



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad educativa al servicio del pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

“Sistema de Generación Eléctrica de Ciclo Combinado mediante aire caliente en la chimenea del horno H1-VE-01, en la Empresa Graiman”.

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: JUAN ANDRES DUCHI NIVICELA

DIRECTOR: DR. SAMUEL SAMI-HOWARD, PE, PHD, JD

CUENCA - ECUADOR

2019

DECLARACIÓN

Yo, Juan Andrés Duchi Nivicela, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.



Juan Andrés Duchi Nivicela

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Andrés Duchi Nivicela, bajo mi supervisión.



Dr. Samuel Sami-Howard. PE, PhD, JD.

DIRECTOR

DEDICATORIA

Mi proyecto de investigación está dedicado a toda mi familia y amigos que me han apoyado durante este largo trayecto.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sobre todo a Dios sobre todas las cosas de darme la fuerza y ganas de seguir adelante como mis estudios, así también y también a mi Abuelito que es como un padre para mi Manuel Espíritu Duchi y a mi madre Inés Marlene Duchi N, a mis tías y amigos todas quienes me supieron apoyar, y así lograr la meta anhelada.

El más sincero agradecimiento a todos a aquellos profesores desde mis inicios en la carrera de Ingeniería Eléctrica que han compartido sus conocimientos y virtudes, el agradecimiento total al director de mi tesis el Dr. Samuel Sami-Howard, y también la ayuda del Ing. Edwin Marín, asistente de investigación en el Centro De Investigación En Energías Renovables, gracias por su apoyo incondicional y brindar más de sus conocimientos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE ILUSTRACIONES	X
LISTA DE TABLAS	XI
LISTA DE ANEXOS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Generación eléctrica de energías renovables con un sistema de gas caliente.	1
1.1.1. Sistemas de recuperación de gas caliente.....	3
1.1.2. Procesos de recuperación de gas caliente en las industrias.	3
1.1.3. Aprovechamiento de sistemas de gas caliente en medio/bajo nivel de temperatura.	4
1.1.4. Transformación de fuentes de energías renovables.....	4
1.1.5. Eficiencia energética en el sector industrial del Ecuador.....	5
1.2. Horno de porcelanato.....	5
1.2.1 Secciones principales del horno.....	6
1.3. Ventiladores y circuitos de aire.....	8
1.3.1. Ventilador y circuito de aspiración de humos.	9
1.3.2. Datos generales del ventilador y el motor.	9
1.3.3. Control de Ventiladores.....	10
1.4. Tuberías	11
1.5. Presostatos	11
1.6. Termopares.....	12
1.7. Chimenea.....	13
1.7.1. Definiciones de gases presentes en la chimenea.....	14
2. COMPONENTES DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE CICLO COMBINADO.....	15

2.1. Justificación.....	15
2.2. Objetivos	16
2.2.1. Objetivo general.....	16
2.2.2. Objetivos específicos.	16
2.3 Turbina a Vapor de refrigerante.....	17
2.3.1 Características de la turbina a vapor de refrigerante.....	17
2.4 Intercambiador de Calor	18
2.4.1 Parámetros de Eficiencia de los Intercambiadores de calor.	19
2.4.2 Tipos de Intercambiadores.....	20
2.5 Aceite Térmico	21
2.5.1 Propiedades de los Aceites Dowtherm Q.....	21
2.5.2 Clasificación de los Aceites.....	22
2.6 Condensador.....	22
2.7 Bombas.....	23
2.8 Evaporador.....	24
2.9 Refrigerantes.....	25
2.9.1 Clasificación de los refrigerantes.	25
3. RECUPERACIÓN DE CALOR, CICLO (ORC) Y MODELADO MATEMÁTICO.	27
3.1 Generador de Vapor recuperador de calor (HRSG).....	28
3.1.1 Transferencia de calor.	29
3.1.2 Fluidos de trabajo.	30
3.1.3 Propiedades de los refrigerantes.	31
3.1.4 Descripción de EES y propiedades de los refrigerantes a utilizar.....	31
3.1.5 Curvas de saturación en (EES).....	33
3.2 Ciclo Orgánico de Rankine (ORC).....	34
3.2.1 Principio de funcionamiento del ORC.....	36
3.2.3 Componentes que conforma un Ciclo de Rankine Orgánico (ORC)	36
3.3 Ciclo combinado de ciclo térmico y ciclo Rankine ORC).....	37
3.3.1 Datos de temperatura entrada y salida al sistema y modelado en (EES) del Ciclo (ORC)	37
3.4 Ecuaciones matemáticas para el modelado del sistema de ciclo combinado y procedimientos para cada ecuación del modelado en Excel	39
4. RESULTADOS DE SIMULACIÓN EN (EES), GRÁFICAS DE EFICIENCIAS (SH), (ORC), CARNOT, POTENCIAS W_{t_neto}	50

4.1 Descripción del sistema de medición de parámetros en el sitio	50
4.2 Resultados de temperaturas, entalpías, entropías y presión para el Evaporador ...	51
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES.....	62
NOMENCLATURA.....	63
ANEXOS.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Biomasa de CHP Plant Lienz	1
Figura 2. Recuperación de calor residual (ORC)	2
Figura 3. Chimenea del Horno H1-VE-01 Graiman.....	14
Figura 4. Diagrama (ORC) del sistema de generación.....	16
Figura 5. Turbina a Vapor de refrigerante.....	17
Figura 6. Clasificación de la Turbina a Vapor de refrigerante	18
Figura 7. Intercambiador de calor	19
Figura 8. Condensador	23
Figura 9. Evaporador	24
Figura 10. Diagrama de sistema de generación de Ciclo Combinado	27
Figura 11. Secciones de fluidos.....	29
Figura 12. Posibles fuentes de calor.....	29
Figura 13. Transmisión de calor	30
Figura 14. Curva de saturación de R142b_150°C	34
Figura 15. Diagrama de (ORC) con aceite térmico y esquema.....	35
Figura 16. Diagrama del Ciclo Orgánico de Rankine (ORC) del sistema.....	36
Figura 17. Valores de temperaturas de ingreso y salida intercambiador.....	38
Figura 18. TLV.ToolBox	38
Figura 19. Diagrama del intercambiador de calor para el sistema	40
Figura 20. Diagrama del Evaporador con flujos en h9 y h10.....	40
Figura 21. Diagrama de la Turbina a Vapor de refrigerante con flujos h11 y h12.....	41
Figura 22. Diagrama del Condensador con flujos en h13 y h14	43
Figura 23. Diagrama de la bomba de calor	43
Figura 24. Medición de temperaturas Extech instrument	50
Figura 25. Eficiencia (ORC) vs temperatura de gas caliente para 150°C.....	54
Figura 26. Eficiencia (SH) vs Temperatura de gas caliente para 150°C.....	55
Figura 27. Eficiencia carnot Evap vs temperatura de gas caliente para 150°C.....	55
Figura 28. Eficiencia carnot gas caliente vs Temperatura de gas caliente 150°C	56
Figura 29. Eficiencia (ORC) vs Temperatura del Evaporador.....	56
Figura 30. Eficiencia (SH) vs Temperatura del Evaporador	57
Figura 31. Eficiencia carnot Evap vs Temperatura del Evaporador refrigerantes.....	57
Figura 32. Eficiencia Carnot gas vs Temperatura del Evaporador refrigerantes.....	58
Figura 33. Potencia Wt_net (KW) vs Temperatura de gas caliente para 150°C.....	59
Figura 34. Potencia Wt_net (KW) vs Temperatura del Evaporador para 150°C	59

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Termopar tipo k.....	13
Ilustración 2. Eficiencias de Intercambiadores de calor.....	20
Ilustración 3. Bomba de calor.....	24
Ilustración 4. Diagrama P-T para R-134a.....	33
Ilustración 5. Rendimiento del (ORC).....	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características del Horno H1-VE-01.....	6
Tabla 2. Características del Ventilador	9
Tabla 3. Características del Motor	10
Tabla 4. Características generales del Motor y Ventilador	10
Tabla 5. Propiedad del fluido térmico DOWTHERM*Q.....	21
Tabla 6. Propiedad del líquido Saturado Fluido DOWTHERM*Q.....	22
Tabla 7. Propiedades de los refrigerantes	31
Tabla 8. Resultados del sistema de generación para R142b_150°C	49
Tabla 9. Valores de mediciones de flujo en el horno H1-VE-01	51
Tabla 10. Resultados de programación en EES para R142b_150°C.....	52
Tabla 11. Resultados de programación en EES para R142b_150°C.....	52
Tabla 12. Resultados de programación para R142b_150°C.....	52
Tabla 13. Resultados de programación en EES para R142b_150°C.....	53
Tabla 14. Resultados de Flujo másico, calor específico, volumen densidad, eficiencias en el sistema para R142b	53
Tabla 15. Resultados de Eficiencias para R142b_150°C	58
Tabla 16. Resultados del sistema de generación para R152a_150°C	81
Tabla 17. Resultados del sistema completo de generación para R236fa_150°C	88
Tabla 18. Resultados del sistema de generación completo para R245fa_150°C	95
Tabla 19. Resultados del sistema de generación para R365mfc_150°C.....	102
Tabla 20. Resultados del sistema completo de generación R1234yf.....	109
Tabla 21. Resultados del sistema completo de generación para R1234ze E.....	116

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Especificación del sistema completo de generación.....	69
Anexo 2. Medición de parámetros.....	70
Anexo 3. Descripción y programación del sistema de generación en (EES), resultados del modelado en Excel, gráficas de Eficiencias y Potencias del sistema	71
Anexo 4. Curvas de entrada al evaporador y entrada a la turbina a vapor de refrigerante con la salida de la bomba de calor para (120,100,80,60), gráficas de entrada de gas caliente y medición general de gases de combustión de la empresa Graiman	182

RESUMEN

Este proyecto trata de un sistema de generación de ciclo combinado en la chimenea de un horno de la empresa Graiman.

El sistema se divide en dos partes, una de en ciclo térmico y la otra en el ciclo de Rankine, con la utilización del simulador Engineering Equation Solver (EES) de procesos térmicos aplicados para (ORC), se espera resultados favorables y fiables para el aprovechamiento de gas caliente que emana la chimenea para la producción de electricidad y calor.

En el primer proceso, interviene un intercambiador de calor con entrada de gas caliente en la parte interior y la parte exterior un aceite térmico Dowtherm*Q y sus propiedades.

En el segundo proceso, parte de un Evaporador donde se intercambia calor entre fuente de calor y el fluido de trabajo o refrigerante, en este caso se analizó 7 refrigerantes con diferentes características como son el R142b, R152a, R236fa, R245fa, R365mfc, R1234yf, R1234ze(E),

El Evaporador tiene la función de calentar cada uno de los refrigerantes hasta el punto de vapor, que posteriormente pasan a la Turbina, en donde el vapor se expande en el interior para la generación de electricidad, pasa al proceso de condensación de estado líquido a gaseoso, finalmente la bomba de calor del Evaporador recibe una presión baja y trata de bombear altas temperaturas de tal manera que aumenta el flujo de energía / entalpía.

A realizar la simulación del sistema, es posible determinar resultados de flujo másico para cada uno de los refrigerantes, con la programación en los resultados en (EES) de entalpías, entropías, presión y temperatura, para obtener eficiencias de ORC, Sistema Híbrido (SH), eficiencias de Carnot, Potencia neta para cada uno de los refrigerantes mencionados anteriormente.

Palabras Claves:

Ciclo térmico, Ciclo de Rankine, Gas de Combustión, Análisis de Energía, Eficiencia ORC, Fluido de trabajo refrigerantes, Unidades de transferencia (NTU).

ABSTRACT

This project deals with a system of generation of combined cycle in the chimney of a furnace of the company Graiman.

The system is divided into two parts, one of thermal cycle and the other in the Rankine cycle, with the use of the Engineering Equation Solver (EES) simulator of applied thermal processes for (ORC), it is expected favorable and reliable results for the utilization of hot gas emanating from the chimney for the production of electricity and heat.

In the first process, a heat exchanger intervenes with hot gas inlet on the inside and the outer part with a Dowtherm Q thermal oil and its properties.

In the second process, part of an evaporator where heat is exchanged between the heat source and the working fluid or refrigerant, in this case 7 refrigerants with different characteristics were analyzed, such as R142b, R152a, R236fa, R245fa, R365mfc, R1234yf, R1234ze (E).

The Evaporator has the function of heating each of the refrigerants to the point of vapor, later pass to the Turbine, where the steam expands in the interior for the generation of electricity, goes to the process of condensation from liquid to gaseous state Finally, the Evaporator heat pump receives a low pressure and tries to pump high temperatures in such a way that it increases the energy flow / enthalpy.

To perform the simulation of the system, it is possible to determine mass flow results for each one of the refrigerants, with the programming in the results in (EES) of enthalpies, entropies, pressure and temperature, to obtain efficiencies of ORC, Hybrid System (SH), Carnot efficiencies, Net power for each one of the refrigerants mentioned above.

KEYWORDS: THERMAL CYCLE, RANKINE CYCLE, COMBUSTION GAS, ENERGY ANALYSIS, ORC EFFICIENCY, COOLANT FLUID, TRANSFER UNITS (NTU).

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el crecimiento de la población en el país es sumamente alto, lo que conlleva una crisis económica y un daño al medio ambiente, por consecuencia del calentamiento global y otros factores naturales. Dentro de la industria energética, las energías renovables representan una nueva alternativa para un mejor desarrollo sostenible y eficiente, ya que estos recursos son inagotables y duraderos.

Dentro del sistema eléctrico, con la implementación de energías renovables en la red eléctrica se tiene una reducción de pérdidas en el transporte y distribución, que conlleva a una reducción de los flujos de potencia, lo que aumenta la capacidad y mejora la eficiencia, así también, las reducciones de fallos por caídas de tensión en media y baja.

Este proyecto trata de un sistema de generación eléctrica de ciclo combinado en un horno, la primera parte es un ciclo térmico y la otra parte es el Ciclo Orgánico de Rankine (ORC). Parte del intercambiador de calor recuperando en la parte interna todo el aire caliente que emana la chimenea del horno, y la parte externa fluye un aceite térmico hacia un Evaporador con un refrigerante, todo el vapor será trasladarlo hacia una turbina a vapor de refrigerante la una parte se genera electricidad, la otra parte ingresa a una etapa de condensación con el bombeo de una bomba de calor. Se toma valores de temperatura entradas y salidas del intercambiador, por otra se utiliza un aceite térmico Dowtherm Q, con las propiedades de este aceite se obtiene la densidad y el volumen para calcular un flujo másico de aceite a utilizar la segunda parte el proceso (ORC) que está compuesto por la turbina a vapor de refrigerante, el condensador y la bomba, para las salidas del evaporador se utiliza un flujo de gas caliente 8.8999 (kg/s) con una temperatura de gas caliente (345°C, 317°C, 250°C, 150°C) rango de temperaturas (60°C, 80°C, 100°C, 120°C) de entradas para el proceso (ORC), estos son los refrigerantes R142b, R152a, R236fa, R245fa, R365mfc, R1234yf, R1234ze(E), como resultados obtengo valores de entalpía, entropía, presión y temperatura, con estos valores de entalpía los aplico en las ecuaciones del sistema con el fin de tener valores en la salida de la turbina a vapor de refrigerante W_{t_neto} , Eficiencias del (SH) y el (ORC), Carnot, Potencias W_{t_neto} .

La finalidad es tener una demanda menor de consumo eléctrico en la empresa, en la industria se busca generar energías renovables, energía limpia así no existiría un daño al medio ambiente.

Aprovechar de mejor manera los gases de combustión que emana la chimenea, así se lograría disminuir la contaminación al medio ambiente, reduciría costos de energía

en la empresa Graiman, y lo que es de vital importancia un aplicativo para las energías renovables, lo que permite más eficiente en sistema de generación.

se vaporiza y se sobre calienta en el Evaporador, el vapor se expande en una turbina pasa al condensador permite que el calor recuperado se utilice pasa luego a las bombas para recuperar el nivel de presión el gas de combustión al salir de la caldera se enfría 280°C. (BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH, s.f.)

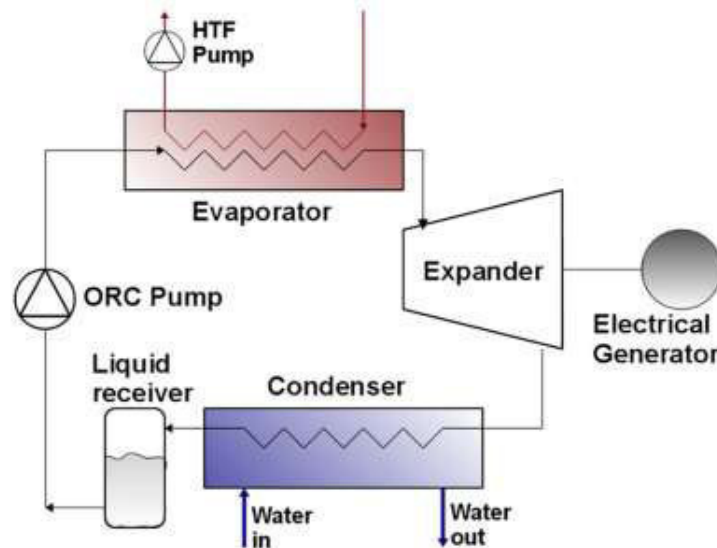


Figura 2. Recuperación de calor residual (ORC)
Fuente: (Sylvain Quoilin, 2011)

La Optimización termo económica de recuperación de calor residual Ciclos orgánicos de Rankine este sistema es el encargado de predecir el rendimiento del ciclo con distintos fluidos de trabajo algunos de estos fluidos (R245fa, R123, R1234yf), al obtener resultados indica que cada fluido tiene distintas condiciones de trabajo, es diferente por las propiedades de cada uno de los refrigerantes como indica la figura 2, (Sylvain Quoilin, 2011). En los sistemas de comportamiento de generación de energía a baja temperatura en los procesos (ORC) con los distintos refrigerantes los resultados que se obtiene al mezclar refrigerantes máxima la recuperación de calor residual y produce energía con este calor, cada fluido va a tener un nivel alto y bajo de recuperación, depende de las propiedades de cada uno de los refrigerantes. (Sami S. M., 2011). Se estiman que los Estados Unidos en las instalaciones industriales la energía es desperdiciada lo que podrían producir energía a un 20% de la capacidad sin quemar cualquier combustible fósil, (Sami S. M., 2011) podría ayudar a muchas industrias para control del medio ambiente así se evita el calentamiento global. Con él unos de estos procesos de recuperación de calor y al aprovechar otros recursos de energías renovables, los combustibles fósiles serán más reducido.

1.1.1. Sistemas de recuperación de gas caliente.

Estos sistemas son esenciales para capturar gases contaminantes al medio ambiente, ya que al no hacerlo afectaría a nuestro medio en el que vivimos. Con el fin de aprovechar estas fuentes de calor en los últimos años se han propuesto y analizado estudios tales como, Ciclo de Rankine Orgánico (ORC), Ciclo de Rankine Supercrítico (SRC), Ciclo de Goswami y Ciclo de Kalina logrando así eficiencias entre 15 y 50 %, además los altos niveles de costos tecnológicos. (V, 2009).

Existen también sistemas de ciclo de Rankine con bajo potencial de calentamiento global (GWP) en donde el rendimiento se compara a bajas temperaturas de calor residual con refrigerantes, estos resultados mostraron que el uso de refrigerantes de bajo GWP produce una reducción de la eficiencia de recuperación del calor con fluidos de mayor (GWP) (Sami S. M., 2012)

Además, en sistemas de biomasa fotovoltaica híbrida se presentan un modelado de ecuaciones de conversión de energía que describen la potencia total que se genera en el sistema, a ser utilizado como una herramienta de optimización y diseño para los sistemas híbridos típicos de biomasa CHP de turbina de gas, resultados muestran que el aumento de caudal de aire del compresor disminuye el sistema híbrido se ha demostrado en este sistema la potencia de salida de la turbina de biogás es influenciado por la temperatura de entrada del compresor. (Sami S. M., SIMULATION OF SOLAR PHOTOVOLTAIC, BIOMASS GAS TURBINE, 2016)

1.1.2. Procesos de recuperación de gas caliente en las industrias.

En todas las industrias a nivel mundial emanan grandes cantidades de gases, y todo eso es expandido al medio ambiente, de alguna otra manera existe si un control, pero no lo suficiente al no saber aprovecharlos de mejor manera con una cantidad de calor residual puede ser recuperado, y convertido a energía eléctrica por distintos procesos, tales como Ciclos térmicos, Cogeneración, Ciclo de Rankine entre otros con el fin de reducir costos energéticos, que de alguna otra manera ser podría ser usado para abastecer parte de la demanda eléctrica mundial. Grandes industrias como los Estados Unidos se estima un gasto energético de un 20% de U.S de capacidad de generación eléctrica, esto quiere decir que mejoraría las industrias en la parte de consumo de energía eléctrica, siendo un problema en la producción de electricidad es ahí en donde actúa las energías renovables. (Sami S. , 2010)

En la actualidad existe un interés en la recuperación de calor por lo general en las empresas industriales por razones económicas, por restricciones que cada vez van apareciendo algunas de las aplicaciones de aprovechamiento del calor en la industrial está en un nivel muy alto, (Amat, 2017) y son algunos quien la aprovechan, de alguna manera este calor se puede reutilizar o mediante ciclos orgánicos con una mezcla de fluidos, así se pueda generar energía eléctrica.

En un modelo numérico para predecir el rendimiento dinámico de Biomasa-Ciclo de Rankine Orgánico Integrado, ORC en Sistemas de generación de Electricidad, se modela unas ecuaciones que describen la potencia total generada por un sistema híbrido de biomasa-CHP (Combinación de calor y Energía) y Ciclo de Orgánico de Rankine (ORC), después de analizar resultados este modelo se utiliza como una herramienta de optimización y diseño para los sistemas de biomasa. Con la integración De biomasa y (ORC) se provee un suministro seguro de energía eléctrica, además para la calefacción de edificios. (Sami S. E., 2016)

1.1.3. Aprovechamiento de sistemas de gas caliente en medio/bajo nivel de temperatura.

Normalmente están entre ($<250^{\circ}\text{C}$), en la mayoría de aprovechamiento de sistemas de gas caliente comúnmente son los procesos de ciclo orgánico de Rankine convencional de agua/vapor empleando fluidos orgánicos de distintos pesos moleculares para las tecnologías del (ORC), entre ellos se encuentra energía solar, energía geotérmica, energías a partir de biomasa y la de recuperación de calor residual. (V, 2009). Estudios realizados han llegado a la conclusión de que el rendimiento térmico aumenta si el sobrecalentamiento de vapor se encuentra a altas temperaturas un (límite máximo de 620°C), tanto en la caldera como el condensador para lograr que aumente la temperatura se aumenta la presión. (V, 2009)

1.1.4. Transformación de fuentes de energías renovables.

Las transformaciones de fuentes de energía, por todo mundo existe una variedad de recursos que se puede obtener sin necesidad de extracciones de mejor avance tecnológico el uso de ciclos (ORC). En este caso resulta bueno para centrarse en la termo conversión y que es ahí donde entran los procesos (ORC).

En la transformación de este tipo de energía renovable, tiene la necesidad de utilizar distintos tipos de colectores más económicos, con tecnologías muy ventajosas porque

además de generar energía eléctrica y poder aprovechar el calor generado existe la posibilidad de una energía distribuida. (Amat, 2017)

1.1.5. Eficiencia energética en el sector industrial del Ecuador.

El Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER), su prioridad principal es mejorar el desempeño energético del sector industrial, por lo cual implementa el proyecto Eficiencia Energética en el sector Industrial (EEI), el objetivo del proyecto es promover mejoras en la eficiencia de la industria ecuatoriana. (MEER, 2014)

Aspectos de la Eficiencia Energética en el sector Industrial:

- Incrementar la competitividad
- Identificar Oportunidades
- Reducir costos de producción
- Mejorar la calidad de servicio
- Disminuir la contaminación ambiental

1.2. Horno de porcelanato.

Está compuesto por secciones totalmente de una carpintería metálica, así como una sección con aislamiento, sección con aislamiento de fibra, paredes laterales, bóveda suspendida, zona para rodillos, junta de dilatación, cámara de combustión. Para la regulación de la temperatura entre las partes de arriba y abajo del plano de rodillos se aumenta la flexibilidad del horno al visualizarse curvas de temperatura. (Welko, 2012). El horno ICF&Welko está construido para asegurar excelentes en la cocción de baldosas y cerámicas de varios formatos, con ciclos tecnológicos adaptados al producto, estas operaciones deben ser guiadas por personal capacitado y encargado para los trabajos que se van a realizar instruidos sobre riesgos ligados a las mismas operaciones. (Welko, 2012).

Tabla 1. Características del Horno H1-VE-01

Características del Horno	
Modelo del horno	WFR2
Nº de canales de horno	2
longitud de horno	mm 100.800
Número de secciones	Nº 48
Anchura interna pared/pared	
Anchura útil de carga	mm 2630
Tipo de producción	Monococción
Formato contractual de referencia	mm 300*300
Longitud mínima para cocer	mm 300
Temperatura máxima de trabajo	1220°C
Combustible	gas metano
Poder calorífico inferior del combustible	kcal/Nm3 8300
Presión mínima de alimentación combustible	bar 1
Presión máxima de alimentación combustible	bar 4
Potencia eléctrica instalada	385 kW
Voltaje	440 V
Frecuencia	60 Hz
Tipo de tracción	directa a engranaje
Diámetro externo rodillos	mm 52
Distancia entre ejes rodillos	mm 67,74

Fuente: Autor

La tabla 1, indica las características del horno H1-VE-01 de porcelanato de la empresa Graiman.

1.2.1 Secciones principales del horno.

El horno está compuesto por secciones totalmente prefabricadas cada sección tiene una longitud de 2100 mm. La sección de precalentamiento, cocción y soplado forzado están dotados de dos paredes para la inspección del producto, de la misma manera el aislamiento térmico está asegurado por fibras cerámicas, lana de roca, cemento y ladrillos con alta resistencia térmica mecánica. (Welko, 2012)

El horno esté compuesto por secciones prefabricadas divididas en 2 categorías principales, según el tipo y el espesor del material aislante térmico:

- Secciones con aislamiento en muro de obra
- Sección con aislamiento de fibra

- Sección Pre-horno
- Sección enfriamiento indirecto
- Sección de enfriamiento final

1.2.1.1. Sección con aislamiento en muro de obra.

Dichas secciones están compuestas por varios tipos de aislantes según la parte de la sección tales como:

- Suelo del horno: constituidos por ladrillos resistentes al fuego y una capa aislante
- Paredes laterales: principalmente compuesta de ladrillos aislantes en la primera capa y por paredes de fibra cerámica
- Bóveda suspendida: compuesta por piezas resistentes a altas temperaturas y fibras cerámicas.

1.2.1.2. Sección con aislamiento de fibra.

El aislamiento de las paredes inferiores y de la base de este tipo de sección está constituido por aislante mientras que el de las paredes superiores y de la bóveda está constituido por fibras de cerámica estas secciones son de 4 tipos en base a su función. (Welko, 2012)

1.2.1.3. Sección Pre-horno.

La estructura es de chapa y perfil de acero, el aislamiento está constituido en su parte inferior por una acolada aislante y en su parte superior por varios estratos de fibra de lana todo esto con el fin de evitar que los productos de combustión se degrada las fibras produciendo la caída de polvillo en el material lo que dañaría la calidad (Welko, 2012). Dicha sección está ajustada para alojar en el techo y en las soleras dos campanas de aspiración de humos.

La temperatura límite de empleo de este tipo de sección es de 700°C

1.2.1.4. Sección enfriamiento indirecto.

La estructura portante es de chapa y perfiles de acero, el aislamiento está compuesto por varias capas de fibra cerámica, la bóveda superior está preparada para la inserción de los tubos intercambiadores de calor para el enfriamiento (Welko, 2012). Antes de que inicie una producción se verifica que la temperatura del enfriamiento directo sea de 40-50°C inferior al valor impuesto para la producción, regular el aire caliente, restaurar la presión del horno regulando la chimenea de aspiración de humos. (Welko, 2012)

1.2.1.5. Sección de enfriamiento final.

La estructura portante es la misma que en el primer enfriamiento, así como el aislamiento, la bóveda superior está preparada para la inserción de campanas de aspiración del aire de enfriamiento impulsado sobre y bajo el plano de rodillo (Welko, 2012).

1.2.1.6. Dispositivos de seguridad y prevención de accidentes.

Se detalla los dispositivos de seguridad presentes sobre el horno en lo que respecta a:

- La utilización de combustibles
- El acceso a partes en movimiento
- Protección de pares calientes

En el gas combustible se tiene previsto una serie de presostatos de seguridad colocados en las tuberías de aire y humos que controlan el correcto funcionamiento de los sistemas de evacuación de humos y demás sistemas de distribución de aire de combustión. Cualquier anomalía en estos sistemas provoca la suspensión del fluido general (Welko, 2012).

En cualquier caso, queda terminantemente prohibido abrir la portilla con el ventilador en movimiento, el moja de la portilla se debe hacer cuando la máquina esté parada. Se considera riesgos a las operaciones de mantenimiento (limpieza, lubricación, equilibrado) que deben realizarse en condiciones de máxima seguridad (Welko, 2012). Todas las partes calientes como las tuberías de aspiración de humos están aislados con el fin de proteger a los operarios

1.3. Ventiladores y circuitos de aire.

Los ventiladores con boca de aspiración libre están protegidos por las rejillas metálicas así también las correas de transmisión y las relativas poleas, el operario en el uso del ventilador debe tener en cuenta otros tipos de riesgo y especialmente los derivados por la entrada de cuerpos extraños y por la acumulación de gases tóxicos a alta temperatura (Welko, 2012). Se representa normalmente 6 ventiladores en el horno H1-VE-01, generalmente todos los ventiladores son de marcas italianas de primera calidad centrífugas, dotados de transmisión correas cárter, ventanillas de inspección y limpieza, tapón de descarga y están seleccionados a fin de obtener un bajo número de giros y un reducido (Welko, 2012). Para la protección de partes calientes como tuberías de las aspiraciones de humos están aislados con el fin de proteger a los operarios de graves quemaduras.

1.3.1. Ventilador y circuito de aspiración de humos.

El ventilador de aspiración de humos es el encargado de la evacuación de los humos de combustión y de los residuos evaporados por el soporte y por el esmalte en las zonas de precalentamiento y cocción. Por lo tanto, es un ventilador de construcción especial a causa de la elevada temperatura de trabajo que presentan los hornos, está conectado con las primeras secciones de horno por medio de tuberías de acero inoxidable resistente a la temperatura estas tuberías permiten aspirar humos, tanto por debajo como por encima de los ejes de los rodillos (Welko, 2012). El ventilador de aspiración de humos es el responsable de la evacuación de los humos de combustión y de los residuos evaporados del soporte y del esmalte en las zonas de precalentamiento y cocción. Es un ventilador de construcción especial a causa de la elevada temperatura de trabajo, está conectado a las primeras secciones del horno por medio de tuberías de acero que permite aspirar los humos bien sea bajo o sobre el eje de rodillos, un termómetro indica la temperatura de los humos que normalmente no debe sobrepasar los valores máximos de 300/350°C, una válvula de mariposa permite regular el caudal del ventilador y por tanto la presión en el interior del horno (Welko, 2012).

1.3.2. Datos generales del ventilador y el motor.

Tabla 2. Características del Ventilador

VENTILADOR		
CARATERISTICAS		UNIDAD
Caudal (Q)	12,2	m3/s
Presión Aparente	210aps	kg/m2
Velocidad del Ventilador	1240	rev/min
Temperatura de Trabajo	15	°C grados celsius
Tempertura max de trabajo	300	°C grados celsius
Nivel de presión sonora de trabajo	83	db/A



Fuente: Autor

El ventilador es el encargo de expulsar los gases de combustión, como indica la tabla 2, las características del ventilador del horno H1-VE-01.

Tabla 3. Características del Motor

MOTOR		UNIDAD
Tipo de Motor	225S/4	
Potencia del motor	44,4	KW
Velocidad	1770	rev/min
Tensión	440	v
Frecuencia	60	hz

Fuente: Autor

De la misma manera las características del motor del ventilador del horno H1-VE-01, como indica la tabla 3.

Tabla 4. Características generales del Motor y Ventilador

VENTILADOR		MOTOR	
Marca:	f. Ili ferrari	Marca:	Siemens
Modelo:	FQ 1121 N1B LG0 LG0	Modelo:	1LG4220-4AA60
Serie:	1103852	# o Serie:	1105/085667001
Código:	FQ1121N01BL01 TMAX T/300 GR.C.	Color:	Plomo
Caudal:		Frecuencia:	50Hz / 60Hz
Presión:		Potencia:	37 Kw - 42,5Kw
Revoluciones:		Revoluciones:	1475 rpm / 1775 rpm
Potencia:	37KW 4P 225 60HZ	Cos Φ:	0,85 / 8,86
Temperatura:		Voltaje:	400 - 690 V / 460 V
# Álabes:		Amperaje:	69 - 40 A / 67 A
Polea:	SPB 355x4	Polea:	SPB 250x4
Bushin (cono):		Bushin (cono):	
Diámetro del eje:		Diámetro del eje:	
Rodamientos:		Rodamientos:	
Tipo de chumacera:		Tipo de bandas:	XPB 4000

Fuente: Autor

En general las principales características del ventilador y el motor del horno H1-VE-01 de porcelanato, como indica la tabla 4.

1.3.3. Control de Ventiladores.

El control y regulación de tensión de las correas para evitar que en las puestas en marcha patinen en las poleas lo que provoca un ruido y hace que se sobrecaliente, que estén debidamente lubricados, sin vibraciones y sin calentamiento, control con la mano la correcta temperatura de los motores y la corriente de motores sea inferior a la nominal, se verifica que no haya ruidos anormales y además la temperatura del ventilador.

1.4. Tuberías

Están empalmadas con el ventilador correspondiente mediante junta antivibrante constituida por una tira de tela resistente a la temperatura fijada con idóneas abrazaderas o bridas. Además, todas las tuberías están ejecutadas de manera que se puedan limpiar y deshollinar las sustancias con facilidad de todos modos, es importante que el peso de la chimenea no se descargue sobre el ventilador subyacente, si no en las estructuras del techo de la nave por medio de cables. La decisión de los puntos de anclaje y de soporte de las chimeneas se tiene que tomar un acuerdo con el cliente que tiene que indicar los puntos, más idóneos de fijación (Welko, 2012).

Las tuberías son adecuadas con cierres de mariposa que permiten uniformar el tiro de cada una de las campanas a lo largo de toda la apertura del horno están colocados tomas para la medida de la presión y de la temperatura, dos tomas de presión situada arriba y abajo del ventilador se utiliza para la conexión de un preso tato diferencial que controla el funcionamiento normal del ventilador.

Un cierre de mariposas manual situado en el lado de empuje del ventilador de aspiración de humos permite regular el caudal y por consiguiente regular la distribución de la presión en las zonas de Pre-horno, precalentado y cocción.

Todas las tuberías están ejecutadas de manera de tal manera que se puedan limpiar con facilidad se conectan a sus respectivos ventiladores mediante junta antivibrante, constituida de una faja de tela resistente a la temperatura fijada con abrazaderas. Para que se realice el montaje de tubos es posible determinar la posición final de los ventiladores fijando con soldadura, a su vez se monta la chimenea de expulsión verificando que estén las sujeciones necesarias (Welko, 2012). Es importante que el peso de las chimeneas no se descargue sobre el ventilador pues es preferible se descargue sobre el techo o sobre la base de la plataforma

1.5. Presostatos

La falta de ascenso de dichos presostatos envía automáticamente en alarma al cuadro eléctrico general provoca inmediatamente la interrupción del gas provocando el cierre de la válvula de seguridad situada en el grupo de filtro de seguridad de gas.

La función principal del preso tato en los ventiladores indica que no están trabajando bien y se procede a lo siguiente:

- Se controla en el panel de mando que ventilador es el problema
- De la misma manera el motor del ventilador y la correcta tensión de las correas
- Se controla cualquier obstrucción del filtro de aire
- Se ajusta en caso de fallos detectados.

En la parte de Aspiración de humos están regulados milímetro de columna de agua los (mmca2) al intervenir estos equipos en los ventiladores significa que uno o varios ventiladores no están trabajando a las condiciones correctas.

Por lo tanto:

- Controlar en el panel de mandos que ventilador esté en funcionamiento no correctamente
- Controlar el motor de ventilador con la tensión correcta de las correas
- Controlar que las diferentes válvulas o cierres río arriba o río arriba de a cada uno de los ventiladores estén abiertos.
- En caso de que cada verificación de resultado positivo controlar el calibrado del preso tato y eventualmente sustituirlo.

Cuando se inicia la producción la presión del horno aumenta porque se abre el aire de enfriamiento directo para reducir la presión, hay que aspirar ese aire aumentando la aspiración de humos o la aspiración de enfriamiento indirecto. Para definir cuanto aspirar por la chimenea y cuanto por el enfriamiento indirecto se considera un tiro demasiado elevado por el enfriamiento. Si la aspiración por la chimenea es demasiado elevada, la temperatura de la última zona de cocción tiene a disminuir.

1.6. Termopares

Un termopar es un sensor de temperatura que consiste en dos conductores metálicos diferentes, unidos en un extremo, denominado junta caliente suministrado una señal de tensión eléctrica que depende directamente de la temperatura este equipo no mide temperaturas absolutas, sino la diferencia de temperaturas entre el extremo caliente y el extremo frío estas detectan la temperatura en el interior de la chimenea. (k, s.f.)

Una toma de temperatura situadas río arriba del ventilador se utiliza para la conexión de un termopar que controla la temperatura de los humos no superiores a los valores máximos de 300/350°C tolerados por el ventilador. Dicha temperatura se puede controlar a través de una toma de aire falso, regulado mediante cierres situados en la tubería aspirante del ventilador.

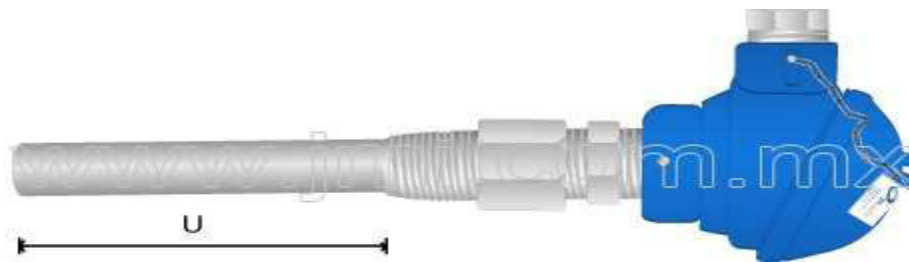


Ilustración 1. Termopar tipo k

Fuente: (k, s.f.)

La ilustración 1, indica el termopar tipo k es el más utilizado en el horno H1-VE-O1 para controlar la temperatura de los gases existentes en la chimenea. Se controla periódicamente y casi siempre después de haber cambiado las condiciones de trabajo del horno, la temperatura de humos mediante el termómetro instalado en el conducto el ventilador funciona correctamente hasta una temperatura de 300°C Max. (Welko, 2012)

Peso si temperatura es demasiado alta, se sigue los siguientes pasos:

- Se busca la causa de la subida de temperatura de humos, controlando así la distribución de las temperaturas del horno en zonas de precalentamiento
- Se controla la apertura d las válvulas de tiro de humos del horno comúnmente podrían estar abiertas más de lo normal
- También se controla y aumentar la apertura de la válvula de aire externo

1.7. Chimenea

Es un sistema usado para evacuar gases calientes y humos de calderas, calentadores, estufas, hornos fogones u hogares a la atmósfera. Se definen como Chimeneas a los conductos construidos para dar salida a la atmósfera libre a gases resultantes de una combustión –o de una reacción química (“gases de cola”) – para su dispersión en el aire ambiente. (Cedrón, 2013). Estos son completamente verticales para asegurar que los gases calientes puedan fluir sin problemas por conversión térmica, para determinar las características de una chimenea es necesario conocer el tipo de fluido que se espera que circule por ella ya se ha humos o aire caliente sin embargo hay que tener mucho en cuenta la contaminación de estos humos. En general se definen como chimeneas a los conductores construidos para dar salida a la atmosfera libre a gases resultantes de una combustión de una reacción química para su dispersión en el aire.

Chimenea

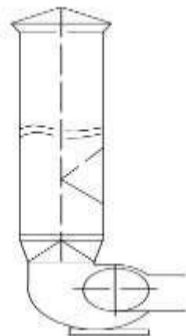


Figura 3. Chimenea del Horno H1-VE-01 Graiman
Fuente: Autor

En la figura 3, se puede apreciar el diseño de la chimenea del horno H1-VE-01 en la empresa Graiman con una altura de 11m y un de diámetro de 1m desde la salida del ventilador.

1.7.1. Definiciones de gases presentes en la chimenea.

Normalmente existe humos que son producto de una combustión de combustibles fósiles, al tratarse de unos gases tóxicos y dañinos hay que tener en cuenta la contaminación que se puede generar algunos de ellos son:

CO.- Es el resultado de una combustión incompleta

NO₂.- Dióxido de nitrógeno contamina el aire producido por procesos de quema de combustible fósiles. (OMS, 2004)

SO₂.- Dióxido de Azufre proviene generalmente de la combustión de combustibles fósiles. (ambiente, s.f.)

CO₂. - Es un gas incoloro, denso y poco reactivo forma parte de la tropósfera. (Braga, s.f.)

NO_x. - Si la temperatura alcanza por la llama supera los 1.300°C en alguna zona la combinación de nitrógeno del aire con el oxígeno se realiza a velocidades apreciables, contaminando los humos con óxidos de nitrógeno en proporciones suficientes como para sobrepasar la normativa que exige el país. (Cedrón, 2013). Las propiedades de los humos se asemejan a las del aire ambiente con un 50% de humedad es que así que normalmente la combustión se realiza en ambientes con exceso de aire lo que se hace frecuentemente es una estimación de la cantidad de la cantidad de aire utilizado en una combustión a través de una determinación en los humos salientes de oxígeno ya se ha de forma continua en un punto determinado de la chimenea.

