color azul con luz indicadora, que, al ser oprimidos, se visualiza en la pantalla del HMI las variables medidas en cada punto.

Figura 46.

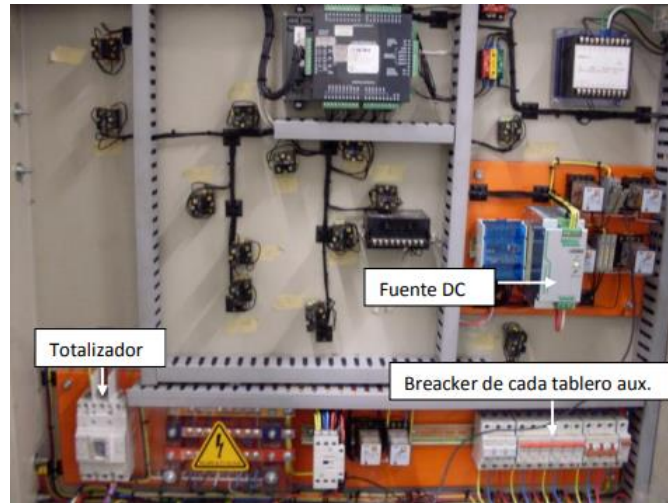
Componentes parte superior tablero principal.



Nota. La figura representa la fotografía de la vista interior parte superior del tablero principal.

Figura 47.

Componentes parte inferior tablero principal.



Nota. La figura representa la fotografía de la vista interior parte inferior del tablero principal.

En el interior del tablero principal, se encuentran varios breakers con la siguiente distribución:

- Un totalizador que desenergiza la totalidad de la planta con todos sus accesorios.
- Breaker que alimenta cada tablero presente en la planta térmica.
- Breaker monofásico que protege la energía que ingresa a la fuente de CD y que alimenta toda la parte de control del equipo.

Figura 48.

Baliza de señalización.



Nota. La figura representa la fotografía de la baliza de señalización.

El tablero cuenta con una baliza de tres colores, cuyo significado es el siguiente:

- La condición verde ocurre cuando se abre la válvula de salida de vapor de la caldera, la válvula de entrada al distribuidor de vapor y la temperatura del vapor es adecuada para iniciar las prácticas (170°C).
- La condición amarilla enciende cuando el sistema se encuentra perturbado, por ejemplo, una sobrerrevolución momentánea de la turbina superando las 6000 rpm pero inferior o igual a 7000 rpm.
- La condición roja se presenta cuando existe una sobre revolución en la turbina por encima de las 7000 rpm o cuando se acciona la parada de emergencia.

Tablero 2 caldera

Figura 49.

Tablero de la caldera.



Nota. La figura representa la fotografía del tablero eléctrico de la caldera.

Este tablero en su totalidad pertenece a la caldera y cuenta con todos los elementos necesarios para la operación segura de este equipo.

Tablero 3 torre de enfriamiento

Figura 50.

Tablero torre de enfriamiento.



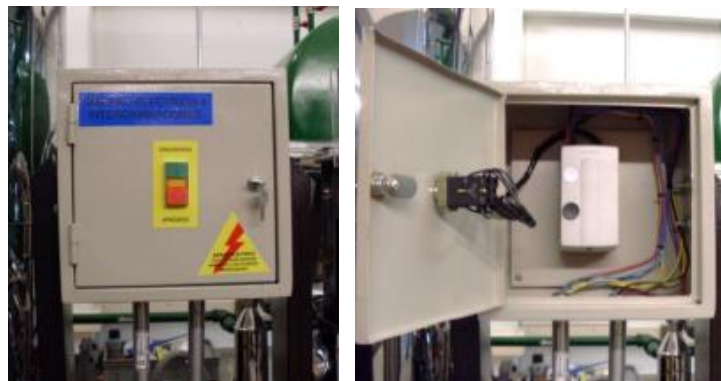
Nota. La figura representa la fotografía del tablero eléctrico de la torre de enfriamiento con vista exterior e interior.

Este tablero gobierna todo el funcionamiento eléctrico de la torre de enfriamiento, para esto cuenta con dos arrancadores directos, uno para el ventilador de tiro inducido y otro para la bomba de agua. Para encender la torre basta con oprimir el pulsador verde en la parte frontal del tablero y para apagarlo se oprime el pulsador rojo, no es necesario abrir el tablero, solo en caso de que sea necesario verificar el encendido de un solo componente, ya sea el ventilador o solo la bomba.

Tablero 4 intercambiadores de calor

Figura 51.

Tablero sistema de intercambiadores de calor.



Nota. La figura representa la fotografía del tablero eléctrico del sistema de intercambiadores de calor con vista exterior e interior.

Este tablero cuenta con un arrancador directo que gobierna una motobomba (monofásica) que es la encargada de conducir el fluido desde el tanque de agua fría (inferior) al tanque de agua caliente (superior). Este arrancador puede ser accionado desde la parte frontal del tablero oprimiendo el pulsador verde o para detener el pulsador rojo, o puede ser maniobrada directamente desde el arrancador. La recomendación es que se realice desde el exterior del tablero. La detención de la bomba se logra a través de los pulsadores ya mencionados o por bajo nivel de agua en el tanque de agua fría.

Tablero 5 sobrecalentador

Figura 52.

Tablero sobrecalentador.



Nota. La figura representa la fotografía del tablero eléctrico del sobrecalentador con vista exterior e interior.

En el sobrecalentador se encuentra un termostato que toma la señal de temperatura y la compara con la seteada en el dial. Con base en esto, se acciona un contactor que se encuentra en este tablero, que alimenta de energía a las resistencias eléctricas, y al igual que los anteriores, este equipo se opera tan solo con un pulsador verde para encendido y se apaga con un pulsador rojo.

Compresor

Figura 53.

Compresor de paletas.



Nota. La figura representa el diagrama de un compresor de paletas rotatorias.
Tomado de: Portal electromecánico, “Compresor de paletas,” Compresores.

Descripción

El compresor es una bomba de compresión de vapor, que comprime un gas y se envía a la operación unitaria que lo requiera. Para el caso del uso que posee, este equipo permitirá administrar aire comprimido al sistema de humidificación del aire en la zona donde se encuentra ubicada la planta de absorción.

Este equipo se encontrará ubicado en una localización protegido de la humedad, lo más cercano al sistema de humidificación, esto con el fin de minimizar la cantidad de tubería necesaria para la distribución del aire.

El compresor de aire se deberá suministrar a una presión mínima de 2 bar, y un flujo de 20 L/min. El compresor cuenta con purga periódica del tanque acumulador, filtro de aire para remover partículas sólidas y aceites lubricantes, y línea de desagüe para remover las purgas de agua. Cuenta con manómetro y regulador de flujo a la entrada de la línea de aire.

Consideraciones de seguridad, mantenimiento y problemas comunes

- Colocar el compresor en un lugar que tenga suficiente aire de entrada, limpio y seco. Las condiciones húmedas le pueden causar daños a la máquina, así como causar problemas eléctricos.
- No utilizar el compresor de aire a gas en interiores.
- Realizar una verificación de seguridad de rutina antes de usar el compresor de aire. Verificar las mangueras, asegurarse de que la fuente de alimentación sea la adecuada, verificar el nivel de aceite, etc.
- Siempre usar protección para los ojos y oídos cuando el compresor de aire esté operando. El ruido de un compresor de aire puede causar serios daños auditivos.
- No agregue ni intente cambiar el aceite del compresor mientras la unidad compresora está funcionando o ha sido utilizada recientemente. ¡El compresor podría incendiarse mientras lo hace!
- Asegúrese de que la unidad esté enchufada a un tomacorriente con conexión a tierra. De lo contrario, podría dañar el panel eléctrico del compresor y también provocar un incendio.
- Utilizar un cable de extensión adecuado para la unidad en caso que así lo requiera. Un cable más largo de lo necesario puede causar pérdidas de energía o daños a la unidad.
- Revisar los accesorios de la manguera para asegurarse de que estén bien apretados. Los accesorios sueltos pueden dificultar el rendimiento del compresor y/o causar daños.
- Asegurarse de que la válvula de cierre esté visible y al alcance mientras se usa el aire comprimido.
- No permitir que los cables o mangueras estén expuestos en pisos, pasillos o áreas bajas. Esto podría causar que alguien se tropiece.
- Nunca direcciona el aire comprimido hacia la piel o directamente hacia otra persona. Incluso una presión de aire tan baja como 15 psi puede causar lesiones graves.
- No use aire directamente de un compresor para respirar a menos que el sistema haya sido diseñado específicamente para eso.
- Si está utilizando su propio tanque a presión, solo use aquellos que estén contruidos bajo estándares nacionales o internacionales.

- Nunca acople o desacople mangueras presurizadas. Cierre la unidad, las válvulas y alivie cualquier presión antes de hacer o cambiar cualquier conexión de manguera.

Procedimiento de encendido

A continuación, se encontrarán una serie de pasos para el encendido de la planta térmica de la Fundación Universidad de América; se pasa a través de una verificación de niveles de fluidos, tomas de temperatura, presión y apertura de válvulas. Estos procedimientos son rutinas sencillas y en ocasiones monótonas sin embargo son vitales para el correcto funcionamiento de las bombas de agua y combustible.

Verificación de niveles

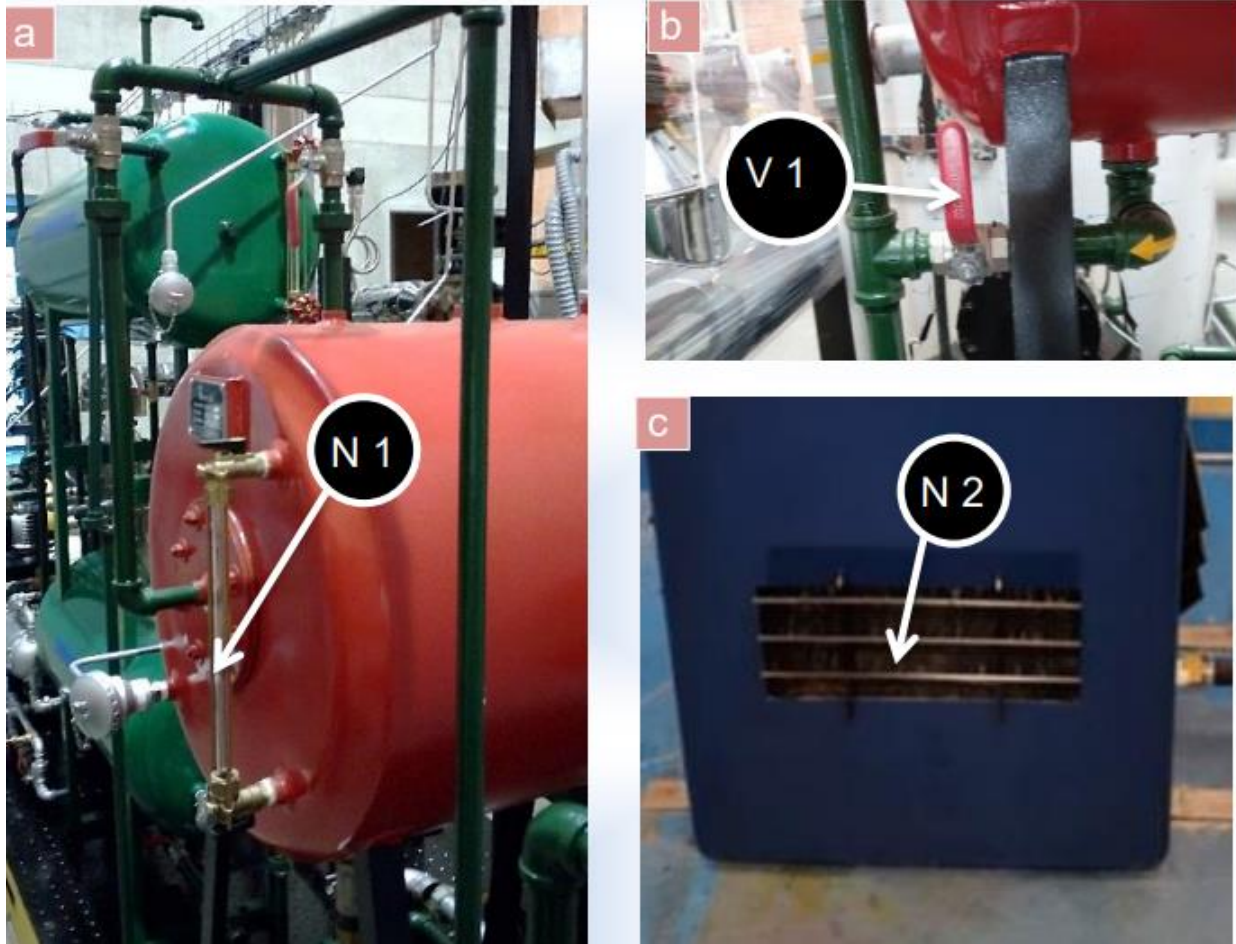
Antes de iniciar con el encendido de la planta es necesario verificar niveles de agua, combustible ACPM (Diesel) y presión de aire comprimido (4 bar).