CAPÍTULO 2

2. COMPONENTES DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE CICLO COMBINADO.

2.1. Justificación

En la actualidad cada día la población en el mundo crece, aún más si hablamos de nuestro país Ecuador esto se debe a los avances tecnológicos que en la mayoría de los países la utilizan, El Ecuador tiene la dicha de que exista sitios para la generación de energías limpias.

Al existir energías renovables como energías solares, energías térmicas se pretende realizar una combinación de procesos de recuperación de calor más un ciclo térmico llamado ciclo combinado en el ámbito de la industria. Ya que en las industrias existen un desaprovechamiento de gases de que emana al medio ambiente, existe el control de estos gases, pero existe una manera de poder reutilizarlos están presentan un gran nivel de potencial que podría ser usada para abastecer parte de la demanda, con el aprovecharlos de la mejor manera se ha realizado estudios de distintos procesos tales como ciclo de Rankine (ORC), es el más usado y conocido con el uso de fluidos de trabajo para mejorar el comportamiento de estos procesos, de esta manera aumentar la eficiencia energética en los procesos industriales.

Estos procesos industriales en la mayoría de país no los toman en consideración no la utilizan la mayor parte desaprovechados, pero esta es la energía que ni se crea ni se destruye (Amat, 2017)

Porque no reutilizarla mediante ciclos orgánicos de Rankine (ORC), o Ciclos Combinados, de alguna manera poder aprovecharla, además se mejoraría la eficiencia energética en sector industrial, un ahorro económico.

Se destaca que más del 50% del calor generado por la industria se encuentra a baja temperatura debajo de los 250°C. Además de recuperar el calor en la industria para convertir la electricidad en fuentes de energía renovable (Amat, 2017).

Este proyecto se pretende en modelar un sistema de ciclo combinado con los procesos de recuperación de calor mencionados anteriormente, ciclo térmico y ciclo orgánico de Rankine combinar los dos ciclos, con programación de entalpías de entrada y salida en (EES), curvas de temperatura, presión, entalpías, entropías, analizando con 7 refrigerantes o fluidos de trabajo no contaminantes y los más utilizados.

Si bien es cierto puede ser útil para disminuir la contaminación al medio ambiente, aumentar la eficiencia energética y sobre todo el ahorro, por esta razón, se opta por utilizar las energías renovables, debido que en la empresa Graiman los hornos trabajan continuamente el aire caliente que emana a la chimenea va a ser continua, salvo que exista una parada de mantenimiento en dicho horno.

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general.

Modelar un sistema de generación de ciclo combinado mediante aire caliente en la chimenea del horno de la empresa Graiman e identificar el mejor refrigerante para generar electricidad.

2.2.2. Objetivos específicos.

- Desarrollar un sistema en Excel de generación eléctrica de ciclo Combinado
- Proponer la generación de eléctrica mediante las energías renovables
- Realizar los modelos matemáticos necesarios para la generación
- Utilizar distintos fluidos de trabajo para comparar eficiencias.

Para el proceso (ORC) parte del Evaporador en temperaturas de entrada y salida incluye refrigerantes hacia la turbina que permitirá aprovechar el calor, para generar potencia de salida, el vapor entra al condensador para evaporarse parte del refrigerante donde se enfría convirtiéndose en líquido saturado este líquido vuelve a entrar a la bomba y regresa al ciclo desde el inicio. (Sami S. , 2010)

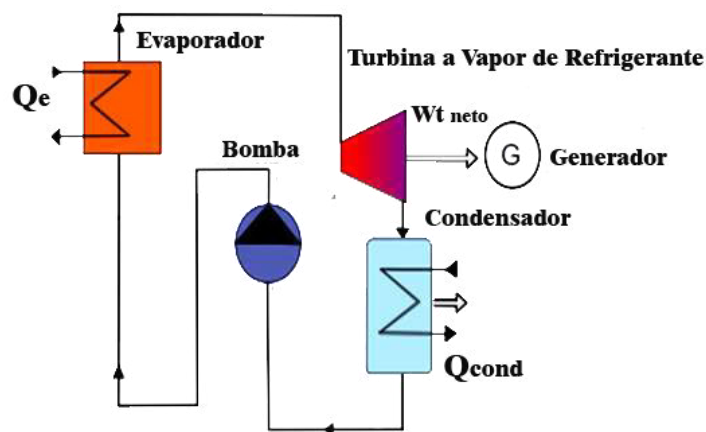


Figura 4. Diagrama (ORC) del sistema de generación
Fuente: Autor

Como muestra la figura 4, el sistema (ORC) para una parte del sistema este proyecto se analizará con distintas entradas de temperatura al Evaporador con 7 refrigerantes mencionados anteriormente.

2.3 Turbina a Vapor de refrigerante

La turbina es el elemento del ciclo que impulsa al generador eléctrico, la función principal de la turbina es transformar la energía térmica y potencial del vapor en energía cinética, el mismo es encargado de convertir la energía cinética que produce la turbina a energía eléctrica. (MIGUEL, 2015)

Un proceso de líquido orgánico de los fluidos se encuentra sobrecalentados este pasa a través de la turbina para generar energía, después el vapor se expande dentro de la turbina, existe una caída de presión debido a los álabes de la turbina. (V, 2009) con indica la figura 5.

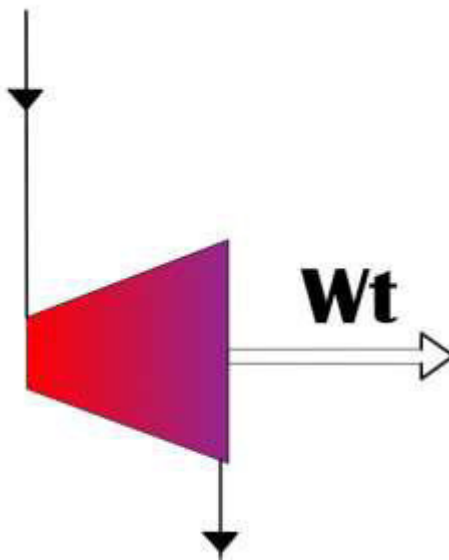


Figura 5. Turbina a Vapor de refrigerante
Fuente: Autor

En la figura 5, se puede apreciar un diagrama común de una Turbina a Vapor de refrigerante generalmente utilizados en los procesos térmicos.

2.3.1 Características de la turbina a vapor de refrigerante.

El líquido orgánico de trabajo se encuentra sobrecalentado o también llamado vapor saturado, esté pasa a través de la turbina para generar energía mecánica después el valor se expande dentro de la turbina, existe una caída de presión. (V, 2009) como indica la ilustración 1 de clasificación de las turbinas.

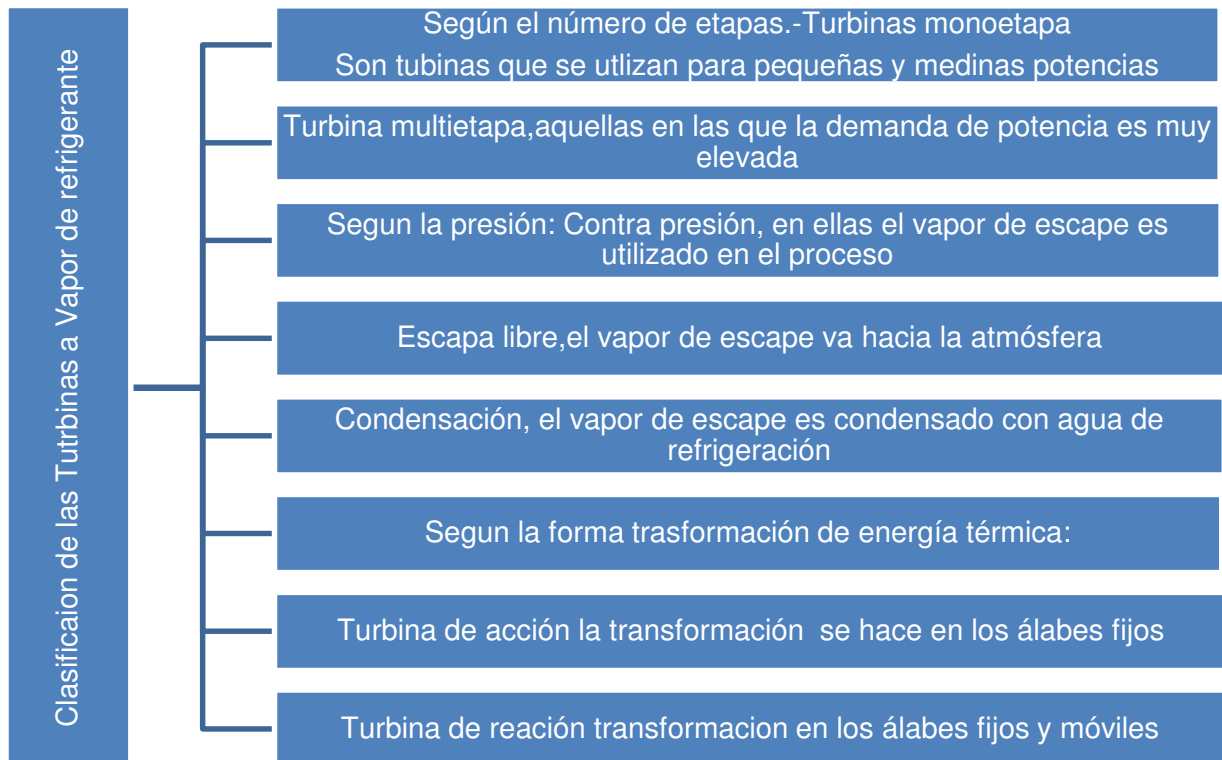


Figura 6. Clasificación de la Turbina a Vapor de refrigerante
Fuente: (Renovatec, s.f.)

En la figura 6, se puede apreciar las características de las Turbinas a Vapor de refrigerante más comunes y usadas.

2.4 Intercambiador de Calor

El intercambiador de calor es un dispositivo donde dos corrientes de fluidos a diferentes temperaturas se ponen en contacto, cediendo la energía del que se encuentra a mayor temperatura, aquel que se encuentre en menor temperatura. (Nuñez, 2017). El objetivo principal es determinar el área de la superficie de transferencia de calor entre los fluidos que se encuentran a temperaturas diferentes y evitan al mismo tiempo que se mezclen entre sí. (Alberto, 2013) El intercambiador de calor es un equipo que facilita el intercambio de fluidos en el (HRSR) el intercambiador de calor absorbe calor y se vaporiza.

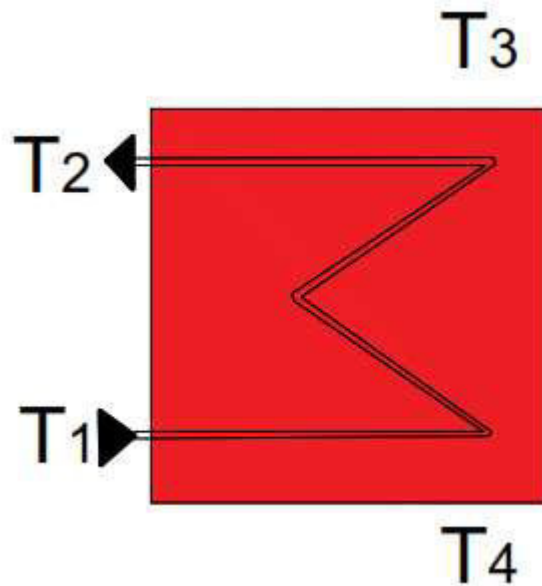


Figura 7. Intercambiador de calor
Fuente: Autor

Como indica la figura 7, las temperaturas de entradas y salidas por el lado interno y las temperaturas de salida con el aceite térmico conforma el ciclo térmico,

Donde:

T_1 = Temperatura del gas de entrada

T_2 = Temperatura del gas de salida

T_3 = Temperatura de aceite a la entrada

T_4 = Temperatura de aceite de salida

Intercambiador de calor tipo carcasa este tipo se emplea en esta tesis, están compuestas por tubos cilíndricos, montados dentro de una coraza también cilíndrica, el fluido circula por dentro de los tubos y el otro por el exterior a un lado de la coraza estos son los más utilizados en la industria comúnmente para recuperar calor. (Llangari Valeria, 2012)

2.4.1 Parámetros de Eficiencia de los Intercambiadores de calor.

Para cada uno de los intercambiadores de calor existe una eficiencia en el eje y el eje x es la unidad de transferencia

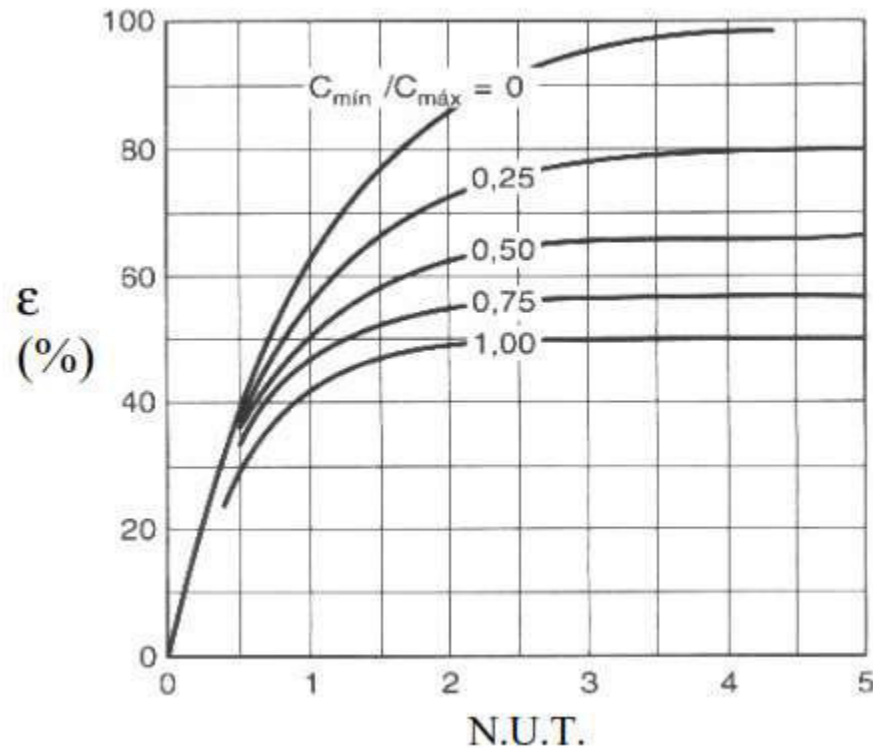


Ilustración 2. Eficiencias de Intercambiadores de calor
Fuente: (Alberto, 2013)

La ilustración 2, indica el valor de eficiencia de un intercambiador, donde (NTU) es la unidad de transferencia que sería el eje x y el eje y representa la eficiencia de transferencia en porcentajes.

2.4.2 Tipos de Intercambiadores.

- Existen dos tipos de intercambiadores de calor Tipo Plato, Tipo Tubo
- En un intercambiador de flujo paralelo el flujo es mayor temperatura y el fluido es menor, pero fluyen en la misma dirección.
- En uno intercambiador de contraflujo el fluido con mayor temperatura y fluido con menor temperatura en la misma dirección, pero en sentido contrario
- En un intercambiador de flujo cruzado el flujo con mayor temperatura y el fluido con menor temperatura fluyen formando un ángulo de 90°C entre ambos, perpendicular uno al otro. (Jaramillo, 2007)
- Los intercambiadores de calor regenerativos usan el mismo flujo para calentar y enfriar.
- Los intercambiadores de calor no-regenerativos usan fluidos separados para calentar y enfriar.

2.5 Aceite Térmico

El aceite como medio calefactor ofrece la ventaja que puede calentarse casi sin presión hasta alcanzar una temperatura de hasta 320 °C. Con aceites sintéticos es posible un funcionamiento con temperaturas hasta 400 °C. Por este motivo, en la mayoría de los procesos industriales, la transmisión de calor mediante aceite se ha impuesto como proveedor de energía (Intec-Energy, s.f.). Fluido térmico el fluido DOWTHERM * Q, una alternativa a los aceites calientes, posee un rango de temperaturas de utilización que comprenden desde -35°C (-30°F) hasta 330°C (625°F). Combina alta estabilidad de la temperatura con facilidad de bombeo a baja temperatura una combinación que los aceites calientes no pueden alcanzar. (Company, 2000). Debido a su estabilidad térmica superior, este fluido puede brindar considerables economías de costos durante toda la vida de su proyecto de transferencia de calor.

2.5.1 Propiedades de los Aceites Dowtherm Q.

El fluido de transferencia térmica DOWTHERM* Q contiene una estabilidad térmica más elevada regularmente en un rango de temperatura de uso y mejora significativa en temperaturas bajas. (Company D. C., 2005). Usos de este tipo de aceite está entre los -35°C (-30°F) hasta 330°C (625°F), algunas propiedades indica en la tabla 2.

Tabla 5. Propiedad del fluido térmico DOWTHERM*Q

Las propiedades típicas del líquido de DOWTHERM Q	
Propiedad	Unidad SI
Rango de Temperatura	(-35°-330°C)
Punto de Ebullición Atmosférica	267°C
Punto de inflamación	120°C
Punto de Fuego	124°C
Temperatura de Autoignición	412°C
Coeficiente de Filme W/m ² *k	295
Límites de Flamabilidad de Vapor en el aire	
Límites Superior 5,5 vol en aire	190°C
Límite Inferior 0,55 vol. en el aire	135°C
Temperatura Crítica Estimada	489°C
Presión Crítica Estimada	24 bar
Volumen Crítico Estimado	3,258 L/kg
Peso Molecular	190

Fuente: (Company D. C., 2005)

Tabla 6. Propiedad del líquido Saturado Fluido DOWTHERM*Q

Propiedades del líquido Saturado Fluido DOWTHERM*Q (SI)				
Temperatura °C	Calor Específico KJ/kg*k	Densidad kg/m3	Conductividad Térmica W/m*k	Viscosidad P.a.*s
-35	1,478	1011,4	0,128	46,6
0	1,589	980,5	0,1244	7,56
40	1,716	950,2	0,1195	2,37
80	1,842	920	0,1143	1,07
120	1,966	889,8	0,1087	0,62
160	2,088	859,5	0,1028	0,41
200	2,208	829,3	0,0967	0,31
240	2,327	799,2	0,0905	0,24
280	2,444	768,8	0,0843	0,2
320	2,559	738,6	0,078	0,17
360	2,672	708,3	0,0719	0,15

Fuente: (Company D. C., 2005)

En la tabla 5 y 6 se muestra las propiedades del aceite de tipo DOWTHERM* Q y de líquido Saturado en unidades SI.

2.5.2 Clasificación de los Aceites.

Se clasifican en:

- Transmisión de calor optimizada debido a las amplias y dimensionadas superficies de Calefacción.
- Construcción adecuada a las necesidades de cada uno de los clientes.
- Protección medioambiental motivada por los bajos valores de las emisiones.
- Alta seguridad de funcionamiento.
- Bajos costes operativos
- Larga vida en servicio

2.6 Condensador

Un condensador es un intercambiador térmico, en cual se pretende que el fluido que lo recorre cambie a fase líquida desde su fase gaseosa mediante el intercambio de calor (cesión de calor al exterior, que se pierde sin posibilidad de aprovechamiento) con otro medio. (García, s.f.). Es el más empleado en centrales termoelectricas es el que utiliza agua como fluido refrigerante, que además utiliza un circuito semiabierto de refrigeración con una torre evaporativa como sumidero del calor latente de vaporización. (García, s.f.)

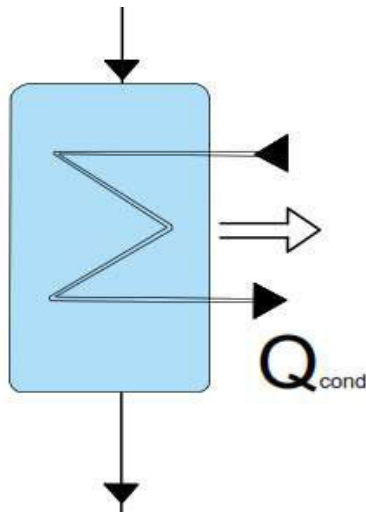


Figura 8. Condensador
Fuente: Autor

En la figura 8, se observa un ingreso del fluido en fase líquida con una presión de entrada al tener una diferencia de temperaturas entre la entrada del fluido por el ducto interior circula el fluido de trabajo por lo que la entrada se encuentra en estado gaseoso mientras en el exterior se encuentra en estado líquido (Amat, 2017), el Q_{cond} es la potencia total que se obtiene a la salida del condensador.

2.7 Bombas

Las bombas de alimentación que son los órganos más importantes de la central y representan el “corazón” del ciclo térmico del cual depende la regularidad de marcha de conjunto caldera-turbina-precalentado. La potencia de las bombas puede alcanzar el 2 - 3% de la potencia del grupo que prevé motor de alta tensión y a menudo de miles de kilovatios. (Milla, 2007). Una bomba de calor basa su funcionamiento, como hemos dicho, en que mueve el calor de un sitio a otro. Para hacerlo se basa en una propiedad física de la materia, por la que un cambio de estado absorbe o cede calor. El líquido contenido en el circuito se convierte en gas de forma mecánica. El gas absorbe el calor en el sitio donde queremos sacarlo y mediante un compresor que es el que utiliza la electricidad que consume la bomba. (Milla, 2007), como indica la ilustración 3.

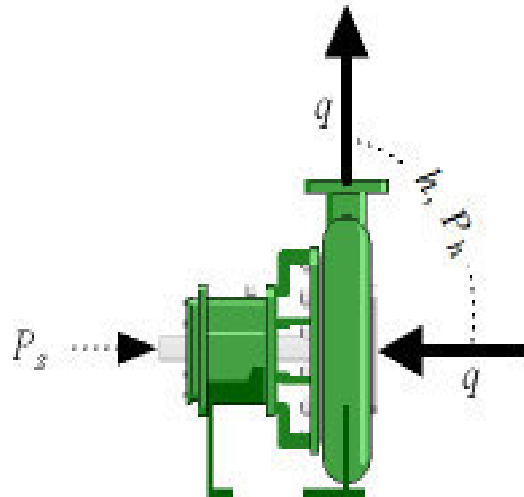


Ilustración 3. Bomba de calor
Fuente: (engineering toolbox, 2003)

2.8 Evaporador

En el evaporador se intercambia calor entre la fuente de calor y el fluido de trabajo, el cual es calentado hasta el punto de vapor sobrecalentado. El Evaporador está compuesto por varias secciones de transferencia de calor cada una con un circuito de vapor independiente, lo que significa que a la salida de cada intercambiador se obtiene vapor (Fuentes, 2015). Se produce el cambio de fase de refrigerante lo que termina con un vapor saturado.

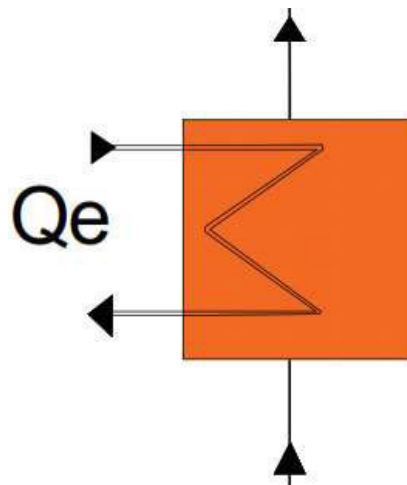


Figura 9. Evaporador
Fuente: Autor

Como indica la figura 9, la Q_{evap} es la potencia del Evaporador capta todo el calor que se va a reutilizar, en las entradas y salidas se transmite el fluido de trabajo logrando así, que este se evapore (Amat, 2017) es la salida hasta obtener valores de entalpías.

2.9 Refrigerantes

Es cualquier cuerpo o sustancia que actúe como agente de enfriamiento, absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia, al considerar una refrigeración mecánica por evaporación de un líquido y la compresión de vapor, lo que se define al refrigerante como el medio para transportar calor desde donde lo absorbe a baja temperatura y presión (Capítulo 12, s.f.)

Los refrigerantes son los fluidos vitales y esenciales en cualquier sistema de refrigeración, los refrigerantes se identifican por números después de la letra R, que significa “refrigerante”

Algunos requisitos para que un líquido pueda ser utilizado como refrigerante debe reunir ciertas propiedades, tanto termodinámicas como físicas, el refrigerante ideal es aquel que fuera capaz de descargar en el condensador todo el calor que absorba del evaporador, una vez de regreso al evaporador con una porción de calor, reduciendo la capacidad del refrigerante para absorber calor. El refrigerante es un fluido que en sistemas de frigoríficos absorbe calor a baja temperatura y presión y lo cede a temperatura y presión más elevadas

Algunas características de los refrigerantes:

- Que su volumen específico en estado gas sea reducido, lo que permitirá reducir el tamaño de los equipos
- Que no se han tóxicos
- Que tengas un alto calor de evaporación, lo que permitirá reducir el caudal másico que circula por el sistema. (Valdes, 2017)

2.9.1 Clasificación de los refrigerantes.

- Punto de congelación. Debe de ser inferior a cualquier temperatura que existe en el sistema, para evitar congelaciones en el evaporador.
- Calor específico. Debe de ser lo más alto posible para que una pequeña cantidad de líquido absorba una gran cantidad de calor.
- Volumen específico. - El volumen específico debe de ser lo más bajo posible para evitar grandes tamaños en las líneas de aspiración y compresión
- Densidad. Deben de ser elevadas para usar líneas de líquidos pequeñas.
- La temperatura de condensación, a la presión máxima de trabajo debe ser la menor posible.
- La temperatura de ebullición, relativamente baja a presiones cercanas a la atmosférica.

- Punto crítico lo más elevado posible.
- No deben ser líquidos inflamables, corrosivos ni tóxicos.
- Dado que deben interaccionar con el lubricante del compresor, deben ser miscibles en fase líquida y no nocivo con el aceite.
- Los refrigerantes, se aprovechan en muchos sistemas para refrigerar también el motor del compresor, normalmente un motor eléctrico, por lo que deben ser buenos dieléctricos, es decir, tener una baja conductividad eléctrica. (Frigoríficos, 2011)

CAPÍTULO 3

3. RECUPERACIÓN DE CALOR, CICLO (ORC) Y MODELADO MATEMÁTICO.

Este capítulo se dará a conocer las diferentes ecuaciones y fórmulas que se utilizaron para la creación del sistema de generación y un diagrama del sistema con cada uno de sus componentes como indica la figura 15, su programación está basada en el software EES se obtienen resultados de entrada y salida para cada uno los componentes del sistema, el análisis se realiza para 7 flujos de trabajo o refrigerantes.

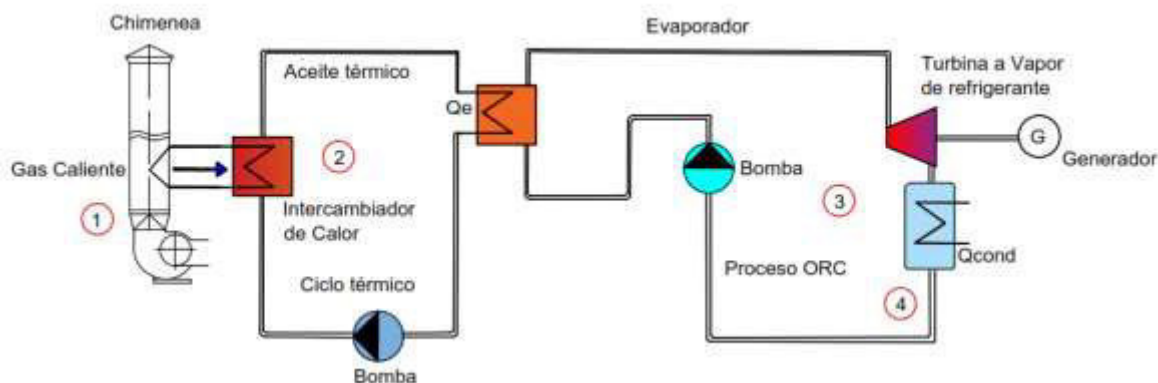


Figura 10. Diagrama de sistema de generación de Ciclo Combinado
Fuente: Autor

En la figura 10, se muestra un sistema de generación de ciclo combinado en la primera parte desde la recuperación de calor de la chimenea hacia el intercambiador de calor y el refrigerante, un ciclo térmico, en la segunda parte desde el evaporador hacia la Turbina a Vapor de refrigerante, al Condensador y la Bomba de calor formando un ciclo de Rankine, el sistema general en la unión de los dos ciclos formando un ciclo combinado.

Graiman fue fundada en febrero de 1994, con una inversión del 100% del capital ecuatoriano. Se encuentra estratégicamente ubicado en la ciudad cerámica de Cuenca, Ecuador por excelencia. La región y sus alrededores contienen suelos llenos de ricas arcillas, feldspatos y caolín que han hecho de este un lugar privilegiado para el desarrollo de la industria cerámica. (Graiman, 2019)

Se fabrica una amplia variedad de revestimientos cerámicos para pisos y paredes, que nos permiten crear ambientes cerámicos que cumplen con los requisitos más diversos de las casas ecuatorianas, así como otros campos de actividad económica. (Graiman, 2019)

El horno H1-VE-01 está compuesto por secciones por un lado de aislamiento de fibras, zonas de rodillos, cámara de combustión, esta construido para asegurar excelente cocción

de baldosa y cerámicas de varios modelos y colores, este horno tiene la capacidad de cargar 10 filas de baldosa a una distancia de 2 cm entre las filas. Se encuentra ubicado en la parte izquierda de las oficinas de mantenimiento de la empresa Graiman.

Todas las tuberías están enpalmadas con el ventilador correspondiente mediante junta antivibrante constituida por una tira de tela resistente a la temperatura fijada, los presóstatos de seguridad alertan cualquier exeso de presión en la chimenea del horno

Como norma de seguridad es indispensable que antes de encender el horno se realice la conexión tanto de la tubería que conecta la electroválvula, como la tubería que conecta la válvula de sobrepresión.

Los ventiladores son los encargados de la evacuación de los humos de combustión y los residuos, esta conectado a las primeras secciones de horno por medio de tuberías de acero que permite aspirar los humos, un termómetro indica la temperatura de los humos no se deben pasar de los 300/350°C la válvula de mariposa permite regular el caudal del ventilador.

3.1 Generador de Vapor recuperador de calor (HRSG)

Por este medio de recuperación de calor son procesos auxiliares en los cuales se reutiliza la energía térmica que en la mayoría de los procesos industriales son expulsados al medio ambiente sin aprovecharlos, con la ayuda de procesos de recuperación este calor tiene un gran potencial de ahorro de energía. Los flujos de aire en la salida o gases se les pueden utilizar en distintos procesos de recuperación logrando así una reducción del consumo energético. Al recoger y distribuir el calor para reutilizarlo, es un mismo equipo el cual eleva su temperatura a niveles mayores, este calor puede aprovecharse de modo que se cumpla al disminuir la temperatura de emisión de fluidos con la el fin de reducir la contaminación, además su aprovechamiento aumenta y la eficiencia energética mientras mayor se ha la temperatura de fuente de calor mayor será la capacidad de aprovechar. (Antonio, s.f.). Es un elemento clave en una planta de ciclo combinado, los generadores de vapor recuperadores de calor son flexibles y se pueden diseñar para operar con múltiples sistemas o circuitos de agua de presiones distintas y así maximizar la recuperación de calor estos pueden carecer de fuego (combustión) quiere decir que solo el calor sensible del gas como aporte de calor. (Prieto, 2006). La recuperación de calor constituye una forma de optimización del suministro de la energía térmica que tiene como consecuencia beneficios económicos, energéticos y ambientales. El fundamento de esta tecnología es la recuperación del calor mediante la instalación de un intercambiador de calor en el flujo de

gases calientes de una salida por una chimenea en un proceso industrial, cuyo objetivo es absorber parte de la energía calorífica de los mismos gases y ceder esta energía a un fluido secundario.

Se compone de una serie de secciones:

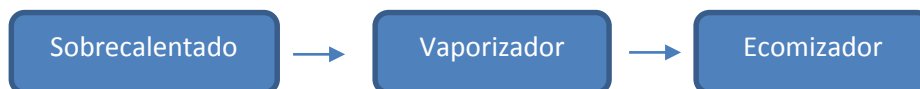


Figura 11. Secciones de fluidos
Fuente: Autor

Como indica la figura 11, los tres tipos de sesiones para la recuperación de calor usados en distintos procesos más comunes en las industrias

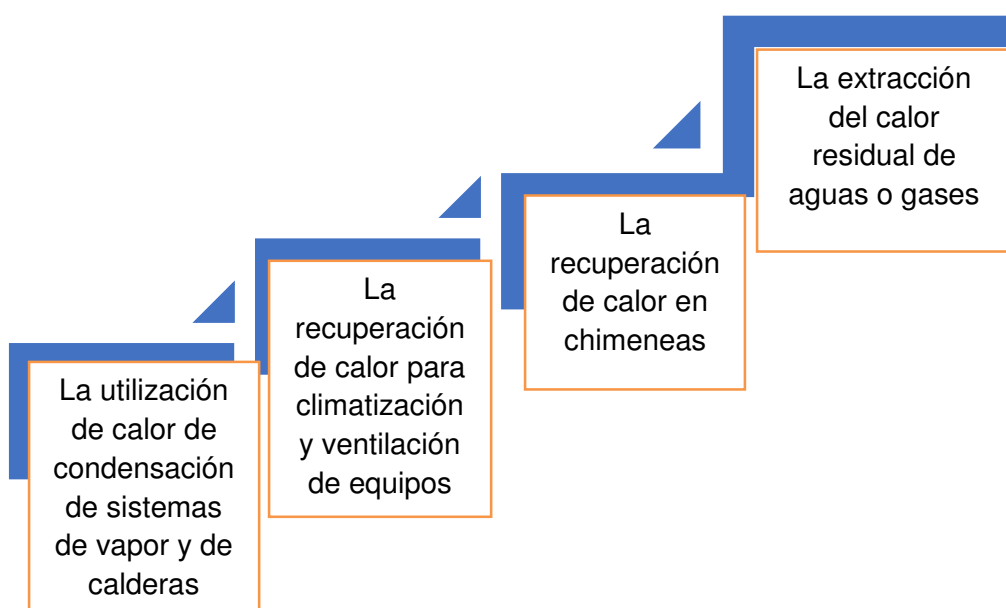


Figura 12. Posibles fuentes de calor
Fuente: Autor

Como indica la figura 12, las posibles fuentes de calor en las industrias para distintos procesos.

3.1.1 Transferencia de calor.

El calor se transfiere en tres procesos distintos; conducción, conversión, radiación como indica la figura 13, cada una de ellas la transferencia de calor se produce en genera por convención forzado esto ocurre desde el flujo de gases calientes.

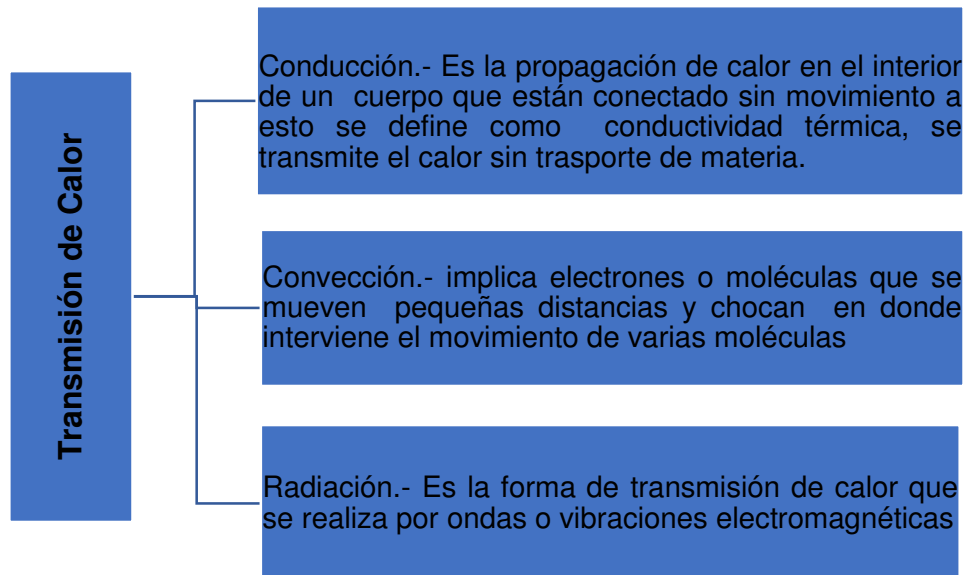


Figura 13. Transmisión de calor
Fuente: (Cecatherm, s.f.)

La figura 13, indica las tres formas de transmisión de calor en la cual incluye tres tipos la Conducción la Convección y la Radiación

3.1.2 Fluidos de trabajo.

Los fluidos de trabajo en los que se analiza el comportamiento del (ORC) se indica en la tabla 5, también conocidos como refrigerantes estos actúan como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia de acuerdo con las aplicaciones y el uso la sustancia debe ser químicamente inerte hasta el grado de no ser inflamable, no ser explosivo, no ser tóxico. Estos refrigerantes no deberán reaccionar negativamente con la humedad así no contamine los productos almacenados y no perjudique la salud de los ocupantes y no contamine el medio ambiente.

Entre estos refrigerantes se selecciona los que se va a utilizar ya que dependen de la aplicación, la fuente y el nivel del calor a utilizar, además se debe considerar las propiedades, y algunos criterios como, económicos, no tóxicos, no inflamables.

Por seguridad el fluido no debe ser tóxico, mucho menos corrosivo e inflamable

3.1.3 Propiedades de los refrigerantes.

- Presión. - Se debe operar con presiones positivas
- Temperatura. - Debe tener una temperatura crítica por arriba de a temperatura de condensación, temperatura de congelación, temperatura de ebullición baja.
- Volumen. - Un valor bajo de volumen, y un valor alto de volumen en fase líquida
- Entalpía. - Un valor alto de calor de vaporización
- Densidad. - Peso por unidad de volumen
- Entropía. – Aplicado al proceso de compresión

Algunas propiedades Físicas y Químicas

- No debe ser tóxico
- No debe reaccionar con la humedad
- No debe ser inflamable
- Debe ser miscible con el aceite
- Debe ser un compuesto estable

Algunas propiedades indicadas en la tabla 5:

Tabla 7. Propiedades de los refrigerantes

Fluido	Peso molecular[g/mol]	Tem_Cri [°C]	Pre_Cri [bar]
R123	152,93	183,68	36,6
R124	136,48	122,2	36,2
R125	120,02	66,02	36,2
R142b	100,5	137,11	40,2
R245fa	134	256,9	46,4
R22	86,47	96,15	49,8
R152a	66,1	113	6,06
R236fa	152,04	124,9	3,2

Fuente: (Solver, s.f.)

La tabla 7, indica las propiedades de los refrigerantes más utilizados, su peso molecular, temperatura crítica y presión crítica.

3.1.4 Descripción de EES y propiedades de los refrigerantes a utilizar.

Las propiedades de los fluidos son de tres tipos distintos: gas ideal, fluido real y salmueras. La entalpía y la energía interna de las sustancias del gas ideal depende solo de la temperatura. EES no aceptará la presión, junto con la temperatura, como una entrada de propiedad independiente en las funciones de entalpía e IntEnergy para sustancias de gases

ideales. Una regla general es que las sustancias que tienen un nombre que es una fórmula química, por ejemplo, N₂ o CO₂, se implementan para ser gases ideales, mientras que los fluidos reales usan nombres detallados, por ejemplo, nitrógeno y dióxido de carbono. Air y AirH₂O (relaciones psicrométricas) son excepciones a esta regla, ya que ambas se basan en el comportamiento del gas ideal. La entropía de estas sustancias se basa en la Tercera Ley de la Termodinámica. (Solver, s.f.)

R142b.- La correlación es válida para temperaturas en el rango entre 142K y 470K para presiones inferiores a 60 MPa. Los valores de entalpía y entropía se refieren a 200 kJ / kg y 1 kJ / kg-K respectivamente para el líquido saturado a 273.15 K. (Solver, s.f.)

R152a.- Los valores de entalpía específica y entropía se refiere a 200 kJ / kg y 1.00 kJ / kg-K, respectivamente, para el estado de líquido saturado a 273.15 K. (Solver, s.f.)

R236fa. - Proporciona propiedades termodinámicas de alta precisión para el 1,1,1,3,3,3-hexafluoropropano (C₃H₂F₆, MW 152.0384 g / gmol, No. CAS 690-39-1) (Solver, s.f.)

R245fa. - Proporciona propiedades termodinámicas de alta precisión para R245fa (1,1,1,3,3 pentafluoropropano, C₃H₃F₅, MW 134,05 g / gmol). (Solver, s.f.)

R365mfc. – Proporciona propiedades termodinámicas de alta precisión para el 1,1,1,3,3-pentafluorobutano (C₅H₅F₅, MW 148.07 g / gmol, No. CAS 406-58-6), los valores de entalpía y entropía se refieren a 200 kJ / kg y 1 kJ / kg-K, respectivamente, para el líquido saturado a 0 ° C. (Solver, s.f.)

R1234yf. - Proporciona datos de propiedades termodinámicas y de transporte para HFO-1234yf (2,3,3,3-tetrafluoropropeno, MW 114.04116 g / gmole), los valores de entalpía y entropía se refieren a 200 kJ / kg y 1 kJ / kg-K respectivamente para el líquido saturado a 273.15 K. (Solver, s.f.)

R1234ze€.- Proporciona datos de propiedades termodinámicas para HFO-1234ze (E) (trans 1,3,3,3-tetrafluoropropeno, CAS # 29118-24-9. MW 114.04 g / gmol). (Solver, s.f.)

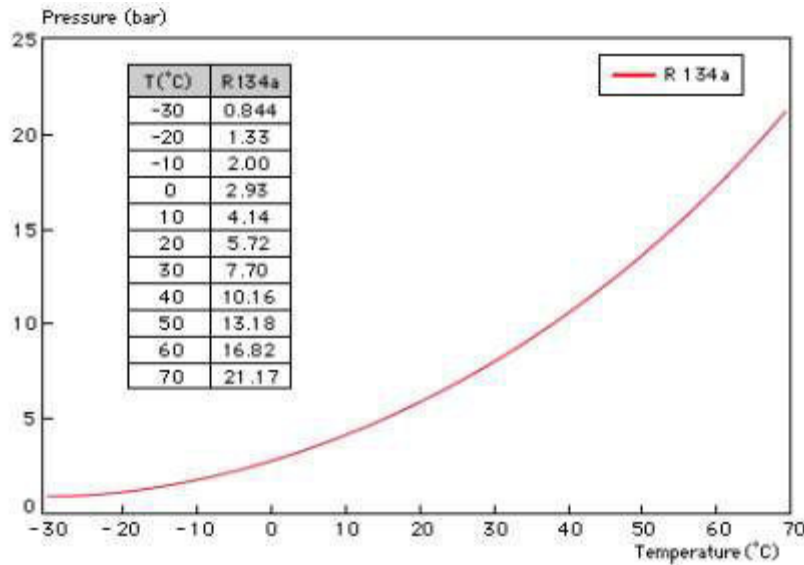


Ilustración 4. Diagrama P-T para R-134a

Fuente: (Capítulo 12, s.f.)

Para cualquier líquido, la temperatura a la que se lleva a cabo la ebullición se conoce como temperatura de saturación y su presión “presión de saturación”, ejemplo, así como indica la ilustración 4, un diagrama de presión y temperatura del refrigerante R-134^a (Gasservei, s.f.)

Al seleccionar el fluido que se utilizara en el proceso del ORC hay que tener en cuenta si el fluido a elegir cumple con ciertas características, en este caso se ha analizado 7 fluidos R142b, R152a, R245fa, R236fa, R365mfc, R1234yf, R1234ze(E) para ser utilizados en un ORC para los cual se procede a simular en el software EES (Engineering Equation Solver), este programa tiene la facilidad de indicar entalpías, presión, entropías, diagramas t-s, diagramas P-h en función de la temperatura y la entropía.

3.1.5 Curvas de saturación en (EES).

Al simular en el (EES) los temperaturas y presión se obtiene las entalpías entropías, además las curvas de vapor saturado, líquido saturado para los refrigerantes utilizados, así como indica la figura 14, las curvas de líquido saturado y vapor saturado.

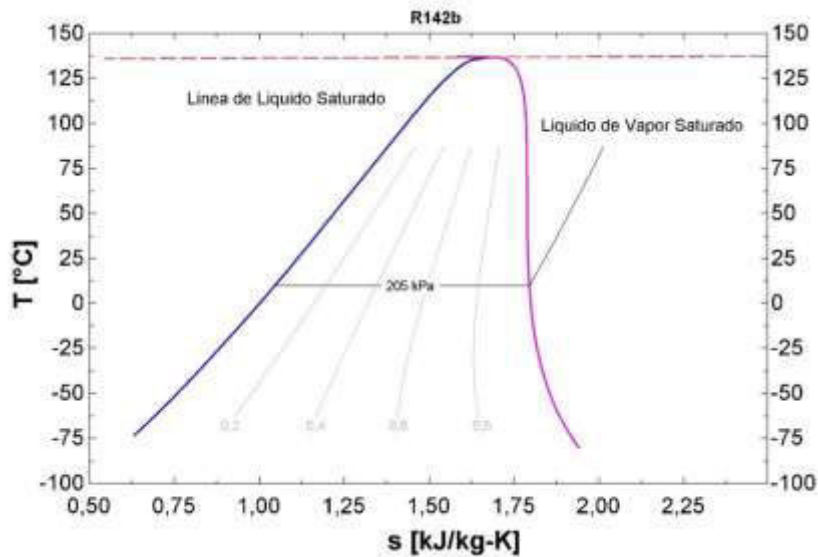


Figura 14. Curva de saturación de R142b_150°C

Fuente: Autor

Como se muestra en la figura 14, en la curva un diagrama T-s indica el líquido saturado y el vapor saturado del refrigerante R142b_150°C. Para un fluido isotrópico y un fluido seco los fluidos isotrópicos la curva de saturación es prácticamente paralela a la línea de expansión mientras que los fluidos de secos se caracterizan por presentar una pendiente de vapor saturado positivo. (Churo A, 2017)

3.2 Ciclo Orgánico de Rankine (ORC)

El ciclo de Rankine es una tecnología comercial para la producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía de medio o bajo nivel de temperatura, encuentra en sus aplicaciones el aprovechamiento de energía solar energía geotérmica de baja temperatura, energía obtenida a partir de biomasa y la recuperación de calor. (V, 2009)

Permite la valoración de calor a baja temperatura convirtiéndola en potencia, depende de los fluidos de trabajo (M. Lampe, 2014)

Es conocido por sus siglas en inglés ORC (Organic Rankine Cycle) es la tecnología con más alta para el desarrollo de proyectos con recuperación de energía a través de fuente de calor que sean menores a los 250°C, así mismo utilizan un fluido orgánico y específico. (Churo A, 2017)

Mediante estos sistemas de ORC has llevado una investigación cada vez más profunda con esto tratar que estos procesos se han cada vez más eficientes teniendo en cuenta el comportamiento de los fluidos de trabajo según su temperatura, en si el objetivo principal

es dar uso al calor a los procesos industriales que se encuentran a baja o media temperatura.

Al poder aprovechar el calor que emana la chimenea es necesario utilizar un ciclo de Rankine orgánico (ORC) porque utiliza un fluido orgánico para la generación de energía. Este hecho permite que se logre sistemas ORC en baja y media temperatura rentables para aplicaciones de baja temperatura que se obtenga pequeña potencia eléctrica. (PERIS PÉREZ, 2015)

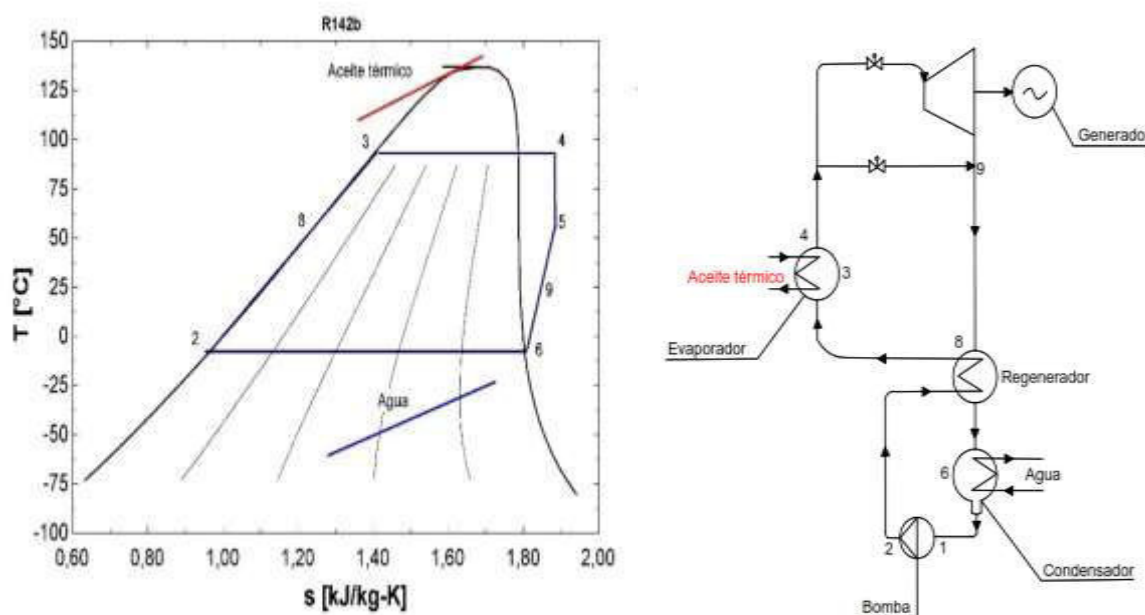


Figura 15. Diagrama de (ORC) con aceite térmico y esquema
Fuente: (Fiter, s.f.)

En la siguiente figura 15, se muestra claramente el ciclo (ORC), en el cual se emplea aceite térmico para evaporar los refrigerantes.

3.2.1 Principio de funcionamiento del ORC

Es el mismo principio del ciclo de Rankine. La diferencia es la situación del agua orgánico con propiedades de volatilidad superiores como fluido de trabajo como por ejemplo una bomba presuriza el flujo líquido inyectando a un evaporador para transformar en vapor el cual se expandiona en una turbina que está conectada a un generador, al final el vapor que sale de esta se condensa y es succionado por la bomba si es necesario para poder aprovechar más a un la energía del vapor se puede incluir un intercambiador interno. (Farid Chejne Janna, 2015)

3.2.3 Componentes que conforma un Ciclo de Rankine Orgánico (ORC)

Los componentes que conforma en un Ciclo de Rankine Orgánico son:

- Una caldera
- Una turbina a vapor
- Un condensador
- Una bomba

En la caldera en este caso la chimenea se extrae todo el flujo de gas caliente hacia los intercambiadores con una temperatura inicial alta que va hacia la turbina.

En la turbina al llegar todo el vapor seco a la salida genera un trabajo.

En el condensador la salida de la turbina es una mezcla de agua en estado líquido y gas caliente, lo que pasa por el condensador es solo agua a un estado líquido.

En la bomba de agua finalmente se bombea nuevamente a la caldera y así regresa al ciclo

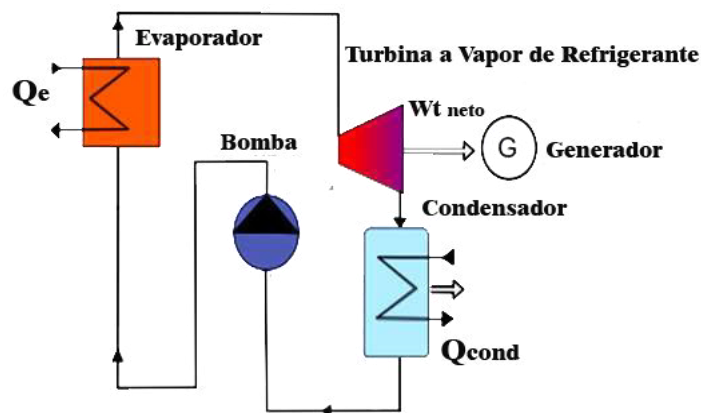


Figura 16. Diagrama del Ciclo Orgánico de Rankine (ORC) del sistema

Fuente: Autor

Se muestra en la figura 16, el diagrama de ciclo combinado de Rankine (ORC) es el ciclo ideal para las centrales eléctricas de vapor mientras tanto que el ciclo Rankine convencional está compuesto de los siguientes procesos:

- Compresión isotrópica en una bomba
- Adición de calor a presión constante en una caldera
- Expansión isotrópica en una turbina
- Rechazo de calor a presión constante en un condensador

3.3 Ciclo combinado de ciclo térmico y ciclo Rankine (ORC)

En un ciclo combinado es transformar en electricidad dos ciclos termodinámicos correspondientes a un ciclo geotérmico y ciclo de Rankine es un solo sistema, para lograr una conversión más completa y eficiente de energía se puede aportar en trabajo o en potencia, (Prieto, 2006) este sistema es el encargado de aprovechar la energía de los gases de la chimenea, ese vapor puede transformarse en electricidad por una turbina a vapor en un proceso industrial. La función de un HRSG dentro de un ciclo combinado para extraer calor del flujo de gases consta de tres componentes principales:

- Economizador
- Evaporador
- Sobre calentadores

3.3.1 Datos de temperatura entrada y salida al sistema y modelado en (EES) del Ciclo (ORC)

Análisis de R142b-150°C

La facilidad de utilizar el software informático EES se programa a partir de valores de temperatura y presión en las entradas de cada uno de los componentes del sistema, permite evaluar distintos tipos de refrigerantes y obtener entalpías, entropías, visualizar curvas de saturación, curvas de entrada y salida, de entrada, la temperatura y presión, obtengo un valor de entalpía para el fluido, y con la entalpía obtener la entropía que servirá para sacar las curvas de entrada y salida.

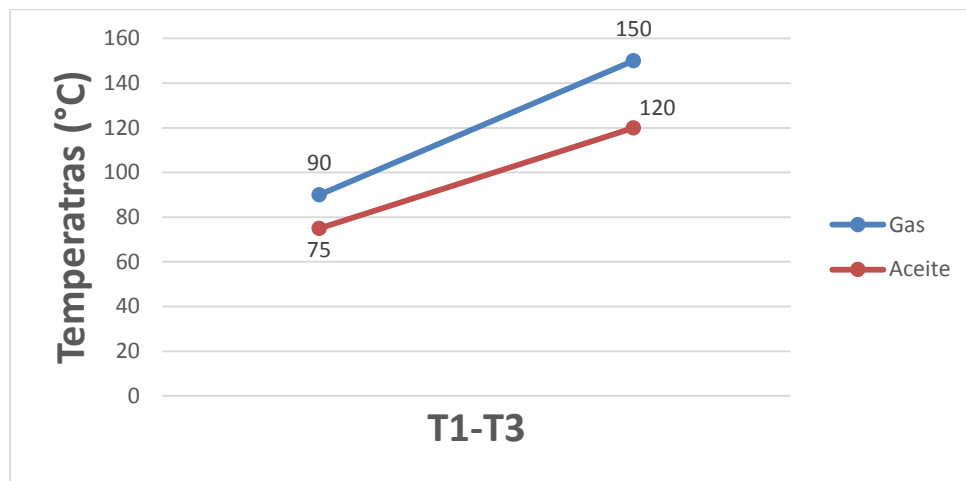


Figura 17. Valores de temperaturas de ingreso y salida intercambiador
Fuente: Autor

Partimos desde valores de temperatura y aceite térmico de entrada y salida como indica la figura 17.



Figura 18. TLV.ToolBox
Fuente: Software ToolBox

Con los valores de entrada procedemos a calcular la presión con el software TLV. ToolBox, así como indica a figura 18.

Para los valores de entalpía se utilizó el software Engineering Equation Solver (EES) que permite calcular, visualizar graficas según la programación que necesite, en este caso para calcular entalpías la programación consta de temperaturas y presión, de esta forma también obtener la entropía que será útil para las gráficas. Toda la programación y gráficas se le puede observar en el Anexo 2.

3.4 Ecuaciones matemáticas para el modelado del sistema de ciclo combinado y procedimientos para cada ecuación del modelado en Excel

Como indica la figura 13, el diagrama de ciclo combinado se divide en dos partes:

Ciclo térmico (HRSG). - En el primer proceso 1-2 de ciclo térmico a partir un intercambiador de calor que va a permitir el mayor aprovechamiento, basándose en fórmulas que intervienen el flujo másico, el calor específico, temperaturas de entrada y salida y la eficiencia del intercambiador de calor para obtener capacidades calóricas.

$$Q_{1-2} = \dot{m}_{ac} * C_p * (T_1 - T_2) * \eta_{int} \quad (1)$$

$$Q_{3-4} = \dot{m}_{at} * C_p * (T_4 - T_3) * \eta_{int} \quad (2)$$

La ecuación (1) y (2) se refiere a la entrada y salida del intercambiador de calor

Flujo de másico para R142b:

$$\dot{m}_{ac} = \dot{m}_{ach} \quad (3)$$

Donde:

Q_{1-2} = Capacidad calórica interna del intercambiador (kW)

Q_{3-4} = Capacidad calórica externa del intercambiador (kW)

C_p = Calor específico (kJ/kg*K)

\dot{m}_{ac} = Flujo másico del aire caliente en (kg/s)

T_1 = Temperatura de entrada del intercambiador (°C)

T_2 = Temperatura de salida del intercambiador (°C)

T_3 = Temperatura de salida del intercambiador (°C)

T_4 = Temperatura de entrada del intercambiador (°C)

η_{int} = Eficiencia del intercambiador

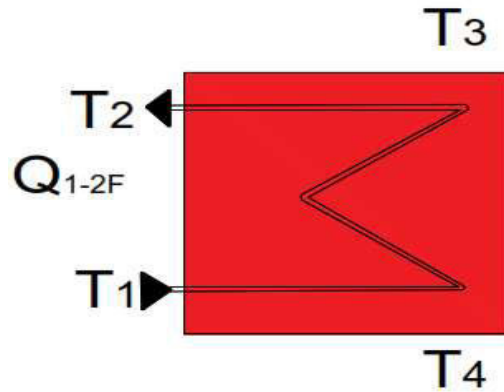


Figura 19. Diagrama del intercambiador de calor para el sistema
Fuente: Autor

Como indica la figura 19, el diagrama del intercambiador de calor con temperaturas de entrada (T_1 , T_2) y salida de temperaturas de aceite térmico en (T_3 , T_4), Q_{1-2F} es la capacidad calórica del intercambiador de calor

En el Evaporador existe el cambio de fase del refrigerante que llega desde el ciclo térmico y termina como vapor saturado, esto permite el ingreso de entalpías de entrada y salida al Evaporador.

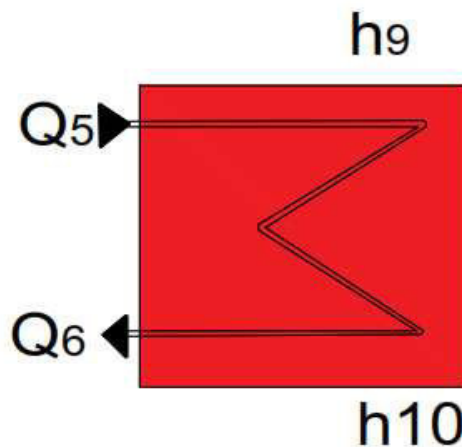


Figura 20. Diagrama del Evaporador con flujos en h_9 y h_{10}
Fuente: Autor

Como indica la figura 20, diagrama del Evaporador con entradas de capacidad calórica en (Q_5 , Q_6) y salida de entalpías (h_9 , h_{10}) para el sistema de generación.

Ciclo Orgánico de Rankine (ORC)

$$Q_{5-6} = \eta_{int} * Q_{9-10} \quad (4)$$

$$Q_{9-10} = m_{ref} * (h_9 - h_{10}) * \eta_{int} \quad (5)$$

Donde:

Q_{5-6} = Capacidad calórica interna del Evaporador (kW)

η_{int} = Eficiencia del intercambiador

Q_{9-10} = Capacidad calórica externa del Evaporador (kW)

m_{ref} = Flujo másico del refrigerante en (kg/s)

h_9 = Entalpía de entrada en (kJ/kg)

h_{10} = Entalpía de salida en (kJ/kg)

La ecuación (4) se refiere a la entrada la capacidad calórica del Evaporador.

La ecuación (5) se refiere a la salida de la capacidad calórica con flujo másico de refrigerante del Evaporador e incluye entalpías de entrada y salida.

En la turbina a vapor de refrigerante con entalpías de entrada y salida, flujo másico del refrigerante y la eficiencia del intercambiador, todo el vapor se expande dentro de la turbina, por lo tanto, se conecta al generador eléctrico, como indica la figura 21.

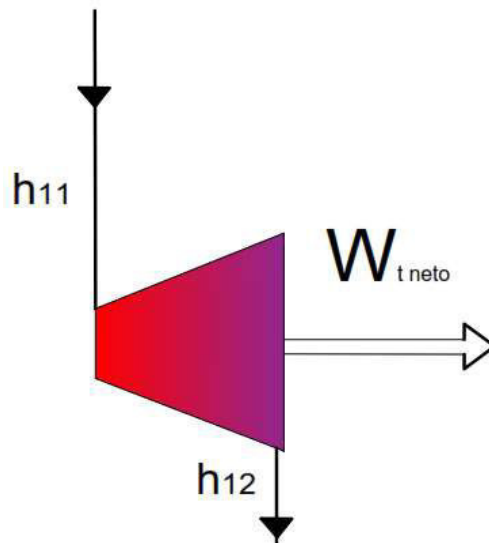


Figura 21. Diagrama de la Turbina a Vapor de refrigerante con flujos h_{11} y h_{12}
Fuente: Autor

Se muestra en la figura 21, el diagrama de la Turbina a Vapor de refrigerante con fluidos en la entrada h_{11} y la salida h_{12} , donde W_{t_neto} es la potencia generada por la Turbina.

La potencia de la turbina se define de la siguiente manera:

$$W_t = m_{ref} * (h_{11} - h_{12}) * \eta_{int} \quad (6)$$

Donde:

\dot{m}_{ref} = Flujo másico del refrigerante en (kg/s)

h_{11} = Entalpía de entrada en (kJ/kg)

h_{12} = Entalpía de salida en (kJ/kg)

η_{int} = Eficiencia del intercambiador

En la ecuación (6) se refiere a la Turniba a Vapor de refrigerante con entrada y salida de entalpías

En el Condensador se aplica el proceso de rectificación una parte de calor es expulsado al ambiente y la otra parte como líquido saturado una mezcla con agua para su enfriamiento, con un flujo másico del refrigerante, entalpías de entrada y salida y la eficiencia del intercambiador.

$$Q_{13-14} = \dot{m}_{ref} * (h_{13} - h_{14}) * \eta_{int} \quad (7)$$

Donde:

Q_{13-14} = Capacidad calórica interna del Condensador (kW)

\dot{m}_{ref} = Flujo másico del refrigerante (kg/s)

h_{13} = Entalpía de entrada en (kJ/kg)

h_{14} = Entalpía de salida en (kJ/kg)

η_{int} = Eficiencia del intercambiador

La ecuación (7) se refiere a las entalpías de entrada y salida del condensador

$$Q_{cond_{agua}} * C_p * (T_{16} - T_{15}) * \eta_{int} \quad (8)$$

Donde:

$Q_{cond_{agua}}$ = Capacidad calórica del condensador agua (kW)

C_p = Calor específico (kJ/kg*K)

T_{16} = Temperatura de entrada del intercambiador (°C)

T_{15} = Temperatura de salida del intercambiador (°C)

η_{int} = Eficiencia del intercambiador

La ecuación (8) se refiere a la capacidad calórica del condensador agua.

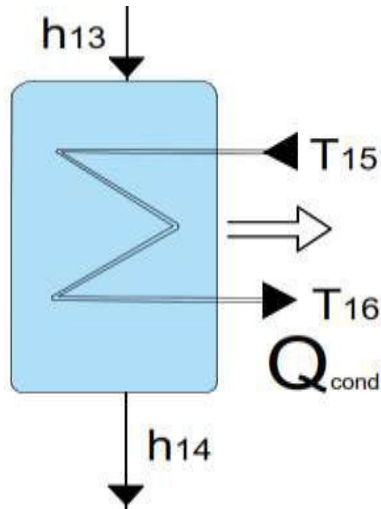


Figura 22. Diagrama del Condensador con flujos en h_{13} y h_{14}
Fuente: Autor

Se muestra en la figura 22, el diagrama del Condensador con entalpías de entrada y salida (h_{13} y h_{14}), en el cual Q_{cond} es la capacidad calórica que se puede generar.

La bomba de calor actúa al recibir una presión baja para bombearle a una temperatura alta, de esta manera aumenta el flujo másico, la transferencia de calor en los intercambiadores

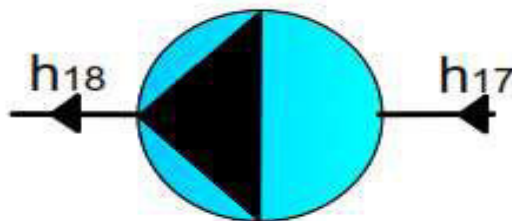


Figura 23. Diagrama de la bomba de calor
Fuente: Autor

En la figura 23, se puede apreciar las entalpías de entrada y de salida para la bomba

$$P_h \text{ (kW)} = q * p * g * h / (3.6 * 10^6) \quad (9)$$

Donde:

P_h (kW) = Potencia hidráulica (kW)

q = flujo volumétrico (m^3/h)

p = densidad del flujo (kg/m^3)

g = gravedad ($9.81m/s^2$)

h = cabeza diferencial (altura) (m)

La ecuación (9) (engineering toolbox, 2003), se refiere a la potencia de la bomba de calor Eficiencias

El ciclo ORC tiene una elevada eficiencia energética de 98% de la potencia térmica aportada del aceite térmico se transforma en energía eléctrica (alrededor del 10-20%) y calor (88-78%), (Fiter, s.f.)



Ilustración 5. Rendimiento del (ORC)

Fuente: (Fiter, s.f.)

La ilustración 5, indica en rendimiento para un proceso de aceite térmico en un sistema donde interviene el proceso (ORC) hasta su nivel máxima de rendimiento térmico que llega hasta los 80% con un rendimiento eléctrico el 18%, lo cual las pérdidas son mínimas del 2% debido a su viscosidad del aceite ya que hace que se mantenga caliente en todo el proceso.

Eficiencia del (ORC)

$$\eta_{ORC} = \frac{W_{t\ neto} - W_b}{Q_{9-10}} \quad (10)$$

Donde:

$W_{t\ neto}$ = Potencia en la salida el Turbina a Vapor (kW)

W_b = Potencia de la bomba (kW)

Q_{9-10} = Capacidad calórica en el Evaporador (kW)

Eficiencia del Sistema híbrido (SH)

$$\eta_{SH} = \frac{Wt_{neto} - W_b}{Q_{1-2}} \quad (11)$$

Donde:

Wt_{neto} = Potencia en la salida el Turbina a Vapor (kW)

W_b = Potencia de la bomba (kW)

Q_{1-2} = Capacidad calórica en el intercambiador (kW)

Eficiencia de Carnot

Para la temperatura del Evaporador

$$\eta_{carnot} = \frac{1 - (T_{cond} + 273 \text{ K})}{(T_{Evap} + 273 \text{ K})} \quad (12)$$

Donde:

T_{cond} = Temperatura del Condensador (°C)

T_{Evap} = Temperatura del Evaporador (°C)

273 = grados Kelvin (K)

Para temperatura de gas caliente

$$\eta_{carnot} = \frac{1 - (T_{cond} + 273^\circ K)}{(T_{gas-cal} + 273^\circ K)} \quad (13)$$

Donde:

T_{cond} = Temperatura del Condensador (°C)

$T_{gas-cal}$ = Temperatura de gas caliente (°C)

$$m_{ach} = v * p \quad (14)$$

Donde:

m_{ach} = Flujo de gas caliente en la chimenea

v = volumen (m^3/s)

ρ = densidad (kg/m^3)

Flujo másico del aceite térmico

$$\dot{m}_{ac} = \frac{Q_{1-2} * \eta_{int}}{C_{pat} * (T_4 - T_3)} \quad (15)$$

Donde:

Q_{1-2} = Capacidad calórica gas caliente del intercambiador (kW)

C_{pat} = Calor específico del aceite térmico ($kJ/kg \cdot K$)

η_{int} = Eficiencia del intercambiador de calor

T_3 = Temperatura de salida del intercambiador ($^{\circ}C$)

T_4 = Temperatura de entrada del intercambiador ($^{\circ}C$)

Flujo másico del refrigerante

$$\dot{m}_{ref} = \frac{Q_{5-6} * \eta_{int}}{(h_9 - h_{10})} \quad (16)$$

Donde:

Q_{5-6} = Capacidad calórica para el Evaporador (kW)

η_{int} = Eficiencia del intercambiado de calor

h_9 = Entalpías de entrada del Evaporador (kJ/kg)

h_{10} = Entalpía de Salida del Evaporador (kJ/kg)

$$Q_{1-2F} = Q_{3-4} * \eta_{int} \quad (17)$$

$$Q_{5-6} = Q_{1-2F} * \eta_{int} \quad (18)$$

Se da a conocer los sistemas de generación de energía geotérmica, procesos de Ciclos Combinados y de procesos de Ciclo Orgánico de Rankine (ORC). Además, el procedimiento para cada una de las ecuaciones según el modelado en Excel.

Análisis para el R142b_150°C con entradas de temperaturas en el proceso (ORC)
(120,100,80,60)

Flujo de la chimenea

$m_{ach} = 8,993820$ (kg/s) de la ecuación 12

Flujo másico del aceite

$m_{ac} = 4,017011124$ (kg/s) de la ecuación 8

Flujo másico del refrigerante

$m_{ref} = 0,831555278$ (kg/s) de la ecuación 14

Capacidad calórica para el gas caliente

Q_gas caliente

$Q_{1-2} = 467,86371$ (kW) de la ecuación 1

Capacidad calórica para el aceite térmico Q_Aceite térmico

$Q_{3-4} = 397,6841$ (kW) de la ecuación 2

Capacidad calórica para el gas caliente final

$Q_{1-2F} = 338,0315$ (kW) de ecuación 15

Capacidad calórica para el Evaporador

$Q_{5-6} = 287,3268$ (kW) de la ecuación 16

$Q_{Evap} = 207,5936$ (kW) de la ecuación 5

Capacidad calórica para el Condensador

$Q_{cond} = 149,9876$ (KW) de la ecuación 7

Capacidad calórica para el Condensador_Agua

$Q_{cond_agua} = Q_{15-16} * \eta_{int}$

$Q_{cond_agua} = 127,4894$ (KW)

Trabajo de la bomba de calor

$W_{bomba} = 1,066676$ (KW) de la ecuación 9

Capacidad calórica para el trabajo de la turbina a vapor

Q_{wt} para temperatura de (120°C,100°C,80°C,60°C)

Trabajo de la turbina a vapor de refrigerante para 120°C

W_{t_net} 120 = 27,167742 (KW) de la ecuación 8

Trabajo de la turbina a vapor de refrigerante para 100°C

W_{t_net} 100 = 21,47574661(kW)

Trabajo de la turbina a vapor de refrigerante para 80°C

W_{t_net} 80 = 15,9068 (kW)

Trabajo de la turbina a vapor de refrigerante para 60°C

W_{t_net} 60 = 10,430197 (kW)

El análisis de estos resultados para los otros refrigerantes se detalla en el Anexo.3

Tabla 8. Resultados del sistema de generación para R142b_150°C

EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA							
	T[°C] gas caliente			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)	
Entrada de gas Caliente	T1	150	Entrada Evaporador	120	198,70	h9	526,7
Salida de gas Caliente	T2	90	Salida Evaporador	25Sa	3200	h10	233
	T3	75	Entrada Turbina	120Sa	198,70	h11	526,7
	T4	120	Salida Turbina	20	2400	h12	438,4
		100	Entrada Condensador	20	2,400	h13	438,4
		80	Salida Condensador	20Sa	2400	h14	226,2
		60	Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	438,4
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	226,2
				20Sa	2400	h17	226,2
Q_Gas Caliente	Q1-2	467,863718	[kW]	25Sa	3200	h18	233
Q_Aceite Térmico	Q3-4	397,684161	[kW]	100	102,00		508,2
	Q1-2F	338,0315365	[kW]	80	48,00		490,1
				60	20,00		472,3
	Q5-6	287,3268061	[kW]				
Q_Evapo	Q9-10	207,5936174	[kW]				
Q_Cond	Q13-14	149,9876255	[kW]				
Q_Cond agua	Q15-16	127,4894817	[kW]				
Q_wt	Wt_neto120	27,16774249	[kW]				
	Wt_neto100	21,47574661	[kW]				
	Wt_neto80	15,90682091	[kW]				
	Wt_neto60	10,43019785	[kW]				
W_bomba	Wb	1,066676224	[kW]				

Fuente: Autor

La tabla 8, Indica los resultados del sistema de generación para R142b_150°C

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS DE SIMULACIÓN EN (EES), GRÁFICAS DE EFICIENCIAS (SH), (ORC), CARNOT, POTENCIAS W_{t_neto} .

En este capítulo se muestran los resultados de simulaciones en EES, gráficas de eficiencias SH, ORC, Carnot, Potencias W_{t_neto} en el sistema, con entrada de gas caliente de una temperatura de refrigerante de entrada hacia el Evaporador de 150°C , entrada al proceso (ORC) de 120°C , entrada a la Turbina Vapor de refrigerante de 120°C .

4.1 Descripción del sistema de medición de parámetros en el sitio



Figura 24. Medición de temperaturas Extech instrument
Fuente: Autor

Para la obtención de datos en la chimenea se basa en la medición de temperatura con un láser en distintos puntos calientes de la chimenea, como indica la figura 24, por la única razón de que las temperaturas de la chimenea no son constantes es lo contrario es variable, varía según la cocción del honor. Este termómetro infrarrojo mide y muestra las lecturas de temperatura sin contacto hasta 600°C (1100°F). A 30 cm (12"), con el objetivo para asegurar la precisión del punto y la medida de temperatura. El uso y cuidado apropiado de este medidor le proveerá años de servicio confiable. (Extech instrument, s.f.)

Tabla 9. Valores de mediciones de flujo en el horno H1-VE-01

Codigo del Equipo	H1-VE-01				M				N				A	C
Localizacion	Horno 1				o				O				n	a
Nombre del Equipo	Aspiracion de				n				x				h	r
	Humos				o				i				i	b
Diametro de Chimenea m	0,9				x				d				d	o
Altura de Chimenea m	11				i				o				r	n
					d				s				i	i
					o				n				d	o
	Med		Fecha	Hora	[%]O2	[ppm]CO	[ppm]NO	[ppm]NO	[ppm]Nox	[°C]TA	[°C]TH	[%]REN	[%]CO2	
	1		30/03/2017	9:45:44	16,20	52,0	36,0	0,6	37,0	21,5	202,3	76,1	15,5	
	2		30/03/2017	9:45:54	16,22	51,0	35,0	0,4	35,0	21,5	206,2	75,8	15,5	
	3		30/03/2017	9:46:04	16,24	52,0	35,0	0,7	36,0	21,2	209,5	75,6	15,5	
	4		30/03/2017	9:46:14	16,27	52,0	35,0	0,4	35,0	20,9	212,0	75,3	15,5	
	5		30/03/2017	9:46:24	16,22	52,0	35,0	0,6	36,0	21,1	214,0	75,5	15,5	
	6		30/03/2017	9:46:34	16,23	53,0	34,0	0,6	35,6	21,0	215,0	75,4	15,5	
	7		30/03/2017	9:46:44	16,23	54,0	33,0	0,4	33,0	20,9	216,8	75,3	15,5	
	8		30/03/2017	9:46:54	16,24	54,0	33,0	0,5	34,0	20,6	217,7	75,3	15,5	
	9		30/03/2017	9:47:04	16,26	54,0	33,0	0,5	34,0	20,9	218,6	75,1	15,5	
	10		30/03/2017	9:47:14	16,26	53,0	34,0	0,4	34,0	20,6	219,2	75,1	15,5	
	11		30/03/2017	9:47:24	16,28	54,0	35,0	0,4	35,0	20,4	219,8	75,1	15,5	
	12		30/03/2017	9:47:34	16,23	53,0	34,0	0,4	34,0	20,2	220,2	75,3	15,5	
				Total	194,88	634,0	412,0	5,9	418,6	250,8	2571,3	904,9	186	
Valor maximo				Min	16,28	54,0	36,0	0,7	37,0	21,5	220,2	76,1	15,5	
Valor minimo				Max	16,20	51,0	33,0	0,4	33,0	20,2	202,3	75,1	15,5	
									Maxima Temperatura	220,2				
									Total de Gas	477,28	446,70	923,98		

Fuente: Autor

Como indica en la tabla 9, la medición de temperaturas en la chimenea del horno H1-VE-01, se muestra valores de temperatura en distintos puntos de la chimenea.

En base a los valores de medición de gases de combustión que hace la empresa Graiman, comparo los valores de temperatura que se obtuvo con el lazer Extrech instrument para su respectivo análisis.

4.2 Resultados de temperaturas, entalpías, entropías y presión para el Evaporador

La programación y curvas de resultados se puede apreciar en el Anexo.2

Tabla 10. Resultados de programación en EES para R142b_150°C

Entalpías [KJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [KJ/kg]	Temperaturas [°C]
648,7	198,7	2.587	120
244,4	3200	1.145	25
648,7	198,7	2.587	120
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
537,7	2,4	2.816	20
235,4	2400	1.117	20
244,4	3200	1.145	25

Fuente: Autor

En la tabla 10, en base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 120°C.

Tabla 11. Resultados de programación en EES para R142b_150°C

Entalpías [KJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [KJ/kg]	Temperaturas [°C]
648,7	198,7	2.587	120
244,4	3200	1.145	25
625,3	102	2.609	100
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
204,2	2400	1.007	20
537,7	2,4	2.816	20
244,4	3200	1.145	25

Fuente: Autor

En la tabla 11, en base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 100°C

Tabla 12. Resultados de programación para R142b_150°C

Entalpías [KJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [KJ/kg]	Temperaturas [°C]
648,7	198,7	2.587	120
244,4	3200	1.145	25
602,3	48	2,64	80
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
244,4	3200	1.145	25

Fuente: Autor

En la tabla 12, en base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 80°C

Tabla 13. Resultados de programación en EES para R142b_150°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
648,7	198,7	2.587	120
244,4	3200	1.145	25
580	20	2.684	60
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
244,4	3200	1.145	25

Fuente: Autor

En la tabla 13, en base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 60°C

Tabla 14. Resultados de Flujo másico, calor específico, volumen densidad, eficiencias en el sistema para R142b

Masas	
Flujo de gas caliente chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mref (kg/s)
8,993920	0,831555278
Flujo másico de gas caliente	Flujo másico del Aceite
mgc (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	4,017011724
Volumen [m3/s]	densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,2	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,37

Fuente: Autor

Para los demás resultados como indica la tabla 14, para cada uno de los refrigerantes se puede apreciar en el Anexo.2

Para las eficiencias de carnot se calcula valores de entrada de gas caliente y de salida de condensador las temperaturas en grados kelvin, se indica continuación para entradas a la Turbina a Vapor para temperaturas de (120°C,100°C,80°C,60°C).

$$1 - (20 + 273)/(120 + 273)$$

$$\eta_{\text{Carnot}} = 0,2544529$$

$$1 - (20 + 273)/(100 + 273)$$

$$\eta_{\text{Carnot}} = 0.214447721$$

$$1 - (20 + 273)/(80 + 273)$$

$$\eta_{\text{Carnot}} = 0,16997167$$

$$1 - (20 + 273)/(60 + 273)$$

$$\eta_{\text{Carnot}} = 0,12012012$$

A continuación, el sistema completo en Excel para entradas de (120,100,80,60) con los 7 refrigerantes ya conocidos con indiaca en las gráficas siguientes.

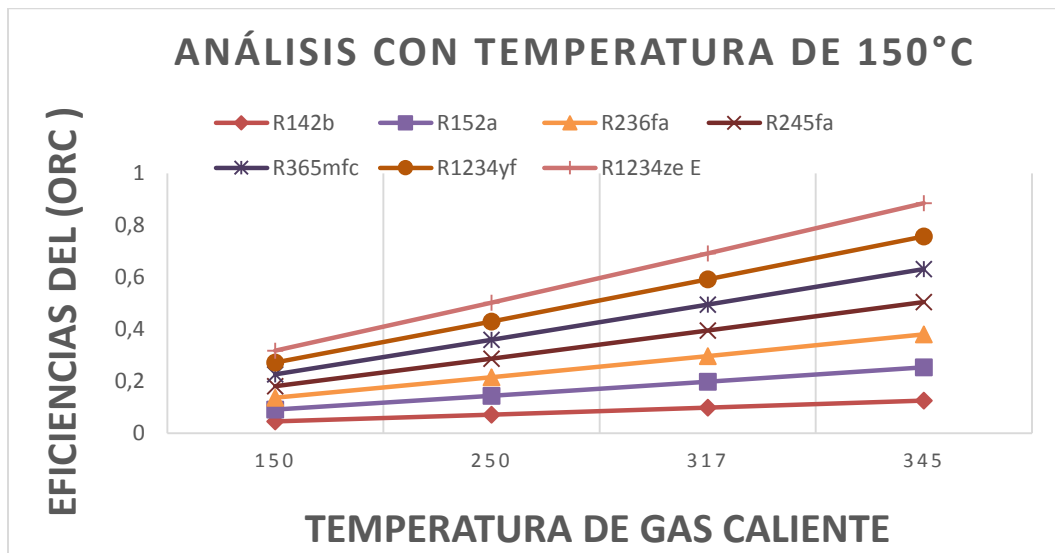


Figura 25. Eficiencia (ORC) vs temperatura de gas caliente para 150°C
Fuente: Autor

Análisis para R142b_150°C, se aprecia en la figura 25, la Eficiencia de (ORC) donde la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.

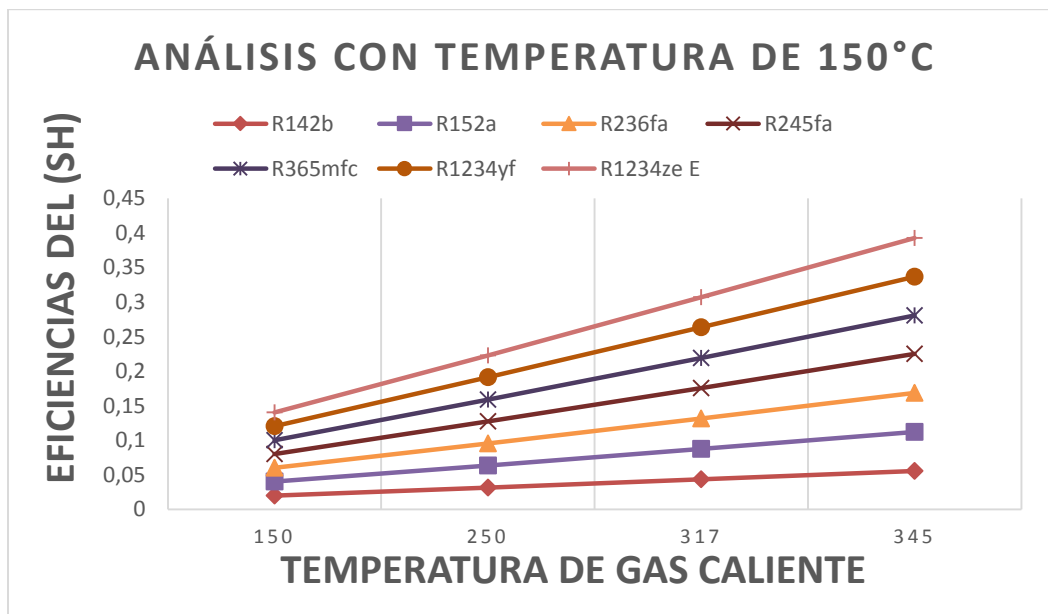


Figura 26. Eficiencia (SH) vs Temperatura de gas caliente para 150°C

Fuente: Autor

Análisis para R142b_150°C, se aprecia en la figura 26, la Eficiencia de (SH) donde la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.