Se continua con la verificación del nivel de agua en el tanque de condensados (figura 54a – N1), este debe tener un nivel de agua del 50% de la mirilla de vidrio como mínimo para poder iniciar el encendido. Importante verificar que se encuentre abierta la válvula que alimenta de agua la parte frontal y cerrada la que alimenta la parte superior. Si el nivel de agua se encuentra por debajo de lo sugerido debe verificarse si hay ingreso de agua a la planta. Si por el contrario el nivel está por encima de lo sugerido, por encima de un 60%, se recomienda abrir la válvula de drenaje ubicada debajo del tanque de condensados (Válvula de bola de 1 in, figura 54b – V1), cerciorarse que baje el nivel hasta el punto deseado y cerrarla nuevamente. Verificar que la válvula que va del tanque de condensados a la bomba de alimentación de agua de la caldera se encuentre completamente abierta.

En segundo lugar, se verifica el nivel de agua en la torre de enfriamiento (figura 54c – N2) (aunque cuenta con un flotador para regular el nivel de agua no sobra verificar si el espejo de agua está por encima del filtro de la bomba).

Figura 54.

Verificación de niveles sección tanque de agua de alimentación.



Nota. La figura representa la fotografía para la verificación de niveles del medidor de nivel tanque de condensados (a), válvula de drenaje tanque de condensados (b) y regulador de nivel torre de enfriamiento (c).

En tercer lugar, se verifica el nivel de ACPM en el dosificador (figura 55a – N4), este varía de acuerdo al tiempo que se requiera mantener encendido el equipo, para una práctica de encendido de la caldera el nivel mínimo para encenderla debe ser de 14 litros de diésel. Para llenar el dosificador de acrílico con ACPM se debe verificar que la válvula posterior (figura 55a – V2) esté completamente abierta y que el tanque de ACPM tenga también un nivel mínimo (figura 55b – N3) para así poder cumplir con la cantidad sugerida.

Para encender el quemador de la caldera, se debe verificar que la válvula que se encuentra en la parte inferior (figura 55a – V3), esté completamente abierta.

En cuarto lugar, se verifica que el manómetro de la válvula PID (figura 55c – M1) tenga una presión de 4 bar (60 psi), de lo contrario se verifica el suministro de aire comprimido, ya que sin esta presión indicada no es posible el correcto funcionamiento de la válvula.

Figura 55.

Verificación de niveles sección tanque de combustible.



Nota. La figura representa la fotografía para hacer la verificación de niveles en el medidor de nivel y válvulas tanque dosificador (a), medidor de nivel tanque ACPM (b) y medidor de presión válvula PID (c).

Apertura y cierre de válvulas

Al tener los niveles adecuados de los fluidos enunciados anteriormente, se procede con la apertura de las válvulas.

Verificar si la válvula principal de ingreso de agua al tanque de condensados (figura 56d – V4) está abierta y en caso de que no lo esté, abrirla para mantener un flujo de agua fresca al tanque.

Para el llenado de la caldera se debe verificar que la válvula de alimentación de agua de la caldera (figura 56a – V5) está abierta y las otras (figura 56b - V7, figura 56c - V8 y V9) deben estar cerradas.

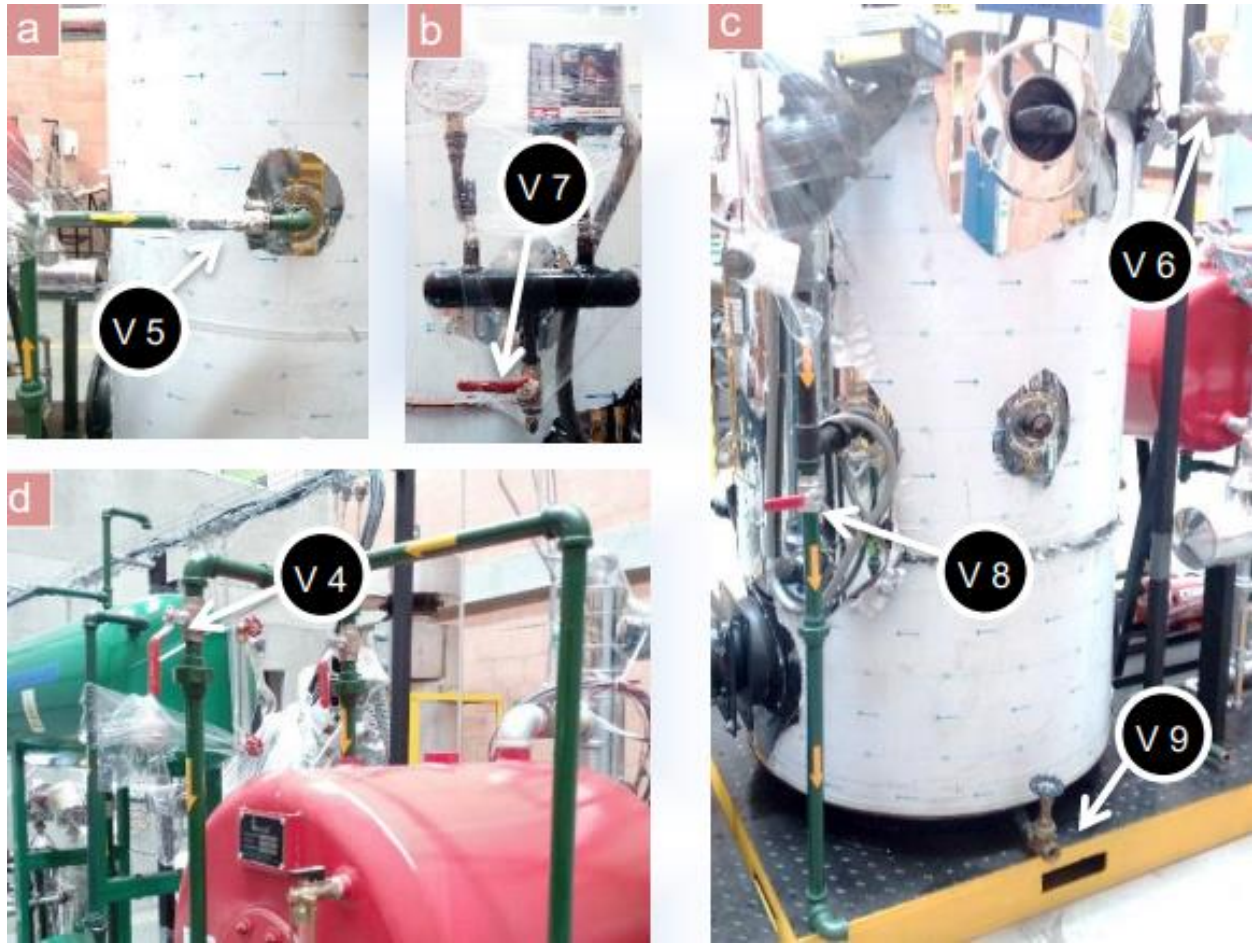
Verificar que la válvula principal de salida de vapor de la caldera (figura 56c – V6) se encuentre cerrada durante el tiempo de encendido de la misma.

Para el encendido de la caldera es importante tener en cuenta que para encender el quemador el piloto siempre debe tener suministro de gas propano, así se trabaje con ACPM o con gas propano como combustible del quemador.

Teniendo en cuenta lo anterior se deben verificar las válvulas de la tubería de gas que hace parte del quemador de la caldera.

Figura 56.

Apertura de válvulas sección caldera.



Nota. La figura representa la fotografía de la válvula alimento de agua a la caldera (a), válvula de drenaje de la caldera (b), válvula salida de vapor y anexas de la caldera (c) y válvula alimento de agua al tanque de condensados (d).

Para el encendido del quemador con ACPM, las válvulas (figura 57a – V13 y V12) deben estar cerradas y las válvulas (figura 57a – V10 y V11) deben estar abiertas para permitir el paso del gas al piloto del quemador.

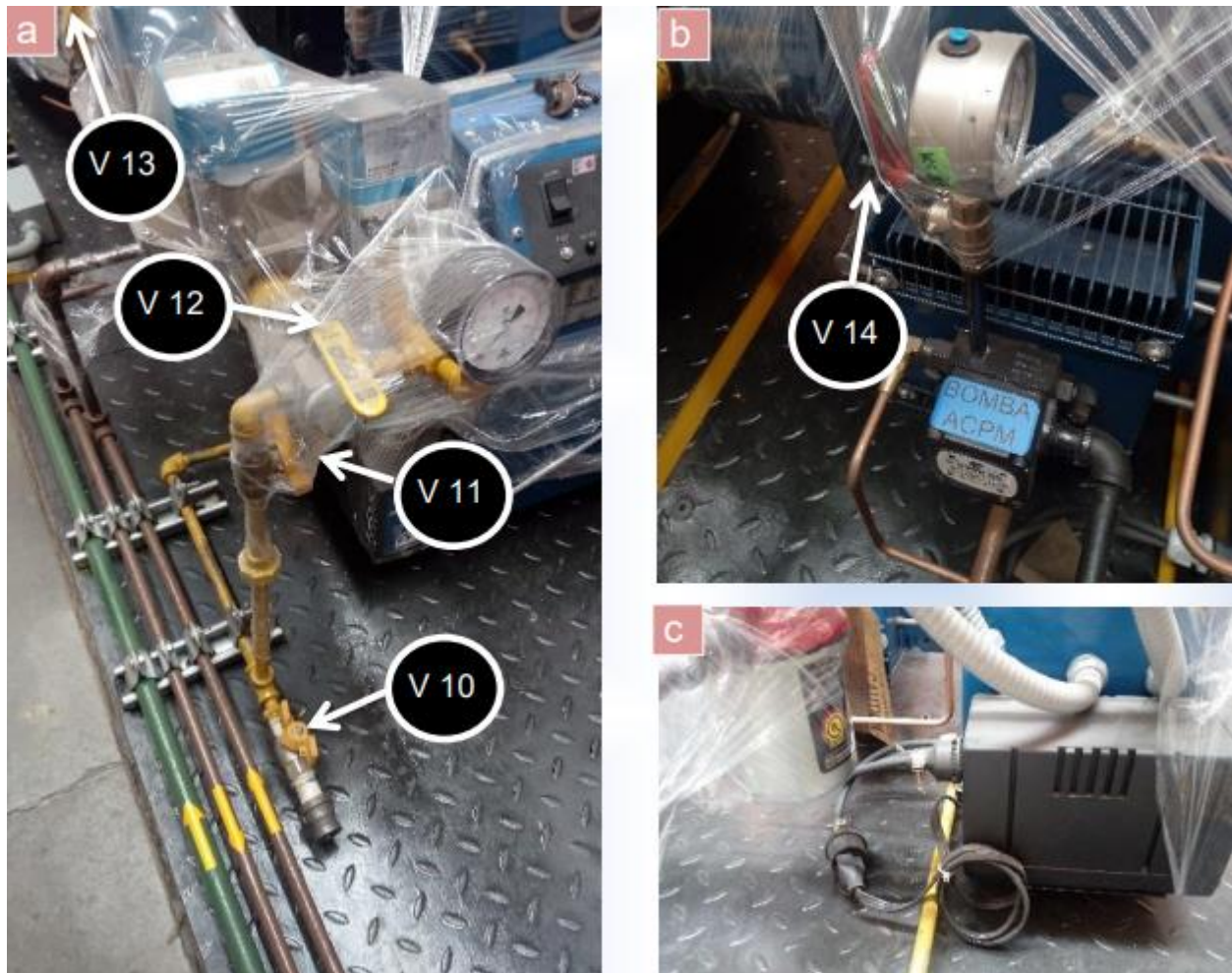
Para el encendido del quemador con gas, todas las válvulas de la tubería de gas del quemador (figura 57a – V10, V11, V12 y V13) deben estar abiertas para permitir el paso del gas tanto al piloto como a la cámara del quemador.