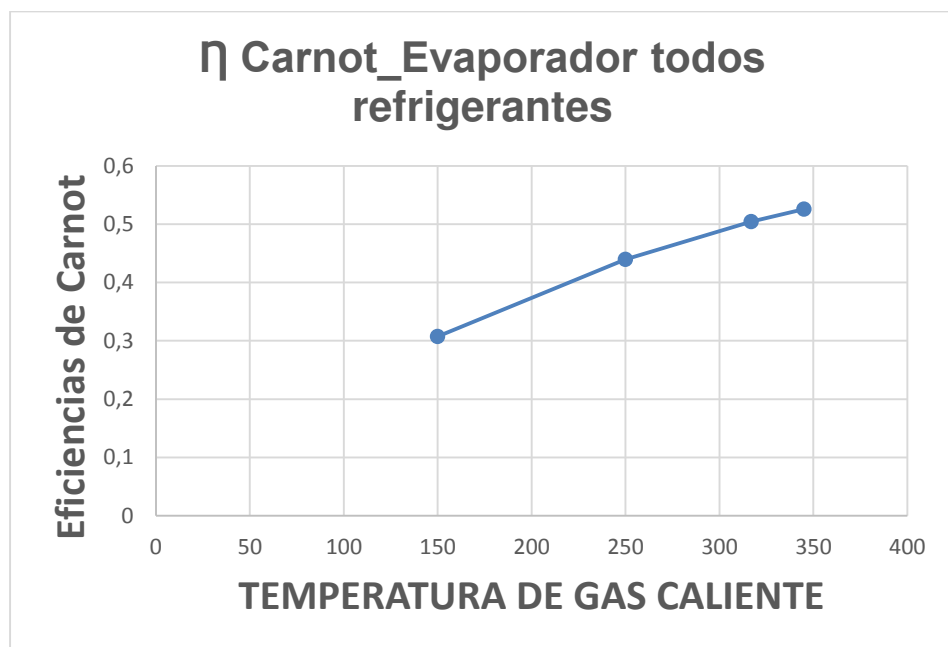


Figura 27. Eficiencia carnot Evap vs temperatura de gas caliente para 150°C

Fuente: Autor

Análisis para R142b_150°C, se aprecia en la figura 27, la Eficiencia de Carnot para el Evaporador con las temperaturas de gas caliente, la mayor eficiencia es con temperatura de gas caliente de 345°C

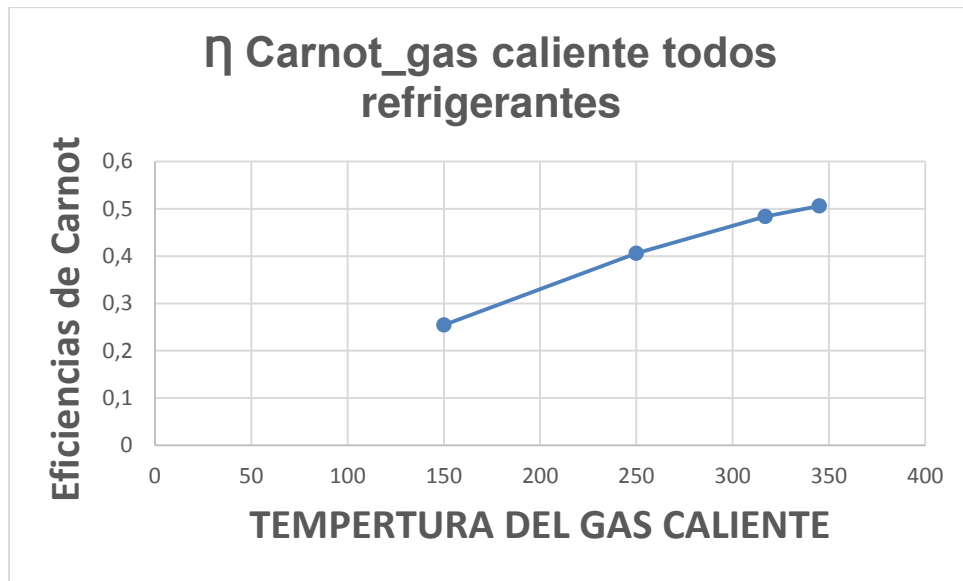


Figura 28. Eficiencia carnot gas caliente vs Temperatura de gas caliente 150°C

Fuente: Autor

Análisis para R142b_150°C, se aprecia en la figura 28, la Eficiencia de Carnot para el gas caliente con las temperaturas de gas caliente, la mayor eficiencia es con temperatura de gas caliente de 345°C. Las eficiencias de Carnot dependen de la entrada del gas caliente y la salida del condensador, siendo así para todos los refrigerantes el mismo valor porque no cambia se está trabajando con temperaturas para el cálculo, ver figura 25, figura 26. Por otra parte, se obtiene las gráficas de eficiencia del ORC vs la temperatura de Evaporador para las eficiencias ORC y SH, como indica la figura 27 y figura 28.

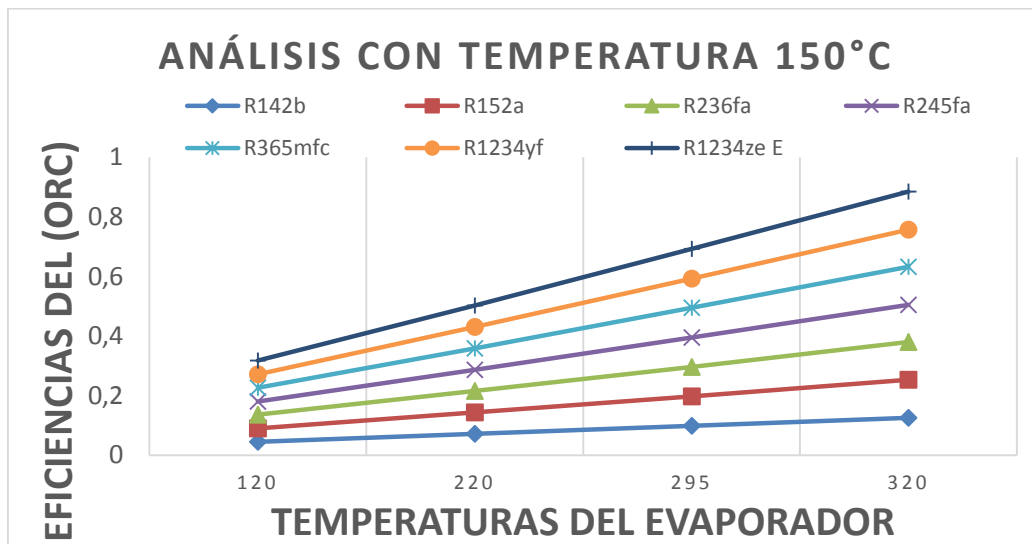


Figura 29. Eficiencia (ORC) vs Temperatura del Evaporador

Fuente: Autor

Se aprecia en la figura 29, la Eficiencia de (ORC) donde la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E

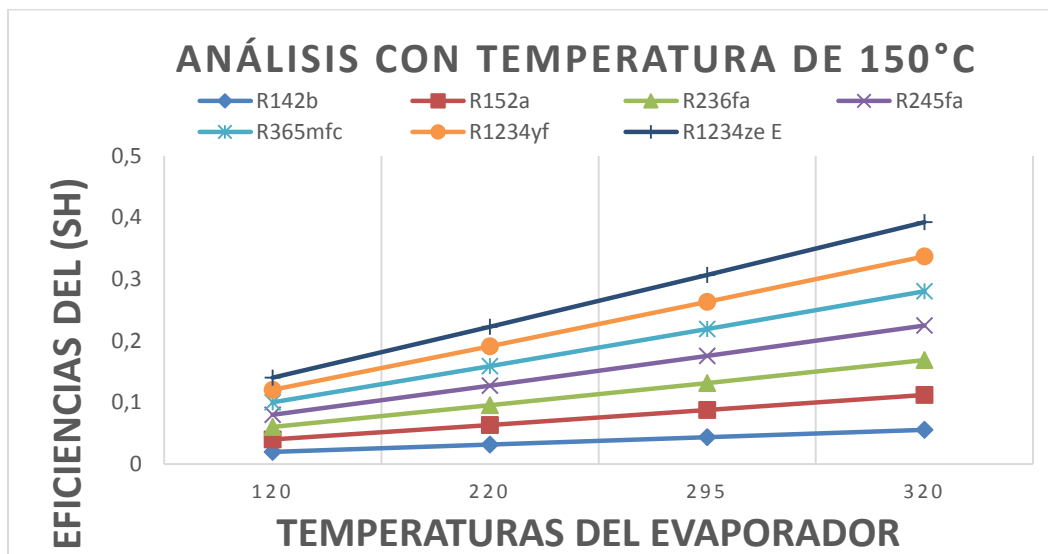


Figura 30. Eficiencia (SH) vs Temperatura del Evaporador
Fuente: Autor

Se aprecia en la figura 30, la Eficiencia de (SH) donde la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.

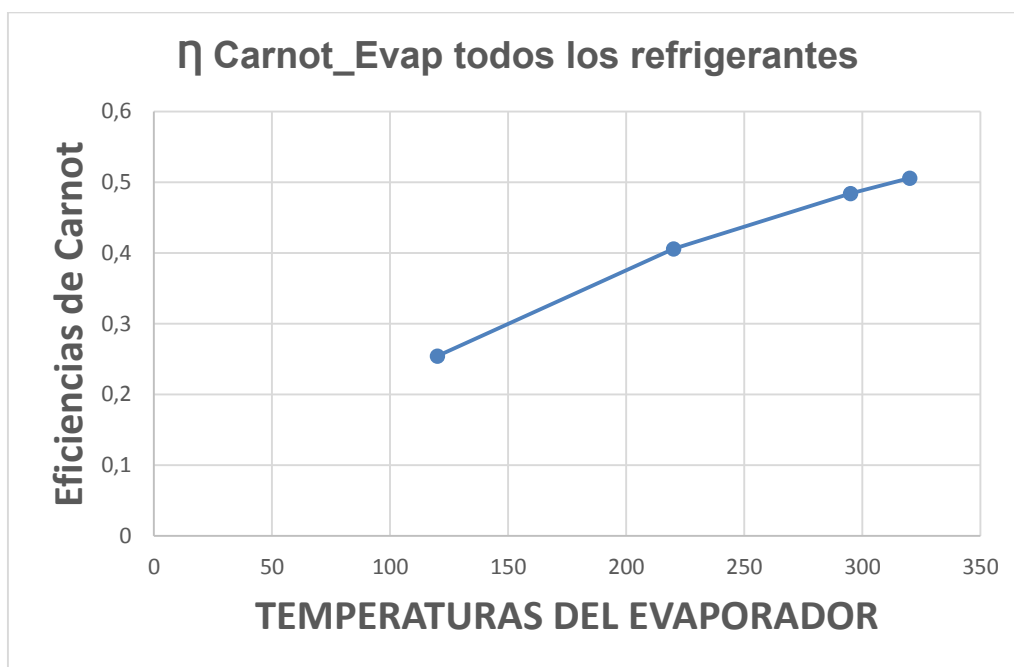


Figura 31. Eficiencia carnot Evap vs Temperatura del Evaporador refrigerantes
Fuente: Autor

Se aprecia en la figura 31, la Eficiencia de Carnot para el Evaporador con las temperaturas del Evaporador, la mayor eficiencia es con temperatura del Evaporador de 320°C

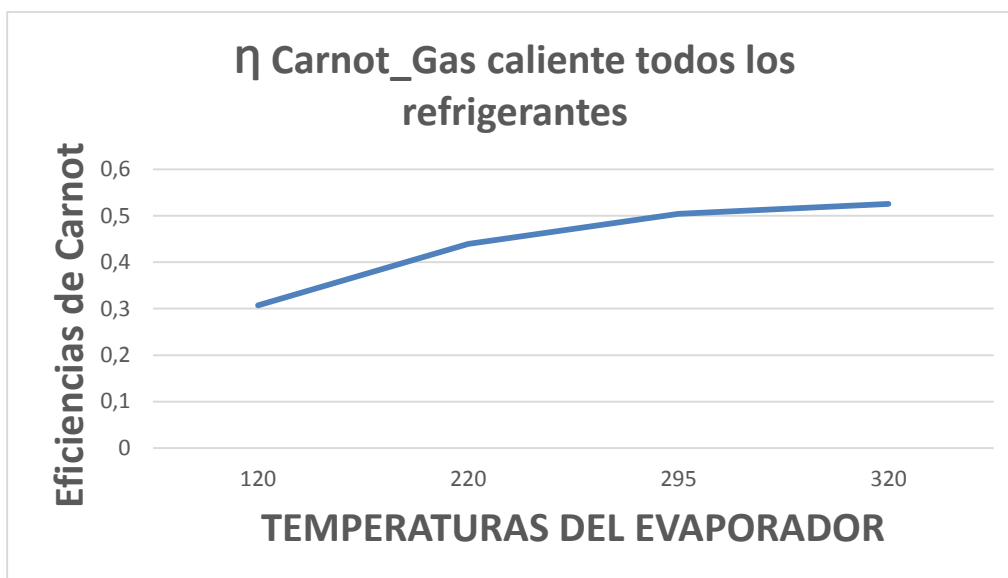


Figura 32. Eficiencia Carnot gas vs Temperatura del Evaporador refrigerantes
Fuente: Autor

Se aprecia en la figura 32, la Eficiencia de Carnot para el Evaporador con las temperaturas del Evaporador, la mayor eficiencia es con temperatura del Evaporador de 320°C.

Tabla 15. Resultados de Eficiencias para R142b 150°C

η_{ORC}	Eficiencia del ORC	0,125731545
η_{SH}	Eficiencia del SH	0,055787755
$\eta_{\text{Carnot_120}}$	Eficiencia de Carnot	0,254452926
$\eta_{\text{Carnot_100}}$	Eficiencia de Carnot	0,214477212
$\eta_{\text{Carnot_80}}$	Eficiencia de Carnot	0,169971671
$\eta_{\text{Carnot_60}}$	Eficiencia de Carnot	0,12012012
$\eta_{\text{Gas-caliente}}$	Eficiencia de Carnot	0,307328605

Fuente: Autor

Como indica la tabla 15, todas las eficiencias con temperaturas de entrada de (120,100,80,60) en el caso de la eficiencia de Carnot no cambia porque en la fórmula solo utilizan temperaturas de entrada y salida para los refrigerantes.

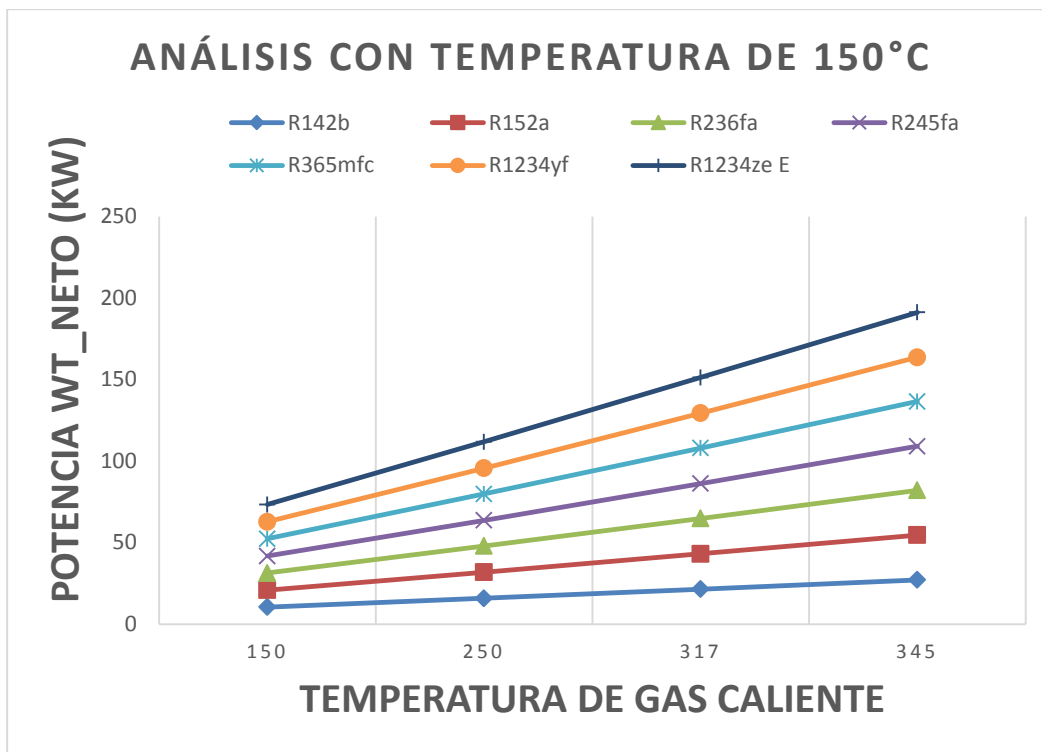


Figura 33. Potencia W_{t_neto} (KW) vs Temperatura de gas caliente para 150°C
Fuente: Autor

Se puede observar en la figura 33, la Potencia W_{t_neto} (kW) de la Turbina Vapor de refrigerante con temperatura de ingreso de gas caliente, la mayor potencia es en R1234ze€

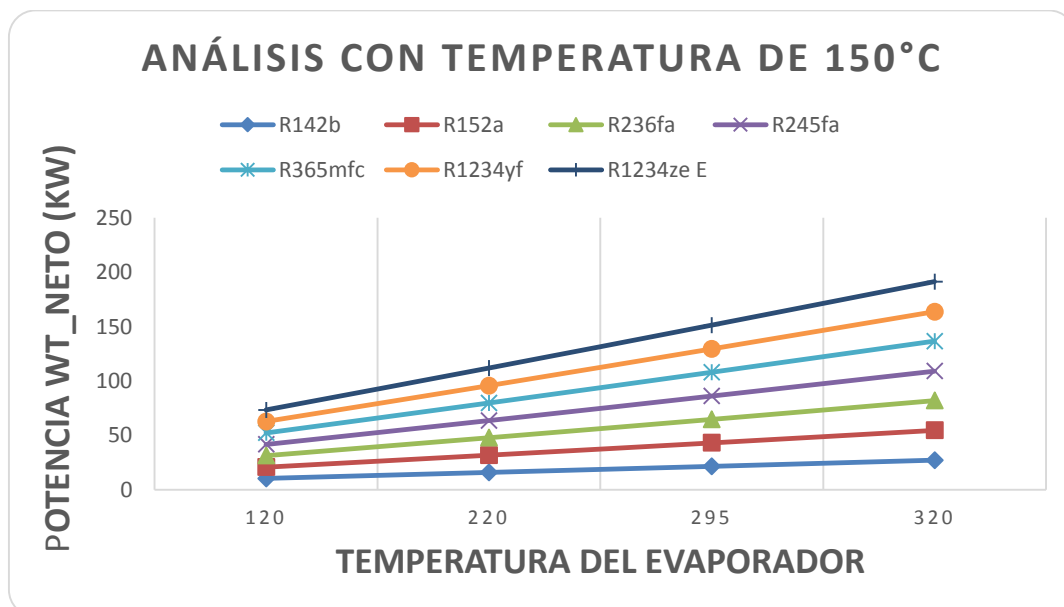


Figura 34. Potencia W_{t_neto} (KW) vs Temperatura del Evaporador para 150°C
Fuente: Autor

Se puede observar en la figura 34, la Potencia W_{t_neto} (kW) de la Turbina Vapor de refrigerante con temperaturas de ingreso del Evaporador, para cada uno de los 7 refrigerantes, la mayor potencia es en R1234ze€.

CONCLUSIONES.

- 1) En el sistema de ciclo combinado una vez realizada el análisis con cada las temperaturas de entrada (120°C , 100°C , 80°C , 60°C), para el proceso (ORC), con los 7 refrigerantes se concluye que el refrigerante con mayor eficiencia es el R1234zeE, si bien es cierto cada refrigerante tiene su propiedad básicamente por la temperatura y la presión, con la ayuda del software Engineering Equation Solver (EES), una herramienta para procesos termodinámicos, se realizó el modelado del sistema para cada uno de los componente con valores de temperatura y presión, obteniendo como resultado entalpías, entropías, lo cual permitió obtener resultados para cada refrigerante, además curvas de líquido saturado y vapor saturado. También se ha realizado un análisis con el rango de temperaturas de entrada (150°C , 250°C , 317°C , y 345°C) de gas caliente en la chimenea.
- 2) Estas ecuaciones del sistema describen la Potencia W_{t_neto} que se va a generar por el sistema de ciclo combinado, estos son con temperatura de 120°C obtengo una potencia de 27,55 kW con 100°C una potencia de 21,81 kW con 80°C una potencia de 16,16 kW con 60°C una potencia de 10,62 kW
- 3) Por otro lado, al poder aprovechar los gases de combustión, ayudamos a mejorar las energías renovables logrando de esta manera más eficiente en el sistema de generación, evitando la destrucción de la estructura de la chimenea, al analizar todos los resultados obtenidos indican que entre mayor se a la temperatura de gas caliente mayor es la Potencia y Eficiencia.
- 4) Una vez analizado los resultados con todos lo refrigerantes se debe identificar el mejor refrigerante apropiado para el sistema de generación, en este proyecto el refrigerante apropiado para este sistema es el R1234ze E.
- 5) El aporte del consumo que genera este sistema con 150°C de temperatura de gas caliente con el refrigerante R1234ze E es un 6% de potencia (kW), lo cual reduciría el consumo de 1.713,67W de la empresa Graiman.
- 6) Este sistema propuesto es una alternativa aplicado para industrias que generan gases de combustión al exterior (medio ambiente), al aprovecharlos de mejor manera en procesos termodinámicos. El propósito de este sistema es el consumo de bajo de energía eléctrica en la empresa Graiman, lo que disminuiría costos de energía, menor contaminación al medio ambiente, aplicativos para las energías renovables.

RECOMENDACIONES.

- 1) La utilización del ciclo de Rankine orgánico (ORC) ya que es una de las tecnologías factibles en el aprovechamiento de fuentes térmicas de bajas temperaturas y sus usos para la recuperación de calor en las industrias. Con este sistema el ahorro de energía eléctrica es esencial, porque al existir beneficios tanto como para la empresa Graiman y las empresas generadoras de energía eléctrica se podría proyectar, y promover mejoras en la eficiencia de la industria ecuatoriana. Además de una aplicación completa de refrigerantes que intervengan tales como: gases, aire, agua, con el objetivo de intercambiar calor.
- 2) Con el fin de seleccionar el refrigerante adecuado se debe analizar con 4 o 5 refrigerantes los que desee, de esta manera se podría elegir.
- 3) Seleccionar un sitio adecuado para las muestras de temperaturas, medir con más frecuencia los gases de combustión en la chimenea del horno, así obtener valores de temperatura, poder durante un periodo de tiempo más largo como una semana.
- 4) En un futuro la utilización e implementación de este sistema reduciría costos de energía y cada vez más eficiente. La herramienta principal para los cálculos el software Engineering Equation Solver (EES), ya que es utilizada para este tipo de procesos.

NOMENCLATURA

T_1 : Temperatura de entrada al intercambiador ($^{\circ}\text{C}$)

T_2 : Temperatura de salida del intercambiador ($^{\circ}\text{C}$)

T_3 : Temperatura de entrada del Aceite térmico ($^{\circ}\text{C}$)

T_4 : Temperatura de salida del Aceite térmico ($^{\circ}\text{C}$)

C_p : Calor Específico ($\text{kJ/kg}\cdot\text{k}$)

$W_{t_{\text{neto}}}$: Trabajo de la Turbina (KW)

η_{ORC} : Eficiencia del Ciclo de Rankine Orgánico

m_{ref} : Flujo másico del refrigerante (kg/s)

m_{ach} : Flujo de aire caliente en la chimenea (kg/s)

m_{at} : Flujo másico de aceite térmico (kg/s)

h_9 : Entalpía de entrada con refrigerante (kJ/kg)

h_{10} : Entalpía de salida con refrigerante (kJ/kg)

h_{11} : Entalpía de entrada a la turbina a vapor (kJ/kg)

h_{12} : Entalpía de salida de la turbina a vapor (kJ/kg)

h_{13} : Entalpía de entrada al condensador (kJ/kg)

h_{14} : Entalpía de salida del condensador (kJ/kg)

$P_{h(KW)}$: Potencia hidráulica (KW)

q : Capacidad de flujo (m^3/h)

ρ : Densidad (kg/m^3)

g : Gravedad (m/s^2)

η_{int} : Eficiencia del intercambiador

Q_{1-2} = Capacidad calórica interna del intercambiador (kW)

Q_{3-4} = Capacidad calórica externa del intercambiador (kW)

Q_{5-6} = Capacidad calórica interna del Evaporador (kW)

Q_{9-10} = Capacidad calórica externa del Evaporador (kW)

Q_{13-14} = Capacidad calórica interna del Condensador (kW)

$Q_{cond_{agua}}$ = Capacidad calórica del condensador agua (kW)

$C_{p_{at}}$ = Calor específico del aceite térmico (kJ/kg*k)

BLIBLIOGRAFIAS

Annual U.S. & Global Geothermal Power Production Report, 2016: <http://geo-energy.org/reports/2016/2016%20Annual%20US%20Global%20Geothermal%20Power%20Production.pdf>

Ana Lucia Píedra Lara, "Escuela Politécnica Nacional Ecuador":
https://www.google.com.ec/search?q=Chalpat%C3%A1n,+ubicado+en+el+Tulc%C3%A1n+en+la+provincia+del+Carchi,+Cachimbiro&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwimgZTThZnfAhUIvVkKHR1kA14Q_AUIDigB#imgsrc=okiQ43bdsij3XM:

BIOENERGIESYSTEM, "Descripción de las tecnologías ORC, para plantas combinadas de calor y energía biomasa, así como posibilidades para la integración de procesos".

Biomass-Integrated Organic Rankine Cycle, ORC, System for Electricity Generation

Carlos Nuñez, Oviedo (2017). "Diseño preliminar de un ciclo orgánico de Rankine solar para el suministro eléctrico a una PYME".

Churo A, Lima E, Loayza M, Pomari J, Salazar S, "SIMULACIÓN DE UN CICLO".

Cristian Alberto, 2013, estudiante de Ingeniería UNAC, Intercambiadores de calor:
<https://es.slideshare.net/albertolagoszambrano/intercambiadores-de-calor-23038430>

Contaminación del aire Dióxido de Nitrógeno: <https://www.greenfacts.org/es/dioxido-nitrogeno-no2/dioxido-nitrogeno-no2-greenfacts.pdf>

Centro nacional del medio ambiente (CNMA), Efectos de SO₂ de la salud de las personas: http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2015/proyectos/VI_Efectos_del_SO2_en_la_salud_de_las_personas.pdf

Capítulo 12/Refrigerantes pdf

Dow Chemical Company /DOWTHER*Q/Fluido de Transferencia Térmica Orgánico Sintético:
http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_005f/0901b8038005f376.pdf?filepath=/heattrans/pdfs/noreg/176-01600.pdf&fromPage=GetDoc

Engineering Equation Solver: https://en.wikipedia.org/wiki/Engineering_Equation_Solver

Feroldi, D., & Basualdo, M. (2012). Description of PEM Fuel Cells System.

Ficha técnica R134a, https://www.gas-servei.com/images/Ficha_tecnica_R134A.pdf

Graiman, 2019, <https://www.graiman.com/en/who-are-we/>

Farid Chejne Janna, Jader D. Alean Valle, Carlos A. Gómez Gutiérrez, "Recuperación de energía en procesos industriales"

https://www.researchgate.net/publication/313243164_Recuperacion_de_energia_en_procesos_industriales.

Instrucciones para el uso y mantenimiento,2012/ Welko, I.C.F &/ Horno a rodillos WFR2 2830

Ismael Prieto,(2006) “Generación termoeléctrica” Ciclos Combinados
http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/1012/mod_resource/content/1/1C_C12757_0910/04_GT14_Centrales_termicas_de_ciclo_combinado.pdf

Intec-Energy /plantas energéticas/aceite
térmico:<http://www.intecenergy.com/es/productos/plantas-energeticas-para-aceite-termico/>

Santiago García/ Ciclo vapor agua/Condensador:
<http://www.cicloaguavapor.com/condensador>

José A. Roca/Las 10 mayores plantas geotérmicas del Ecuador:
<https://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plantas-geotermicas-del-mundo/OMS>,

Luis Milla/Calderas y Turbinas de Vapor para la Generación de Energía Eléctrica:http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/electronica/2007_n19/pdf/a05n19.pdf

Liliana Braga, Dióxido de Carbono: <https://www.mendozaconicet.gob.ar/portal/enciclopedia/térmicos/DioxiCar.htm>

Laia Sánchez-Juco Fiter,2012/Aplicaciones del Ciclo de Rankine para el aprovechamiento de calor residual en una refinería.

Llangarí Valeria, Solís Germán,(2012).
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2355/1/15T00517.pdf>

Miguel A, Cedrón, (2013). “Chimeneas industriales diseño de chimenea consideraciones”:
<https://assets.todocalderas.com.ar/userfiles/files/chimenea.pdf>

Marta Amat, (2017).” Desarrollo de un modelo de ciclo orgánico de Rankine ejemplo de aplicación análisis de fluidos de trabajo de bajo potencial de efecto invernadero”

M. Lampe, M. Stavrou, H. M. Bücker,§ J. Gross,‡ and A. Bardow*,Simultaneous Optimization of Working Fluid and Process for Organic Rankine Cycles Using PC-SAFT.

Marlon Ludgardo Fuentes Castillo, Guayaquil-Ecuador (2015). “Diseño Térmico de un Generador de Vapor por Recuperación de Calor (HRSG) para el Proyecto de Ciclos Combinados de dos Centrales Térmicas de la Ciudad de Guayaquil”.

Medina Ávila Pablo Miguel, Quito (2015). “Simulación dinámica de un proceso de recuperación de calor con una turbina de ciclo Rankine orgánico”.

Marlon Luggardo Fuentes Castillo/ Diseño Térmico de un Generador de Vapor por Recuperación de Calor (HRSG) para el Proyecto de Ciclos Combinados de dos Centrales Térmicas de la Ciudad de Guayaquil”.

Marta Fraile Valdes Software para el dimensionamiento de condensador y evaporadores en una bomba de calor aire/aire/Madrid,2017.

Nieto Antonio, Sistemas de recuperación de calor:
<https://www.mundohvacr.com.mx/2014/06/sistemas-de-recuperacion-de-calor/>

O. A. Jaramillo, (2007). “Intercambiadores de calor, centro de investigaciones en energía”:
<http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/HeatExchanger/Intercambiadores.pdf>

PERIS PÉREZ, Bernardo, Navarro Joaquín, Moles Ribera, Francisco, Mota Babilónico, Adrián, “Optimización teórica del ciclo Rankine orgánico (ORC) para el aprovechamiento de fuentes térmicas de baja temperatura”.

Renovatec, Turbinas a Vapor, ciclos combinados:
<http://www.cicloscombinados.com/turbinasdevapor.html>

S. M. Sami, "Energy and exergy analysis of new refrigerant mixtures in an organic Rankine cycle for low temperature power".

Samuel, M Sami, (2011). "Comportamiento de la generación a baja temperatura ORC con diferentes refrigerantes":
http://www.transpacenergy.com/files/45549724.pdf?fbclid=IwAR3oJbrkY5EcLP-unT5L6zoh82nCDZ2Addol_I_8Fpt029jPc6Wg4FgKDvQ

Sami, S., (2012). "ORC para la Generación de energía a baja temperatura con refrigerantes de bajo GWP":
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01430750.2011.626945>

Sami, S., and Marin E. (2017). "A numerical model for predicting performance of solar photovoltaic, biomass and chp hybrid system for electricity generation":
https://www.academia.edu/30797688/A_numerical_model_for_predicting_performance_of_solar_photovoltaic_biomass_and_chp_hybrid_system_for_electricity_generation
on,2010:HTTPS://WWW.TANDFONLINE.COM/DOI/ABS/10.1080/01430750.2010.9675805

Sami S, and Marin E.(2017). "International Journal of Sustainable Energy and Environmental, Research Simulation of solar photovoltaic, biomass gas turbine and district heating hybrid system".

Samuel Sami, and Marin E. (2016). "A Numerical Model for Predicting Dynamic Performance of":
<http://article.sciencepublishinggroup.com/html/10.11648.j.ajee.20160403.11.html>

Samuel M. Sami, (2012). " ORC para la Generation de energía a baja temperatura con refrigerantes de bajo GWP":<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01430750.2011.626945>

Sistemas Frigoríficos, "Sistema de refrigeración por compresión":
<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>

Sylvain Quoilin, (2011). " Optimización termoeconómica de recuperación de calor residual Ciclos orgánicos de Rankine".

Termopares tipo k, <https://www.jmi.com.mx/termopar-tipo-k>

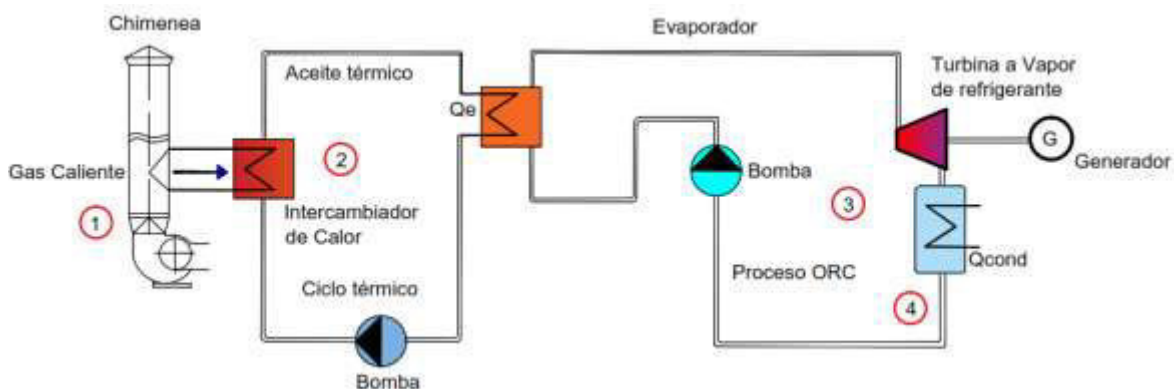
The engineeringtoolbox,2003/Hydraulic Pump Power:
https://www.engineeringtoolbox.com/pumps-power-d_505.html

V Begazo, Simulador de ciclo de Rankine (ORC).

ANEXOS

Anexo 1.Especificación del sistema completo de generación

El sistema de ciclo combinado mediante aire caliente en la chimenea del horno H1-VE-01 en la empresa Graiman y sus respectivos componentes.



Un sistema de generación de ciclo combinado con sus respectivos componentes, este sistema se divide en dos procesos, el primer proceso es el ciclo térmico que está compuesto por un intercambiador de calor, donde todo el calor que se recupere de la chimenea es enviado al intercambiador y el refrigerante, en segundo parte desde el Evaporador que llega desde el ciclo térmico que termina como vapor saturado con entalpías de entrada y salida hasta llegar a la Turbina a Vapor de refrigerante todo el vapor se expande dentro de la turbina lo que se conecta al generador eléctrico, en el siguiente cuadro se detalla los costos del sistema.

Costos Estimados	Dólares
Intercambiador de Calor	\$ 45.000
Evaporador	\$ 2.550,0
Refrigerante	\$ 55,0
Turbina a Vapor	\$ 15,500
Condensador	\$ 3.151,0
Bomba de Calor	\$ 2.500,0
Otros	\$ 1.200,0
Total	\$ 54.471,5

Anexo 2. Medición de parámetros

Extech instruments, un láser para identificar la temperatura de la chimenea del Horno H1-VE-01



Anexo 3. Descripción y programación del sistema de generación en (EES) y resultados del modelado en Excel, gráficas de Eficiencias y Potencias del sistema.

Utilizado para la solución de sistemas de ecuaciones no lineales simultáneas. Proporciona muchas funciones y ecuaciones especializadas útiles para la solución de problemas de termodinámica y transferencia de calor, por lo que es un programa útil y ampliamente utilizado para ingenieros mecánicos que trabajan en estos campos. EES almacena propiedades termodinámicas, lo que elimina la resolución iterativa de problemas mediante el uso de un código que llama a las propiedades en las propiedades termodinámicas especificadas. EES realiza la solución iterativa, eliminando la tarea tediosa y lenta de adquirir propiedades termodinámicas con sus funciones integradas. (Engineering Equation Solver (EES), s.f.)

Análisis para R142b_150°C

"Entrada al Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,665[kPa]

h[9]=Enthalpy(R142b;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R142b;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R142b;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R142b;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]

P[11]=205,000[kPa]

h[11]=Enthalpy(R142b;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R142b;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R142b;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R142b;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R142b;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R142b;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R142b;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R142b;T=T[14];P=P[14])

"Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

$h[15]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[15];P=P[15])$
 $s[15]=\text{Entropy}(R142b;T=T[15];P=P[15])$
 "Salida al Condensador agua"
 $T[16]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[16]=2400[\text{kPa}]$
 $h[16]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[16];P=P[16])$
 $s[16]=\text{Entropy}(R142b;T=T[16];P=P[16])$
 "Entrada a la Bomba"
 $T[17]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[17]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[17]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[17];P=P[17])$
 $s[17]=\text{Entropy}(R142b;T=T[17];P=P[17])$
 "Salida de la Bomba"
 $T[18]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[18]=3200[\text{kPa}]$
 $h[18]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[18];P=P[18])$
 $s[18]=\text{Entropy}(R142b;T=T[18];P=P[18])$

Entrada de 100°C

"Entrada al Evaporador"
 $T[9]=120[^\circ\text{C}]$
 $P[9]=198,665[\text{kPa}]$
 $h[9]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[9];P=P[9])$
 $s[9]=\text{Entropy}(R142b;T=T[9];P=P[9])$
 "Salida del Evaporador"
 $T[10]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[10]=3200[\text{kPa}]$
 $h[10]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[10];P=P[10])$
 $s[10]=\text{Entropy}(R142b;T=T[10];P=P[10])$
 "Entrada a la Turbina a Vapor"
 $T[11]=100[^\circ\text{C}]$
 $P[11]=102,00[\text{kPa}]$
 $h[11]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[11];P=P[11])$
 $s[11]=\text{Entropy}(R142b;T=T[11];P=P[11])$
 "Salida de la Turbina"
 $T[12]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[12]=2400[\text{kPa}]$
 $h[12]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[12];P=P[12])$
 $s[12]=\text{Entropy}(R142b;T=T[12];P=P[12])$
 "Entrada al Condensador"
 $T[13]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[13]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[13]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[13];P=P[13])$
 $s[13]=\text{Entropy}(R142b;T=T[13];P=P[13])$
 "Salida del Condensador"
 $T[14]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[14]=2400[\text{kPa}]$
 $h[14]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[14];P=P[14])$
 $s[14]=\text{Entropy}(R142b;T=T[14];P=P[14])$
 "Entrada a la Bomba"
 $T[15]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[15]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[15]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[15];P=P[15])$
 $s[15]=\text{Entropy}(R142b;T=T[15];P=P[15])$

"Salida de la Bomba"

T[16]=25[°C]

P[16]=3200[kPa]

h[16]=Enthalpy(R142b;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R142b;T=T[16];P=P[16])

Con entrada de 80°C

"Entrada al Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,665[kPa]

h[9]=Enthalpy(R142b;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R142b;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R142b;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R142b;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=80[°C]

P[11]=48,000[kPa]

h[11]=Enthalpy(R142b;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R142b;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R142b;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R142b;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R142b;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R142b;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R142b;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R142b;T=T[14];P=P[14])

"Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R142b;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R142b;T=T[15];P=P[15])

"Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R142b;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R142b;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R142b;T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R142b;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

h[18]=Enthalpy(R142b;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R142b;T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 60°C

"Entrada del Evaporador"

T[9]=120[°C]
P[9]=198,665[kPa]
h[9]=Enthalpy(R142b;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R142b;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R142b;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R142b;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=60[°C]
P[11]=20,000[kPa]
h[11]=Enthalpy(R142b;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R142b;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R142b;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R142b;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R142b;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R142b;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R142b;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R142b;T=T[14];P=P[14])

"Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R142b;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R142b;T=T[15];P=P[15])

"Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]
P[16]=2400[kPa]
h[16]=Enthalpy(R142b;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R142b;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R142b;T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R142b;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R142b;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R142b;T=T[18];P=P[18])

De la misma se utiliza la estructura de programación en (EES), para cada uno de los 7 refrigerantes con las mismas entradas (120,100,80,60), resultados del (EES), resultados del sistema de generación en Excel.

Análisis para R152a_150°C

Con entrada de 120°C

"Entrada del Evaporador"

T[9]=120[°C]
P[9]=198,665 [kPa]
h[9]=Enthalpy(R152a;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R152a;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R152a;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R152a;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]
P[11]=198,665[kPa]
h[11]=Enthalpy(R152a;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R152a;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R152a;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R152a;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R152a;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R152a;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R152a;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R152a;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R152a;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R152a;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]
P[16]=2,400[kPa]
h[16]=Enthalpy(R152a;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R152a;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R152a;T=T[17];P=P[17])

$s[17]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[17];P=P[17])$
"Salida de la Bomba"
 $T[18]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[18]=3200[\text{kPa}]$
 $h[18]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[18];P=P[18])$
 $s[18]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[18];P=P[18])$

Con entrada de 100°C

"Entrada del Evaporador"
 $T[9]=120[^\circ\text{C}]$
 $P[9]=198,665[\text{kPa}]$
 $h[9]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[9];P=P[9])$
 $s[9]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[9];P=P[9])$
"Salida de Evaporador"
 $T[10]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[10]=3200[\text{kPa}]$
 $h[10]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[10];P=P[10])$
 $s[10]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[10];P=P[10])$

"Entrada a la Turbina a Vapor"

$T[11]=100[^\circ\text{C}]$
 $P[11]=102,00[\text{kPa}]$
 $h[11]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[11];P=P[11])$
 $s[11]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[11];P=P[11])$
"Salida de la Turbina"
 $T[12]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[12]=2400[\text{kPa}]$
 $h[12]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[12];P=P[12])$
 $s[12]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[12];P=P[12])$

"Entrada al Condensador"

$T[13]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[13]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[13]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[13];P=P[13])$
 $s[13]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[13];P=P[13])$
"Salida del Condensador"
 $T[14]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[14]=2400[\text{kPa}]$
 $h[14]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[14];P=P[14])$
 $s[14]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[14];P=P[14])$

" Entrada al Condensador agua"

$T[15]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[15]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[15]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[15];P=P[15])$
 $s[15]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[15];P=P[15])$
" Salida al Condensador agua"
 $T[16]=2[^\circ\text{C}]$
 $P[16]=2400[\text{kPa}]$
 $h[16]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[16];P=P[16])$
 $s[16]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[16];P=P[16])$
"Entrada a la Bomba"
 $T[17]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[17]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[17]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[17];P=P[17])$
 $s[17]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[17];P=P[17])$

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

h[18]=Enthalpy(R152a;T=T[18];P=P[18])

s[18]=Entropy(R152a;T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 80°C

"Entrada al Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,7[kPa]

h[9]=Enthalpy(R152a;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R152a;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R152a;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R152a;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=80[°C]

P[11]=48,000[kPa]

h[11]=Enthalpy(R152a;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R152a;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R152a;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R152a;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R152a;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R152a;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R152a;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R152a;T=T[14];P=P[14])

"Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R152a;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R152a;T=T[15];P=P[15])

"Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R152a;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R152a;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R152a;T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R152a;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

h[18]=Enthalpy(R152a;T=T[18];P=P[18])

s[18]=Entropy(R152a;T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 60°C

"Entrada del Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,7[kPa]

h[9]=Enthalpy(R152a;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R152a;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R152a;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R152a;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=60[°C]

P[11]=20,000[kPa]

h[11]=Enthalpy(R152a;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R152a;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R152a;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R152a;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R152a;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R152a;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R152a;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R152a;T=T[14];P=P[14])

"Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R152a;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R152a;T=T[15];P=P[15])

"Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R152a;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R152a;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R152a;T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R152a;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

h[18]=Enthalpy(R152a;T=T[18];P=P[18])

s[18]=Entropy(R152a;T=T[18];P=P[18])

Resultados de programación de EES R152a_ 150°C entrada 120°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
648,7	198,7	2.587	120
244,4	3200	1.145	25
648,7	198,7	2.587	120
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
537,7	2,4	2.816	20
235,4	2400	1.117	20
244,4	3200	1.145	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 120°C

Resultados de programación de EES R152a_ 150°C entrada 100°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
648,7	198,7	2.587	120
244,4	3200	1.145	25
625,3	102	2.609	100
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
204,2	2400	1.007	2
537,7	2,4	2.816	20
244,4	3200	1.145	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 100°C

Resultados de programación de EES R152a_ 150°C entrada 80°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
648,7	198,7	2.587	120
244,4	3200	1.145	25
602,3	48	2,64	80
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
244,4	3200	1.145	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 80°C

Resultados de programación de EES R152a_150°C entrada 60°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
648,7	198,7	2.587	120
244,4	3200	1.145	25
580	20	2.684	60
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
235,4	2400	1.117	20
537,7	2,4	2.816	20
244,4	3200	1.145	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 60°C

Tabla 16. Resultados del sistema de generación para R152a_150°C

EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA							
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)	
Entrada de gas caliente	T1	150	Entrada Evaporador	120	198,80	h9	648,7
Salida de gas caliente	T2	90	Salida Evaporador	25	3,200	h10	224,4
Salida de aceite térmico	T3	75	Entrada Turbina	120	198,80	h11	648,7
Entrada de aceite térmico	T4	120	Salida Turbina	20	2400	h12	537,7
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	537,7
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	235,4
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	537,4
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	235,4
				20Sa	2400	h17	235,4
Q_Gas Caliente	Q1-2	467,863718	[kW]	25Sa	3200	h18	244,4
Q_Aceite Térmico	Q3-4	397,684161	[kW]	100	102,00		625,3
	Q1-2F	338,031537	[kW]	80	48,00		602,3
				60	20,00		580
	Q5-6	287,3268061	[kW]				
Q_Evaporador	Q9-10	207,5936174	[kW]				
Q_cond	Q13-14	143,5003723	[kW]				
Q_Cond agua	Q15-16	121,9753165	[kW]				
Wt	Wt_neto120	27,4734673	[kW]				
	Wt_neto100	21,6817634	[kW]				
	Wt_neto80	15,9890630	[kW]				
	Wt_neto60	10,4696186	[kW]				
Wbomba	Wb	1,066676224	[kW]				

Fuente: Autor

La tabla 16, indica resultados del sistema de generación para R152a_150°C

Análisis para R236fa_150°C

Con entrada de 120°C

"Entrada de Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,665[kPa]

h[9]=Enthalpy(R236fa;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R236fa;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R236fa;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R236fa;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]

P[11]=198,665[kPa]

h[11]=Enthalpy(R236fa;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R236fa;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R236fa;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R236fa;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R236fa;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R236fa;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R236fa;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R236fa;T=T[14];P=P[14])

"Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R236fa;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R236fa;T=T[15];P=P[15])

"Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R236fa;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R236fa;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R236fa;T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R236fa;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

h[18]=Enthalpy(R236fa;T=T[18];P=P[18])

s[18]=Entropy(R236fa;T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 100°C

"Entrada del Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,7[kPa]

h[9]=Enthalpy(R236fa;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R236fa;T=T[9];P=P[9])
"Salida del Evaporador"
T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R236fa;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R236fa;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"
T[11]=100[°C]
P[11]=102,00[kPa]
h[11]=Enthalpy(R236fa;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R236fa;T=T[11];P=P[11])
"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R236fa;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R236fa;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"
T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R236fa;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R236fa;T=T[13];P=P[13])
"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R236fa;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R236fa;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"
T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R236fa;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R236fa;T=T[15];P=P[15])
" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]
P[16]=2400[kPa]
h[16]=Enthalpy(R236fa;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R236fa;T=T[16];P=P[16])
"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R236fa;T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R236fa;T=T[17];P=P[17])
"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R236fa;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R236fa;T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 80°C

"Entrada del Evaporador"
T[9]=120[°C]
P[9]=198,7[kPa]

h[9]=Enthalpy(R236fa;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R236fa;T=T[9];P=P[9])
"Salida del Evaporador"
T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R236fa;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R236fa;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"
T[11]=80[°C]
P[11]=48,000[kPa]
h[11]=Enthalpy(R236fa;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R236fa;T=T[11];P=P[11])
"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R236fa;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R236fa;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"
T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R236fa;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R236fa;T=T[13];P=P[13])
"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R236fa;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R236fa;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"
T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R236fa;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R236fa;T=T[15];P=P[15])
" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]
P[16]=2400[kPa]
h[16]=Enthalpy(R236fa;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R236fa;T=T[16];P=P[16])
"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R236fa;T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R236fa;T=T[17];P=P[17])
"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R236fa;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R236fa;T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 60°C
"Entrada al Evaporador"
T[9]=120[°C]

P[9]=198,7[kPa]
h[9]=Enthalpy(R236fa;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R236fa;T=T[9];P=P[9])

"Salida al Evaporador"

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R236fa;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R236fa;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=60[°C]
P[11]=20,000[kPa]
h[11]=Enthalpy(R236fa;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R236fa;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R236fa;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R236fa;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R236fa;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R236fa;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R236fa;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R236fa;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R236fa;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R236fa;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]
P[16]=2400[kPa]
h[16]=Enthalpy(R236fa;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R236fa;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R236fa;T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R236fa;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R236fa;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R236fa;T=T[18];P=P[18])

Resultados de programación de EES _120°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
464,8	198,7	1,868	120
231	3200	1,101	25
464,8	198,7	1,868	120
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
231	3200	1,101	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 120°C

Resultados de programación de EES_100°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
464,8	198,7	1,868	120
231	3200	1,101	25
446,3	102	1,856	100
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
231	3200	1,101	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 100°C

Resultados de programación de EES_80°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
464,8	198,7	1,868	120
231	3200	1,101	25
428,3	48	1,847	80
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
231	3200	1,101	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 80°C

Resultados de programación de EES_60°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
464,8	198,7	1,868	120
231	3200	1,101	25
410,7	20	1,844	60
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
231	3200	1,101	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 60°C

Tabla 17. Resultados del sistema completo de generación para R236fa_150°C

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA						
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)	
Entrada de gas caliente	T1	150	Entrada Evaporador	120	205,00	h9	464,8
Salida de gas caliente	T2	90	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	231
	T3	75	Entrada Turbina	120	205,00	h11	464,8
	T4	120	Salida Turbina	20	2400	h12	377,2
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	377,2
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	224,7
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	377,2
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	224,7
				20Sa	2400	h17	224,7
Q Gas Caliente	Q1-2	467,8637184	[kW]	25Sa	3200	h18	231
Q Aceite Termico	Q3-4	397,6841606	[kW]	100	102,00		446,3
	Q1-2F	338,0315365	[kW]	80	48,00		428,3
				60	20,00		410,7
	Q5-6	287,3268061	[kW]				
Q Evaporador	Q9-10	207,5936174	[kW]				
Qcond	Q13-14	135,4064442	[kW]				
Q Cond agua	Q15-16	115,0954776	[kW]				
Qwt	Wt_neto120	27,4521223	[kW]				
	Wt_neto100	21,65458506	[kW]				
	Wt_neto80	16,01373801	[kW]				
	Wt_neto60	10,49824312	[kW]				
Wbomba	Wb	1,066676224	[kW]				

Fuente: Autor

La tabla 17. Indica los resultados del sistema de generación para R236fa_150°C

Análisis para R245fa_150°C

Con entrada de 120°C

"Evaporador"

T[9]=120[°C]
P[9]=198,665[kPa]
h[9]=Enthalpy(R245fa;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R245fa;T=T[9];P=P[9])

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R245fa;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R245fa;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]
P[11]=198,665[kPa]
h[11]=Enthalpy(R245fa;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R245fa;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R245fa;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R245fa;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R245fa;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R245fa;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R245fa;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R245fa;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R245fa;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R245fa;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]
P[16]=2400[kPa]
h[16]=Enthalpy(R245fa;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R245fa;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R245fa;T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R245fa;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R245fa;T=T[18];P=P[18])

s[18]=Entropy(R245fa;T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 100°C

"Entrada del Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,7[kPa]

h[9]=Enthalpy(R236fa;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R236fa;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R236fa;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R236fa;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=100[°C]

P[11]=102,00[kPa]

h[11]=Enthalpy(R236fa;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R236fa;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R236fa;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R236fa;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R236fa;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R236fa;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R236fa;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R236fa;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R236fa;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R236fa;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R236fa;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R236fa;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R236fa;T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R236fa;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

h[18]=Enthalpy(R236fa;T=T[18];P=P[18])

s[18]=Entropy(R236fa;T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 80°C

"Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,7[kPa]

h[9]=Enthalpy(R245fa;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R245fa;T=T[9];P=P[9])

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R245fa;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R245fa;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=80[°C]

P[11]=48,000[kPa]

h[11]=Enthalpy(R245fa;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R245fa;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R245fa;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R245fa;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R245fa;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R245fa;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R245fa;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R245fa;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R245fa;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R245fa;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R245fa;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R245fa;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R245fa;T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R245fa;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

h[18]=Enthalpy(R245fa;T=T[18];P=P[18])

s[18]=Entropy(R245fa;T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 60°C

"Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,7[kPa]

h[9]=Enthalpy(R245fa;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R245fa;T=T[9];P=P[9])

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R245fa;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R245fa;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=60[°C]

P[11]=20,000[kPa]

h[11]=Enthalpy(R245fa;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R245fa;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R245fa;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R245fa;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R245fa;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R245fa;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R245fa;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R245fa;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R245fa;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R245fa;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2,400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R245fa;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R245fa;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R245fa;T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R245fa;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

h[18]=Enthalpy(R245fa;T=T[18];P=P[18])

s[18]=Entropy(R245fa;T=T[18];P=P[18])

Resultados de programación de EES_120°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
515,6	198,7	2,004	120
233,4	3200	1,109	25
515,6	198,7	2,004	120
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
233,4	3200	1,109	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 120°C

Resultados de programación de EES_100°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
464,8	198,7	1,868	120
231	3200	1,101	25
446,3	102	1,856	100
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
231	3200	1,101	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 100°C

Resultados de programación de EES_80°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
515,6	198,7	2,004	120
233,4	3200	1,109	25
477,5	48	1,988	80
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
233,4	3200	1,109	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 80°C

Resultados de programación de EES 60°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
515,6	198,7	2,004	120
233,4	3200	1,109	25
459	20	1,989	60
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
423,9	2,4	2,007	20
423,9	2,4	2,007	20
233,4	3200	1,109	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 60°C

Tabla 18. Resultados del sistema de generación completo para R245fa_150°C

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA						
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)	
Entrada de gas caliente	T1	150	Entrada Evaporador	120	205,00	h9	515,6
Salida de gas caliente	T2	90	Salida Evaporador	25	3,200	h10	233,4
Salida de aceite térmico	T3	75	Entrada Turbina	120	205,00	h11	515,6
Entrada de aceite térmico	T4	120	Salida Turbina	20	2400	h12	423,9
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	423,9
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	226,6
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	423,9
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	213,2
				20Sa	2400	h17	226,6
Q_Gas Caliente	Q1-2	467,8637184	[kW]	25Sa	3200	h18	233,4
Q_Aceite Térmico	Q3-4	397,6841606	[kW]	100	102,00		496,6
	Q1-2F	338,0315365	[kW]	80	48,00		477,5
				60	20,00		459
	Q5-6	287,3268061	[kW]				
Q_Evaporador	Q9-10	207,5936174	[kW]				
Q_cond	Q13-14	145,138982	[kW]				
Q_Cond agua	Q15-16	123,3681347	[kW]				
Wt	Wt_neto120	26,9827565	[kW]				
	Wt_neto100	21,39199998	[kW]				
	Wt_neto80	15,77181841	[kW]				
	Wt_neto60	10,32818706	[kW]				
Wbomba	Wb	1,066676224	[kW]				

Fuente: Autor

En la tabla 18. Indica los resultados del sistema de generación para R245fa_150°C

Análisis para R365mfc_150°C

Con entrada de 120°C

"Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,7[kPa]

h[9]=Enthalpy(R365mfc;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R365mfc;T=T[9];P=P[9])

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R365mfc;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R365mfc;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]

P[11]=198,7[kPa]

h[11]=Enthalpy(R365mfc;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R365mfc;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R365mfc;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R365mfc;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R365mfc;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R365mfc;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R365mfc;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R365mfc;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R365mfc;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R365mfc;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R365mfc;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R365mfc;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R365mfc;T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R365mfc;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

Con entrada de 100°C

"Evaporador"

T[9]=120[°C]
P[9]=198,7[kPa]
h[9]=Enthalpy(R365mfc;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R365mfc;T=T[9];P=P[9])

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R365mfc;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R365mfc;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=100[°C]
P[11]=102,00[kPa]
h[11]=Enthalpy(R365mfc;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R365mfc;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R365mfc;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R365mfc;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R365mfc;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R365mfc;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R365mfc;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R365mfc;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R365mfc;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R365mfc;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]
P[16]=2400[kPa]
h[16]=Enthalpy(R365mfc;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R365mfc;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R365mfc;T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R365mfc;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R365mfc;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R365mfc;T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 80°C

"Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,7[kPa]

h[9]=Enthalpy(R245fa;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R245fa;T=T[9];P=P[9])

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R245fa;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R245fa;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=80[°C]

P[11]=48,000[kPa]

h[11]=Enthalpy(R245fa;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R245fa;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R245fa;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R245fa;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R245fa;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R245fa;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R245fa;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R245fa;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R245fa;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R245fa;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R245fa;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R245fa;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R245fa;T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R245fa;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

h[18]=Enthalpy(R245fa;T=T[18];P=P[18])

s[18]=Entropy(R245fa;T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 60°C

"Entrada del Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,7[kPa]

h[9]=Enthalpy(R152a;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R152a;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R152a;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R152a;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=60[°C]

P[11]=20,000[kPa]

h[11]=Enthalpy(R152a;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R152a;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R152a;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R152a;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R152a;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R152a;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R152a;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R152a;T=T[14];P=P[14])

"Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R152a;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R152a;T=T[15];P=P[15])

"Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R152a;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R152a;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R152a;T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R152a;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

h[18]=Enthalpy(R152a;T=T[18];P=P[18])

s[18]=Entropy(R152a;T=T[18];P=P[18])

Resultados de programación de EES 120°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
529,7	198,7	1.997	120
235	3200	1.114	25
529,7	198,7	1.997	120
227,9	2400	1.092	20
426	2,4	1.939	20
227,9	2400	1.092	20
426	2,4	1.939	20
227,9	2400	1.092	20
426	2,4	1.939	20
235	3200	1.114	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 120°C

Resultados de programación de EES 100°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
529,7	198,7	1,997	120
235	3200	1,114	25
508,2	102	1,977	100
227,9	2400	1,092	20
426	2,4	1,939	20
227,9	2400	1,092	20
426	2,4	1,939	20
227,9	2400	1,092	20
426	2,4	1,939	20
235	3200	1,114	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 100°C

Resultados de programación de EES 80°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
515,6	198,7	2,004	120
233,4	3200	1,109	25
477,5	48	1,988	80
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
233,4	3200	1,109	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 80°C

Resultados de programación de EES 60°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
648,7	198,7	2,587	120
244,4	3200	1,145	25
580	20	2,684	60
235,4	2400	1,117	20
537,7	2,4	2,816	20
235,4	2400	1,117	20
537,7	2,4	2,816	20
235,4	2400	1,117	20
537,7	2,4	2,816	20
244,4	3200	1,145	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 60°C

Tabla 19. Resultados del sistema de generación para R365mfc_150°C

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA						
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)	
Entrada de Gas caliente	T1	150	Entrada Evaporador	120	205,00	h9	529,6
Salida de Gas caliente	T2	90	Salida Evaporador	25	3,200	h10	235
	T3	75	Entrada Turbina	120	205,00	h11	529,6
	T4	120	Salida Turbina	20	2,400	h12	426
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	426
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	227,9
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	426
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	227,9
				20Sa	2400	h17	227,9
Q Gas Caliente	Q1-2	467,86372	[kW]	25Sa	3200	h18	235
Q Aceite Térmico	Q3-4	397,68416	[kW]	100	102,00		508,2
	Q1-2F	338,03154	[kW]	80	48,00		486,9
				60	20,00		466,1
	Q5-6	287,32681	[kW]				
Q Evaporador	Q9-10	207,59362	[kW]				
Qcond	Q13-14	139,59367	[kW]				
Q Cond agua	Q15-16	118,65462	[kW]				
Q wt	Wt_neto120	27,483501	[kW]				
	Wt_neto100	21,806408	[kW]				
	Wt_neto80	16,155842	[kW]				
	Wt_neto60	10,637919	[kW]				
Wbomba	Wb	1,0666762	[kW]				

Fuente: Autor

La tabla 19. Indica los resultados del sistema de generación para R365mfc_150°C

Análisis con R_1234yf

Con entrada de 120°C

"Entrada del Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,7[kPa]

h[9]=Enthalpy(R1234yf;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R1234yf;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R1234yf;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R1234yf;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]

P[11]=198,665[kPa]

h[11]=Enthalpy(R1234yf;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R1234yf;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R1234yf;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R1234yf;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R1234yf;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R1234yf;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R1234yf;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R1234yf;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R1234yf;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R1234yf;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R1234yf;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R1234yf;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R1234yf;T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R1234yf;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

h[18]=Enthalpy(R1234yf;T=T[18];P=P[18])

s[18]=Entropy(R1234yf;T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 100°C

"Entrada al Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,7[kPa]

h[9]=Enthalpy(R1234yf;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R1234yf;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R1234yf;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R1234yf;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=100[°C]

P[11]=102,00[kPa]

h[11]=Enthalpy(R1234yf;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R1234yf;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R1234yf;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R1234yf;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R1234yf;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R1234yf;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R1234yf;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R1234yf;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R1234yf;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R1234yf;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=10[°C]

P[16]=1200[kPa]

h[16]=Enthalpy(R1234yf;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R1234yf;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R1234yf;T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R1234yf;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

h[18]=Enthalpy(R1234yf;T=T[18];P=P[18])

s[18]=Entropy(R1234yf;T=T[18];P=P[18])

Con entrada del 80°C

"Evaporador"

T[9]=120[°C]
P[9]=198,7[kPa]
h[9]=Enthalpy(R1234yf;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R1234yf;T=T[9];P=P[9])

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R1234yf;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R1234yf;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=80[°C]
P[11]=48,000[kPa]
h[11]=Enthalpy(R1234yf;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R1234yf;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R1234yf;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R1234yf;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R1234yf;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R1234yf;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R1234yf;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R1234yf;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R1234yf;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R1234yf;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]
P[16]=2400[kPa]
h[16]=Enthalpy(R1234yf;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R1234yf;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R1234yf;T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R1234yf;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R1234yf;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R1234yf;T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 60°C

"Evaporador"

T[9]=120[°C]
P[9]=198,7[kPa]
h[9]=Enthalpy(R1234yf;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R1234yf;T=T[9];P=P[9])

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R1234yf;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R1234yf;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=60[°C]
P[11]=20,000[kPa]
h[11]=Enthalpy(R1234yf;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R1234yf;T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R1234yf;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R1234yf;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R1234yf;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R1234yf;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R1234yf;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R1234yf;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R1234yf;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R1234yf;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=10[°C]
P[16]=1200[kPa]
h[16]=Enthalpy(R1234yf;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R1234yf;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R1234yf;T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R1234yf;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R1234yf;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R1234yf;T=T[18];P=P[18])

Resultados de programación de EES 120°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
483,2	198,7	1,993	120
233,6	3200	1,111	25
483,2	198,7	1,993	120
226,9	2400	1,090	20
387,6	2,4	2,034	20
226,9	2400	1,090	20
387,6	2,4	2,034	20
226,9	2400	1,090	20
387,6	2,4	2,034	20
233,6	3200	1,111	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 120°C

Resultados de programación de EES 100°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
483,2	198,7	1.993	120
233,6	3200	1.111	25
463,1	102	1.988	100
226,9	2400	1,09	20
387,6	2,4	2.034	20
226,9	2400	1,09	20
387,6	2,4	2.034	20
213,7	1200	1.046	10
387,6	2,4	2.034	20
233,6	3200	1.111	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 100°C

Resultados de programación de EES 80°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
483,2	198,7	1,993	120
233,6	3200	1,111	25
443,4	48	1,988	80
226,9	2400	1,090	20
387,6	2,4	2,034	20
226,9	2400	1,090	20
387,6	2,4	2,034	20
226,9	2400	1,090	20
387,6	2,4	2,034	20
233,6	3200	1,111	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 80°C

Resultados de programación de EES 60°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
483,2	198,7	1.993	120
233,6	3200	1.111	25
424,2	20	1.996	60
226,9	2400	1,09	20
387,6	2,4	2.034	20
226,9	2400	1,09	20
387,6	2,4	2.034	20
213,7	1200	1.046	10
387,6	2,4	2.034	20
233,6	3200	1.111	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 60°C

Tabla 20. Resultados del sistema completo de generación R1234yf

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA						
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)	
Entrada del Gas caliente	T1	150	Entrada Evaporador	120	205,00	h9	483,2
Salida del Gas caliente	T2	90	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	233,6
	T3	75	Entrada Turbina	120Sa	205,00	h11	483,2
	T4	120	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	387,6
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	387,6
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	226,9
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	387,6
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	213,7
				20Sa	2400	h17	226,9
Q Gas Caliente	Q1-2	467,8637184	[kW]	25Sa	3200	h18	233,6
Q Aceite Térmico	Q3-4	397,6841606	[kW]	100	102,00		463,1
	Q1-2F	338,0315365	[kW]	80	48,00		443,4
				60	20,00		424,2
	Q5-6	287,3268061	[kW]				
Q Evaporador	Q9-10	207,5936174	[kW]				
Qcond	Q13-14	133,6550253	[kW]				
Q Cond agua	Q15-16	113,6067715	[kW]				
Q_wt	Wt_neto120	27,12728812	[kW]				
	Wt_neto100	21,42374742	[kW]				
	Wt_neto80	15,83371001	[kW]				
	Wt_neto60	10,38555173	[kW]				
Wbomba	Wb	1,066676224	[kW]				

Fuente: Autor

La tabla 20. Indica los resultados del sistema de generación para R1234yf_150°C

Análisis para R123ze E

Con entrada de 120°C

"Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,7[kPa]

h[9]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R1234ze(E);T=T[9];P=P[9])

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R1234ze(E);T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]

P[11]=198,665[kPa]

h[11]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R1234ze(E);T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R1234ze(E);T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R1234ze(E);T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R1234ze(E);T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R1234ze(E);T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R1234ze(E);T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R1234ze(E);T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

h[18]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[18];P=P[18])

s[18]=Entropy(R1234ze(E);T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 100°C

"Evaporador"

T[9]=120[°C]

P[9]=198,7[kPa]

h[9]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R1234ze(E);T=T[9];P=P[9])

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R1234ze(E);T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=100[°C]

P[11]=102,00[kPa]

h[11]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R1234ze(E);T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R1234ze(E);T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R1234ze(E);T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R1234ze(E);T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R1234ze(E);T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R1234ze(E);T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R1234ze(E);T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

$h[18]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[18];P=P[18])$
 $s[18]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[18];P=P[18])$

Con entrada de 80°C

"Evaporador"

$T[9]=120[^\circ\text{C}]$
 $P[9]=198,7[\text{kPa}]$
 $h[9]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[9];P=P[9])$
 $s[9]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[9];P=P[9])$

$T[10]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[10]=3200[\text{kPa}]$
 $h[10]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[10];P=P[10])$
 $s[10]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[10];P=P[10])$

"Entrada a la Turbina a Vapor"

$T[11]=80[^\circ\text{C}]$
 $P[11]=48,000[\text{kPa}]$
 $h[11]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[11];P=P[11])$
 $s[11]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[11];P=P[11])$

"Salida de la Turbina"

$T[12]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[12]=2400[\text{kPa}]$
 $h[12]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[12];P=P[12])$
 $s[12]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[12];P=P[12])$

"Entrada al Condensador"

$T[13]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[13]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[13]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[13];P=P[13])$
 $s[13]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[13];P=P[13])$

"Salida del Condensador"

$T[14]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[14]=2400[\text{kPa}]$
 $h[14]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[14];P=P[14])$
 $s[14]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[14];P=P[14])$

" Entrada al Condensador agua"

$T[15]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[15]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[15]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[15];P=P[15])$
 $s[15]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[15];P=P[15])$

" Salida al Condensador agua"

$T[16]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[16]=2400[\text{kPa}]$
 $h[16]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[16];P=P[16])$
 $s[16]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[16];P=P[16])$

"Entrada a la Bomba"

$T[17]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[17]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[17]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[17];P=P[17])$
 $s[17]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[17];P=P[17])$

"Salida de la Bomba"

$T[18]=25[^\circ\text{C}]$

P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R1234ze(E);T=T[18];P=P[18])

Con entrada de 60°C

"Evaporador"

T[9]=120[°C]
P[9]=198,7[kPa]
h[9]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R1234ze(E);T=T[9];P=P[9])

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R1234ze(E);T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=60[°C]
P[11]=20,000[kPa]
h[11]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R1234ze(E);T=T[11];P=P[11])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R1234ze(E);T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R1234ze(E);T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R1234ze(E);T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R1234ze(E);T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]
P[16]=2400[kPa]
h[16]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R1234ze(E);T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R1234ze(E);T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

$P[18]=3200[\text{kPa}]$
 $h[18]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[18];P=P[18])$
 $s[18]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[18];P=P[18])$

Resultados de programación de EES 120°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
500,1	198,7	2,031	120
234,6	3200	1,113	25
500,1	198,7	2,031	120
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
234,6	3200	1,113	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 120°C

Resultados de programación de EES 100°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
500,1	198,7	2,031	120
234,6	3200	1,113	25
480,6	102	2,028	100
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
234,6	3200	1,113	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 100°C

Resultados de programación de EES 80°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
500,1	198,7	2,031	120
234,6	3200	1,113	25
461,4	48	2,029	80
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
234,6	3200	1,113	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 80°C

Resultados de programación de EES 60°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
500,1	198,7	2,031	120
234,6	3200	1,113	25
442,6	20	2,038	60
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
234,6	3200	1,113	25

En base a la programación se indica los valores de entalpías, entropías, presión y temperatura para el sistema en este caso con temperatura de entrada de 60°C

Tabla 21. Resultados del sistema completo de generación para R1234ze E

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA						
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)	
Entrada del Gas caliente	T1	150	Entrada Evaporador	120	205,00	h9	500,1
Salida del Gas caliente	T2	90	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	234,6
	T3	75	Entrada Turbina	120Sa	205,00	h11	500,1
	T4	120	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	406,5
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	406,5
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	227,6
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	406,5
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	227,6
				20Sa	2400	h17	227,6
Q_Gas Caliente	Q1-2	467,8637184	[kW]	25Sa	3200	h18	234,6
Q_Aceite Térmico	Q3-4	397,6841606	[kW]	100	102,00		480,6
	Q1-2F	338,0315365	[kW]	80	48,00		461,4
				60	20,00		442,6
	Q5-6	287,3268061	[kW]				
Q_Evaporador	Q9-10	207,5936174	[kW]				
Q_cond	Q13-14	139,881349	[kW]				
Q_Cond agua	Q15-16	118,8991466	[kW]				
Q_wt	Wt_neto120	27,55220573	[kW]				
	Wt_neto100	21,81216287	[kW]				
	Wt_neto80	16,16042836	[kW]				
	Wt_neto60	10,62643832	[kW]				
W_bomba	Wb	1,066676224	[kW]				

Fuente: Autor

La tabla 21. Indica los resultados del sistema de generación para R1234ze E_150°C

Resultados de flujos de másico de gas caliente, refrigerante, aceite, flujo de la chimenea, calor específico, volumen, densidad, eficiencias para R152b_150°C

Masas	
Flujo de gas caliente chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	0,575601662
Flujo másico de gas caliente	Flujo másico del Aceite
mgc (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	3,534970317
Volumen [m3/s]	densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,43

Resultados de flujos de másico de gas caliente, refrigerante, aceite, flujo de la chimenea, calor específico, volumen, densidad, eficiencias para R236fa_150°C

Masas	
Flujo de gas caliente chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	1,044601305
Flujo másico de gas caliente	Flujo másico del Aceite
mgc (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	4,017011724
volumen [m3/s]	densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,2	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,3

Resultados de flujos de másico de gas caliente, refrigerante, aceite, flujo de la chimenea, calor específico, volumen, densidad, eficiencias para R245fa_150°C

Masas	
Flujo de gas Caliente chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mach (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	0,865442187
Flujo másico de gas caliente	Flujo másico del Aceite
mac (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	3,534970317
Volumen [m3/s]	densidad [Kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,34

Resultados de flujos de másico de gas caliente, refrigerante, aceite, flujo de la chimenea, calor específico, volumen, densidad, eficiencias para R365mfc_150°C

Masas	
Flujo de gas Caliente chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mach (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	0,829014885
Flujo másico de gas caliente	Flujo másico del Aceite
mac (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	3,534970317
Volumen [m3/s]	densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,32

Resultados de flujos de másico de gas caliente, refrigerante, aceite, flujo de la chimenea, calor específico, volumen, densidad, eficiencias para R1234yf_150°C

Masas	
Flujo de gas Caliente chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	0,978476703
Flujo másico de gas caliente	Flujo másico del Aceite
mac (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	3,534970317
Volumen [m3/s]	densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,29

Resultados de flujos de másico de gas caliente, refrigerante, aceite, flujo de la chimenea, calor específico, volumen, densidad, eficiencias para R1234ze E_150°C

Masas	
Flujo de gas Caliente chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	0,919878663
Flujo másico de gas caliente	Flujo másico del Aceite
mgc (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	3,534970317
Volumen [m3/s]	densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,32

Programación (EES) para 250°C R142b

"Entrada al Evaporador"

T[9]=220[°C]

P[9]=2319,29[kPa]

h[9]=Enthalpy(R142b;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R142b;T=T[9];P=P[9])

"Salida al Evaporador"

$T[10]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[10]=3200[\text{kPa}]$
 $h[10]=\text{Enthalpy}(\text{R142b};T=T[10];P=P[10])$
 $s[10]=\text{Entropy}(\text{R142b};T=T[10];P=P[10])$
 "Entrada a la Turbina a Vapor"
 $T[11]=120[^\circ\text{C}]$
 $P[11]=198,665[\text{kPa}]$
 $h[11]=\text{Enthalpy}(\text{R142b};T=T[11];P=P[11])$
 $s[11]=\text{Entropy}(\text{R142b};T=T[11];P=P[11])$

$T[19]=100[^\circ\text{C}]$
 $P[19]=102,000[\text{kPa}]$
 $h[19]=\text{Enthalpy}(\text{R142b};T=T[19];P=P[19])$
 $s[19]=\text{Entropy}(\text{R142b};T=T[19];P=P[19])$

$T[20]=80[^\circ\text{C}]$
 $P[20]=48,000[\text{kPa}]$
 $h[20]=\text{Enthalpy}(\text{R142b};T=T[20];P=P[20])$
 $s[20]=\text{Entropy}(\text{R142b};T=T[20];P=P[20])$

$T[21]=60[^\circ\text{C}]$
 $P[21]=20,000[\text{kPa}]$
 $h[21]=\text{Enthalpy}(\text{R142b};T=T[21];P=P[21])$
 $s[21]=\text{Entropy}(\text{R142b};T=T[21];P=P[21])$

"Salida de la Turbina"
 $T[12]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[12]=2400[\text{kPa}]$
 $h[12]=\text{Enthalpy}(\text{R142b};T=T[12];P=P[12])$
 $s[12]=\text{Entropy}(\text{R142b};T=T[12];P=P[12])$
 "Entrada al Condensador"
 $T[13]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[13]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[13]=\text{Enthalpy}(\text{R142b};T=T[13];P=P[13])$
 $s[13]=\text{Entropy}(\text{R142b};T=T[13];P=P[13])$
 "Salida del Condensador"
 $T[14]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[14]=2400[\text{kPa}]$
 $h[14]=\text{Enthalpy}(\text{R142b};T=T[14];P=P[14])$
 $s[14]=\text{Entropy}(\text{R142b};T=T[14];P=P[14])$
 "Entrada al Condensador agua"
 $T[15]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[15]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[15]=\text{Enthalpy}(\text{R142b};T=T[15];P=P[15])$
 $s[15]=\text{Entropy}(\text{R142b};T=T[15];P=P[15])$
 "Salida al Condensador agua"
 $T[16]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[16]=2400[\text{kPa}]$
 $h[16]=\text{Enthalpy}(\text{R142b};T=T[16];P=P[16])$
 $s[16]=\text{Entropy}(\text{R142b};T=T[16];P=P[16])$
 "Entrada a la Bomba"
 $T[17]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[17]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[17]=\text{Enthalpy}(\text{R142b};T=T[17];P=P[17])$
 $s[17]=\text{Entropy}(\text{R142b};T=T[17];P=P[17])$
 "Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R142b;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R142b;T=T[18];P=P[18])

Programación (EES) para 250°C R152a

"Entrada al Evaporador"

T[9]=220[°C]
P[9]=2319,29[kPa]
h[9]=Enthalpy(R152a;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R152a;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R152a;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R152a;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]
P[11]=198,665[kPa]
h[11]=Enthalpy(R152a;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R152a;T=T[11];P=P[11])

T[19]=100[°C]
P[19]=102,000[kPa]
h[19]=Enthalpy(R152a;T=T[19];P=P[19])
s[19]=Entropy(R152a;T=T[19];P=P[19])

T[20]=80[°C]
P[20]=48,000[kPa]
h[20]=Enthalpy(R152a;T=T[20];P=P[20])
s[20]=Entropy(R152a;T=T[20];P=P[20])

T[21]=60[°C]
P[21]=20,000[kPa]
h[21]=Enthalpy(R152a;T=T[21];P=P[21])
s[21]=Entropy(R152a;T=T[21];P=P[21])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R152a;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R152a;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R152a;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R152a;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R152a;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R152a;T=T[14];P=P[14])

"Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]

$h[15]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[15];P=P[15])$
 $s[15]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[15];P=P[15])$
 "Salida al Condensador agua"
 $T[16]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[16]=2400[\text{kPa}]$
 $h[16]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[16];P=P[16])$
 $s[16]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[16];P=P[16])$
 "Entrada a la Bomba"
 $T[17]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[17]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[17]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[17];P=P[17])$
 $s[17]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[17];P=P[17])$
 "Salida de la Bomba"
 $T[18]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[18]=3200[\text{kPa}]$
 $h[18]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[18];P=P[18])$
 $s[18]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[18];P=P[18])$

Programación (EES) para 250°C R236fa

"Entrada al Evaporador"
 $T[9]=220[^\circ\text{C}]$
 $P[9]=2319,29[\text{kPa}]$
 $h[9]=\text{Enthalpy}(\text{R236fa};T=T[9];P=P[9])$
 $s[9]=\text{Entropy}(\text{R236fa};T=T[9];P=P[9])$
 "Salida del Evaporador"
 $T[10]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[10]=3200[\text{kPa}]$
 $h[10]=\text{Enthalpy}(\text{R236fa};T=T[10];P=P[10])$
 $s[10]=\text{Entropy}(\text{R236fa};T=T[10];P=P[10])$
 "Entrada a la Turbina a Vapor"
 $T[11]=120[^\circ\text{C}]$
 $P[11]=198,665[\text{kPa}]$
 $h[11]=\text{Enthalpy}(\text{R236fa};T=T[11];P=P[11])$
 $s[11]=\text{Entropy}(\text{R236fa};T=T[11];P=P[11])$

$T[19]=100[^\circ\text{C}]$
 $P[19]=102,000[\text{kPa}]$
 $h[19]=\text{Enthalpy}(\text{R236fa};T=T[19];P=P[19])$
 $s[19]=\text{Entropy}(\text{R236fa};T=T[19];P=P[19])$

$T[20]=80[^\circ\text{C}]$
 $P[20]=48,000[\text{kPa}]$
 $h[20]=\text{Enthalpy}(\text{R236fa};T=T[20];P=P[20])$
 $s[20]=\text{Entropy}(\text{R236fa};T=T[20];P=P[20])$

$T[21]=60[^\circ\text{C}]$
 $P[21]=20,000[\text{kPa}]$
 $h[21]=\text{Enthalpy}(\text{R236fa};T=T[21];P=P[21])$
 $s[21]=\text{Entropy}(\text{R236fa};T=T[21];P=P[21])$

"Salida de la Turbina"
 $T[12]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[12]=2400[\text{kPa}]$
 $h[12]=\text{Enthalpy}(\text{R236fa};T=T[12];P=P[12])$
 $s[12]=\text{Entropy}(\text{R236fa};T=T[12];P=P[12])$

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R236fa;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R236fa;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R236fa;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R236fa;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R236fa;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R236fa;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R236fa;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R236fa;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]

P[17]=2,400[kPa]

h[17]=Enthalpy(R236fa;T=T[17];P=P[17])

s[17]=Entropy(R236fa;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]

P[18]=3200[kPa]

h[18]=Enthalpy(R236fa;T=T[18];P=P[18])

s[18]=Entropy(R236fa;T=T[18];P=P[18])

Programación (EES) para 250°C R245fa

"Entrada al Evaporador"

T[9]=220[°C]

P[9]=2319,29[kPa]

h[9]=Enthalpy(R245fa;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R245fa;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R245fa;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R245fa;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a laTurbina a Vapor"

T[11]=120[°C]

P[11]=198,665[kPa]

h[11]=Enthalpy(R245fa;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R245fa;T=T[11];P=P[11])

T[19]=100[°C]

P[19]=102,000[kPa]

h[19]=Enthalpy(R245fa;T=T[19];P=P[19])

s[19]=Entropy(R245fa;T=T[19];P=P[19])

T[20]=80[°C]

P[20]=48,000[kPa]

h[20]=Enthalpy(R245fa;T=T[20];P=P[20])
s[20]=Entropy(R245fa;T=T[20];P=P[20])

T[21]=60[°C]
P[21]=20,000[kPa]
h[21]=Enthalpy(R245fa;T=T[21];P=P[21])
s[21]=Entropy(R245fa;T=T[21];P=P[21])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R245fa;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R245fa;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R245fa;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R245fa;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R245fa;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R245fa;T=T[14];P=P[14])

"Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R245fa;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R245fa;T=T[15];P=P[15])

"Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]
P[16]=2400[kPa]
h[16]=Enthalpy(R245fa;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R245fa;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R245fa;T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R245fa;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R245fa;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R245fa;T=T[18];P=P[18])

Programación (EES) para 250°C R365mfc

"Entrada al Evaporador"

T[9]=220[°C]
P[9]=2319,29[kPa]
h[9]=Enthalpy(R365mfc;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R365mfc;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R365mfc;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R365mfc;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]
P[11]=198,665[kPa]
h[11]=Enthalpy(R365mfc;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R365mfc;T=T[11];P=P[11])

T[20]=100[°C]
P[20]=102,000[kPa]
h[20]=Enthalpy(R365mfc;T=T[20];P=P[20])
s[20]=Entropy(R365mfc;T=T[20];P=P[20])

T[21]=80[°C]
P[21]=48,000[kPa]
h[21]=Enthalpy(R365mfc;T=T[21];P=P[21])
s[21]=Entropy(R365mfc;T=T[21];P=P[21])

T[22]=60[°C]
P[22]=20,000[kPa]
h[22]=Enthalpy(R365mfc;T=T[22];P=P[22])
s[22]=Entropy(R365mfc;T=T[22];P=P[22])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R365mfc;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R365mfc;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R365mfc;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R365mfc;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R365mfc;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R365mfc;T=T[14];P=P[14])

"Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R365mfc;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R365mfc;T=T[15];P=P[15])

"Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]
P[16]=2400[kPa]

```

h[16]=Enthalpy(R365mfc;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R365mfc;T=T[16];P=P[16])
"Entrada a la Bomba"
T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R365mfc;T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R365mfc;T=T[17];P=P[17])
"Salida de la Bomba"
T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R365mfc;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R365mfc;T=T[18];P=P[18])

```

Programación (EES) para 250°C R1234yf

```

"Entrada al Evaporador"
T[9]=220[°C]
P[9]=2319,29[kPa]
h[9]=Enthalpy(R1234yf;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R1234yf;T=T[9];P=P[9])
"Salida del Evaporador"
T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R1234yf;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R1234yf;T=T[10];P=P[10])
"Entrada a la Turbina a Vapor"
T[11]=120[°C]
P[11]=198,665[kPa]
h[11]=Enthalpy(R1234yf;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R1234yf;T=T[11];P=P[11])

T[19]=100[°C]
P[19]=102,000[kPa]
h[19]=Enthalpy(R1234yf;T=T[19];P=P[19])
s[19]=Entropy(R1234yf;T=T[19];P=P[19])

T[20]=80[°C]
P[20]=48,000[kPa]
h[20]=Enthalpy(R1234yf;T=T[20];P=P[20])
s[20]=Entropy(R1234yf;T=T[20];P=P[20])

T[21]=60[°C]
P[21]=20,000[kPa]
h[21]=Enthalpy(R1234yf;T=T[21];P=P[21])
s[21]=Entropy(R1234yf;T=T[21];P=P[21])

"Salida de la Turbina"
T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R1234yf;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R1234yf;T=T[12];P=P[12])
"Entrada al Condensador"
T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R1234yf;T=T[13];P=P[13])

```

```

s[13]=Entropy(R1234yf;T=T[13];P=P[13])
"Salida del Condensador"
T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R1234yf;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R1234yf;T=T[14];P=P[14])
"Entrada al Condensador agua"
T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R1234yf;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R1234yf;T=T[15];P=P[15])
"Salida al Condensador agua"
T[16]=20[°C]
P[16]=2400[kPa]
h[16]=Enthalpy(R1234yf;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R1234yf;T=T[16];P=P[16])
"Entrada a la Bomba"
T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R1234yf;T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R1234yf;T=T[17];P=P[17])
"Salida de la Bomba"
T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R1234yf;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R1234yf;T=T[18];P=P[18])

```

Programación (EES) para 250°C R1234ze E

```

"Entrada al Evaporador"
T[9]=220[°C]
P[9]=2319,29[kPa]
h[9]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R1234ze(E);T=T[9];P=P[9])
"Salida del Evaporador"
T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R1234ze(E);T=T[10];P=P[10])
"Entrada a la Turbina a Vapor"
T[11]=120[°C]
P[11]=198,665[kPa]
h[11]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R1234ze(E);T=T[11];P=P[11])

T[19]=100[°C]
P[19]=102,000[kPa]
h[19]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[19];P=P[19])
s[19]=Entropy(R1234ze(E);T=T[19];P=P[19])

T[20]=80[°C]
P[20]=48,000[kPa]
h[20]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[20];P=P[20])
s[20]=Entropy(R1234ze(E);T=T[20];P=P[20])

T[21]=60[°C]

```

$P[21]=20,000[\text{kPa}]$
 $h[21]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[21];P=P[21])$
 $s[21]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[21];P=P[21])$

"Salida de la Turbina"

$T[12]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[12]=2400[\text{kPa}]$
 $h[12]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[12];P=P[12])$
 $s[12]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[12];P=P[12])$

"Entrada al Condensador"

$T[13]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[13]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[13]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[13];P=P[13])$
 $s[13]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[13];P=P[13])$

"Salida del Condensador"

$T[14]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[14]=2400[\text{kPa}]$
 $h[14]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[14];P=P[14])$
 $s[14]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[14];P=P[14])$

"Entrada al Condensador agua"

$T[15]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[15]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[15]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[15];P=P[15])$
 $s[15]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[15];P=P[15])$

"Salida al Condensador agua"

$T[16]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[16]=2400[\text{kPa}]$
 $h[16]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[16];P=P[16])$
 $s[16]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[16];P=P[16])$

"Entrada a la Bomba"

$T[17]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[17]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[17]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[17];P=P[17])$
 $s[17]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[17];P=P[17])$

"Salida de la Bomba"

$T[18]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[18]=3200[\text{kPa}]$
 $h[18]=\text{Enthalpy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[18];P=P[18])$
 $s[18]=\text{Entropy}(\text{R1234ze}(\text{E});T=T[18];P=P[18])$

Se utiliza la estructura de programación en (EE), para cada uno de los 7 refrigerantes con temperaturas de entrada de (120°C,100°C,80°C,60°C), resultados del EES, resultados del sistema completo de generación en Excel.