Verificar que la válvula del manómetro de la bomba de ACPM (figura 57b – V14) esté siempre abierta.

Verificar que las conexiones del estabilizador de voltaje del tablero del quemador (figura 57c), estén bien conectadas, en caso de estar desconectadas el tablero del quemador/caldera no funcionará.

Figura 57.

Apertura de válvulas sección tablero de la caldera.



Nota. La figura representa la fotografía de las válvulas tubería del quemador de gas (a), válvula bomba de ACPM (b) y estabilizador de voltaje del quemador (c).

Energización del tablero principal y subtableros

El paso a seguir es el llenado de la caldera con agua, para esto se deben energizar los totalizadores del tablero general.

En principio se sube el totalizador principal que alimenta el tablero externamente y de igual manera a cada uno de los equipos que componen la planta.

Se verifica que el botón de parada de emergencia no esté accionado y si lo está se desenclava girándolo en sentido de las manecillas del reloj, luego de esto se acciona el botón de encendido y se espera mientras el PLC enciende y da el primer pantallazo.

Luego en el tablero de la caldera/quemador (ver figura 58) verificar que la muletilla de la bomba siempre esté en AUTOMÁTICO. Luego se debe pulsar el botón “FUEL SELECT” en GAS para usar el quemador con propano o en OIL para usar el quemador con ACPM y finalmente el botón “CONTROL” en ON para iniciar el quemador y así mismo la caldera.

En el momento en que se accionen los botones como se indica anteriormente, la bomba del tanque de condensados empezará a llenar la caldera con agua.

Si no enciende el quemador y la bomba de agua sí, es porque el nivel de agua de la caldera está por debajo de lo estipulado. (En caso que la caldera no encienda esperar que el agua llegue a su nivel normal, aproximadamente en la mitad de la mirilla de vidrio, después de un tiempo ella enciende sola, si se ha dejado en automático).

Figura 58.

Tablero de la caldera y el quemador.



Nota. La figura representa la fotografía del tablero del conjunto caldera/quemador.

Procedimiento de purga de la caldera

Este procedimiento es recomendable realizarlo siempre que se encienda la caldera.

Puede realizarse en frío, es decir sin haber encendido la caldera, sin embargo, conviene mucho con la caldera encendida cuando ya esté generando vapor, pero en baja presión, se recomienda con una presión no mayor a 7 Psig o 0,5 Bar, si la presión del equipo es mayor a este valor, **NO se recomienda realizar la purga.**

Abra por tres segundos aproximadamente, la válvula de purga del pequeño distribuidor de vapor de instrumentos mediante la válvula V7 (figura 56b – V7) y después ciérrela suavemente, tenga presente que saldrá una mezcla de agua vapor a alta temperatura por la salida 1 (figura 59 – S1), se recomienda colocar un recipiente para recibir la mezcla y así no generar contaminación en el área.

Abra ahora la válvula 8 suavemente (figura 56c – V8), por tres segundos aproximadamente y después ciérrela suavemente. El drenaje saldrá por la parte exterior de la planta hacia el cárcamo dispuesto para este fin y no tendrá que colocar ningún tipo de recipiente allí.

Abra y cierre la válvula 9 tres veces (figura 56c – V9), luego ábrala despacio y déjela completamente abierta por cinco segundos aproximadamente y después ciérrela lentamente.

Figura 59.

Salida mezcla líquido/vapor.



Nota. La figura representa la fotografía vista posterior de la salida de la caldera.

Ahora se procede a encender el sobrecalentador a la temperatura deseada (190°C) con el control de temperatura, esto se hace previamente al encendido de la turbina para que le dé tiempo al sobrecalentador a llegar a tu temperatura requerida.

El sobrecalentador se puede encender al tiempo con la caldera, y posteriormente al poner a funcionar la turbina se enciende la torre de enfriamiento mediante el pulsador start – stop (figura 60 – tablero No.3) ubicado en el tablero No. 3, tablero de la torre de enfriamiento.

Figura 60.

Tablero torre de enfriamiento.



Nota. La figura representa la fotografía vista frontal tablero 3 de la torre de enfriamiento.

Encendido de turbina

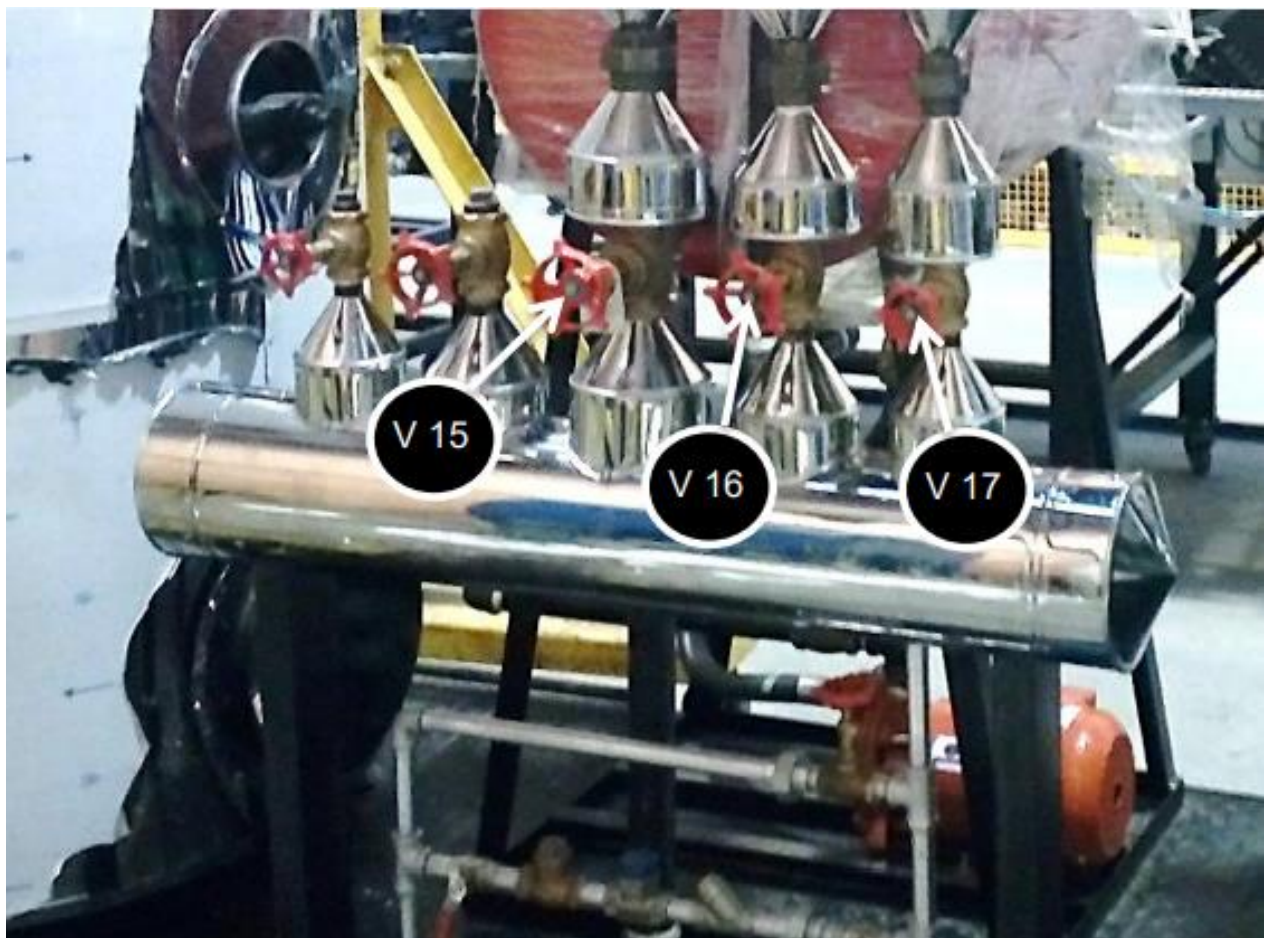
Para encendido de la turbina es necesario verificar que el indicador del manómetro de la caldera este a 115 psi aproximadamente y que los niveles de agua, aire y ACPM estén correctos, de acuerdo al tiempo que se requiera encendida, se recomienda continua supervisión del nivel de combustible, por ningún motivo este nivel debe ser menor a 2,5 litros.

Para evitar daños en la bomba de ACPM, ubicada en el quemador de la caldera (figura 57b), es importante mantener el nivel mínimo mencionado anteriormente y que la válvula inferior del dosificador de ACPM (figura 55a – V3) siempre se encuentre totalmente abierta.

Se abre la válvula principal de salida de vapor de la caldera (figura 56c – V6), luego se abre totalmente la válvula central del distribuidor (figura 61 – V15) y a continuación se da apertura total a la válvula de la turbina (figura 61 – V16).

Figura 61.

Apertura de válvulas sección distribuidor de vapor.

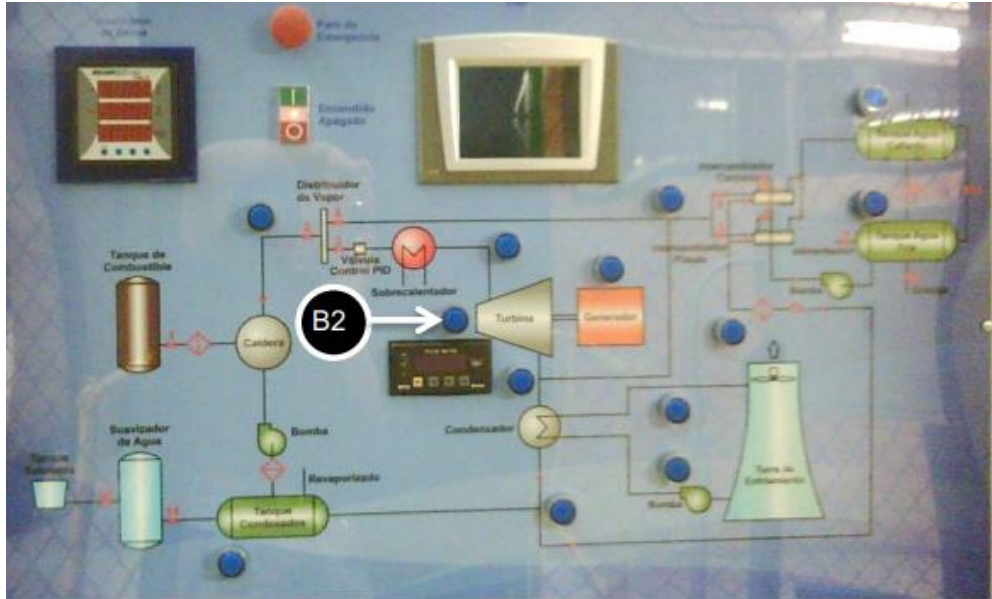


Nota. La figura representa la fotografía de las válvulas del distribuidor de vapor.

Se continúa en el tablero principal y se oprime el botón B2, ubicado en el panel principal al lado izquierdo de la turbina (figura 62), el PLC lleva a la pantalla de control de la turbina.

Figura 62.

Encendido tablero principal.



Nota. La figura representa la fotografía del pulsador de la turbina tablero de control principal.

En esta pantalla (figura 63) podemos ingresar la velocidad requerida en RPM en el botón táctil **INGRESAR VELOCIDAD.**

Figura 63.

Pantalla táctil turbina.



Nota. La figura representa la fotografía vista panel HMI para el control de la turbina.

Luego en la siguiente pantalla (figura 64) se puede digitar el valor requerido (es necesario arrancar la turbina por pasos inicialmente de 0- 2000 rpm, después 2000-4000 y finalmente de 4000-6000 rpm). Se confirma la instrucción con **ENTER**, se podrá visualizar que la turbina arranca e incrementa su velocidad gradualmente de acuerdo a los parámetros ingresados.

Figura 64.

Ingreso de velocidad turbina.



Nota. La figura representa la fotografía de la vista panel HMI para la configuración en RPM de la turbina.