Resultados del sistema completo de generación para R142b_250°C

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA									
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (KJ/kg)
Entrada de gas caliente	T1	250	Entrada Evaporador	220	2319,29	h9	617,3	100	102,00	508,2
Salida de gas caliente	T2	150	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	233	80	48,00	490,1
Entrada del aceite térmico	T3	120	Entrada Turbina	120	205,00	h11	526,7	60	20,00	472,3
Salida del aceite térmico	T4	220	Salida Turbina	20	2400	h12	438,4			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	438,4			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	226,2			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	438,4			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	226,2			
				20Sa	2400	h17	226,2			
Q_Gas_Caliente	Q1-2	779,77286	[kw]	25Sa	3200	h18	233			
Q_Aceite Termico	Q3-4	662,80693	[kw]							
	Q1-2F	563,38589	[kw]							
	Q5-6	478,87801	[kw]							
Q_Evaporador	Q9-10	345,98936	[kw]							
Q_cond	Q13-14	191,04591	[kw]							
Q_Cond agua	Q15-16	162,38902	[kw]							
Wt	Wt_neto1	73,885843	[kw]							
	Wt_neto10	58,405796	[kw]							
	Wt_neto80	43,260454	[kw]							
	Wt_60	28,366139	[kw]							
W_bomba	Wb	0,8982134								

Resultados del sistema completo de generación para R152a_250°C

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA									
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (KJ/kg)
Entrada de Gas caliente	T1	250	Entrada Evaporador	220	2023,00	h9	767	100,000	102,00	625,3
Salida de Gas caliente	T2	150	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	244,4	80	48,00	603,1
	T3	120	Entrada Turbina	120,00	205,00	h11	648,6	60,000	20,00	580
	T4	220	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	537,7			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	537,7			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	235,4			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	537,7			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	235,4			
				20Sa	2400	h17	235,4			
Q_Gas Caliente	Q1-2	779,772864	[kw]	25Sa	3200	h18	244,4			
Q_Aceite Térmico	Q3-4	662,8069344	[kw]							
	Q1-2F	563,3858942	[kw]							
	Q5-6	478,8780101	[kw]							
Q_Evaporador	Q9-10	345,9893623	[kw]							
Q_Cond	Q13-14	200,1388906	[kw]							
Q_Cond agua	Q15-16	170,118057	[kw]							
Wt	Wt_neto120	70,83041946	[kw]							
	Wt_neto100	55,94900581	[kw]							
	Wt_neto80	41,77014818	[kw]							
	Wt_60	27,01647199	[kw]							
W_bomba	Wb	0,89821341	[kw]							

Resultados del sistema completo de generación para R236fa_250°C

EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA									
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)	T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (KJ/kg)
Entrada de Gas caliente	T1	250	Entrada Evaporador	220	2023,00	h9 559,7	100	102,00	443,6
Salida de Gas caliente	T2	150	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10 231	80	48,00	428,8
	T3	120	Entrada Turbina	120	205,00	h11 464,8	60	20,00	410,7
	T4	220	Salida Turbina	20Sa	2400	h12 377,2			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13 377,2			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14 212,3			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15 377,2			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16 224,7			
				20Sa	2400	h17 224,7			
Q_Gas Caliente	Q1-2	779,772864	[kW]	25Sa	3200	h18 231			
Q_Aceite Térmico	Q3-4	662,806934	[kW]						
	Q1-2F	563,385894	[kW]						
	Q5-6	478,87801	[kW]						
Q_Evaporador	Q9-10	345,989362	[kW]						
Q_cond	Q13-14	173,573611	[kW]						
Q_Cond agua	Q15-16	147,537569	[kW]						
Wt	Wt_neto120	70,511764	[kW]						
	Wt_neto100	53,4472731	[kW]						
	Wt_neto80	41,5343267	[kW]						
	Wt_60	26,9651152	[kW]						
W_bomba	Wb	0,89821341	[kW]						

Resultados del sistema completo de generación para R245fa_250°C

EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA									
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)	T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (KJ/kg)
Entrada de gas caliente	T1	250	Entrada Evaporador	220	2023,00	h9 559,7	100	102,00	446,3
Salida de gas caliente	T2	150	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10 233,4	80	48,00	428,3
	T3	120	Entrada Turbina	120	205,00	h11 464,8	60	20,00	410,7
	T4	220	Salida Turbina	20	2400	h12 377,2			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13 337,2			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14 226,6			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15 423,9			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16 226,6			
				20Sa	2400	h17 226,6			
Q_Gas Caliente	Q1-2	779,772864	[kW]	25Sa	3200	h18 233,4			
Q_Aceite Térmico	Q3-4	662,8069344	[kW]						
	Q1-2F	563,3858942	[kW]						
	Q5-6	478,8780101	[kW]						
Q_Evaporador	Q9-10	345,9893623	[kW]						
Q_Cond	Q13-14	117,2737465	[kW]						
Q_Cond agua	Q15-16	99,68268449	[kW]						
Wt	Wt_neto120	71,0303917	[kW]						
	Wt_neto100	56,02968112	[kW]						
	Wt_neto80	41,43439516	[kW]						
	Wt_60	27,16344888	[kW]						
W_bomba	Wb	0,89821341	[kW]						

Resultados del sistema completo de generación para R365mfc_250°C

EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA										
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (KJ/kg)
Entrada de gas caliente	T1	250	Entrada Evaporador	220	2023,00	h9	633,7	100	102,00	508,2
Salida de gas caliente	T2	150	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	235	80	48,00	486,9
	T3	120	Entrada Turbina	120	205,00	h11	529,7	60	20,00	466,1
	T4	220	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	426			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	426			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	227,9			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	426			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	227,9			
				20Sa	2400	h17	227,9			
Q_Gas Caliente	Q1-2	779,772864	[kW]	25Sa	3200	h18	235			
Q_Aceite Térmico	Q3-4	662,806934	[kW]							
	Q1-2F	563,385894	[kW]							
	Q5-6	478,87801	[kW]							
Q_Evaporador	Q9-10	345,989362	[kW]							
Q_cond	Q13-14	171,909939	[kW]							
Q_Cond agua	Q15-16	146,123448	[kW]							
Wt	Wt_neto120	70,9334599	[kW]							
	Wt_neto100	56,2269085	[kW]							
	Wt_neto80	41,6571621	[kW]							
	Wt_60	27,4294286	[kW]							
W_bomba	Wb	0,89821341	[kW]							

Resultados del sistema completo de generación para R1234yf_250°C

EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA										
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (KJ/kg)
Entrada de Gas Caliente	T1	250	Entrada Evaporador	220	2023,00	h9	585,2	100	102,00	463,1
Salida de Gas Caliente	T2	150	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	233,6	80	48,00	443,4
	T3	120	Entrada Turbina	120	205,00	h11	483,2	60	20,00	424,2
	T4	220	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	387,6			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	387,6			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	226,9			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	387,6			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	226,9			
				20Sa	2400	h17	226,9			
Q_Gas Caliente	Q1-2	779,772864	[kW]	25Sa	3200	h18	233,6			
Q_Aceite Termico	Q3-4	662,8069344	[kW]							
	Q1-2F	563,3858942	[kW]							
	Q5-6	478,8780101	[kW]							
Q_Evaporador	Q9-10	345,9893623	[kW]							
Q_cond	Q13-14	158,1356386	[kW]							
Q_Cond agua	Q15-16	134,4152928	[kW]							
Wt	Wt_neto120	70,8325408	[kW]							
	Wt_neto100	55,939925	[kW]							
	Wt_neto80	41,34367967	[kW]							
	Wt_60	27,11789742	[kW]							
W_bomba	Wb	0,89821341	[kW]							

Resultados del sistema completo de generación para R1234ze E_250°C

EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA										
	T[°C]			T[°C]	Presion[kPa]	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (KJ/kg)
Entrada del gas caleinte	T1	250	Entrada Evaporador	220	2023,00	h9	597,1	100	102,00	480,6
Salida del gas caliente	T2	150	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	234,6	80	48,00	461,9
	T3	120	Entrada Turbina	120	205,00	h11	500,1	60	20,00	442,6
	T4	220	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	406,5			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	406,5			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	227,6			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	406,5			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	227,6			
				20Sa	2400	h17	227,6			
Q Gas Caliente	Q1-2	779,772864	[kW]	25Sa	3200	h18	234,6			
Q Aceite Termico	Q3-4	662,8069344	[kW]							
	Q1-2F	563,3858942	[kW]							
	Q5-6	478,8780101	[kW]							
Q Evaporador	Q9-10	345,9893623	[kW]							
Qcond	Q13-14	170,7517156	[kW]							
Q Cond agua	Q15-16	145,1389583	[kW]							
Wt	Wt_neto120	71,46947158	[kW]							
	Wt_neto100	56,57999834	[kW]							
	Wt_neto80	42,30137527	[kW]							
	Wt_60	27,56461457	[kW]							
Wbomba	Wb	0,89821341	[kW]							

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R142b_250°C

Masas	
Flujo de gas caliente chimenea	Flujo masico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	1,059188937
Flujo masico de gas caleinte	Flujo masico del Aceite
mgc (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	2,651227738
Volumen [m3/s]	Densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Especifico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,79

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R152a_250°C

Masas	
Flujo de aire caliente chimenea	Flujo masico del Refrigerante
mac (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	0,77888693
Flujo masico de aire caliente	Flujo masico del aceite
mac (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	2,651227738
Volumen [m3/s]	Densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,82

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R236fa_250°C

Masas	
Flujo de aire caliente chimenea	Flujo masico del Refrigerante
mach (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	1,238352019
Flujo masico de aire caliente	Flujo masico del Aceite
mac (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	2,651227738
Volumen [m3/s]	Densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,65

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R245fa_250°C

Masas	
Flujo de Aire Caliente chimenea	Flujo masico del Refrigerante
mach (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	1,247460339
Flujo masico de aire caliente	Flujo masico del Aceite
mac (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	2,651227738
Volumen [m3/s]	densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,65

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R365mfc_250°C

Masas	
Flujo de gas caliente Chimenea	Flujo masico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	1,020933806
Flujo masico de gas caliente	Flujo masico del Aceite
mac (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	2,651227738
Volumen [m3/s]	Densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,67

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R1234yf_250°C

Masas	
Flujo de gas Caliente Chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mach (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	1,157697123
Flujo másico de gas caliente	Flujo másico del Aceite
mac (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	2,651227738
Volumen [m3/s]	Densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,64

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R1234ze E_250°C

Masas	
Flujo de gas Caliente chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	1,122886369
Flujo másico de gas caliente	Flujo másico del Aceite
mac (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	2,651227738
Volumen [m3/s]	Densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,68

Resultados de programación en (EES) para temperaturas de entrada para (120,100,80,60)
en R142b_250°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
617,3	2319	2,114	220
233	3200	1,106	25
526,7	198,7	2,101	120
508,2	102	2,107	100
490,1	48	2,119	80
472,3	20	2,139	60
226,2	2400	1,086	20
438,4	2,4	2,206	20
226,2	2400	1,086	20
438,4	2,4	2,206	20
226,2	2400	1,086	20
438,4	2,4	2,206	20
233	3200	1,106	25

Resultados de programación en (EES) para temperaturas de entrada para (120,100,80,60)
en R152a_250°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
767	2319	2,558	220
244,4	3200	1,145	25
648,7	198,7	2,587	120
625,3	102	2,609	100
602,3	48	2,64	80
580	20	2,648	60
235,4	2400	1,117	20
537,7	2,4	2,816	20
235,4	2400	1,117	20
537,7	2,4	2,816	20
235,4	2400	1,117	20
537,7	2,4	2,816	20
244,4	3200	1,145	25

Resultados de programación en (EES) para temperaturas de entrada (120,100,80,60) para R236fa_250°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
559,7	2319	1,957	220
231	3200	1,101	25
464,8	198,7	1,868	120
446,3	102	1,856	100
428,3	48	1,847	80
410,7	20	1,844	60
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
231	3200	1,101	25

Resultados de programación en (EES) para temperaturas de entrada (120,100,80,60) para R245fa_250°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
612,4	2319	2,081	220
233,4	3200	1,109	25
515,6	198,7	2,004	120
496,4	102	1,994	100
477,5	48	1,988	80
459	20	1,989	60
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
226,6	2400	1,088	20
226,6	2400	1,088	20
233,4	3200	1,109	25

Resultados de programación en (EES) para temperaturas de entrada (120,100,80,60) para R365mfc_250°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
633,7	2319	2,11	220
235	3200	1,114	25
529,7	198,7	1,997	120
508,2	102	1,977	100
486,9	48	2,000	80
466,1	20	1,948	60
227,9	2400	1,092	20
426	2,4	1,939	20
227,9	2400	1,092	20
426	2,4	1,939	20
227,9	2400	1,092	20
426	2,4	1,939	20
235	3200	1,114	25

Resultados de programación en (EES) para temperaturas de entrada (120,100,80,60) para R1234yf_250°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
585,2	2319	2,052	220
233,6	3200	1,111	25
483,2	198,7	1,993	120
463,1	102	1,988	100
443,4	48	1,988	80
424,2	20	1,996	60
226,9	2400	1,09	20
387,6	2,4	2,034	20
226,9	2400	1,09	20
387,6	2,4	2,34	20
226,9	2400	1,09	20
387,6	2,4	2,034	20
233,6	3200	1,111	25

Resultados de programación en (EES) para temperaturas de entrada (120,100,80,60) para R1234ze
E_250°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
597,1	2319	2,08	220
234,6	3200	1,113	25
500,1	198,7	2,031	120
480,6	102	2,028	100
461,4	48	2,029	80
442,6	20	2,038	60
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
234,6	3200	1,113	25

Resultados de Eficiencias del sistema para temperaturas de entrada (120,100,80,60)

η_{ORC}	Eficiencia del ORC	0,210953391
η_{SH}	Eficiencia del SH	0,09360114
$\eta_{\text{Carnot_120}}$	Eficiencia de Carnot	0,405679513
$\eta_{\text{Carnot_100}}$	Eficiencia de Carnot	0,214477212
$\eta_{\text{Carnot_80}}$	Eficiencia de Carnot	0,169971671
$\eta_{\text{Carnot_60}}$	Eficiencia de Carnot	0,12012012
$\eta_{\text{Gas Caliente}}$	Eficiencia de Carnot	0,439770554

Resultados de Eficiencias del sistema para R152a_250°C

η_{ORC}	Eficiencia del ORC	0,210953391
η_{SH}	Eficiencia del SH	0,09360114

Resultados de Eficiencias del sistema para R236fa_250°C

η_{ORC}	Eficiencia del ORC	0,201201419
η_{SH}	Eficiencia del SH	0,089274138

Resultados de Eficiencias del sistema para R245fa_250°C

η_{ORC}	Eficiencia del ORC	0,202700389
η_{SH}	Eficiencia del SH	0,089939239

Resultados de Eficiencias del sistema para R365mfc_250°C

η_{ORC}	Eficiencia del ORC	0,20242023
η_{SH}	Eficiencia del SH	0,08981493

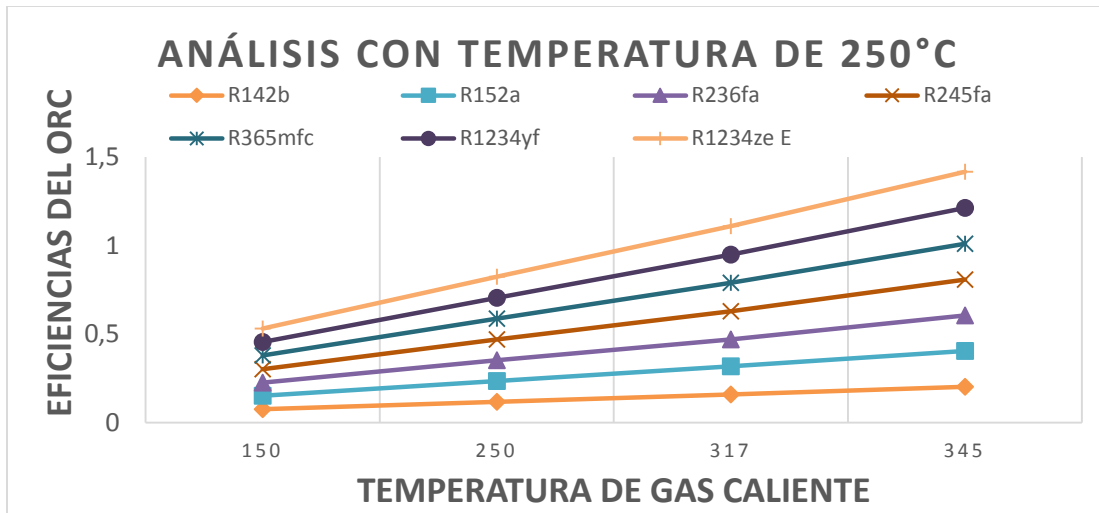
Resultados de Eficiencias del sistema para R1234yf_250°C

η_{ORC}	Eficiencia del ORC	0,202128548
η_{SH}	Eficiencia del SH	0,089685511

Resultados de Eficiencias del sistema para R1234ze E_250°C

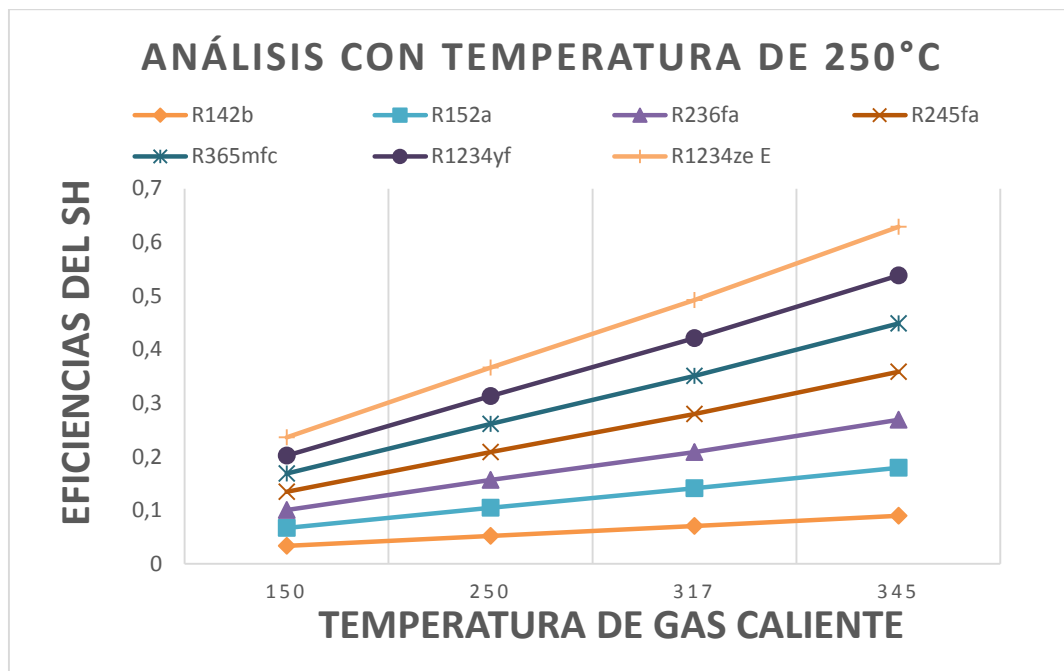
η_{ORC}	Eficiencia del ORC	0,20396944
η_{SH}	Eficiencia del SH	0,09050233

A continuación, gráficas de Eficiencias y Potencias del sistema completo en Excel con cada uno de los 7 refrigerantes.



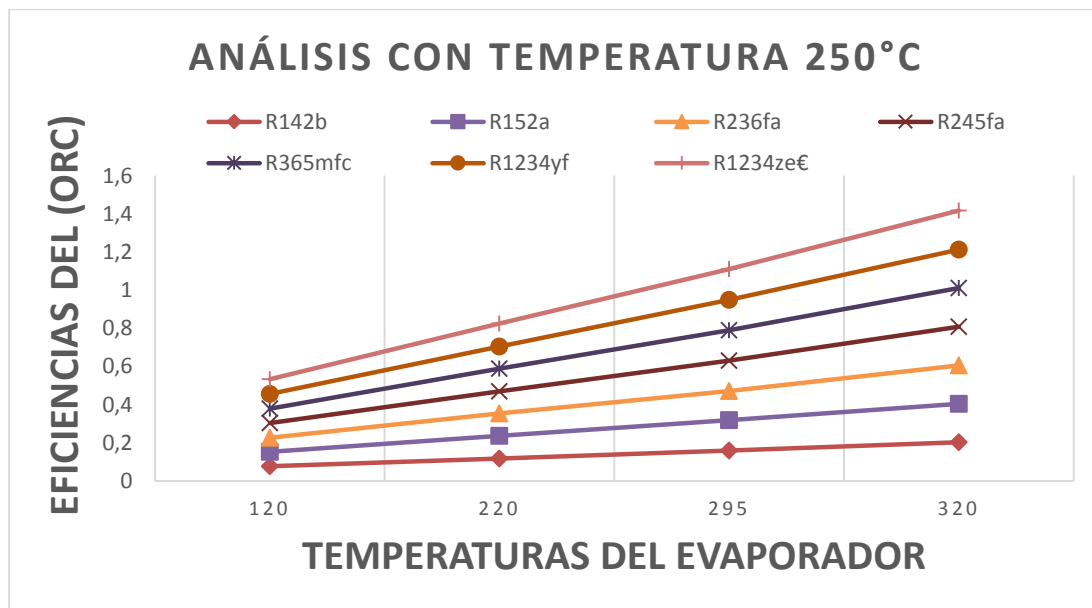
Eficiencia (ORC) vs Temperatura de gas caliente para 250°C

Análisis para R142b_250°C, para la Eficiencia de (ORC) la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.



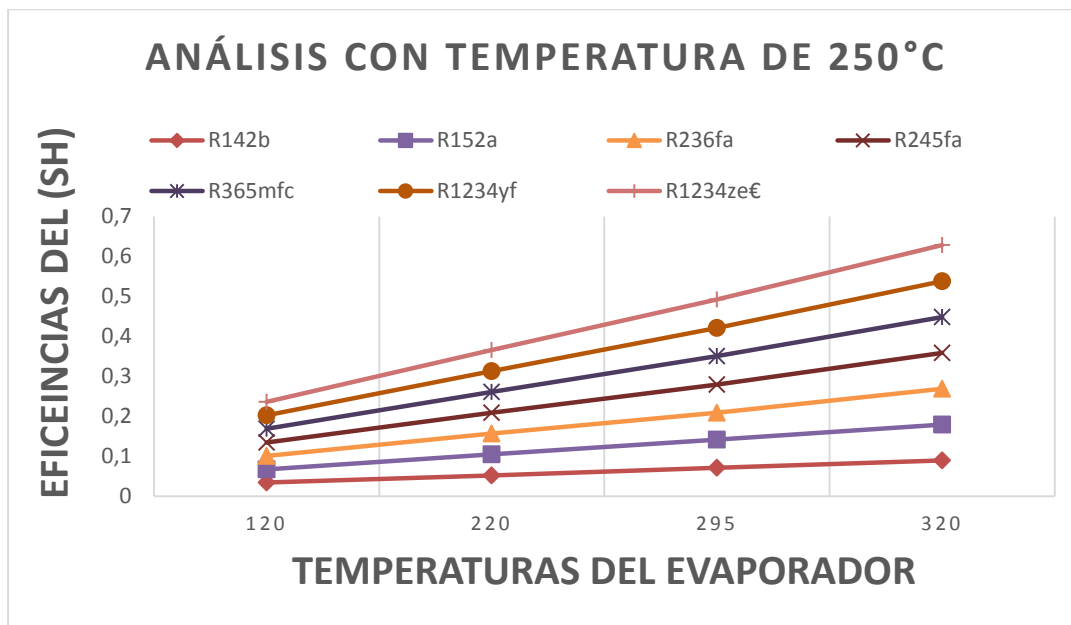
Eficiencia (SH) vs Temperatura de gas caliente para 250°C

Análisis para R142b_250°C, para la Eficiencia de (SH) la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.



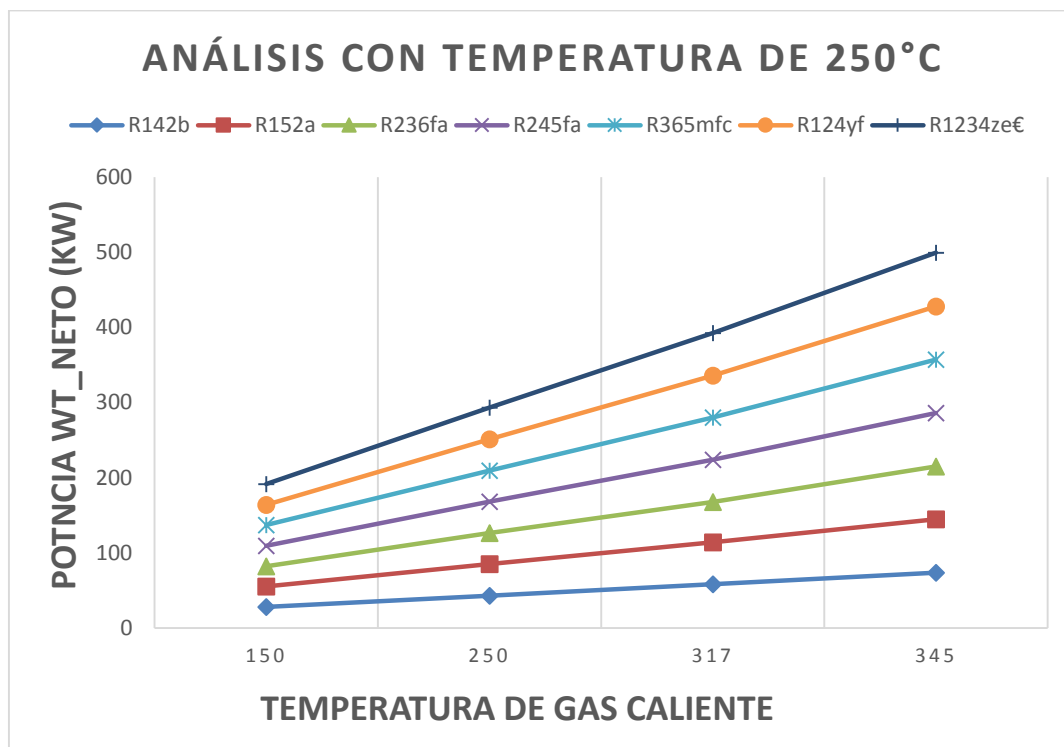
Eficiencia (ORC) vs Temperatura del Evaporador para 250°C

Análisis para R142b_250°C, para la Eficiencia de (ORC) la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.



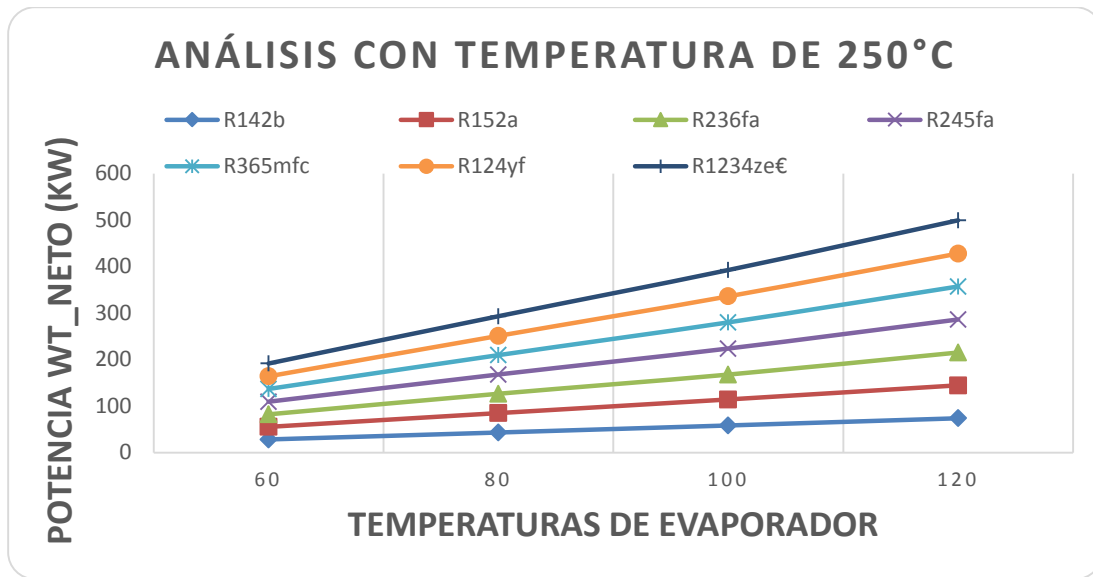
Eficiencia (ORC) vs Temperatura del Evaporador para 250°C

Para la Eficiencia de (SH) la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.



Potencia Wt_neto (KW) vs Temperatura de gas caliente para 250°C

Para la Potencia Wt_neto (kW) de la Turbina Vapor de refrigerante con temperatura de ingreso de gas caliente la mayor potencia es en R1234zeE



Potencia W_{t_neto} (KW) vs Temperatura del Evaporador para 250°C

La Potencia W_{t_neto} (kW) de la Turbina Vapor de refrigerante con ingreso de temperaturas del Evaporador la mayor potencia es en R1234zeE

Análisis para 317°C R142b

"Entrada al Evaporador"

$T[9]=295[^\circ\text{C}]$

$P[9]=799,9[\text{kPa}]$

$h[9]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[9]; P=P[9])$

$s[9]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[9]; P=P[9])$

"Salida del Evaporador"

$T[10]=25[^\circ\text{C}]$

$P[10]=3200[\text{kPa}]$

$h[10]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[10]; P=P[10])$

$s[10]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[10]; P=P[10])$

"Entrada a la Turbina a Vapor"

$T[11]=120[^\circ\text{C}]$

$P[11]=198,665[\text{kPa}]$

$h[11]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[11]; P=P[11])$

$s[11]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[11]; P=P[11])$

$T[19]=100[^\circ\text{C}]$

$P[19]=102,000[\text{kPa}]$

$h[19]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[19]; P=P[19])$

$s[19]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[19]; P=P[19])$

$T[20]=80[^\circ\text{C}]$

$P[20]=48,000[\text{kPa}]$

$h[20]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[20]; P=P[20])$

$s[20]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[20]; P=P[20])$

$T[21]=60[^\circ\text{C}]$

$P[21]=20,000[\text{kPa}]$

$h[21]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[21];P=P[21])$
 $s[21]=\text{Entropy}(R142b;T=T[21];P=P[21])$

"Salida de la Turbina"

$T[12]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[12]=2400[\text{kPa}]$
 $h[12]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[12];P=P[12])$
 $s[12]=\text{Entropy}(R142b;T=T[12];P=P[12])$

"Entrada al Condensador"

$T[13]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[13]=2,4[\text{kPa}]$
 $h[13]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[13];P=P[13])$
 $s[13]=\text{Entropy}(R142b;T=T[13];P=P[13])$

"Salida del Condensador"

$T[14]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[14]=2400[\text{kPa}]$
 $h[14]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[14];P=P[14])$
 $s[14]=\text{Entropy}(R142b;T=T[14];P=P[14])$

"Entrada a la Bomba"

$T[15]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[15]=2400[\text{kPa}]$
 $h[15]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[15];P=P[15])$
 $s[15]=\text{Entropy}(R142b;T=T[15];P=P[15])$

"Salida de la Bomba"

$T[16]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[16]=3,200[\text{kPa}]$
 $h[16]=\text{Enthalpy}(R142b;T=T[16];P=P[16])$
 $s[16]=\text{Entropy}(R142b;T=T[16];P=P[16])$

Análisis para 317°C R152a

"Entrada al Evaporador"

$T[9]=295[^\circ\text{C}]$
 $P[9]=799,9[\text{kPa}]$
 $h[9]=\text{Enthalpy}(R152a;T=T[9];P=P[9])$
 $s[9]=\text{Entropy}(R152a;T=T[9];P=P[9])$

"Salida del Evaporador"

$T[10]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[10]=3200[\text{kPa}]$
 $h[10]=\text{Enthalpy}(R152a;T=T[10];P=P[10])$
 $s[10]=\text{Entropy}(R152a;T=T[10];P=P[10])$

"Entrada a la Turbina a Vapor"

$T[11]=120[^\circ\text{C}]$
 $P[11]=198,665[\text{kPa}]$
 $h[11]=\text{Enthalpy}(R152a;T=T[11];P=P[11])$
 $s[11]=\text{Entropy}(R152a;T=T[11];P=P[11])$

$T[19]=100[^\circ\text{C}]$
 $P[19]=102,000[\text{kPa}]$
 $h[19]=\text{Enthalpy}(R152a;T=T[19];P=P[19])$
 $s[19]=\text{Entropy}(R152a;T=T[19];P=P[19])$

$T[20]=80[^\circ\text{C}]$
 $P[20]=48,000[\text{kPa}]$
 $h[20]=\text{Enthalpy}(R152a;T=T[20];P=P[20])$

s[20]=Entropy(R152a;T=T[20];P=P[20])

T[21]=60[°C]

P[21]=20,000[kPa]

h[21]=Enthalpy(R152a;T=T[21];P=P[21])

s[21]=Entropy(R152a;T=T[21];P=P[21])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R152a;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R152a;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R152a;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R152a;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R152a;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R152a;T=T[14];P=P[14])

"Entrada a la Bomba"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R152a;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R152a;T=T[15];P=P[15])

"Salida de la Bomba"

T[16]=25[°C]

P[16]=3200[kPa]

h[16]=Enthalpy(R152a;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R152a;T=T[16];P=P[16])

Análisis para 317°C R236fa

"Entrada al Evaporador"

T[9]=295[°C]

P[9]=799,9[kPa]

h[9]=Enthalpy(R236fa;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R236fa;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R236fa;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R236fa;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]

P[11]=198,665[kPa]

h[11]=Enthalpy(R236fa;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R236fa;T=T[11];P=P[11])

T[19]=100[°C]

P[19]=102,000[kPa]

h[19]=Enthalpy(R236fa;T=T[19];P=P[19])

s[19]=Entropy(R236fa;T=T[19];P=P[19])

T[20]=80[°C]
P[20]=48,000[kPa]
h[20]=Enthalpy(R236fa;T=T[20];P=P[20])
s[20]=Entropy(R236fa;T=T[20];P=P[20])

T[21]=60[°C]
P[21]=20,000[kPa]
h[21]=Enthalpy(R236fa;T=T[21];P=P[21])
s[21]=Entropy(R236fa;T=T[21];P=P[21])

"Salida de la Turbina a Vapor"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R236fa;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R236fa;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R236fa;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R236fa;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R236fa;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R236fa;T=T[14];P=P[14])

"Entrada a la Bomba"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R236fa;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R236fa;T=T[15];P=P[15])

"Salida de la Bomba"

T[16]=25[°C]
P[16]=3200[kPa]
h[16]=Enthalpy(R236fa;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R236fa;T=T[16];P=P[16])

Análisis para 317°C R245fa

"Entrada al Evaporador"

T[9]=295[°C]
P[9]=799,9[kPa]
h[9]=Enthalpy(R245fa;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R245fa;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R245fa;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R245fa;T=T[10];P=P[10])

"Entrada de la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]
P[11]=198,665[kPa]
h[11]=Enthalpy(R245fa;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R245fa;T=T[11];P=P[11])

T[19]=100[°C]

P[19]=102,000[kPa]
h[19]=Enthalpy(R245fa;T=T[19];P=P[19])
s[19]=Entropy(R245fa;T=T[19];P=P[19])

T[20]=80[°C]
P[20]=48,000[kPa]
h[20]=Enthalpy(R245fa;T=T[20];P=P[20])
s[20]=Entropy(R245fa;T=T[20];P=P[20])

T[21]=60[°C]
P[21]=20,000[kPa]
h[21]=Enthalpy(R245fa;T=T[21];P=P[21])
s[21]=Entropy(R245fa;T=T[21];P=P[21])

"Salida de la Turbina a Vapor"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R245fa;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R245fa;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador "

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R245fa;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R245fa;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R245fa;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R245fa;T=T[14];P=P[14])

"Entrada a la Bomba"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R245fa;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R245fa;T=T[15];P=P[15])

"Salida de la Bomba"

T[16]=25[°C]
P[16]=3200[kPa]
h[16]=Enthalpy(R245fa;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R245fa;T=T[16];P=P[16])

Análisis para 317°C R245fa

"Entrada al Evaporador"

T[9]=295[°C]
P[9]=799,9[kPa]
h[9]=Enthalpy(R365mfc;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R365mfc;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R365mfc;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R365mfc;T=T[10];P=P[10])

"Entrada hacia Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]
P[11]=198,665[kPa]

h[11]=Enthalpy(R365mfc;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R365mfc;T=T[11];P=P[11])

T[19]=100[°C]
P[19]=102,000[kPa]
h[19]=Enthalpy(R365mfc;T=T[19];P=P[19])
s[19]=Entropy(R365mfc;T=T[19];P=P[19])

T[20]=80[°C]
P[20]=48,000[kPa]
h[20]=Enthalpy(R365mfc;T=T[20];P=P[20])
s[20]=Entropy(R365mfc;T=T[20];P=P[20])

T[21]=60[°C]
P[21]=20,000[kPa]
h[21]=Enthalpy(R365mfc;T=T[21];P=P[21])
s[21]=Entropy(R365mfc;T=T[21];P=P[21])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R365mfc;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R365mfc;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R365mfc;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R365mfc;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R365mfc;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R365mfc;T=T[14];P=P[14])

"Entrada la Bomba "

T[15]=20[°C]
P[15]=2400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R365mfc;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R365mfc;T=T[15];P=P[15])

"Salida de la Bomba"

T[16]=25[°C]
P[16]=3200[kPa]
h[16]=Enthalpy(R365mfc;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R365mfc;T=T[16];P=P[16])

Se utiliza la estructura de programación en (EES), para cada uno de los 7 refrigerantes con entradas de temperatura de (120°C,100°C,80°C,60°C), resultados del (EES), resultados del sistema completo de generación en Excel.

Análisis para 317°C R1234yf

"Entrada al Evaporador"

T[9]=295[°C]

P[9]=799,9[kPa]
 h[9]=Enthalpy(R1234yf;T=T[9];P=P[9])
 s[9]=Entropy(R1234yf;T=T[9];P=P[9])
 "Salida del Evaporador"
 T[10]=25[°C]
 P[10]=3200[kPa]
 h[10]=Enthalpy(R1234yf;T=T[10];P=P[10])
 s[10]=Entropy(R1234yf;T=T[10];P=P[10])
 "Entrada a la Turbina a Vapor"
 T[11]=120[°C]
 P[11]=205,000[kPa]
 h[11]=Enthalpy(R1234yf;T=T[11];P=P[11])
 s[11]=Entropy(R1234yf;T=T[11];P=P[11])

 T[19]=100[°C]
 P[19]=102,000[kPa]
 h[19]=Enthalpy(R1234yf;T=T[19];P=P[19])
 s[19]=Entropy(R1234yf;T=T[19];P=P[19])

 T[20]=80[°C]
 P[20]=48,000[kPa]
 h[20]=Enthalpy(R1234yf;T=T[20];P=P[20])
 s[20]=Entropy(R1234yf;T=T[20];P=P[20])

 T[21]=60[°C]
 P[21]=20,000[kPa]
 h[21]=Enthalpy(R1234yf;T=T[21];P=P[21])
 s[21]=Entropy(R1234yf;T=T[21];P=P[21])

 "Salida de la Turbina"
 T[12]=20[°C]
 P[12]=2400[kPa]
 h[12]=Enthalpy(R1234yf;T=T[12];P=P[12])
 s[12]=Entropy(R1234yf;T=T[12];P=P[12])
 "Entrada al Condensador"
 T[13]=20[°C]
 P[13]=2,400[kPa]
 h[13]=Enthalpy(R1234yf;T=T[13];P=P[13])
 s[13]=Entropy(R1234yf;T=T[13];P=P[13])
 "Salida del Condensador"
 T[14]=20[°C]
 P[14]=2400[kPa]
 h[14]=Enthalpy(R1234yf;T=T[14];P=P[14])
 s[14]=Entropy(R1234yf;T=T[14];P=P[14])
 "Entrada la Bomba "
 T[15]=20[°C]
 P[15]=2400[kPa]
 h[15]=Enthalpy(R1234yf;T=T[15];P=P[15])
 s[15]=Entropy(R1234yf;T=T[15];P=P[15])
 "Salida de la Bomba"
 T[16]=25[°C]
 P[16]=3200[kPa]
 h[16]=Enthalpy(R1234yf;T=T[16];P=P[16])
 s[16]=Entropy(R1234yf;T=T[16];P=P[16])

Análisis para 317°C R1234ze E

"Entrada al Evaporador"

T[9]=295[°C]
P[9]=799,9[kPa]
h[9]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R1234ze(E);T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R1234ze(E);T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]
P[11]=205,000[kPa]
h[11]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R1234ze(E);T=T[11];P=P[11])

T[19]=100[°C]
P[19]=102,000[kPa]
h[19]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[19];P=P[19])
s[19]=Entropy(R1234ze(E);T=T[19];P=P[19])

T[20]=80[°C]
P[20]=48,000[kPa]
h[20]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[20];P=P[20])
s[20]=Entropy(R1234ze(E);T=T[20];P=P[20])

T[21]=60[°C]
P[21]=20,000[kPa]
h[21]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[21];P=P[21])
s[21]=Entropy(R1234ze(E);T=T[21];P=P[21])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R1234ze(E);T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R1234ze(E);T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R1234ze(E);T=T[14];P=P[14])

"Entrada la Bomba "

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R1234ze(E);T=T[15];P=P[15])

"Salida de la Bomba"

T[16]=25[°C]
P[16]=3200[kPa]

h[16]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R1234ze(E);T=T[16];P=P[16])

Resultados del sistema completo de generación para R142b_317°C

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA									
	T[°C]		T[°C]	Presion[kPa]	Entalpias (kJ/kg)	T[°C]	Presión (kPa)	Eltalpia (kJ/kg)		
Entrada de gas caliente	T1	317,8	Entrada Evaporador	295	799,00	h9	716	100	102,00	508,2
Salida de gas caliente	T2	220	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	233	80	48,00	490,1
	T3	204	Entrada Turbina	120En	205,00	h11	526,6	60	20,00	472,3
	T4	295	Salida Turbina	20	2400	h12	226,2			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	438,4			
			Salida Condensador	25Sa	2400	h14	233			
			Entrada Cond-Agua	20Sa	2400	h17	226,2			
			Salida Cond-Agua	25Sa	3200	h18	233			
Q Gas Caliente	Q1-2	762,618	[kW]							
Q Aceite Termico	Q3-4	648,225	[kW]							
	Q1-2F	550,991	[kW]							
	Q5-6	468,343	[kW]							
Q Evaporador	Q9-10	338,378	[kW]							
Qcond	Q13-14	143,898	[kW]							
Q Cond agua	Q15-16	122,313	[kW]							
Qwt	Wt_neto120	84,181	[kW]							
	Wt_neto100	79,025	[kW]							
	Wt_neto80	73,953	[kW]							
	Wt_neto60	68,965	[kW]							
Wbomba	Wb	0,88397	[kW]							

Resultados del sistema completo de generación para R152a_317°C

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA									
	T[°C]		Presion [kPa]	T[°C]	Presion[kPa]	Entalpias (kJ/kg)	T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (kJ/kg)	
	T1	317,8	Entrada Evaporador	295	799,90	h9	894,9	100	102,00	625,3
	T2	220	Salida Evaporador	25Sa	3200	h10	244,4	80	48,00	603,1
	T3	204	Entrada Turbina	120En	205,00	h11	648,6	60	20,00	580
	T4	295	Salida Turbina	20Sa	2,400	h12	235,4			
			Entrada Condensador	20	2400	h13	537,7			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	235,4			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	537,7			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	235,4			
				20Sa	2400	h17	235,4			
Q Gas Caliente	Q1-2	762,6179	[kW]	25Sa	3200	h18	244,4			
Q Aceite Termico	Q3-4	648,2252	[kW]							
	Q1-2F	550,9914	[kW]							
	Q5-6	468,3427	[kW]							
Q Evaporador	Q9-10	338,3776	[kW]							
Qcond	Q13-14	152,5690	[kW]							
Q Cond agua	Q15-16	129,6837	[kW]							
Qwt	Wt_neto120	83,4468	[kW]							
	Wt_neto100	78,7413	[kW]							
	Wt_neto80	74,2579	[kW]							
	Wt_neto60	69,5928	[kW]							
Wbomba	Wb	0,883971	[kW]							

Resultados del sistema completo de generación para R236fa_317°C

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA									
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (KJ/kg)
Entrada de Gas caliente	T1	317,8	Entrada Evaporador	295	7999,00	h9	660,7	100	102,00	443,6
Salida de Gas caliente	T2	220	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	231	80	48,00	428,8
	T3	204	Entrada Turbina	120	205,00	h11	464,8	60	20,00	410,7
	T4	295	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	224,1			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	377,2			
			Salida Condensador	20Sa	3200	h14	224,7			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	377,2			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	224,7			
				20Sa	2400	h17	224,7			
Q Gas Caliente	Q1-2	762,618	[kW]	25Sa	3200	h18	231			
Q Aceite Térmico	Q3-4	648,225	[kW]							
	Q1-2F	550,991	[kW]							
	Q5-6	468,343	[kW]							
Q_Evaporador	Q9-10	338,378	[kW]							
Q_cond	Q13-14	120,090	[kW]							
Q_Cond agua	Q15-16	102,076	[kW]							
Wt	Wt_neto120	82,508	[kW]							
	Wt_neto100	75,241	[kW]							
	Wt_neto80	70,168	[kW]							
	Wt_neto60	63,963	[kW]							
W_bomba	Wb	0,883971252	[kW]							

Resultados del sistema completo de generación para R245fa_317°C

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA									
	T[°C]			T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Eltalpías (KJ/kg)
Entrada de Gas calie	T1	317,8	Entrada Evaporador	295	7999,00	h9	717,6	100	102,00	496,4
Salida de Gas calien	T2	220	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	233,4	80	48,00	478,2
	T3	204	Entrada Turbina	120	205,00	h11	515,5	60	20,00	459
	T4	295	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	226,2			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	423,9			
			Salida Condensador	20Sa	3200	h14	226,6			
			Entrada Cond-Agua	20Sa	2400	h17	226,6			
			Salida Cond-Agua	25Sa	3200	h18	233,4			
Q_Gas Caliente	Q1-2	762,6179	[kW]							
Q_Aceite Termico	Q3-4	648,2252	[kW]							
	Q1-2F	550,9914	[kW]							
	Q5-6	468,3427	[kW]							
Q_Evaporador	Q9-10	338,3776	[kW]							
Q_cond	Q13-14	137,8808	[kW]							
Q_Cond agua	Q15-16	117,1987	[kW]							
Wt	Wt_neto120	83,2481	[kW]							
	Wt_neto100	77,7519	[kW]							
	Wt_neto80	72,5148	[kW]							
	Wt_neto60	66,9898	[kW]							
Wbomba	Wb	0.88397125	[kW]							

Resultados del sistema completo de generación para R365mfc_317°C

EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA										
	T[°C]			T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (kJ/kg)
Entrada de gas caliente	T1	317,8	Entrada Evaporador	295	7999,00	h9	753	100	102,00	508,2
Salida de gas caliente	T2	220	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	235	80	48,00	486,9
	T3	204	Entrada Turbina	120En	205,00	h11	529,6	60	20,00	466,1
	T4	295	Salida Turbina	20	2400	h12	227,9			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	426			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	227,9			
			Entrada Cond-Agua	20Sa	2400	h17	227,9			
			Salida Cond-Agua	25Sa	3200	h18	235			
Q_Gas Caliente	Q1-2	762,6179	[kW]							
Q_Aceite Termico	Q3-4	648,2252	[kW]							
	Q1-2F	550,9914	[kW]							
	Q5-6	468,3427	[kW]							
Q_Evaporador	Q9-10	338,3776	[kW]							
Q_cond	Q13-14	129,4066	[kW]							
Q Cond agua	Q15-16	109,9956	[kW]							
Wt	Wt_neto120	83,4701	[kW]							
	Wt_neto100	77,5494	[kW]							
	Wt_neto80	71,6564	[kW]							
	Wt_neto60	65,9018	[kW]							
W_bomba	Wb	0,884	[kW]							

Resultados del sistema completo de generación para R1234yf_317°C

EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA										
	T[°C]			T[°C]	Presión(kPa)	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (kJ/kg)
Entrada de gas caliente	T1	317,8	Entrada Evaporador	295	7999,00	h9	687	100	102,00	463,1
Salida de gas caliente	T2	220	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	233,6	80	48,00	443,4
	T3	204	Entrada Turbina	120	205,00	h11	483,1	60	20,00	424,2
	T4	295	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	226,9			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	387,6			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	226,9			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	387,6			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	226,9			
				20Sa	2400	h17	226,9			
Q_Gas Caliente	Q1-2	762,6179	[kW]	25Sa	3200	h18	233,6			
Q_Aceite Termico	Q3-4	648,2252	[kW]							
	Q1-2F	550,9914	[kW]							
	Q5-6	468,3427	[kW]							
Q_Evaporador	Q9-10	338,3776	[kW]							
Q_cond	Q13-14	119,9322	[kW]							
Q Cond agua	Q15-16	101,9424	[kW]							
Wt	Wt_neto120	83,2304	[kW]							
	Wt_neto100	76,7331	[kW]							
	Wt_neto80	70,3333	[kW]							
	Wt_neto60	64,0959	[kW]							
Wbomba	Wb	0,88397125	[kW]							

Resultados del sistema completo de generación para R1234ze E_317°C

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA									
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)	T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (kJ/kg)	
Entrada de Gas Caliente	T1	317,8	Entrada Evaporador	295	7999,00	h9	695,3	100	102,00	480,6
Salida de Gas Caliente	T2	220	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	234,6	80	48,00	461,9
	T3	204	Entrada Turbina	120	205,00	h11	500,1	60	20,00	442,6
	T4	295	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	227,6			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	406,5			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	227,6			
			Entrada Cond-Agua	20Sa	2400	h17	227,6			
			Salida Cond-Agua	25Sa	3200	h18	234,6			
Q_Gas Caliente	Q1-2	762,6179	[kW]							
Q_Aceite Termico	Q3-4	648,2252	[kW]							
	Q1-2F	550,9914	[kW]							
	Q5-6	468,3427	[kW]							
Q_Evaporador	Q9-10	338,3776	[kW]							
Q_cond	Q13-14	131,3995	[kW]							
Q_Cond agua	Q15-16	111,6896	[kW]							
Qwt	Wt_neto120	82,4136	[kW]							
	Wt_neto100	76,5161	[kW]							
	Wt_neto80	70,8606	[kW]							
	Wt_neto60	65,0236	[kW]							
Wbomba	Wb	0.88397125	[kW]							

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R142b_317°C

Flujo gas caliente Chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,99392	0,824205569
Flujo másico del gas caliente	Flujo másico del Aceite
mgc (kg/s)	mat (kg/s)
8,99392	2,849341459
Volumen [m3/s]	densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,34

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R152a_317°C

Masas	
Flujo de gas caliente chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,9939	0,611977386
Flujo másico de gas caliente	Flujo másico del Aceite
mgc (kg/s)	mat (kg/s)
8,9939	2,849341459
Volumen [m3/s]	densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,33

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R236fa_317°C

Masas	
Flujo de gas caliente chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	0,926440051
Flujo másico de gas caliente	Flujo másico del Aceite
mgc (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	2,849341459
Volumen [m3/s]	Densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,37

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R245fa_317°C

Masas	
Flujo de gas caliente chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,994	0,822162928
Flujo másico de gas caliente	Flujo másico del Aceite
mgc (kg/s)	mat (kg/s)
8,994	2,849341459
Volumen [m3/s]	Densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,35

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R365mfc_317°C

Masas	
Flujo de gas Caliente chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,994	0,768516003
Flujo másico de gas caliente	Flujo másico del Aceite
mgc (kg/s)	mat (kg/s)
8,994	2,849341459
Volumen[m3/s]	Densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,36

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R1234yf_317°C

Masas	
Flujo de gas caliente chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,993920	0,878013431
Flujo másico de gas caliente	Flujo másico del Aceite
mgc (kg/s)	mat (kg/s)
8,993920	2,849341459
Volumen [m3/s]	Densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,85
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,37

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R1234ze E_317°C

Masas	
Flujo de gas caliente chimenea	Flujo másico del Refrigerante
mgch (kg/s)	mrefri (kg/s)
8,9939	0,864100911
Flujo másico del gas caliente	Flujo másico del Aceite
mgc (kg/s)	mat (kg/s)
8,9939	2,849341459
Volumen [m3/s]	densidad [kg/m3]
12,22	0,736
Calor Específico [kJ/kg*K]	Eficiencia del Condensador
Cp Gas Caliente	0,8
1,02	Eficiencia del Intercambiador
Cp Aceite	0,85
2,5	Eficiencia de la Turbina a Vapor
	0,35

Resultados de Eficiencias para temperaturas de (120,100,80,60) para R142b_317°C

Eficiencia ORC	0,246166
Eficiencia SH	0,109225
Eficiencia Carnot	0,484155
Eficiencia Carnot	0,504062
Eficiencia Carnot_100	0,214477
Eficiencia Carnot_80	0,169972
Eficiencia Carnot_60	0,12012

Resultados de Eficiencias (ORC) y (SH) para R152a_317°C

Eficiencia del ORC	0,24399611
Eficiencia del SH	0,10826237

Resultados de Eficiencias (ORC) y (SH) para R236fa_317°C

Eficiencia de ORC	0,24122121
Eficiencia del SH	0,10703113

Resultados de Eficiencias (ORC) y (SH) para R245fa_317°C

Eficiencia del ORC	0,243408952
Eficiencia del SH	0,108001845

Resultados de Eficiencias (ORC) y (SH) para R365mfc_317°C

Eficiencia del ORC	0,24406488
Eficiencia del SH	0,10829289

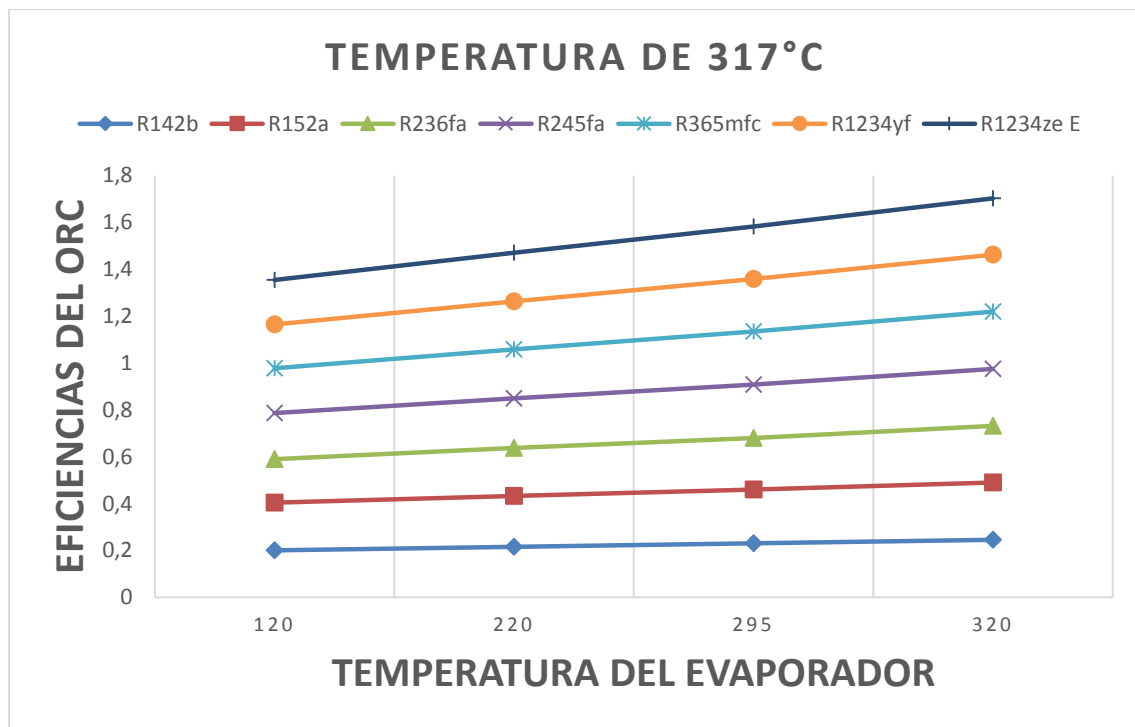
Resultados de Eficiencias (ORC) y (SH) para R1234yf_317°C

Eficiencia del ORC	0,24335664
Eficiencia del SH	0,10797863

Resultados de Eficiencias (ORC) y (SH) para R1234ze E_317°C

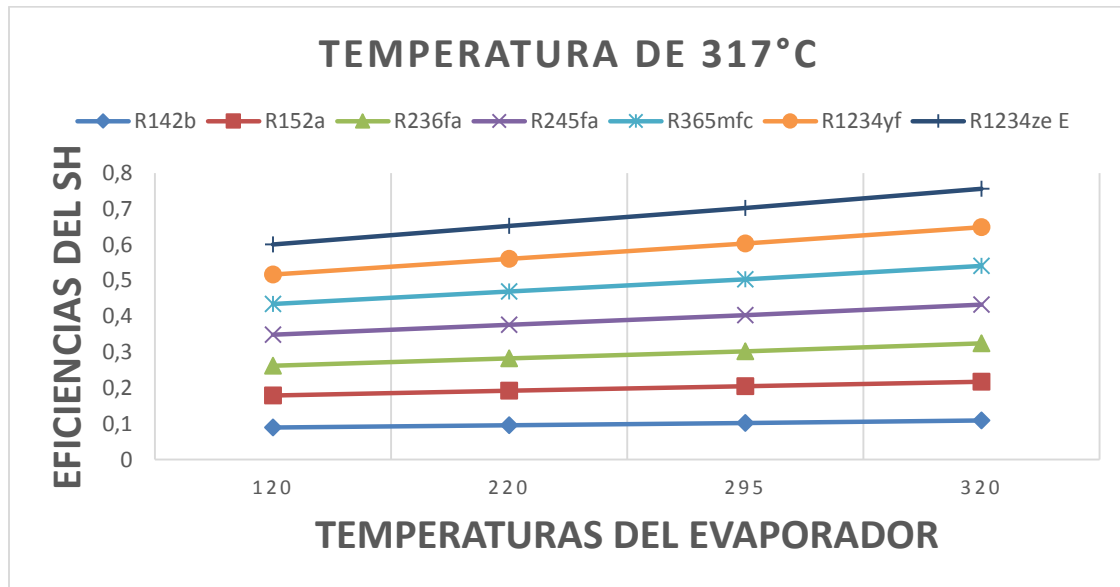
Eficiencia del ORC	0,240942823
Eficiencia del SH	0,10690761

A continuación, graficas de Eficiencia y Potencias del sistema completo en Excel para cada uno de los 7 refrigerantes.



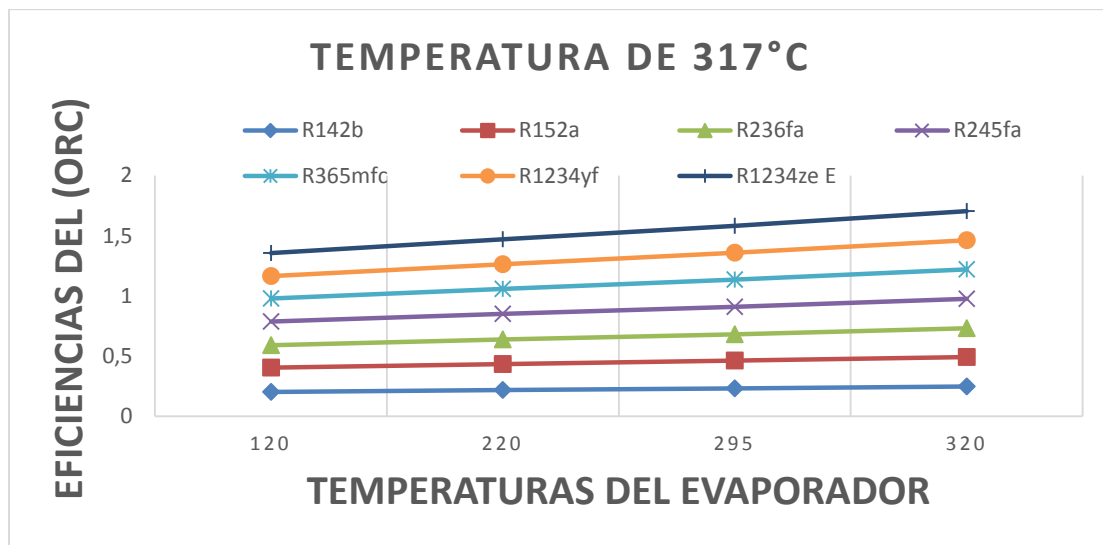
Eficiencia (ORC) vs Temperatura de gas caliente para 317°C

Para la Eficiencia de (ORC) la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.



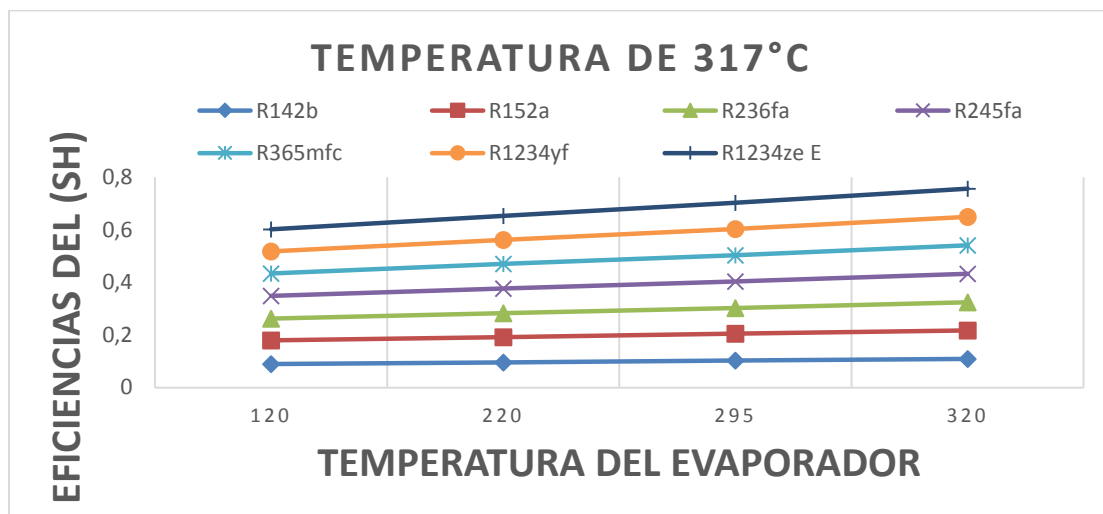
Eficiencia (SH) vs Temperatura de gas caliente para 317°C

Para la Eficiencia de (SH) la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.



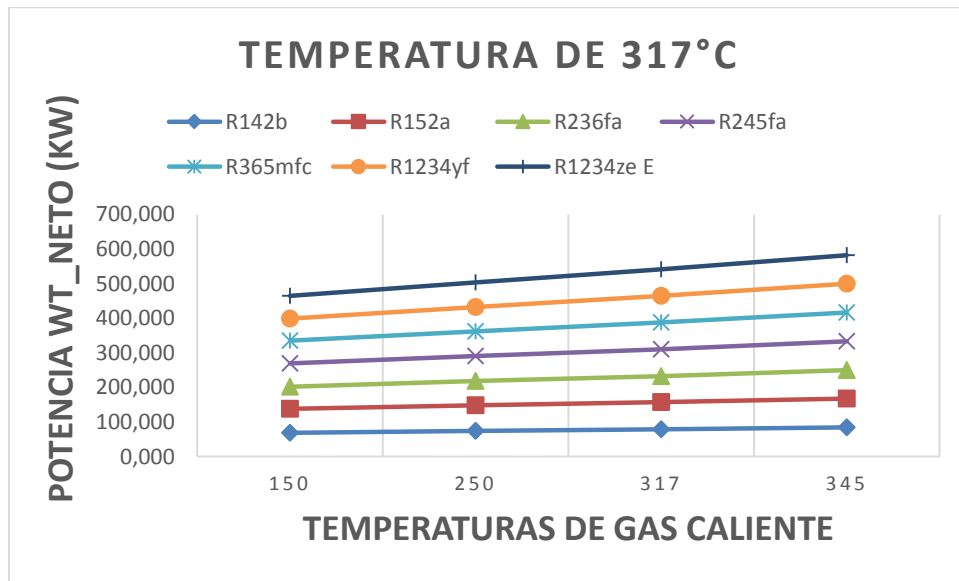
Eficiencia ORC vs Temperatura del Evaporador para 317°C

Para la Eficiencia de (ORC) la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.



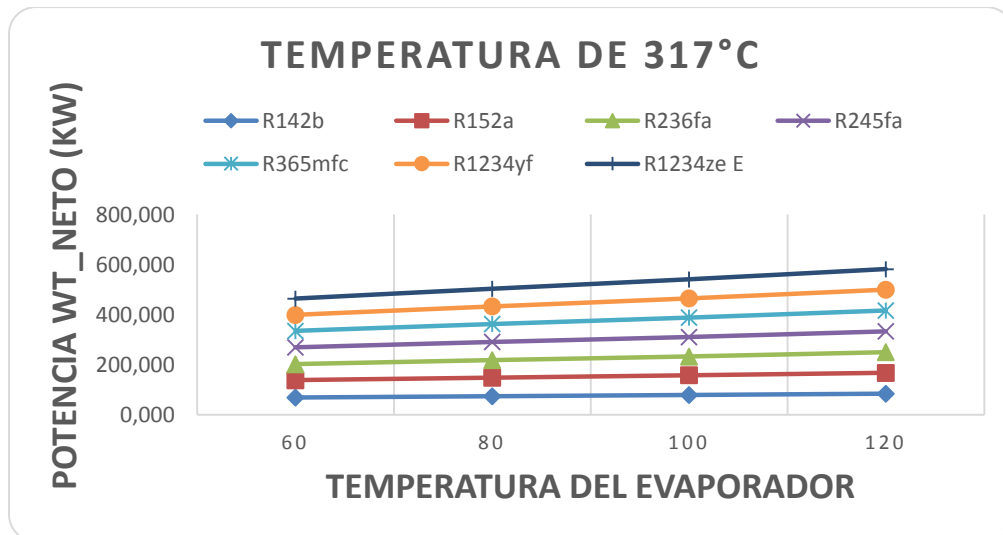
Eficiencia (SH) vs Temperatura del Evaporador para 317°C

Para la Eficiencia de (SH) la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.



Potencia W_{t_neto} (KW) vs Temperatura de gas caliente para 317°C

Para la Potencia W_{t_neto} (kW) de la Turbina Vapor de refrigerante con ingreso de gas caliente para cada uno de los 7 refrigerantes la mayor potencia es en R1234ze€



Potencia W_{t_neto} (KW) vs Temperatura del Evaporador 317°C

Para la Potencia W_{t_neto} (kW) de la Turbina Vapor de refrigerante con ingreso de temperaturas del Evaporador para cada uno de los 7 refrigerantes la mayor potencia es en R1234ze€.

Se utiliza la estructura de programación en (EES), para cada uno de los 7 refrigerantes con entradas de temperaturas (120°C,100°C,80°C,60°C), resultados del EES, resultados del sistema completo de generación en Excel.

Análisis para 345°C R142b

"Entrada del Evaporador"

$$T[9]=320[^\circ\text{C}]$$

$$P[9]=112,83[\text{kPa}]$$

$$h[9]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[9]; P=P[9])$$

$$s[9]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[9]; P=P[9])$$

"Salida del Evaporador"

$$T[10]=25[^\circ\text{C}]$$

$$P[10]=3200[\text{kPa}]$$

$$h[10]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[10]; P=P[10])$$

$$s[10]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[10]; P=P[10])$$

"Entrada a la Turbina a Vapor"

$$T[11]=120[^\circ\text{C}]$$

$$P[11]=205,000[\text{kPa}]$$

$$h[11]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[11]; P=P[11])$$

$$s[11]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[11]; P=P[11])$$

$$T[19]=100[^\circ\text{C}]$$

$$P[19]=102,000[\text{kPa}]$$

$$h[19]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[19]; P=P[19])$$

$$s[19]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[19]; P=P[19])$$

$$T[20]=80[^\circ\text{C}]$$

$$P[20]=48,000[\text{kPa}]$$

$$h[20]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[20]; P=P[20])$$

$$s[20]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[20]; P=P[20])$$

$$T[21]=60[^\circ\text{C}]$$

$$P[21]=20,000[\text{kPa}]$$

$$h[21]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[21]; P=P[21])$$

$$s[21]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[21]; P=P[21])$$

"Salida de la Turbina"

$$T[12]=20[^\circ\text{C}]$$

$$P[12]=2400[\text{kPa}]$$

$$h[12]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[12]; P=P[12])$$

$$s[12]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[12]; P=P[12])$$

"Entrada al Condensador"

$$T[13]=20[^\circ\text{C}]$$

$$P[13]=2,400[\text{kPa}]$$

$$h[13]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[13]; P=P[13])$$

$$s[13]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[13]; P=P[13])$$

"Salida del Condensador"

$$T[14]=20[^\circ\text{C}]$$

$$P[14]=2400[\text{kPa}]$$

$$h[14]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[14]; P=P[14])$$

$$s[14]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[14]; P=P[14])$$

"Entrada al Condensador agua"

$$T[15]=20[^\circ\text{C}]$$

$$P[15]=2,400[\text{kPa}]$$

$$h[15]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[15]; P=P[15])$$

$$s[15]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[15]; P=P[15])$$

"Salida al Condensador agua"

$$T[16]=20[^\circ\text{C}]$$

$P[16]=2400[\text{kPa}]$
 $h[16]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[16]; P=P[16])$
 $s[16]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[16]; P=P[16])$
 "Entrada a la Bomba"
 $T[17]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[17]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[17]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[17]; P=P[17])$
 $s[17]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[17]; P=P[17])$
 "Salida de la Bomba"
 $T[18]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[18]=3200[\text{kPa}]$
 $h[18]=\text{Enthalpy}(\text{R142b}; T=T[18]; P=P[18])$
 $s[18]=\text{Entropy}(\text{R142b}; T=T[18]; P=P[18])$

Análisis para 345°C R152a

"Evaporador"
 $T[9]=320[^\circ\text{C}]$
 $P[9]=112,82[\text{kPa}]$
 $h[9]=\text{Enthalpy}(\text{R152a}; T=T[9]; P=P[9])$
 $s[9]=\text{Entropy}(\text{R152a}; T=T[9]; P=P[9])$
 "Salida del Evaporador"
 $T[10]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[10]=3200[\text{kPa}]$
 $h[10]=\text{Enthalpy}(\text{R152a}; T=T[10]; P=P[10])$
 $s[10]=\text{Entropy}(\text{R152a}; T=T[10]; P=P[10])$
 "Entrada a la Turbina a Vapor"
 $T[11]=120[^\circ\text{C}]$
 $P[11]=205,00[\text{kPa}]$
 $h[11]=\text{Enthalpy}(\text{R152a}; T=T[11]; P=P[11])$
 $s[11]=\text{Entropy}(\text{R152a}; T=T[11]; P=P[11])$

 $T[19]=100[^\circ\text{C}]$
 $P[19]=102,000[\text{kPa}]$
 $h[19]=\text{Enthalpy}(\text{R152a}; T=T[19]; P=P[19])$
 $s[19]=\text{Entropy}(\text{R152a}; T=T[19]; P=P[19])$

 $T[20]=80[^\circ\text{C}]$
 $P[20]=48,000[\text{kPa}]$
 $h[20]=\text{Enthalpy}(\text{R152a}; T=T[20]; P=P[20])$
 $s[20]=\text{Entropy}(\text{R152a}; T=T[20]; P=P[20])$

 $T[21]=60[^\circ\text{C}]$
 $P[21]=20,000[\text{kPa}]$
 $h[21]=\text{Enthalpy}(\text{R152a}; T=T[21]; P=P[21])$
 $s[21]=\text{Entropy}(\text{R152a}; T=T[21]; P=P[21])$

 "Salida de la Turbina"
 $T[12]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[12]=2400[\text{kPa}]$
 $h[12]=\text{Enthalpy}(\text{R152a}; T=T[12]; P=P[12])$
 $s[12]=\text{Entropy}(\text{R152a}; T=T[12]; P=P[12])$
 "Entrada al Condensador"
 $T[13]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[13]=2,400[\text{kPa}]$

$h[13]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[13];P=P[13])$
 $s[13]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[13];P=P[13])$
 "Salida del Condensador"
 $T[14]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[14]=2400[\text{kPa}]$
 $h[14]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[14];P=P[14])$
 $s[14]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[14];P=P[14])$
 "Entrada al Condensador agua"
 $T[15]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[15]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[15]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[15];P=P[15])$
 $s[15]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[15];P=P[15])$
 "Salida al Condensador agua"
 $T[16]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[16]=2400[\text{kPa}]$
 $h[16]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[16];P=P[16])$
 $s[16]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[16];P=P[16])$
 "Entrada a la Bomba"
 $T[17]=20[^\circ\text{C}]$
 $P[17]=2,400[\text{kPa}]$
 $h[17]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[17];P=P[17])$
 $s[17]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[17];P=P[17])$
 "Salida de la Bomba"
 $T[18]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[18]=3200[\text{kPa}]$
 $h[18]=\text{Enthalpy}(\text{R152a};T=T[18];P=P[18])$
 $s[18]=\text{Entropy}(\text{R152a};T=T[18];P=P[18])$

Análisis para 345°C R236fa

"Evaporador"
 $T[9]=320[^\circ\text{C}]$
 $P[9]=112,83[\text{kPa}]$
 $h[9]=\text{Enthalpy}(\text{R236fa};T=T[9];P=P[9])$
 $s[9]=\text{Entropy}(\text{R236fa};T=T[9];P=P[9])$
 "Salida del Evaporador"
 $T[10]=25[^\circ\text{C}]$
 $P[10]=3200[\text{kPa}]$
 $h[10]=\text{Enthalpy}(\text{R236fa};T=T[10];P=P[10])$
 $s[10]=\text{Entropy}(\text{R236fa};T=T[10];P=P[10])$
 "Entrada a la Turbina a Vapor"
 $T[11]=120[^\circ\text{C}]$
 $P[11]=205,000[\text{kPa}]$
 $h[11]=\text{Enthalpy}(\text{R236fa};T=T[11];P=P[11])$
 $s[11]=\text{Entropy}(\text{R236fa};T=T[11];P=P[11])$

 $T[19]=100[^\circ\text{C}]$
 $P[19]=102,000[\text{kPa}]$
 $h[19]=\text{Enthalpy}(\text{R236fa};T=T[19];P=P[19])$
 $s[19]=\text{Entropy}(\text{R236fa};T=T[19];P=P[19])$

 $T[20]=80[^\circ\text{C}]$
 $P[20]=48,000[\text{kPa}]$
 $h[20]=\text{Enthalpy}(\text{R236fa};T=T[20];P=P[20])$
 $s[20]=\text{Entropy}(\text{R236fa};T=T[20];P=P[20])$

T[21]=60[°C]
P[21]=20,000[kPa]
h[21]=Enthalpy(R236fa;T=T[21];P=P[21])
s[21]=Entropy(R236fa;T=T[21];P=P[21])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R236fa;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R236fa;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R236fa;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R236fa;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R236fa;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R236fa;T=T[14];P=P[14])

"Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R236fa;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R236fa;T=T[15];P=P[15])

"Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]
P[16]=2400[kPa]
h[16]=Enthalpy(R236fa;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R236fa;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R236fa;T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R236fa;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R236fa;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R236fa;T=T[18];P=P[18])

Análisis para 345°C R245fa

"Entrada al Evaporador"

T[9]=320[°C]
P[9]=112,83[kPa]
h[9]=Enthalpy(R245fa;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R245fa;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R245fa;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R245fa;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]

P[11]=198,665[kPa]
h[11]=Enthalpy(R245fa;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R245fa;T=T[11];P=P[11])

T[19]=100[°C]
P[19]=102,000[kPa]
h[19]=Enthalpy(R245fa;T=T[19];P=P[19])
s[19]=Entropy(R245fa;T=T[19];P=P[19])

T[20]=80[°C]
P[20]=48,000[kPa]
h[20]=Enthalpy(R245fa;T=T[20];P=P[20])
s[20]=Entropy(R245fa;T=T[20];P=P[20])

T[21]=60[°C]
P[21]=20,000[kPa]
h[21]=Enthalpy(R245fa;T=T[21];P=P[21])
s[21]=Entropy(R245fa;T=T[21];P=P[21])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R245fa;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R245fa;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R245fa;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R245fa;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R245fa;T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R245fa;T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R245fa;T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R245fa;T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]
P[16]=2400[kPa]
h[16]=Enthalpy(R245fa;T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R245fa;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R245fa;T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R245fa;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R245fa;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R245fa;T=T[18];P=P[18])

Análisis para 345°C R365mfc

"Entrada al Evaporador"

T[9]=320[°C]

P[9]=112,83[kPa]

h[9]=Enthalpy(R365mfc;T=T[9];P=P[9])

s[9]=Entropy(R365mfc;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]

P[10]=3200[kPa]

h[10]=Enthalpy(R365mfc;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R365mfc;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]

P[11]=198,665[kPa]

h[11]=Enthalpy(R365mfc;T=T[11];P=P[11])

s[11]=Entropy(R365mfc;T=T[11];P=P[11])

T[19]=100[°C]

P[19]=102,000[kPa]

h[19]=Enthalpy(R365mfc;T=T[19];P=P[19])

s[19]=Entropy(R365mfc;T=T[19];P=P[19])

T[20]=80[°C]

P[20]=48,000[kPa]

h[20]=Enthalpy(R365mfc;T=T[20];P=P[20])

s[20]=Entropy(R365mfc;T=T[20];P=P[20])

T[21]=60[°C]

P[21]=20,000[kPa]

h[21]=Enthalpy(R365mfc;T=T[21];P=P[21])

s[21]=Entropy(R365mfc;T=T[21];P=P[21])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]

P[12]=2400[kPa]

h[12]=Enthalpy(R365mfc;T=T[12];P=P[12])

s[12]=Entropy(R365mfc;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]

P[13]=2,400[kPa]

h[13]=Enthalpy(R365mfc;T=T[13];P=P[13])

s[13]=Entropy(R365mfc;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]

h[14]=Enthalpy(R365mfc;T=T[14];P=P[14])

s[14]=Entropy(R365mfc;T=T[14];P=P[14])

"Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]

P[15]=2,400[kPa]

h[15]=Enthalpy(R365mfc;T=T[15];P=P[15])

s[15]=Entropy(R365mfc;T=T[15];P=P[15])

"Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]

P[16]=2400[kPa]

h[16]=Enthalpy(R365mfc;T=T[16];P=P[16])

s[16]=Entropy(R365mfc;T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R365mfc;T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R365mfc;T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R365mfc;T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R365mfc;T=T[18];P=P[18])

Análisis para 345°C R1234yf

"Evaporador"

T[9]=320[°C]
P[9]=112,83[kPa]
h[9]=Enthalpy(R1234yf;T=T[9];P=P[9])
s[9]=Entropy(R1234yf;T=T[9];P=P[9])

"Salida del Evaporador"

T[10]=25[°C]
P[10]=3200[kPa]
h[10]=Enthalpy(R1234yf;T=T[10];P=P[10])
s[10]=Entropy(R1234yf;T=T[10];P=P[10])

"Entrada a la Turbina a Vapor"