Para visualizar el progreso de la turbina, se ingresa a la gráfica velocidad vs tiempo; para esto se oprime en la pantalla del HMI (pantalla PLC), el botón TURBINA del primer pantallazo y luego aparece la siguiente pantalla (figura 65).

Figura 65.

Gráfica de progreso de velocidad turbina.



Nota. La figura representa la fotografía de la vista del panel HMI del gráfico de velocidad vs tiempo.

Para poder visualizar el gráfico se debe oprimir el botón RUN/STOP e inicia el gráfico.

Para apagar la turbina o disminuir la velocidad se procede colocando un valor descendente en la segunda pantalla (figura 64) hasta llegar a 0 rpm y así detener la turbina por completo.

Funcionamiento del sistema de intercambiadores de calor

Para las prácticas con los intercambiadores de calor se procede de la siguiente manera, asumiendo que la caldera se encuentra en funcionamiento y tiene la presión de trabajo:

Nota: Para operar las válvulas de bola se debe tener en cuenta que para cerrar la válvula (off) se acciona en sentido de las manecillas del reloj y para abrir la válvula (on) se acciona en sentido contrario a las manecillas del reloj como se presenta en la figura 66.

Figura 66.

Posicionamiento para apertura de la válvula de bola.



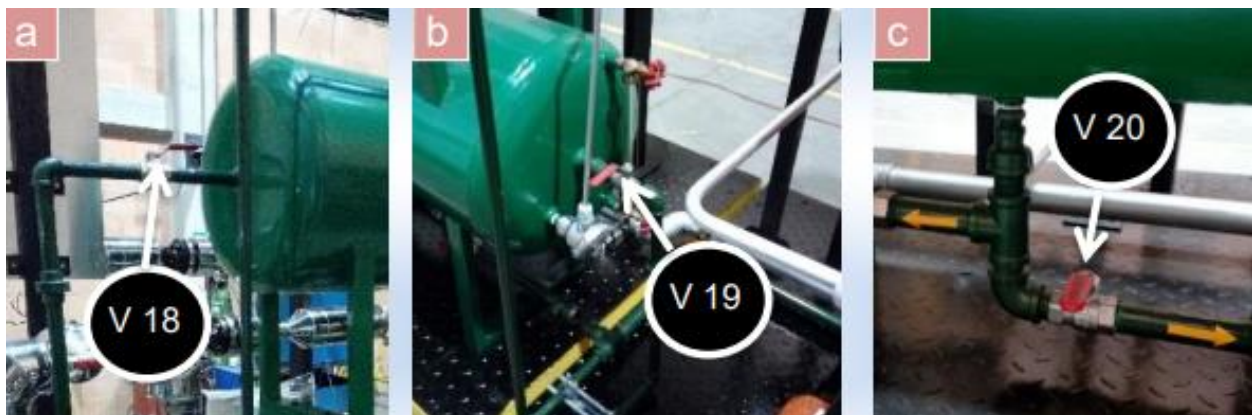
Nota. La figura representa el accionamiento de la válvula de bola.

Se abre de forma lenta la válvula principal del distribuidor en su totalidad (figura 61 – V15), dejando que el vapor ingrese en el distribuidor y genere el trapeo de los condensados (5 a 6 minutos). Luego se abre la válvula del distribuidor que corresponde al proceso de los intercambiadores (figura 61 – V17).

Se garantiza el suministro de agua al tanque de agua fría (inferior) por medio de la válvula V19 (figura 67b – V19), para esto debe estar la válvula V20 cerrada (figura 67c – V20) y para el llenado del tanque de agua caliente (superior) debe estar abierta la válvula V18 (figura 67a – V18).

Figura 67.

Apertura de válvulas tanques de agua fría y caliente.



Nota. La figura representa las válvulas en los tanques de agua fría y caliente.

Las válvulas V32 y V33 (figura 68) del trapeo de los intercambiadores deben estar abiertas y la válvula V31 debe estar cerrada (figura 68).

Figura 68.

Apertura de válvulas trapeo de condensados.



Nota. La figura representa el trapeo bypass del sistema de intercambiadores de calor.

Configuración en contraflujo para intercambiadores de placas

- Válvulas cerradas: V22, V26, V28, V29, V30.
- Válvulas abiertas: V21, V23, V24, V25, V27.

Configuración en paralelo para intercambiadores de placas

- Válvulas cerradas: V21, V27, V28, V29, V30.
- Válvulas abiertas: V22, V23, V24, V25, V26.

Configuración en contraflujo para intercambiadores de carcasa-tubos

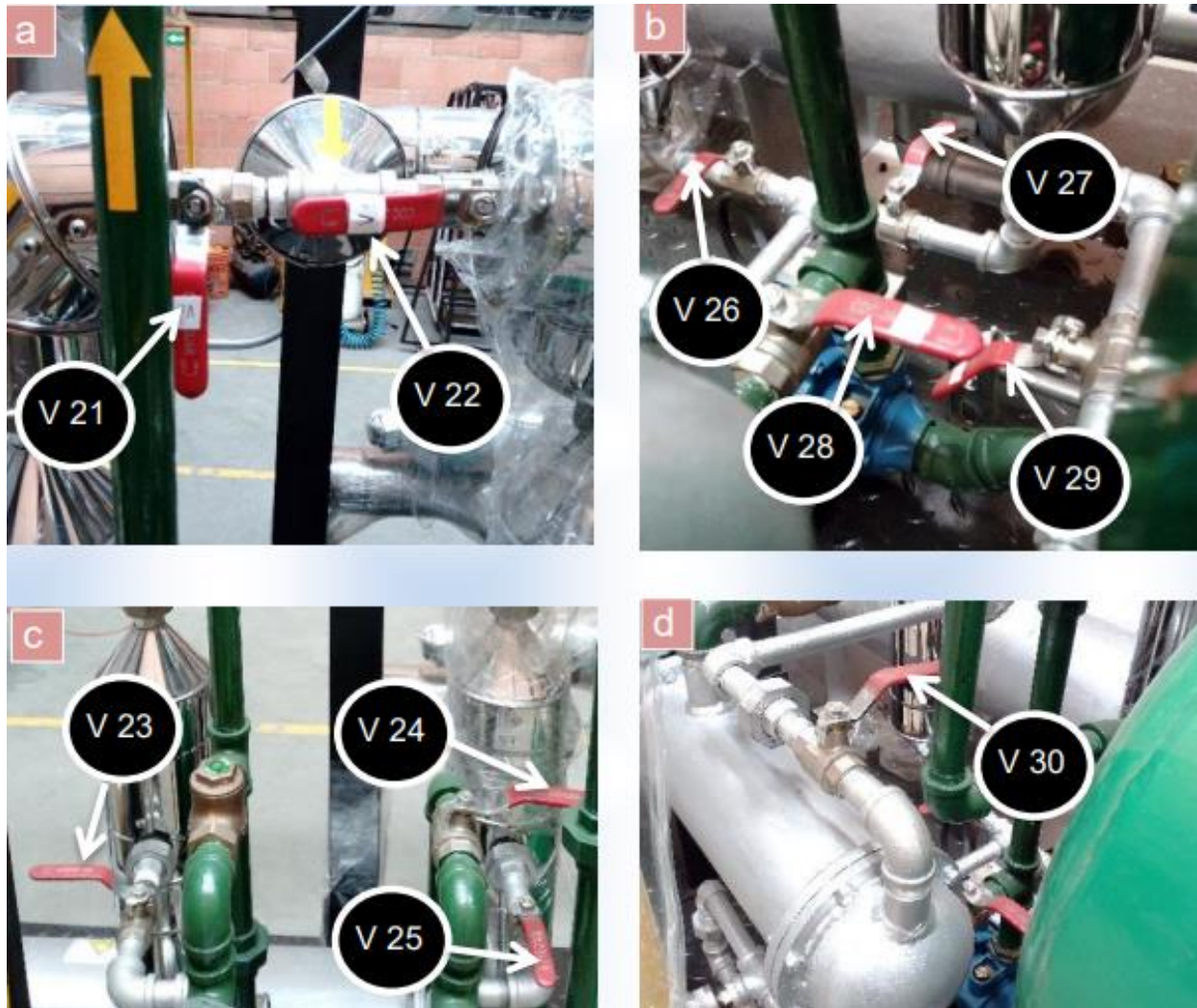
- Válvulas cerradas: V22, V23, V24, V25, V26.
- Válvulas abiertas: V21, V27, V28, V29, V30.

Configuración en paralelo para intercambiadores de carcasa-tubos

- Válvulas cerradas: V21, V23, V24, V25, V27.
- Válvulas abiertas: V22, V26, V28, V29, V30.

Figura 69.

Apertura de válvulas según configuración de flujo para el sistema de intercambiadores de calor.



Nota. La figura representa las válvulas del sistema de intercambiadores de calor.

Después de configurar los intercambiadores como se requiera, se procede a energizar la bomba de los intercambiadores, pulsando el botón start/stop del tablero eléctrico No.4.

Se debe verifica que el tanque de agua fría tenga la suficiente agua para la práctica de intercambiadores y en caso de no tener el agua suficiente se abre la válvula V19 (figura 67b – V19). Y a su vez confirmamos que las válvulas para drenar los tanques se encuentren cerradas tanto para el de agua fría como para el de agua caliente.

Cuando el flujo másico del vapor se halla estabilizado podemos hacer circular el agua fría del tanque inferior llamado “tanque de agua fría” a través de los intercambiadores hasta llegar al tanque de agua caliente en la parte superior.

La bomba cuenta con un sistema de protección eléctrico en caso tal de que el nivel de agua del tanque de agua fría este por debajo del admitido y así aseguramos la vida útil de la bomba.

Los tanques cuentan con termocuplas, para medir las temperaturas de los tanques.

El circuito de vapor cuenta con un caudalímetro y termocuplas para para realizar mediciones de eficiencia de los intercambiadores. Para ver los parámetros de medición, solo se debe oprimir el pulsador en el tablero general del punto que se requiera verificar y en el PLC se indicaran los datos correspondientes.

4.1.1.1.2. Apagado planta térmica

Después de poner el valor de 0 rpm en el PLC, inmediatamente la válvula PID se cierra.

Luego se deben cierran las válvulas del distribuidor, válvula principal y válvula de la turbina (figura 61 – V15 y V16).

Se procede a apagar la caldera, en el tablero de la caldera/quemador (figura 58), se deja el botón de “CONTROL” en OFF.

Después de apagar los tableros de la torre de enfriamiento y el sobrecalentador, se apaga el tablero principal con el botón de apagado. El PLC no necesita de un apagado especial.

Ya apagado el tablero principal se bajan los totalizadores en la parte interior del tablero incluyendo el totalizador general.

El apagado de la planta térmica en caso de que estén haciendo prácticas con los intercambiadores se realiza de la siguiente manera:

- Se cierran las válvulas del distribuidor, válvula principal V15 y válvula que corresponde al proceso de los intercambiadores V17 (figura 61).
- Se procede a apagar la caldera, en el tablero de la caldera/quemador (figura 58), se deja el botón de “CONTROL” en OFF.

- Después de apagar el tablero de la bomba (tablero No.4), en caso de que este encendida, se apaga el tablero principal con el botón de apagado. El PLC no necesita de un apagado especial.
- Ya apagado el tablero principal se bajan los totalizadores en la parte interior del tablero incluyendo el totalizador general.

Mantenimiento semanal

- Realizar drenaje de los tanques de manera continua hasta que el agua salga completamente clara, verificar en la mirilla de vidrio, el agua debe verse limpia.
- Realizar drenajes a la torre de enfriamiento hasta que se pueda visualizar el agua limpia.
- Agregar el aditivo al agua del tanque de condensados.
- Agregar el aditivo al agua de la torre de enfriamiento

Estos dos anteriores con el fin de mejorar las condiciones del agua que circula por los equipos, con el objetivo de evitar incrustaciones severas, mantener los equipos y prologar la vida útil de los mismos.

- Verificar que no haya elementos obstruyendo la transmisión del turbo-generador y que la guarda esté bien asegurada.
- Encender el tablero general y verificar que todos los contactores estén funcionados, de la misma manera con los pulsadores y PLC, cerciorarse de no tener la parada de emergencia activa.
- Drenar la válvula de la chimenea para eliminar el agua acumulada.
- Realizar limpieza general de los equipos con un trapo medianamente húmedo para retirar el polvo, y luego con un trapo seco. Limpiar las plataformas y mantenerse las áreas despejadas de elementos ajenos a la planta térmica.

Mantenimiento mensual

- Realizar inspección visual de la condición de todos los equipos, verificar que no existan fugas, que los niveles sean adecuados, que no haya elementos rotos o en condiciones anormales.
- Revisar el estado de tuberías, válvulas y accesorios, no se deben presentar fugas, verificar que no haya elementos rotos o en condiciones anormales.

- Realizar llenados y drenajes de los tanques para limpiarlos, verificar que el agua esté limpia en las mirillas.
- Realizar drenajes en los tanques de ACPM para limpiarlos.
- Realizar inspección visual de los sensores, transductores de presión y termocuplas de la planta térmica, verificar que no haya elementos rotos o en condiciones anormales.
- Verificar que no haya elementos obstruyendo la transmisión del turbo-generador y que la guarda esté bien asegurada, identifique cuando el equipo esté encendido si existen ruidos y vibraciones excesivas diferentes al funcionamiento normal de la planta.
- Encender el tablero general y verificar que todos los contactores estén funcionados, de la misma manera con los pulsadores y PLC, cerciorarse de no tener la parada de emergencia activa.
- Realizar limpieza general de los equipos con un trapo medianamente húmedo para retirar el polvo, y luego con un trapo seco.
- Limpiar las plataformas y mantenga las áreas despejadas de elementos ajenos a la planta térmica.

Siga las rutinas de mantenimiento sugeridas semanalmente y mensualmente para que los equipos funcionen de manera correcta y se prolongue la vida útil de los mimos.

Gases especiales

Figura 70.

Depósitos de almacenamiento de gases especiales.



Nota. La figura representa la imagen ilustrativa del almacenamiento de gases especiales. Tomado de: Gema, “Almacenamiento De Gases Envasados,” GEMA Tendencia e Innovación, 2022.

En relación a las condiciones de temperatura y presión relativamente estables existentes en la superficie de nuestro planeta, se designa como «gas», a todo elemento o compuesto que exista habitualmente en este estado (estado gaseoso), diferente a los estados sólido y líquido, en las cercanías de las condiciones normales de temperatura y presión (15°C, 1 atm).

Se usa el concepto de «vapor» para la fase gaseosa de cualquier elemento o compuesto que, en las mismas condiciones, es normalmente líquido o sólido. Once elementos tienen esta condición de gases, así como un número aparentemente ilimitado de compuestos y mezclas, como el aire. Estos once elementos son: oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, cloro, flúor, helio, neón, argón, kriptón, xenón y radón.

No obstante, para el caso del CESI los gases especiales que se van a utilizar son solamente el nitrógeno, el oxígeno y aire comprimido.

Consideraciones de seguridad, almacenamiento y problemas comunes

- Obtener información sobre parámetros individuales tales como presión, máxima cantidad descargable (por ejemplo, en el caso de los gases líquidos a presión, inflamabilidad, toxicidad, límites de explosión, compatibilidad del material, posibles reacciones); realizar una evaluación de riesgos y preparar instrucciones de trabajo.
- Utilizar equipos de protección personal apropiados, tales como calzado de seguridad y guantes.
- Utilizar equipos de protección personal apropiados, tales como calzado de seguridad y guantes.
- Utilizar solo vehículos apropiados para el transporte.
- Solo se deberán suministrar a la zona de trabajo las cantidades y los tipos de gas necesarios.
- Proteger los recipientes contra un calentamiento excesivo por elementos productores de altas temperaturas o llamas.
- Asegurar los recipientes de gas comprimido para evitar caídas.
- Antes de iniciar cualquier operación (por ejemplo, conexiones a recipientes de gas comprimido), comprobar las etiquetas que indican los riesgos del producto con el objeto de aclarar completamente los tipos de gases y las concentraciones de las mezclas. El etiquetado existente no debe quitarse ni dañarse. Los recipientes de gas comprimido llenos y vacíos deberán identificarse para evitar confusión.

- Antes de abrir la válvula del recipiente de gas comprimido, asegúrese de que el sistema de descarga/regulación haya sido conectado correctamente y no haya fugas y que haya sido purgado, si fuese necesario, y que el regulador de presión esté expansionado. Antes de la puesta en marcha inicial y a intervalos regulares más tarde, inspeccione todo el sistema de suministro de gas buscando cualquier fuga.
- Para evitar el enfriamiento excesivo de la válvula de la botella y del regulador de presión, ajuste la cantidad de descarga al tipo de gas y dimensiones de los equipos. Las descargas de grandes cantidades requieren equipos apropiados y posiblemente una conexión paralela de varios recipientes de gases comprimidos o bloques de botellas. Las válvulas que eventualmente se congelen deben ser lentamente descongeladas.
- El calentamiento de un recipiente de gas comprimido para aumentar la presión solo debería realizarse con un baño de agua o con vapor de agua (asegurándose de que la temperatura del recipiente permanece por debajo de los 50 °C). ¡No caliente nunca recipientes con una llama o con una fuente de calor puntual!
- Solo las empresas autorizadas pueden llenar tales recipientes con gases.
- Los recipientes de gas comprimido no deben utilizarse como almacén o colector de productos.
- Los recipientes de gas comprimido conectados entre ellos siempre experimentan una compensación de presiones que pueden provocar impurezas, ya que pueden entrar en los recipientes. Los gases líquidos se acumulan en el punto de la temperatura más baja.
- Al finalizar o interrumpir un trabajo o una actividad, cerrar siempre las válvulas de los recipientes de gas comprimido y liberar el reductor de presión para evitar subidas de presión descontroladas o descargas de gas.
- Diferenciar los recipientes vacíos para evitar errores. Los recipientes presurizados no deberán vaciarse nunca hasta el punto de eualización total de la presión, para evitar un aumento de aire atmosférico durante el proceso de devolución.
- Los recipientes que pudieran haber sido contaminados por impurezas a través del reflujo deben ser claramente etiquetados al respecto y devueltos al distribuidor junto con una nota sobre la posible contaminación. Esto ayudará a evitar entregas impuras en el futuro.
- Los recipientes de gas comprimido con defectos visibles u ocultos pero conocidos deben etiquetarse claramente y devolver al fabricante del gas.

Nitrógeno

Figura 71.

Almacenamiento de nitrógeno para diferentes proveedores.



Nota. La figura representa la imagen ilustrativa distribuidores de gas nitrógeno, con su respectiva válvula y contenedor. Tomado de: Indura Grupo AIR Products, Manual de Gases Soluciones Tecnológicas Con Gases Y Soldaduras Para Un Mundo De Procesos, 1st ed., vol. 1. Colombia, 2013.

Propiedades físicas

- Peso molecular: 28,0134 g/mol.
- Densidad del líquido (1 atm): 0,8086 kg/m³.
- Densidad del gas (15°C, 1 atm): 1,185 kg/m³.
- Densidad del gas (0°C, 1 atm): 1,25053 kg/m³.
- Punto de ebullición (1 atm): -195,803 °C.
- Presión crítica: 33,999 bar.
- Temperatura crítica: -146,95 °C.
- Gravedad específica (0°C, 1 atm): 0,967.
- Calor latente de vaporización: 47,459 kcal/kg.

Tabla 3.

Información general de contenido en base al tamaño y tipo de cilindro para almacenamiento de nitrógeno.

Cilindros		Contenido		Presión de llenado a 15°C	
Tamaño	Especificación	Volumen	Peso	bar	psig
	DOT	m ³ (15°C, 1 atm)	kg		
200/50	200/300	9,42	10,7	200,0	2,900 ± 50
165/50	3AA 2400	8,5	10,1	177,5	2,575
139/44	3AA 2015	6,0	7,1	139,5	2,025
124/44	3AA 1800	5,5	6,5	127,0	1,840

Nota. Esta tabla presenta los envases usuales utilizados para almacenamiento de nitrógeno distribuido a Argentina, Colombia, Chile, Ecuador y Perú. Tomado de: Indura Grupo AIR Products, Manual de Gases Soluciones Tecnológicas Con Gases Y Soldaduras Para Un Mundo De Procesos, 1st ed., vol. 1. Colombia, 2013.

Tabla 4.

Información general de pesos en base al tipo de cilindro para almacenamiento de nitrógeno.

Tamaño-uso	Contenido			Dimensión		Peso vacío	Rendi.
	m ³	kg	l	Aprox. alto	Diámetro	Aprox.	Flujo continuo
176-gas	103	122,0	148,0	1,52 m	0,51 m	113 kg	9 m ³ /h
176-liq.	114	135,0	165,6	-	-	-	-
196-gas	112	133,7	165,6	1,61 m	0,51 m	113 kg	10 m ³ /h
196-liq.	124	146,9	180,3	-	-	-	-

Nota. Esta tabla muestra las especificaciones mecánicas de termos portátiles DOT 4-L200. Tomado de: Indura Grupo AIR Products, Manual de Gases Soluciones Tecnológicas Con Gases Y Soldaduras Para Un Mundo De Procesos, 1st ed., vol. 1. Colombia, 2013.

Tabla 5.

Información general para conversión de unidades en base al estado de segregación del nitrógeno.

Nitrógeno	Peso		Gas		Líquido	
	kg	lb	m ³ (15°C, 1 atm)	scf (70°F, 1 atm)	l (1 atm)	gal (1 atm)
1 kg	1	2,2046	0,8439	30,43	1,2367	0,3267
1 lb	0,4536	1	0,3828	13,803	0,561	0,1482
1 m³	1,185	2,6125	1	36,06	1,4655	0,3871
1 scf	0,03286	0,07245	0,02773	1	0,04064	0,01074
1 l	0,808607	1,7827	0,6824	24,61	1	0,2642
1 gal	3,0609	6,7482	2,583	93,14	3,7854	1

Nota. Esta tabla muestra los factores de conversión del nitrógeno. Tomado de: Indura Grupo AIR Products, Manual de Gases Soluciones Tecnológicas Con Gases Y Soldaduras Para Un Mundo De Procesos, 1st ed., vol. 1. Colombia, 2013.

— Reguladores de presión recomendados:

- 1 etapa: Harris 825 – 10 – N; Harris 987 – 100 – N.
- 2 etapas: Harris 896 – 15 – N.
- De línea: Harris 847 – 10 – N.

Descripción

El nitrógeno es el mayor componente de nuestra atmósfera (78,03% en volumen, 75,5% en peso). Es un gas incoloro, inodoro y sin sabor, no tóxico y casi totalmente inerte. A presión atmosférica y temperatura inferior a -196°C, es un líquido incoloro, un poco más liviano que el agua.

Es un gas no inflamable y sin propiedades comburentes. Se combina sólo con algunos de los metales más activos, como litio y magnesio, formando nitruros, y a temperaturas muy altas puede combinarse con hidrógeno, oxígeno y otros elementos. Por su escasa actividad química, es usado como protección inerte contra contaminación atmosférica en muchas aplicaciones en que no se presentan altas temperaturas.

Uso industrial

Por su gran inercia química con respecto a la mayoría de los elementos, y la simpleza y seguridad de operación que lo caracterizan, el nitrógeno tiene valiosas aplicaciones en diversos campos industriales.

- Como atmósfera inerte protectora o aislante.
- Como gas inerte para remoción de gases disueltos en líquidos (desgasificación) y para agitación de líquidos.
- Como agente de limpieza y secado, en química y petroquímica.
- En forma líquida, es utilizado para enfriamiento y congelación criogénica.

Principales precauciones en manejo, almacenamiento y problemas comunes

- Nunca utilizar nitrógeno bajo presión sin saber manejar correctamente cilindros o reguladores.
- El principal peligro del nitrógeno es el de causar asfixia por desplazamiento del oxígeno del aire en espacios confinados.
- En el caso del nitrógeno líquido (LIN), deben observarse todas las precauciones referentes a fluidos criogénicos.
- Utilizar cilindros con pruebas hidrostáticas vigentes con su tapa de protección y realizar mantenimiento de los mismos con regularidad.
- Almacene los cilindros en posición vertical y evite que se caigan o golpeen violentamente.
- Separe los cilindros llenos de los vacíos, y movílcelos en carro montacargas o portacilindros en trayectos largos e irregulares, no los arrastre, para trayectos cortos gírelos sobre su base inferior. Cierre la válvula de cilindro cuando termine su contenido.
- El área de almacenamiento debe ser delimitada para evitar el paso de personal no autorizado.
- Use un regulador de reducción de presión, use la válvula de contención o de retroceso para prevenir contraflujo.
- No descargue el contenido hacia personas, equipos, o a la atmósfera.
- Señalice con letreros que indiquen “PROHIBIDO EL PASO A PERSONAL NO AUTORIZADO”, “NO FUMAR” y con avisos donde se muestre el tipo de peligro representado por el producto.
- No permita que los cilindros almacenados excedan la temperatura de 52°C.

- Establecer sistema de inventario de primero qué entra primero qué sale, para darle rotación a los gases.

Oxígeno

Figura 72.

Almacenamiento de oxígeno para diferentes proveedores.



Nota. La figura representa la imagen ilustrativa distribuidores de oxígeno gaseoso, con su respectiva válvula y contenedor. Tomado de: Indura Grupo AIR Products, Manual de Gases Soluciones Tecnológicas Con Gases Y Soldaduras Para Un Mundo De Procesos, 1st ed., vol. 1. Colombia, 2013.

Propiedades físicas

- Peso molecular: 31,998 g/mol.
- Densidad del líquido (1 atm): 1,141 kg/l.
- Densidad del gas (15°C, 1 atm): 1,354 kg/m³.
- Densidad del gas (0°C, 1 atm): 1,4289 kg/m³.
- Punto de ebullición (1 atm): -182,97 °C.
- Presión crítica: 50,43 bar.
- Temperatura crítica: 154,576 K.

- Gravedad específica (0°C, 1 atm): 1,1053.

Tabla 6.

Información general de contenido en base al tamaño y tipo de cilindro para almacenamiento de oxígeno.

Tamaño	Cilindros	Contenido		Presión de llenado a 15°C	
	Especificación DOT	Volumen m ³ (15°C, 1 atm)	Peso kg	bar	psig
200/50	200/300	10,0	13,5	200,0	2,900 ± 50
165/50	3AA 2400	9,0	12,2	170,5	2,475
139/44	3AA 2015	6,0	8,1	129,0	1,870
124/44	3AA 1800	6,0	8,1	129,0	1,870
139/4,7 (E)	3AA 2015	0,7	0,9	141,0	2,045
139/3 (D)	3AA 2015	0,4	0,5	126,0	1,825

Nota. Esta tabla muestra los envases usuales utilizados para almacenamiento de oxígeno distribuido a Argentina, Colombia, Chile, Ecuador y Perú. Tomado de: Indura Grupo AIR Products, Manual de Gases Soluciones Tecnológicas Con Gases Y Soldaduras Para Un Mundo De Procesos, 1st ed., vol. 1. Colombia, 2013.

Tabla 7.

Información general de pesos en base al tipo de cilindro para el almacenamiento de oxígeno.

Tamaño	Contenido			Peso	Dimensión aprox		Rendi.
	m ³	kg	l	vacío Aprox.	Alto	Diámetro	Flujo continuo
176	128	173,3	148,3	113 kg	1,52 m	0,51 m	9 m ³ /h
196	139	188,2	165,0	116 kg	1,61 m	0,51 m	10 m ³ /h

Nota. Esta tabla muestra las especificaciones mecánicas de termos portátiles DOT 4-L200. Tomado de: Indura Grupo AIR Products, Manual de Gases Soluciones Tecnológicas Con Gases Y Soldaduras Para Un Mundo De Procesos, 1st ed., vol. 1. Colombia, 2013.

Tabla 8.

Información general para conversión de unidades en base al estado de segregación del oxígeno.

Oxígeno	Peso		Gas		Líquido	
	kg	lb	m ³ (15°C, 1 atm)	scf (70°F, 1 atm)	l (1 atm)	gal (1 atm)
1 kg	1	2,2046	0,7386	26,631	0,8764	0,2315
1 lb	0,4536	1	0,3350	12,079	0,3975	0,105
1 m³	1,354	2,985	1	36,06	1,1867	0,3135
1 scf	0,03755	0,08279	0,02773	1	0,03291	0,008695
1 l	1,141	2,5155	0,8427	30,384	1	0,2642
1 gal	4,319	9,522	3,1899	115,02	3,7854	1

Nota. Esta tabla muestra los factores de conversión del oxígeno. Tomado de: Indura Grupo AIR Products, Manual de Gases Soluciones Tecnológicas Con Gases Y Soldaduras Para Un Mundo De Procesos, 1st ed., vol. 1. Colombia, 2013.

— Reguladores de presión recomendados

- 1 etapa: Harris 825 – 10 – OX; Harris 829 – 8 – OX.
- 2 etapas: Harris 896 – 15 – OX.
- De línea: Harris 847 – 10 – OX.

Descripción

El oxígeno, gas que hace posible la vida y es indispensable para la combustión, constituye más de un quinto de la atmósfera (21% en volumen, 23% en peso). Este gas es inodoro, incoloro y no tiene sabor. A presión atmosférica y temperaturas inferiores a -183°C, es un líquido ligeramente azulado, un poco más pesado que el agua. Todos los elementos (salvo gases inertes) se combinan directamente con él, usualmente para formar óxidos, reacción que varía en intensidad con la temperatura.

Uso industrial

- El oxígeno gaseoso, por sus propiedades comburentes, es corrientemente usado en procesos de combustión para obtener mayores temperaturas.
- En mezclas con acetileno u otros gases combustibles, es utilizado en soldadura y corte oxigas.

- Por sus propiedades oxidantes, es utilizado en diversas aplicaciones en siderurgia, industria papelera, electrónica y química.
- El oxígeno líquido (LOX), es utilizado principalmente para explosivos y como comburente en propulsión espacial.

Principales precauciones en manejo, almacenamiento y problemas comunes

- Nunca utilizar oxígeno a presión sin saber manipular correctamente los cilindros, reguladores, etc.
- Evitar toda combustión cercana a depósitos o vías de flujo de oxígeno.
- Evitar la presencia de combustibles, especialmente aceites o grasas, en las cercanías de oxígeno (incluso en el suelo o en ropas).
- El contacto de la piel con oxígeno líquido (o depósitos no aislados) puede causar graves heridas por quemadura, debido a su baja temperatura. Debe usarse protección adecuada para manejo de líquidos criogénicos.
- Mover los cilindros utilizando un carro porta cilindros o montacargas. No hacerlos rodar ni arrastarlos en posición horizontal. Evitar que se caigan o golpeen violentamente uno contra otro o con otras superficies. No se deben transportar en espacios cerrados, como el baúl de un automóvil.
- No calentar el cilindro para acelerar la descarga del producto.
- Usar una válvula de contención o de antirretorno en la línea de descarga para prevenir un contraflujo peligroso al sistema.
- Usar un regulador para reducir la presión al conectar el cilindro a tuberías o sistemas de baja presión (< 200 bar – 3 000 psig).
- Jamás descargar el contenido del cilindro hacia las personas, equipos, fuentes de ignición, material incompatible o a la atmósfera.
- Marcar los cilindros vacíos con una etiqueta que diga “VACÍO”.
- Almacenar los cilindros en posición vertical. Separar los cilindros vacíos de los llenos.
- Los cilindros deben de estar almacenados en áreas lejos de materiales combustibles e inflamables por una distancia mínima de 6 m (20 ft) o con una barrera de material incombustible por lo menos de 1,5 m (5 ft) de alta, que tenga un grado de resistencia a incendios de 0,5 h.

- El área debe ser protegida con el fin de prevenir ataques químicos o daños mecánicos como cortes o abrasión sobre la superficie del cilindro.

Aire comprimido

Figura 73.

Almacenamiento de aire comprimido para diferentes proveedores.



Nota. Esta figura representa la imagen ilustrativa distribuidores de aire comprimido, con su respectiva válvula y contenedor. Tomado de: Indura Grupo AIR Products, Manual de Gases Soluciones Tecnológicas Con Gases Y Soldaduras Para Un Mundo De Procesos, 1st ed., vol. 1. Colombia, 2013.

Propiedades físicas

- Peso molecular: 28,959 g/mol.
- Densidad del líquido (1 atm): 876,2 kg/m³.
- Densidad del gas (15°C, 1 atm): 1,226 kg/m³.
- Densidad del gas (0°C, 1 atm): 1,2928 kg/m³.
- Punto de ebullición (1 atm): -194,35 °C.
- Presión crítica: 37,7 bar.

- Temperatura crítica: -140,7 °C.
- Gravedad específica (0°C, 1 atm): 1,0

Tabla 9.

Información general de contenido en base al tamaño y tipo de cilindro para almacenamiento de aire comprimido.

Tamaño	Cilindros	Contenido		Presión de llenado a 15°C	
	Especificación DOT	Volumen m ³ (15°C, 1 atm)	Peso kg	bar	psig
200/50	200/300	9,0	11,0	200,0	2,900 ± 50
166/50	3AA 2400	8,5	10,4	171,0	2,480
139/44	3AA 2015	6,5	8,0	147,5	2,140
124/44	3AA 1800	6,0	6,7	124,5	1,805

Nota. Esta tabla muestra los envases usuales utilizados para almacenamiento de aire comprimido distribuido a Argentina, Colombia, Chile, Ecuador y Perú. Tomado de: Indura Grupo AIR Products, Manual de Gases Soluciones Tecnológicas Con Gases Y Soldaduras Para Un Mundo De Procesos, 1st ed., vol. 1. Colombia, 2013.

Tabla 10.

Información general para conversión de unidades en base al estado de segregación del aire comprimido.

Aire	Peso		Volumen gas	
	kg	lb	m ³ (15°C, 1 atm)	scf (70°F, 1 atm)
1 kg	1	2,2046	0,8157	29,42
1 lb	0,4536	1	0,3700	13,3458
1 m³	1,226	2,7029	1	36,07
1 scf	0,0340	0,07493	0,02772	1

Nota. Esta tabla muestra los factores de conversión del oxígeno. Tomado de: Indura Grupo AIR Products, Manual de Gases Soluciones Tecnológicas Con Gases Y Soldaduras Para Un Mundo De Procesos, 1st ed., vol. 1. Colombia, 2013.

— Reguladores de presión recomendados

- 1 etapa: Harris 825 – 1,5 OX; Harris 829 – 1,5 OX.
- 2 etapas: Harris 896 – 1,5 OX.
- De línea: Harris 847 – 1,5 OX.

Descripción

El aire que conforma la atmósfera terrestre, es una mezcla de gases transparentes que no tienen olor ni sabor. La composición de la mezcla es relativamente constante. El aire no es inflamable ni corrosivo. El aire líquido es transparente con un leve matiz azulado y con un tinte lechoso cuando contiene CO₂.

Tabla 11.

Contenido del porcentaje en volumen de los componentes presentes en el aire.

Componente	% en volumen
Nitrógeno	78,085
Oxígeno	20,946
Argón	0,934
Dióxido de carbono	0,0314
Neón	0,00182
Helio	0,000524
Metano	0,00015
Kriptón	0,000114
Hidrógeno	0,00005
Monóxido de carbono	0,00001
Xenón	0,0000087
Ozono	0,000002
Amoniaco	0,0000006
Dióxido de nitrógeno	0,0000001
Monóxido de nitrógeno	0,00000006
Dióxido de azufre	0,00000002
Sulfuro de hidrógeno	0,00000002

Nota. Esta tabla muestra la composición media del aire limpio y seco (no se incluye el vapor de agua, cuya proporción es muy variable). Tomado de: UJA, “Análisis De La Calidad Del Aire Atmosférico,” Universidad de Jaén, Mar. 15, 2005.

En general, las propiedades químicas del aire (oxidantes, comburentes) corresponden a las del oxígeno, su componente más activo.

Uso industrial

En este campo, el aire comprimido es utilizado fundamentalmente como:

- Fuente de presión para equipos neumáticos.
- Reserva respiratoria para bomberos y personal industrial.
- Con especificaciones especiales de pureza, en los campos de energía atómica, aeroespacial y exploración submarina.

Principales precauciones en manejo, almacenamiento y problemas comunes

- Nunca utilizar aire a alta presión sin saber manejar correctamente cilindros, válvulas reguladoras, y otros equipos relacionados.
- El aire es comburente, luego las mezclas con gases combustibles son inflamables o explosivas.
- Capacitar al personal que manipulará el aire comprimido. Esta capacitación debe contener al menos los riesgos asociados a este gas presurizado y recomendaciones para su manipulación segura.
- Contar con un procedimiento e instructivo de trabajo al momento de manipular aire comprimido, el cual debe ser respetado en todo momento.
- Utilizar los elementos de protección personal adecuados en todo momento mientras se utilice el aire comprimido.
- No utilizar aire comprimido en lugares con presencia de aceites o líquidos combustibles.
- Nunca usar el aire comprimido para limpieza de ropa o partes del cuerpo. Presiones que no sobrepasan 1 a 2 kg/cm² pueden generar lesiones de consideración, ya que, aunque pueden considerarse presiones bajas, podrían penetrar a través de orificios del cuerpo y causar lesiones internas graves. Por tal motivo, desde el punto de vista de la seguridad, se recomienda siempre hacer uso de una aspiradora de polvo dotada de cepillo.
- Evitar el uso de aire comprimido para cualquier tipo de limpieza, salvo cuando ella sea imprescindible, la operación lo permita y solamente cuando la presión estática en la descarga principal no sea mayor de 2,1 kg/cm².
- Verificar el mantenimiento e integridad de recipientes de presión y dispositivos de control como manómetros, válvulas y toberas.

- Antes de hacer uso de una red de aire comprimido, examinar todas las conexiones para verificar que estén sin roturas, ni fugas, y no deben soltarse por efecto de la presión. Al abrir y cerrar el aire, se deberá sujetar con firmeza la pistola.
- No cerrar el paso del aire retorciendo la manguera, hacerlo mediante el uso de la válvula correspondiente.
- Mantener las mangueras alejadas de pasillos y protegerlas de aplastamiento de vehículos o equipos.
- Antes de aplicar aire comprimido a una máquina, asegurar que no haya ninguna persona cerca de la zona de trabajo. Esto reduce el riesgo de que una persona ajena sea alcanzada por la proyección de partículas o suciedad.
- Tanto el operador como las personas que estén obligadas a permanecer en el lugar deben estar provistos de protección personal adecuada.

ANEXO 2.

RECOMENDACIONES

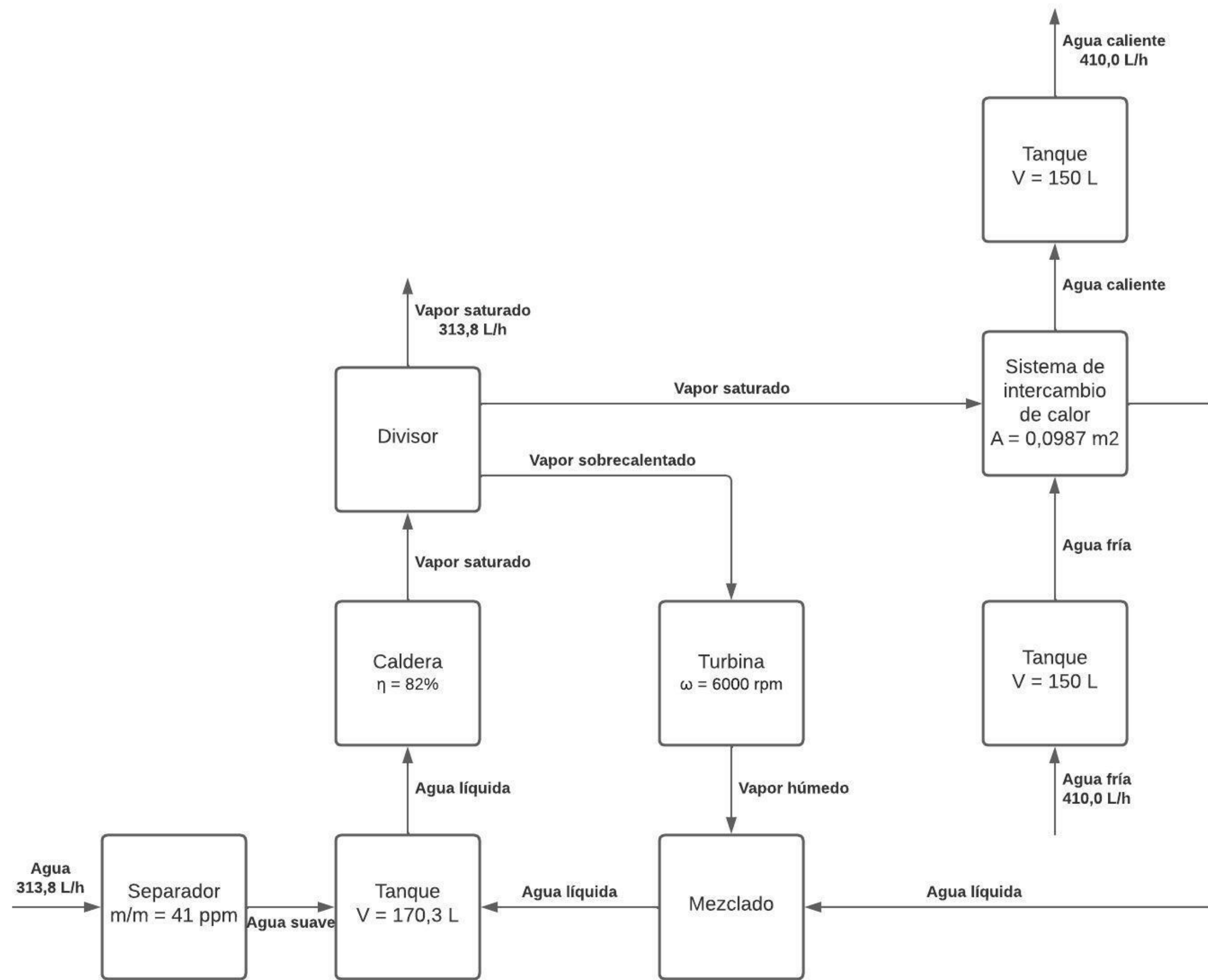
En primera medida, al haber una falta de información para la realización completa y profunda del manual, se determinó que es necesario realizar las diferentes recomendaciones a modo de mejora y complemento para la realización del manual:

- Determinar la disposición de las tuberías y sus respectivas conexiones respecto de la dirección del fluido, y determinación de la funcionalidad de las diferentes válvulas que se encuentran en la planta térmica, con el fin de explicar y comprender el propósito de cada una de las válvulas de manera individual, para proceder de manera segura con su apertura o cierre, en caso de presentarse percances, incidentes, paradas de emergencia, o mal funcionamiento de algún equipo.
- Evaluar los diferentes tipos de combustibles que se pueden utilizar en base al diseño actual del quemador de la caldera, y el diseño de la caldera, el cual es de tipo pirotubular vertical, teniendo en cuenta el almacenamiento del combustible, valores de calidad del aire, gases de combustión presentes en la caldera, disposición de los gases de combustión presentes cumpliendo con la reglamentación legal y vigente, o a partir de normas técnicas de calidad.
- Valorar la posibilidad de utilizar otro tipo de fluido para la realización de prácticas de laboratorio con los sistemas de intercambiadores de calor, teniendo en cuenta la disposición actual de las tuberías, el tipo de intercambiadores en base al tipo de material de fabricación, uso seguro, disposición del material en caso de ser necesario, y mantenimiento y limpieza de los intercambiadores.
- Reseñar y detallar los diferentes sistemas de control que posee la planta térmica, teniendo en cuenta las características de los tipos de sensores que se utilizan para la medición de temperatura, presión, nivel de agua, caudal, velocidad rotacional, cantidad de calor transferido, etc. Fabricante de los sensores utilizados, teniendo en cuenta revisión y estandarización de los sensores con resoluciones legales, utilizando como base los límites de medición, histéresis, lazos de control y, en caso de ser necesario, cambiar los lazos de control que se encuentran en el diagrama P&ID.
- Obtener los manuales de usuario de cada uno de los equipos que se encuentran en la planta térmica, como parte de la responsabilidad de la Universidad de América el contar con dicha

información para determinar, planos y diagramas específicos para la determinación de los diferentes modos de operación de cada uno de los equipos y los componentes que allí se encuentran. Por lo tanto, como práctica prudente para la validación y puesta en marcha de los equipos, se recomienda obtener la siguiente información:

1. Manual de instalación, operación y mantenimiento del suavizador de intercambio Iónico – Catatónico, DISIN.
 2. Cd con manual de funcionamiento y mantenimiento de caldera vertical para vapor, capacidad 20 BHP Marca Teknik.
 3. Manual de quemador Honeywell con elementos de control y tablero eléctrico.
 4. Manual de instrucciones Bomba de intercambiadores marca Humbold.
 5. Manual de instrucciones Bomba de intercambiadores marca Humbold.
 6. Manual del propietario bomba torre de enfriamiento marca Evans.
 7. Manual de operación generador GSA.
 8. Guía de instalación PLC Vision, módulos de expansión y Snap.
 9. Manual de instrucciones intercambiador de placas marca ALFA LAVAL.
 10. Manuales y guías de componentes eléctricos y sensores.
- Desarrollar un estudio para la gestión de las paradas (rutinas y de emergencia) de la planta térmica, teniendo en cuenta el mantenimiento programado sistemático que permita evaluar las tareas que desarrolla cada uno de los equipos en base a los diferentes modos de operación que poseen, basándose en las revisiones críticas de planta para abrir, desmontar, corroborar estado de los equipos, montaje posterior y puesta en marcha posterior a la parada rutinaria y parada de emergencia. Para la completitud de este sistema de gestión de riesgo en la zona del CESI, se deberán utilizar diferentes herramientas, tales como análisis de riesgo a través de What-If, HAZOP y la metodología Bow-Tie, teniendo en cuenta la identificación de riesgos y peligros presentes en la planta térmica y los compresores, considerando aspectos operativos, de diseño, y normativo según sea el caso.
 - Incluir elementos intrínsecos de seguridad para prevenir condiciones de riesgo, tales como atmósferas, ignición de equipos, fugas de gases, prevención de explosiones o toma de acciones en caso de presentarse incidentes o accidentes, reportando los problemas a través de una matriz de identificación de peligros, evaluación de riesgos y medidas de control.

ANEXO 3.
DIAGRAMA DE FLUJO DE BLOQUES (BFD)



LOCALIZACIÓN					
Este plano se encuentra en el área del Centro de Servicios industriales del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible, ubicada en Bogotá, Colombia.					
NOTAS					
Este plano muestra el diagrama BFD para la planta térmica para la generación de energía eléctrica con un sistema de distribución de vapor.					
PLANOS DE REFERENCIA					
Se utilizaron los planos de referencia de la planta térmica proporcionados por Ingenium Ingeniería y Consultoría LTDA.					
CONVENCIONES					
N/A					
11/02/2023	Elaboración BFD	Julián García	Julián García	Julián García	Julián García
FIRMA					
FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJÓ	DISEÑÓ	REVISÓ	APROBÓ
REVISIONES					
<p>Fundación Universidad de América</p>			<p>CEPIIS Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible</p>		
Proyecto - Propuesta de desarrollo de un manual de operación para el Centro de Servicio Industriales del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible de la Universidad de América					
PLANO-01					

Tabla 12.

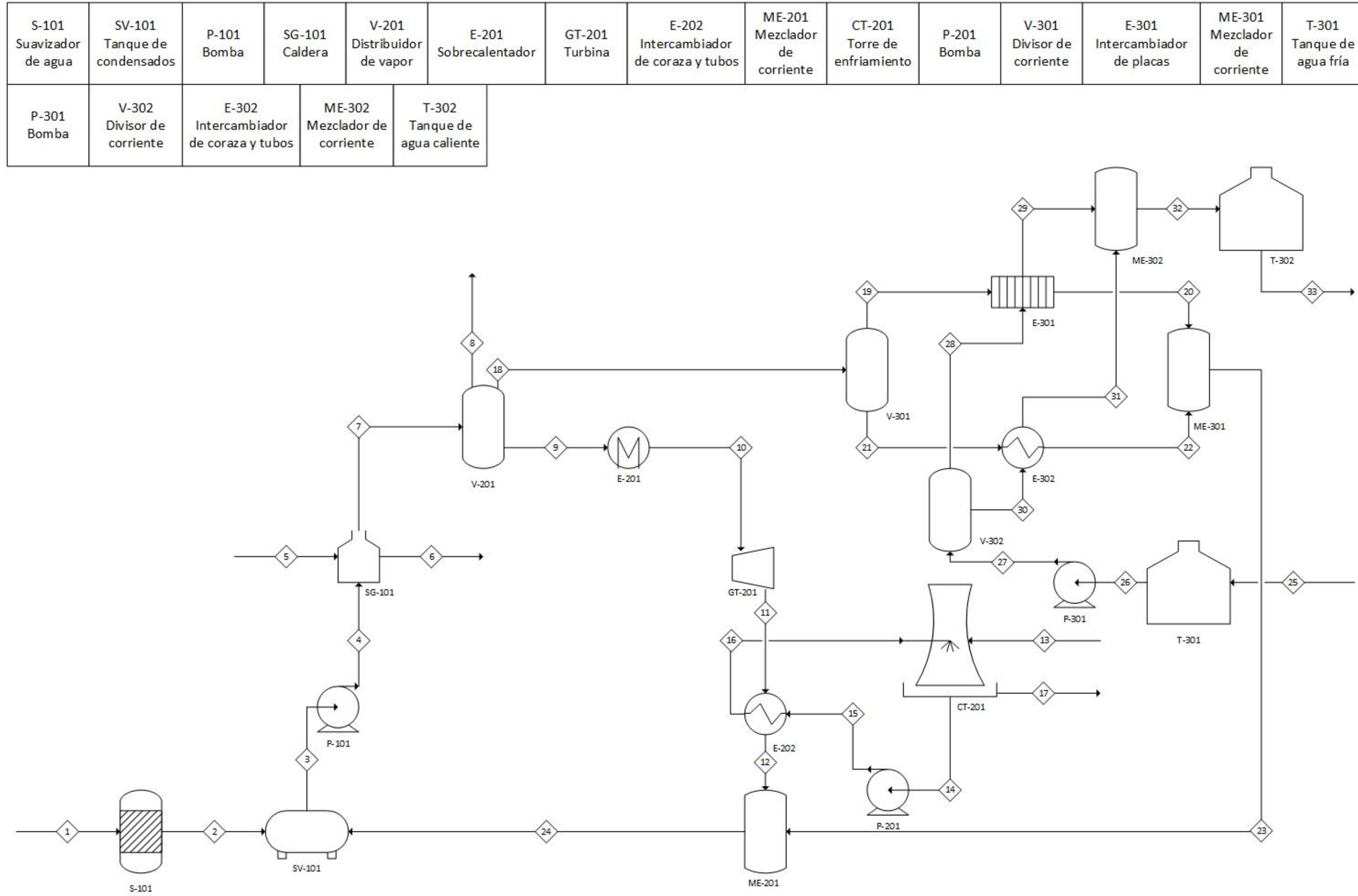
Balace de masa y energía para el diagrama BFD.

Número de la corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
Estado físico	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gas	Vapor	Vapor	Vapor	Vapor	Vapor-líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Vapor	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido		
Temperatura (°C)	25,00	25,00	30,00	30,00	25,00	215,00	173,53	173,53	173,53	206,40	173,53	37,00	25,00	40,26	40,26	87,56	40,26	206,40	206,40	41,30	206,40	40,32	40,81	38,96	28,00	28,00	28,00	28,00	86,12	28,00	92,10	89,11	89,11	
Presión (bar)	1,00	3,45	3,45	5,00	1,00	1,00	8,62	8,62	8,62	8,62	8,62	8,62	1,00	1,00	6,00	6,00	1,00	8,62	8,62	8,62	8,62	8,62	4,63	1,00	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00	
Flujo másico (kg/h)																																		
Agua	312,9	312,9	562,0	562,0	-	-	562,0	312,9	166,1	166,1	166,1	166,1	937,5	448,7	448,7	448,7	937,5	83,0	41,5	41,5	41,5	41,5	83,0	249,1	410,0	410,0	410,0	205,0	205,0	205,0	205,0	410,0	410,0	
ACPM	-	-	-	-	20,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gases de combustión	-	-	-	-	-	20,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota. Esta tabla muestra el balace de masa y energía que corresponde al diagrama BFD.

ANEXO 4.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS (PFD)



LOCALIZACIÓN					
Este plano se encuentra en el área del Centro de Servicios industriales del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible, ubicada en Bogotá, Colombia.					
NOTAS					
Este plano muestra el diagrama PFD para la planta térmica para la generación de energía eléctrica con un sistema de distribución de vapor.					
PLANOS DE REFERENCIA					
Se utilizaron los planos de referencia de la planta térmica proporcionados por Ingenium Ingeniería y Consultoría LTDA.					
CONVENCIONES					
N/A					
11/02/2023	Elaboración PFD	Julián García	Julián García	Julián García	Julián García
FIRMA					
FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJÓ	DISEÑÓ	REVISÓ	APROBÓ
REVISIONES					
Proyecto - Propuesta de desarrollo de un manual de operación para el Centro de Servicio Industriales del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible de la Universidad de América					
PLANO-02					

Tabla 13.

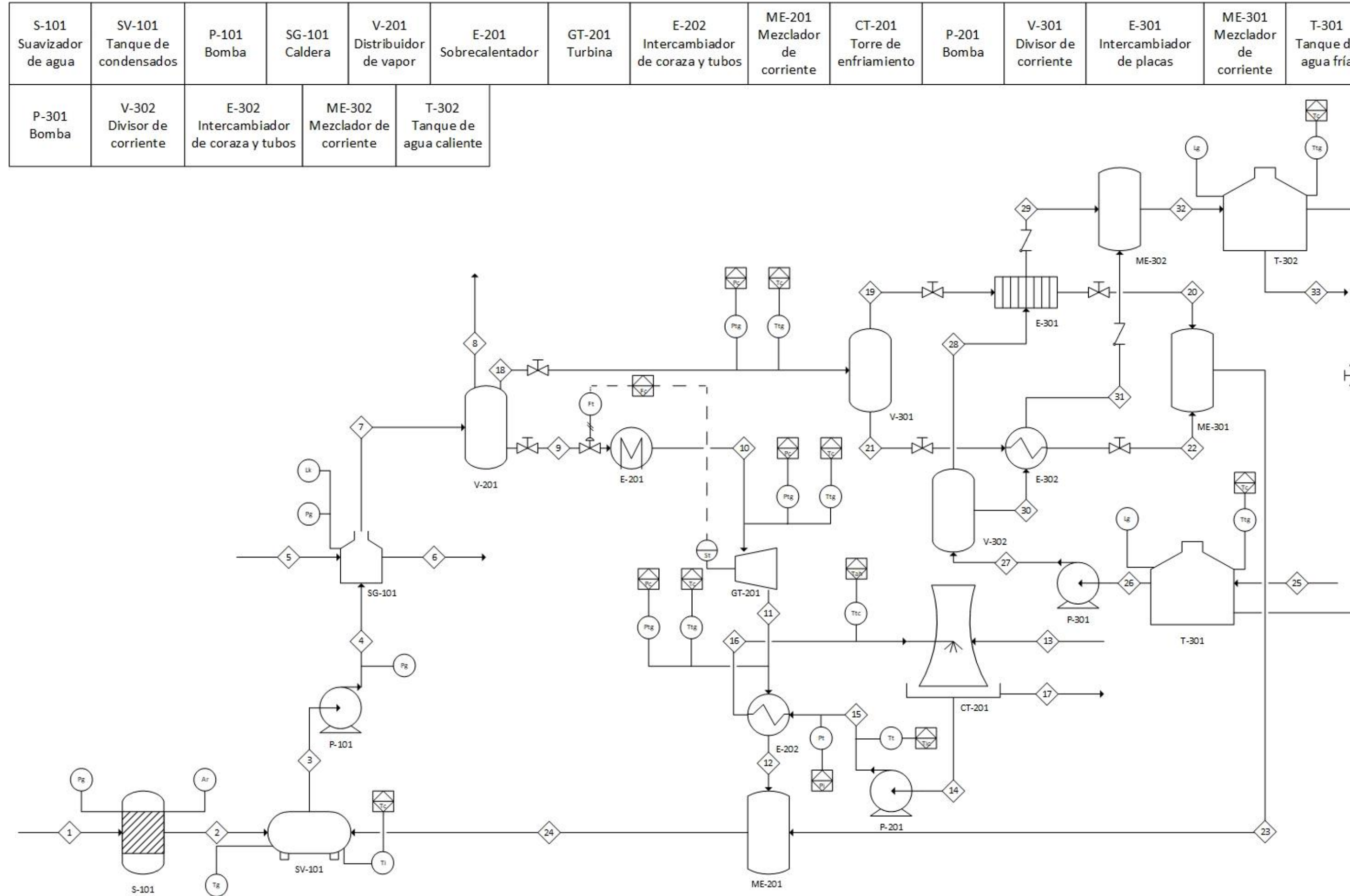
Balace de masa y energía para el diagrama PFD.

Número de la corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
Estado físico	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gas	Vapor	Vapor	Vapor	Vapor	Vapor-líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Vapor	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura (°C)	25,00	25,00	30,00	30,00	25,00	215,00	173,53	173,53	173,53	206,40	173,53	37,00	25,00	40,26	40,26	87,56	40,26	206,40	206,40	41,30	206,40	40,32	40,81	38,96	28,00	28,00	28,00	28,00	86,12	28,00	92,10	89,11	89,11	
Presión (bar)	1,00	3,45	3,45	5,00	1,00	1,00	8,62	8,62	8,62	8,62	8,62	8,62	1,00	1,00	6,00	6,00	1,00	8,62	8,62	8,62	8,62	8,62	4,63	1,00	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00	
Flujo másico (kg/h)																																		
Agua	312,9	312,9	562,0	562,0	-	-	562,0	312,9	166,1	166,1	166,1	166,1	937,5	448,7	448,7	448,7	937,5	83,0	41,5	41,5	41,5	41,5	83,0	249,1	410,0	410,0	410,0	205,0	205,0	205,0	205,0	410,0	410,0	
ACPM	-	-	-	-	20,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gases de combustión	-	-	-	-	-	20,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota. Esta tabla muestra el balance de masa y energía que corresponde al diagrama PFD.

ANEXO 5.

DIAGRAMA DE FLUJO DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID)



LOCALIZACIÓN					
Este plano se encuentra en el área del Centro de Servicios industriales del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible, ubicada en Bogotá, Colombia.					
NOTAS					
Este plano muestra el diagrama P&ID para la planta térmica para la generación de energía eléctrica con un sistema de distribución de vapor.					
PLANOS DE REFERENCIA					
Se utilizaron los planos de referencia de la planta térmica proporcionados por Ingenium Ingeniería y Consultoría LTDA.					
CONVENCIONES					
N/A					
11/02/2023	Elaboración P&ID	Julián García	Julián García	Julián García	Julián García
FIRMA					
FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJÓ	DISEÑÓ	REVISÓ	APROBÓ
REVISIONES					
Proyecto - Propuesta de desarrollo de un manual de operación para el Centro de Servicio Industriales del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible de la Universidad de América					
PLANO-03					

Tabla 14. Balance de masa y energía para el diagrama P&ID.

Número de la corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
Estado físico	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gas	Vapor	Vapor	Vapor	Vapor	Vapor-líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Vapor	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura (°C)	25,00	25,00	30,00	30,00	25,00	215,00	173,53	173,53	173,53	206,40	173,53	37,00	25,00	40,26	40,26	87,56	40,26	206,40	206,40	41,30	206,40	40,32	40,81	38,96	28,00	28,00	28,00	28,00	86,12	28,00	92,10	89,11	89,11	
Presión (bar)	1,00	3,45	3,45	5,00	1,00	1,00	8,62	8,62	8,62	8,62	8,62	8,62	1,00	1,00	6,00	6,00	1,00	8,62	8,62	8,62	8,62	8,62	8,62	4,63	1,00	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00	
Flujo másico (kg/h)																																		
Agua	312,9	312,9	562,0	562,0	-	-	562,0	312,9	166,1	166,1	166,1	166,1	937,5	448,7	448,7	448,7	937,5	83,0	41,5	41,5	41,5	41,5	83,0	249,1	410,0	410,0	410,0	205,0	205,0	205,0	205,0	410,0	410,0	
ACPM	-	-	-	-	20,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gases de combustión	-	-	-	-	-	20,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota. Esta tabla muestra el balance de masa y energía que corresponde al diagrama P&ID.