T[11]=120[°C]
P[11]=198,65[kPa]
h[11]=Enthalpy(R1234yf;T=T[11];P=P[11])
s[11]=Entropy(R1234yf;T=T[11];P=P[11])

T[19]=100[°C]
P[19]=102,000[kPa]
h[19]=Enthalpy(R1234yf;T=T[19];P=P[19])
s[19]=Entropy(R1234yf;T=T[19];P=P[19])

T[20]=80[°C]
P[20]=48,000[kPa]
h[20]=Enthalpy(R1234yf;T=T[20];P=P[20])
s[20]=Entropy(R1234yf;T=T[20];P=P[20])

T[21]=60[°C]
P[21]=20,000[kPa]
h[21]=Enthalpy(R1234yf;T=T[21];P=P[21])
s[21]=Entropy(R1234yf;T=T[21];P=P[21])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R1234yf;T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R1234yf;T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R1234yf;T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R1234yf;T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]

P[14]=2400[kPa]
 h[14]=Enthalpy(R1234yf;T=T[14];P=P[14])
 s[14]=Entropy(R1234yf;T=T[14];P=P[14])
 "Entrada al Condensador agua"
 T[15]=20[°C]
 P[15]=2,400[kPa]
 h[15]=Enthalpy(R1234yf;T=T[15];P=P[15])
 s[15]=Entropy(R1234yf;T=T[15];P=P[15])
 "Salida al Condensador agua"
 T[16]=20[°C]
 P[16]=2400[kPa]
 h[16]=Enthalpy(R1234yf;T=T[16];P=P[16])
 s[16]=Entropy(R1234yf;T=T[16];P=P[16])
 "Entrada a la Bomba"
 T[17]=20[°C]
 P[17]=2,400[kPa]
 h[17]=Enthalpy(R1234yf;T=T[17];P=P[17])
 s[17]=Entropy(R1234yf;T=T[17];P=P[17])
 "Salida de la Bomba"
 T[18]=25[°C]
 P[18]=3200[kPa]
 h[18]=Enthalpy(R1234yf;T=T[18];P=P[18])
 s[18]=Entropy(R1234yf;T=T[18];P=P[18])

nálisis para 345°C R1234yf

"Entrada al Evaporador"
 T[9]=320[°C]
 P[9]=112,83[kPa]
 h[9]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[9];P=P[9])
 s[9]=Entropy(R1234ze(E);T=T[9];P=P[9])
 "Salida del Evaporador"
 T[10]=25[°C]
 P[10]=3200[kPa]
 h[10]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[10];P=P[10])
 s[10]=Entropy(R1234ze(E);T=T[10];P=P[10])
 "Entrada a la Turbina a Vapor"
 T[11]=120[°C]
 P[11]=198,665[kPa]
 h[11]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[11];P=P[11])
 s[11]=Entropy(R1234ze(E);T=T[11];P=P[11])

 T[19]=100[°C]
 P[19]=102,00[kPa]
 h[19]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[19];P=P[19])
 s[19]=Entropy(R1234ze(E);T=T[19];P=P[19])

 T[20]=80[°C]
 P[20]=48,000[kPa]
 h[20]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[20];P=P[20])
 s[20]=Entropy(R1234ze(E);T=T[20];P=P[20])

 T[21]=60[°C]

P[21]=20,000[kPa]
h[21]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[21];P=P[21])
s[21]=Entropy(R1234ze(E);T=T[21];P=P[21])

"Salida de la Turbina"

T[12]=20[°C]
P[12]=2400[kPa]
h[12]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[12];P=P[12])
s[12]=Entropy(R1234ze(E);T=T[12];P=P[12])

"Entrada al Condensador"

T[13]=20[°C]
P[13]=2,400[kPa]
h[13]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[13];P=P[13])
s[13]=Entropy(R1234ze(E);T=T[13];P=P[13])

"Salida del Condensador"

T[14]=20[°C]
P[14]=2400[kPa]
h[14]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[14];P=P[14])
s[14]=Entropy(R1234ze(E);T=T[14];P=P[14])

" Entrada al Condensador agua"

T[15]=20[°C]
P[15]=2,400[kPa]
h[15]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[15];P=P[15])
s[15]=Entropy(R1234ze(E);T=T[15];P=P[15])

" Salida al Condensador agua"

T[16]=20[°C]
P[16]=2400[kPa]
h[16]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[16];P=P[16])
s[16]=Entropy(R1234ze(E);T=T[16];P=P[16])

"Entrada a la Bomba"

T[17]=20[°C]
P[17]=2,400[kPa]
h[17]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[17];P=P[17])
s[17]=Entropy(R1234ze(E);T=T[17];P=P[17])

"Salida de la Bomba"

T[18]=25[°C]
P[18]=3200[kPa]
h[18]=Enthalpy(R1234ze(E);T=T[18];P=P[18])
s[18]=Entropy(R1234ze(E);T=T[18];P=P[18])

Resultados del sistema completo de generación para R142b_345°C

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA									
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (kJ/kg)
Entrada del gascaliente	T1	345	Entrada Evaporador	320	11,2839	h9	737,4	100	102,00	508,2
Salida del gas caliente	T2	250	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	233	80	48,00	490,1
Salida del aceite térmico	T3	220	Entrada Turbina	120	205,00	h11	526,6	60	20,00	472,3
Entrada del aceite térmico	T4	320	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	226,2			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	438,4			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	226,2			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	438,4			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	226,2			
				20Sa	2400	h17	226,2			
Q_Gas Caliente	Q1-2	740,7842208	[kW]	25Sa	3200	h18	233			
Q_Aceite Termico	Q3-4	629,6665877	[kW]							
	Q1-2F	535,2165995	[kW]							
	Q5-6	454,9341096	[kW]							
Q_Evaporador	Q9-10	328,6898942	[kW]							
Q_cond	Q13-14	138,2791347	[kW]							
Q_Cond agua	Q15-16	117,5372645	[kW]							
Wt	Wt_neto120	85,21067397	[kW]							
	Wt_neto100	79,99137836	[kW]							
	Wt_neto80	74,85717996	[kW]							
	Wt_60	69,80807878	[kW]							
W_bomba	Wb	0,883971252	[kW]							

Resultados del sistema completo de generación para R152a_345°C

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA									
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (KJ/kg)
Entrada del Gas caliente	T1	345	Entrada Evaporador	320	2023,00	h9	938,8	100	102,00	625,3
Salida del Gas caliente	T2	250	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	244,4	80	48,00	603,1
	T3	220	Entrada Turbina	120,00	205,00	h11	648,6	60	20,00	580
	T4	320	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	235,4			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	537,7			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	235,4			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	537,7			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	235,4			
				20Sa	2400	h17	235,4			
Q_Gas Caliente	Q1-2	740,7842208	[kW]	25Sa	3200	h18	244,4			
Q_Aceite Termico	Q3-4	629,6665877	[kW]							
	Q1-2F	535,2165995	[kW]							
	Q5-6	454,9341096	[kW]							
Q_Evaporador	Q9-10	328,6898942	[kW]							
Q_cond	Q13-14	143,0918131	[kW]							
Q_Cond agua	Q15-16	121,6280411	[kW]							
Wt	Wt_neto120	85,13727599	[kW]							
	Wt_neto100	80,3364567	[kW]							
	Wt_neto80	75,76228553	[kW]							
	Wt_60	71,00267499	[kW]							
Wbomba	Wb	0,883971252	[kW]							

Resultados del sistema completo de generación para R236fa_345°C

EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA										
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (KJ/kg)
Entrada de Gas Caliente	T1	345	Entrada Evaporador	320	11,28	h9	696,9	100	102,00	446,3
Salida de Gas Caliente	T2	250	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	231	80	48,00	428,3
	T3	220	Entrada Turbina	120,00	205,00	h11	464,7	60	20,00	410,7
	T4	320	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	224,7			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	377,2			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	224,7			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	377,2			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	224,7			
				20Sa	2400	h17	224,7			
Q_Gas Caliente	Q1-2	740,7842208	[kW]	25Sa	3200	h18	231			
Q_Aceite Termico	Q3-4	629,6665877	[kW]							
	Q1-2F	535,2165995	[kW]							
	Q5-6	454,9341096	[kW]							
Q_Evaporador	Q9-10	328,6898942	[kW]							
Q_cond	Q13-14	103,143298	[kW]							
Q_Cond agua	Q15-16	87,67180328	[kW]							
Wt	Wt_neto120	85,65533396	[kW]							
	Wt_neto100	79,08842503	[kW]							
	Wt_neto80	72,66427498	[kW]							
	Wt_60	66,38288382	[kW]							
Wbomba	Wb	0,883971252	[kW]							

Resultados del sistema completo de generación para R245fa_345°C

EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA										
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (KJ/kg)
Entrada de Gas Caliente	T1	345	Entrada Evaporador	320	11,28	h9	753,4	100	102,00	508,2
Salida de Gas Caliente	T2	250	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	233,4	80	48,00	490,1
	T3	220	Entrada Turbina	120,00	205,00	h11	515,5	60	20,00	472,3
	T4	320	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	226,6			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	423,9			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	226,6			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	423,9			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	213,2			
				20Sa	2400	h17	226,6			
Q_Gas Caliente	Q1-2	740,78422	[kW]	25Sa	3200	h18	233,4			
Q_Aceite Termico	Q3-4	629,66659	[kW]							
	Q1-2F	535,2166	[kW]							
	Q5-6	454,93411	[kW]							
Q_Evaporador	Q9-10	328,68989	[kW]							
Q_cond	Q13-14	124,71253	[kW]							
Q_Cond agua	Q15-16	106,00565	[kW]							
Wt	Wt_neto120	83,786921	[kW]							
	Wt_neto100	81,669771	[kW]							
	Wt_neto80	76,4204	[kW]							
	Wt_60	71,258036	[kW]							
Wbomba	Wb	0,8839713	[kW]							

Resultados del sistema completo de generación para R365mfc_317°C

EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA										
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (kJ/kg)
Entrada de Gas Caliente	T1	345	Entrada Evaporador	320	2023,00	h9	794,1	100	102,00	508,2
Salida de Gas Caliente	T2	250	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	235	80	48,00	486,9
	T3	220	Entrada Turbina	120,00	205,00	h11	529,6	60	20,00	466,1
	T4	320	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	227,9			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	426			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	227,9			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	426			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	227,9			
				20Sa	2400	h17	227,9			
Q_Gas Caliente	Q1-2	740,7842208	[kW]	25Sa	3200	h18	235			
Q_Aceite Termico	Q3-4	629,6665877	[kW]							
	Q1-2F	535,2165995	[kW]							
	Q5-6	454,9341096	[kW]							
Q_Evaporador	Q9-10	328,6898942	[kW]							
Q_cond	Q13-14	116,4612199	[kW]							
Q_Cond agua	Q15-16	98,9920369	[kW]							
Wt	Wt_neto120	83,46669843	[kW]							
	Wt_neto100	77,5462896	[kW]							
	Wt_neto80	71,65354622	[kW]							
	Wt_60	65,89913015	[kW]							
Wbomba	Wb	0,883971252	[kW]							

Resultados del sistema completo de generación para R1234yf_345°C

EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA										
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)		T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (kJ/kg)
Entrada de Gas Caliente	T1	345	Entrada Evaporador	320	2023,00	h9	722,1	100,000	102,00	463,1
Salida de Gas Caliente	T2	250	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	233,6	80,00	48,00	443,4
	T3	220	Entrada Turbina	120,00	205,00	h11	483,1	60,000	20,00	424,2
	T4	320	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	226,9			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	387,6			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	226,9			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	387,6			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	213,7			
				20Sa	2400	h17	226,9			
Q_Gas Caliente	Q1-2	740,7842208	[kW]	25Sa	3200	h18	233,6			
Q_Aceite Termico	Q3-4	629,6665877	[kW]							
	Q1-2F	535,2165995	[kW]							
	Q5-6	454,9341096	[kW]							
Q_Evaporador	Q9-10	328,6898942	[kW]							
Q_cond	Q13-14	108,1278731	[kW]							
Q_Cond agua	Q15-16	91,90869211	[kW]							
Wt	Wt_neto120	83,15068665	[kW]							
	Wt_neto100	76,65961041	[kW]							
	Wt_neto80	70,26590031	[kW]							
	Wt_60	64,03446712	[kW]							
Wbomba	Wb	0,883971252	[kW]							

Resultados del sistema completo de generación para R1234ZE E_345°C

	EVAPORADOR, TURBINA, CONDENSADOR, BOMBA									
	T[°C]			T[°C]	Presión[kPa]	Entalpías (kJ/kg)	T[°C]	Presión (kPa)	Entalpías (KJ/kg)	
Entrada de Gas Caliente	T1	345	Entrada Evaporador	320	2023,00	h9	728,8	100,000	102,00	480,6
Salida de Gas Caliente	T2	250	Salida Evaporador	25Sa	3,200	h10	234,6	80	48,00	461,4
	T3	220	Entrada Turbina	120,00	205,00	h11	500,1	60,000	20,00	442,6
	T4	320	Salida Turbina	20Sa	2400	h12	227,6			
			Entrada Condensador	20	2,400	h13	406,5			
			Salida Condensador	20Sa	2400	h14	227,6			
			Entrada Cond-Agua	20En	2,400	h15	406,5			
			Salida Cond-Agua	20Sa	2400	h16	213,7			
				20Sa	2400	h17	227,6			
Q_Gas Caliente	Q1-2	740,78422	[kW]	25Sa	3200	h18	234,6			
Q_Aceite Termico	Q3-4	629,66659	[kW]							
	Q1-2F	535,2166	[kW]							
	Q5-6	454,93411	[kW]							
Q_Evaporador	Q9-10	328,68989	[kW]							
Q_cond	Q13-14	118,98548	[kW]							
Q_Cond agua	Q15-16	101,13765	[kW]							
Wt	Wt_neto120	83,156423	[kW]							
	Wt_neto100	77,20578	[kW]							
	Wt_neto80	71,346685	[kW]							
	Wt_60	65,609655	[kW]							
Wbomba	Wb	0.8839713	[kW]							

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R142b_345°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
749,5	112,8	2,602	320
233	3200	1,106	25
526,6	205,00	2,098	120
508,2	102,00	2,107	100
490,1	48,00	2,119	80
472,3	20,00	2,139	60
226,2	2400	1,086	20
438,4	2,4	2,206	20
226,2	2400	1,086	20
438,4	2,4	2,206	20
226,2	2400	1,086	20
438,4	2,4	2,206	20
233	3200	1,106	25

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R152b_345°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
938,8	112,8	3,249	320
244,4	3200	1,145	25
648,6	205	2,583	120
625,3	102	2,609	100
602,3	48	2,640	80
580	20	2,684	60
235,4	2400	1,117	20
537,7	2,4	2,816	20
235,4	2400	1,117	20
537,7	2,4	2,816	20
235,4	2400	1,117	20
537,7	2,4	2,816	20
244,4	3200	1,145	25

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R236fa_345°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
h[i]	P[i]	s[i]	T[i]
[kJ/kg]	[kPa]	[kJ/kg]	[°C]
695,9	112,8	2,37	320
231	3200	1,101	25
464,7	205	1,867	120
446,3	102	1,856	100
428,3	48	1,082	80
410,7	20	1,844	60
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
224,7	2400	1,082	20
377,2	2,4	1,852	20
231	3200	1,101	25

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R245fa_345°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
753,4	112,8	2,524	320
233,4	3200	1,109	25
515,6	198,7	2,004	120
496,4	102,00	1,997	100
477,5	48,00	1,988	80
459	20,00	1,989	60
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
226,6	2400	1,088	20
423,9	2,4	2,007	20
233,4	3200	1,109	25

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R365mfc_345°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
793,4	112,8	2,567	320
235	3200	1,114	25
529,7	198,7	1,997	120
508,2	102	1,977	100
486,9	48	1,960	80
466,1	20	1,948	60
227,9	2400	1,092	20
426	2,4	1,939	20
227,9	2400	1,092	20
426	2,4	1,939	20
227,9	2400	1,092	20
426	2,4	1,939	20
235	3200	1,114	25

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R1234yf_350°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
721,7	112,8	2,521	320
233,6	3200	1,111	25
483,2	198,7	1,993	120
463,1	102	1,988	100
443,4	48	1,988	80
424,2	20	2,000	60
226,9	2400	1,09	20
387,6	2,4	2,034	20
226,9	2400	1,09	20
387,6	2,4	2,034	20
226,9	2400	1,09	20
387,6	2,4	2,034	20
233,6	3200	1,111	25

Resultados de Flujos de másicos, refrigerantes, aceite, volumen, densidad, calor específico, eficiencias para R1234ze E_345°C

Entalpías [kJ/kg]	Presión [kPa]	Entropías [kJ/kg]	Temperaturas [°C]
728,4	112,8	2,539	320
234,6	3200	1,113	25
500,1	198,7	2,031	120
480,6	102	2,028	100
461,4	48	2,029	80
442,6	20	2,038	60
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
227,6	2400	1,091	20
406,5	2,4	2,077	20
234,6	3200	1,113	25

Resultados de Eficiencias para temperaturas de (120,100,80,60) para R142b_317°C

Eficiencia del ORC	0,2565540
Eficiencia del SH	0,11383437
Eficiencia de Carnot	0,505902192
Eficiencia de Carnot_100	0,214477212
Eficiencia de Carnot_80	0,169971671
Eficiencia de Carnot_60	0,12012012
Eficiencia de Carnot	0,525889968

Resultados de Eficiencias (ORC) y (SH) para R152a_345°C

Eficiencia del ORC	0,256330682
Eficiencia del SH	0,113735285

Resultados de Eficiencias (ORC) y (SH) para R236fa_345°C

Eficiencia del ORC	0,2579068119
Eficiencia del SH	0,114434623

Resultados de Eficiencias (ORC) y (SH) para R245fa_345°C

Eficiencia del ORC	0,2522224
Eficiencia del SH	0,1119124

Resultados de Eficiencias (ORC) y (SH) para R365mfc_345°C

Eficiencia del ORC	0,251248148
Eficiencia del SH	0,111480138

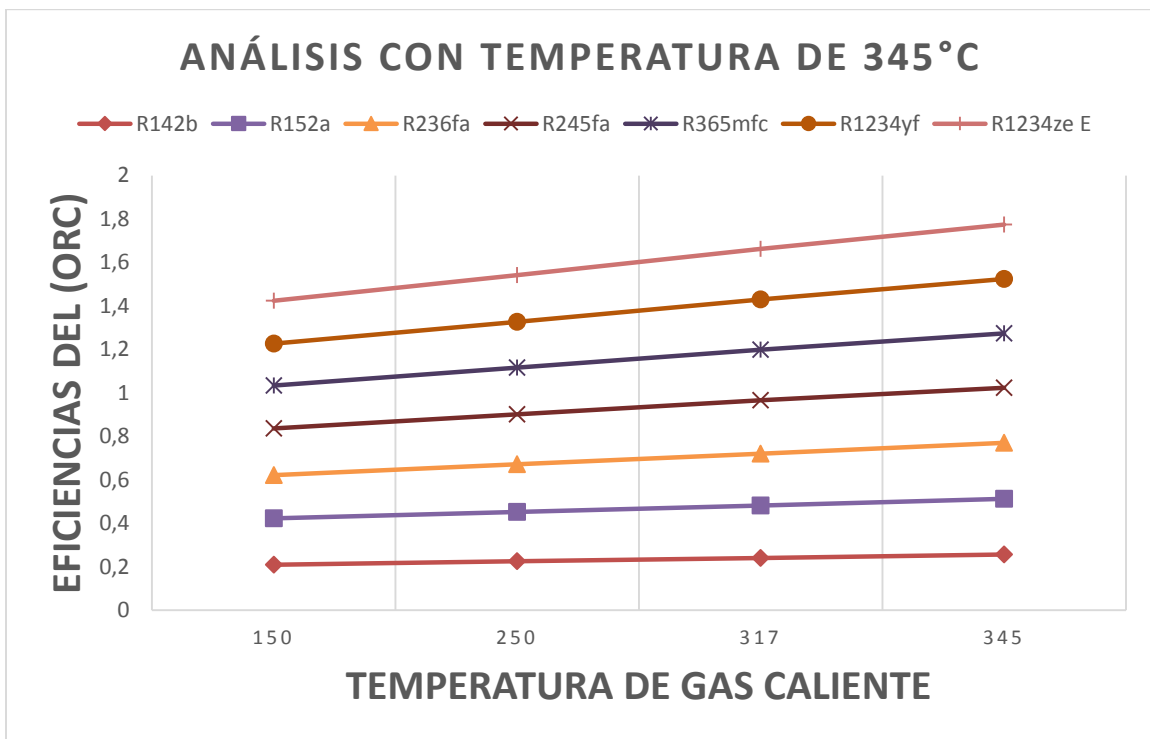
Resultados de Eficiencias (ORC) y (SH) para R1234yf_345°C

Eficiencia del ORC	0,25028672
Eficiencia del SH	0,11105355

Resultados de Eficiencias (ORC) y (SH) para R1234ze E_345°C

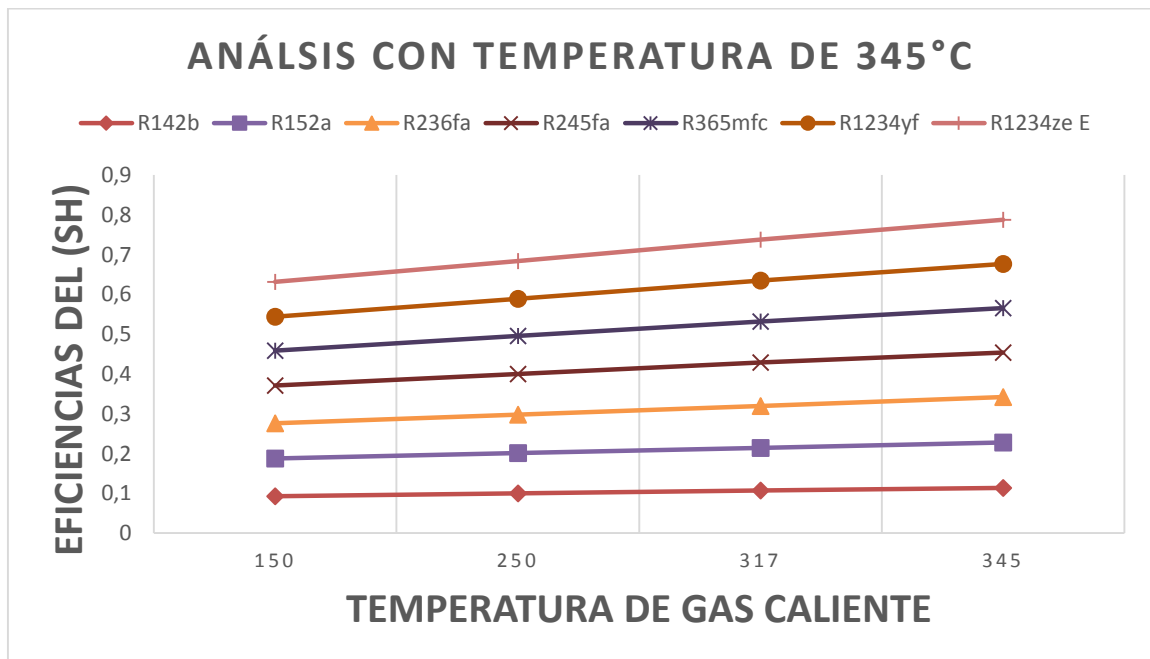
Eficiencia del ORC	0,250304171
Eficiencia del SH	0,11106129

A continuación, gráficas de Eficiencias y Potencias del sistema completo en Excel para con cada uno los 7 refrigerantes.



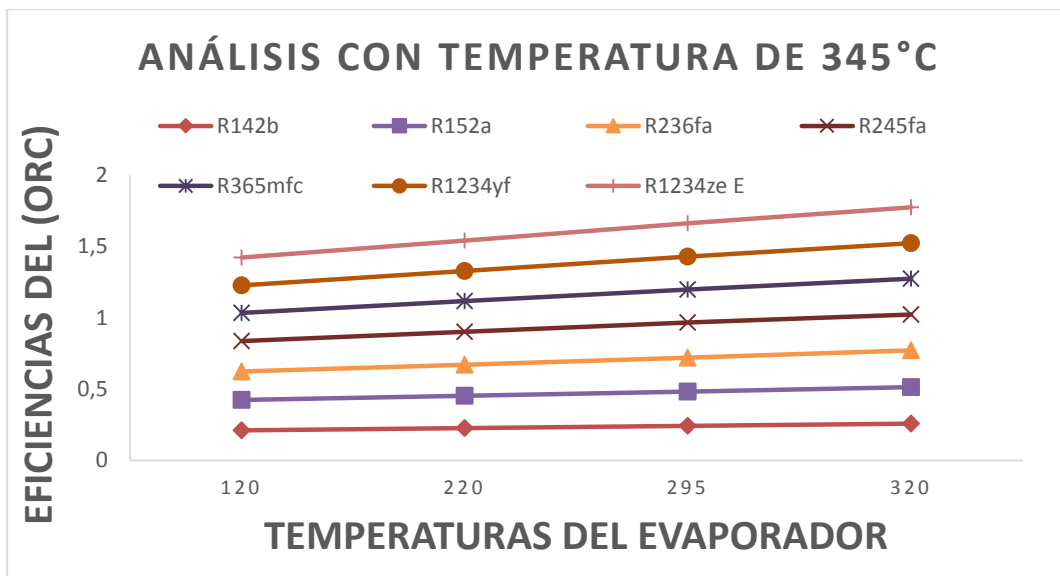
Eficiencias (ORC) vs Temperatura de gas caliente para 345°C

Para la Eficiencia de (ORC) a mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.



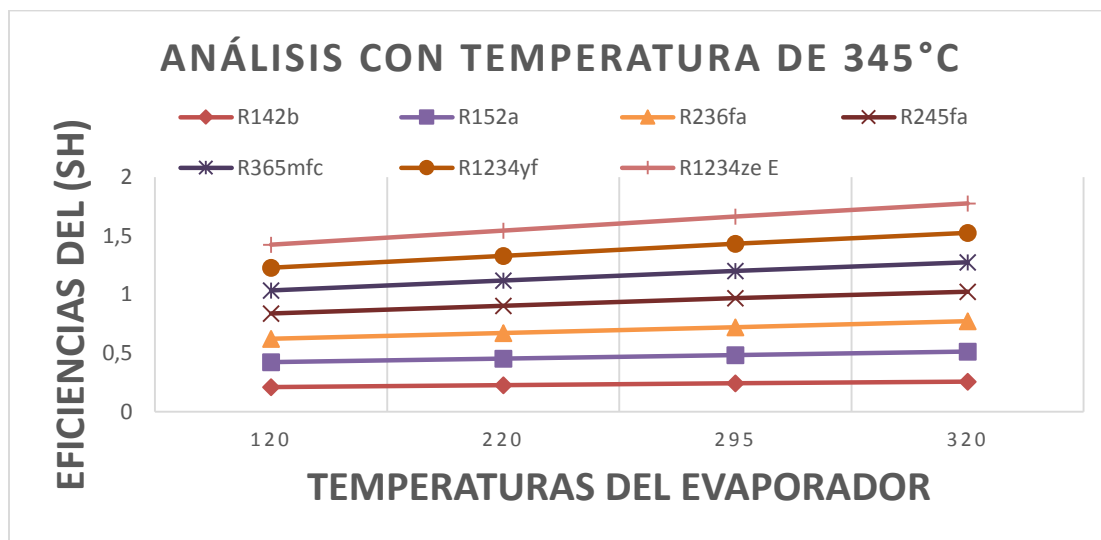
Eficiencias (SH) vs Temperatura de gas caliente para 345°C

Para la Eficiencia de (SH) la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.



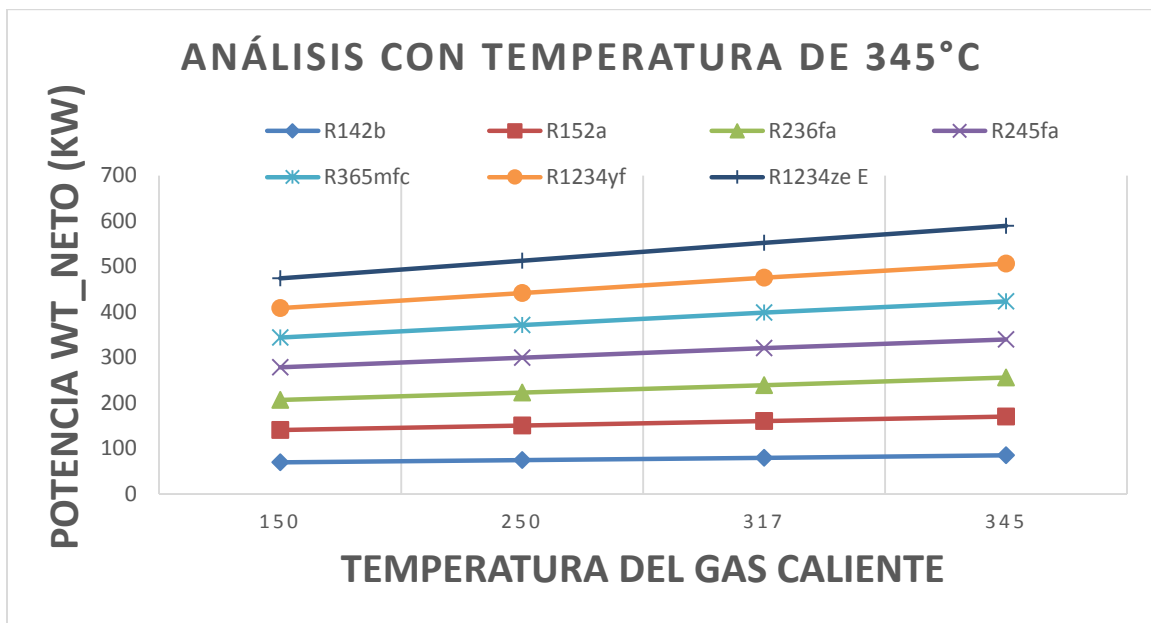
Eficiencias (ORC) vs Temperaturas del Evaporador para 345°C

Para la Eficiencia de (ORC) la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.



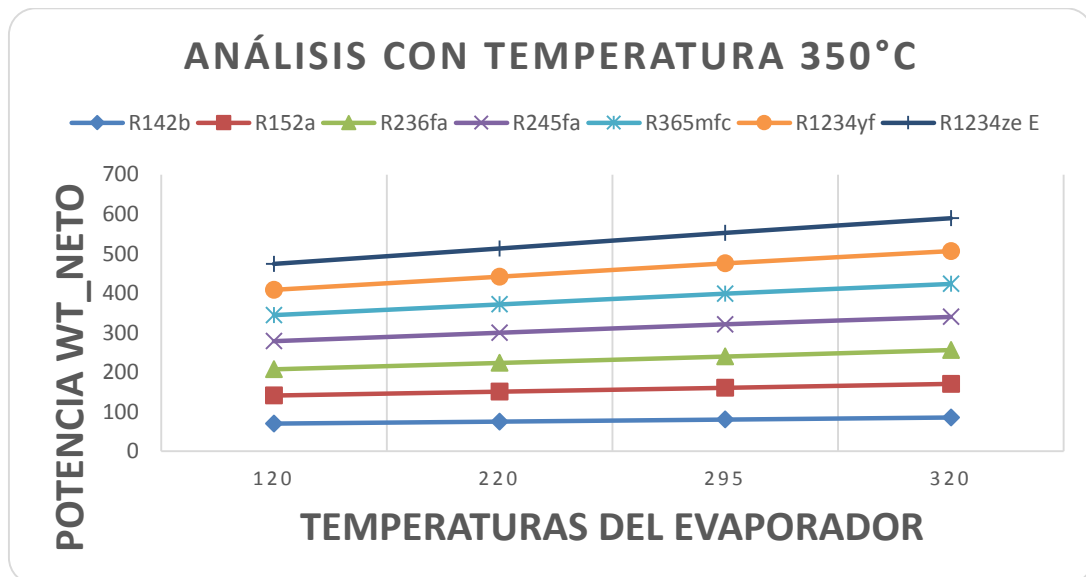
Eficiencia (SH) vs Temperatura del Evaporador para 345°C

Para la Eficiencia de (SH) la mayor eficiencia es en el refrigerante R1234ze E.



Potencia Wt_neto (KW) vs Temperatura de gas caliente para 345°C

Para la Potencia Wt_neto (kW) de la Turbina Vapor de refrigerante con ingreso de gas caliente para cada uno de los 7 refrigerantes, la mayor potencia es en R1234ze€

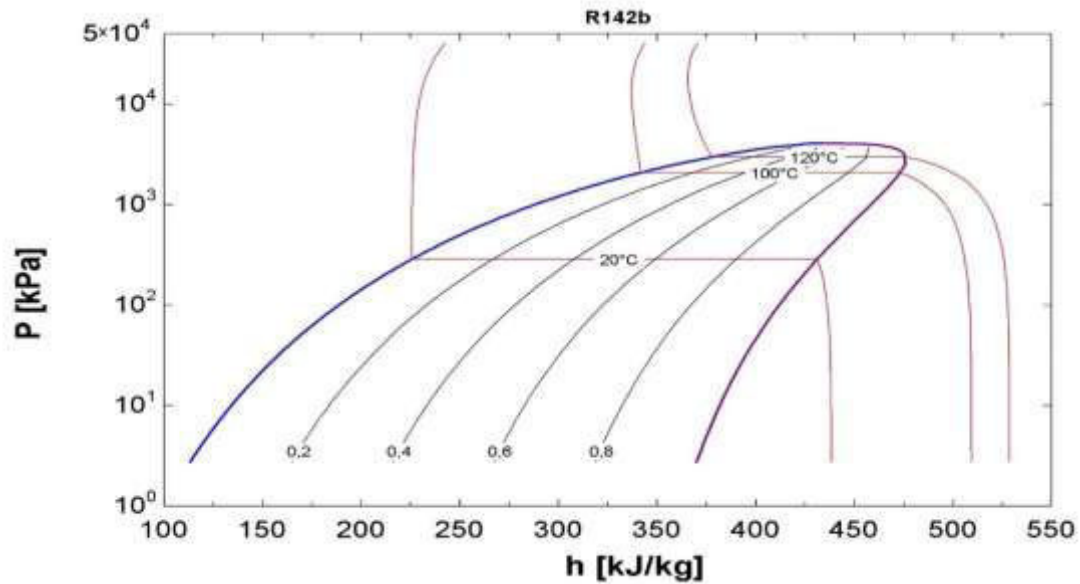


Potencia Wt_neto (KW) vs Temperatura del Evaporador para 345°C

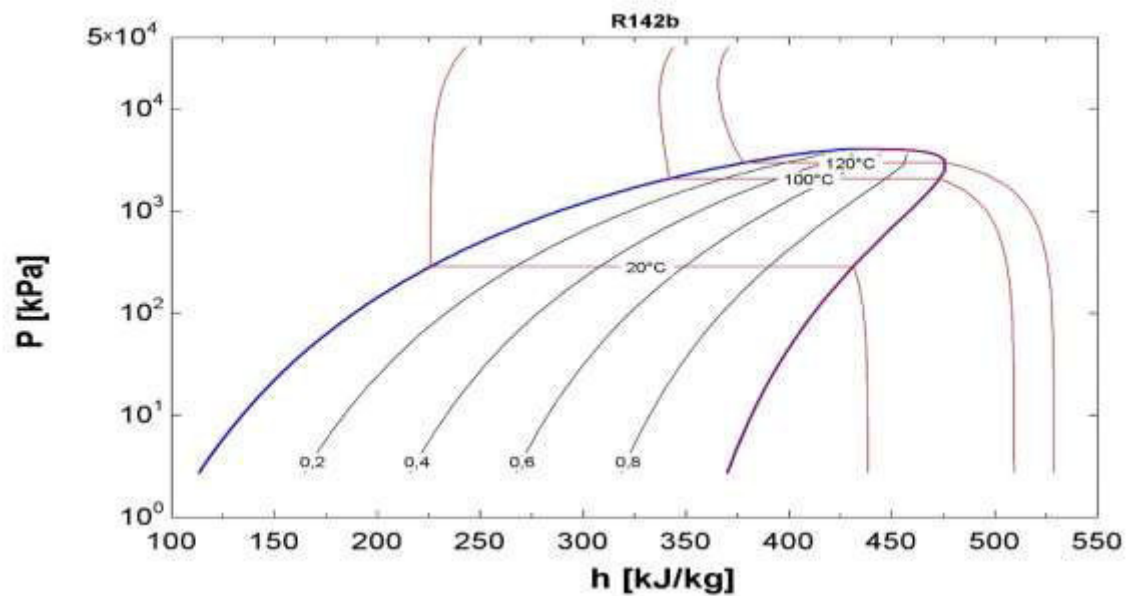
Para la Potencia Wt_neto (kW) de la Turbina Vapor de refrigerante con ingreso de temperaturas del Evaporador para cada uno de los refrigerantes, la mayor potencia es en R1234ze€.

Anexo 4. Curvas de entrada al evaporador y entrada a la turbina a vapor de refrigerante con la salida de la bomba de calor para (120,100,80,60), gráficas de entrada de gas caliente y medición general de gases de combustión de la empresa Graiman.

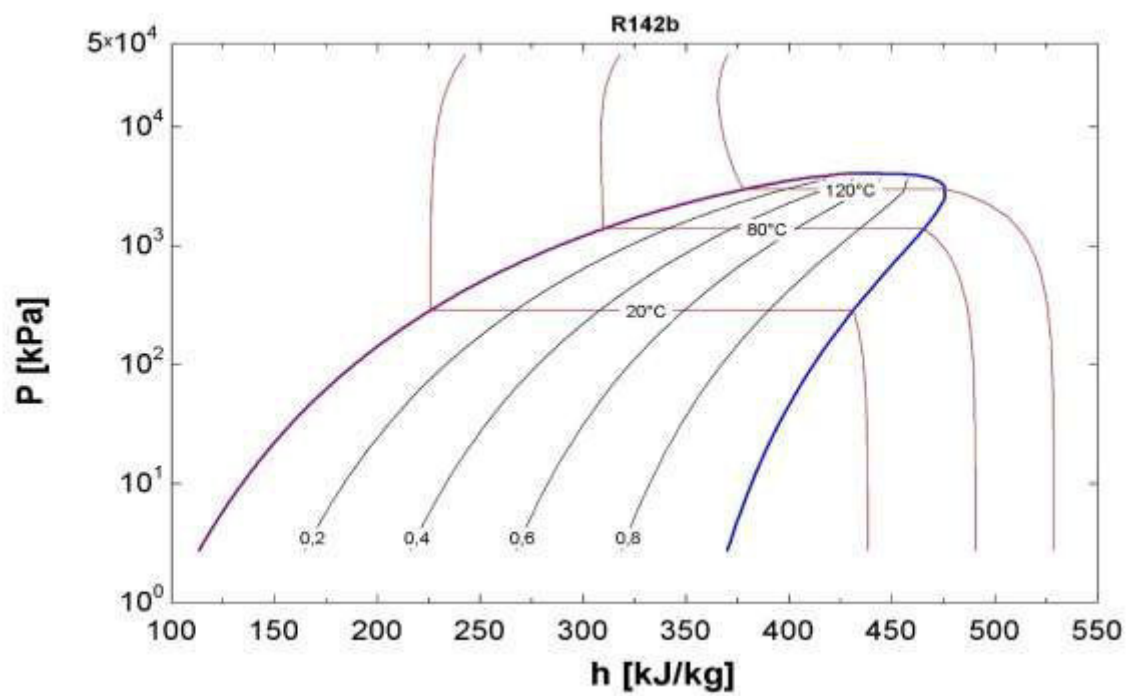
Con entrada de 120°C para el refrigerante R142b



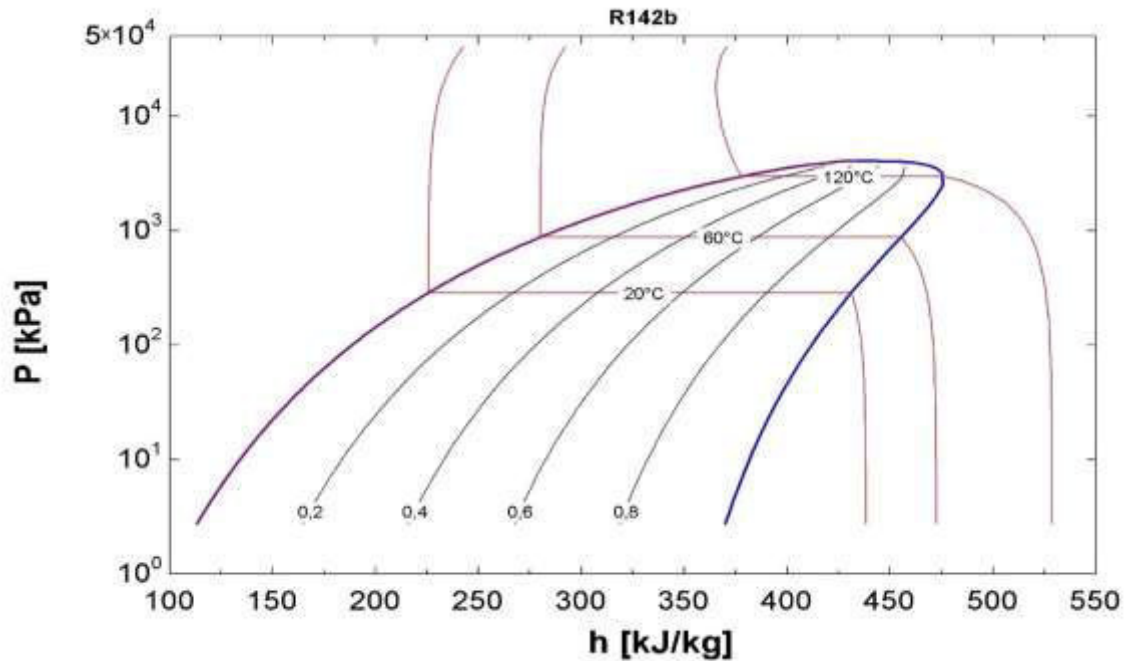
Con entrada de 100°C para el refrigerante R142b



Con entrada de 80°C para el refrigerante R142b



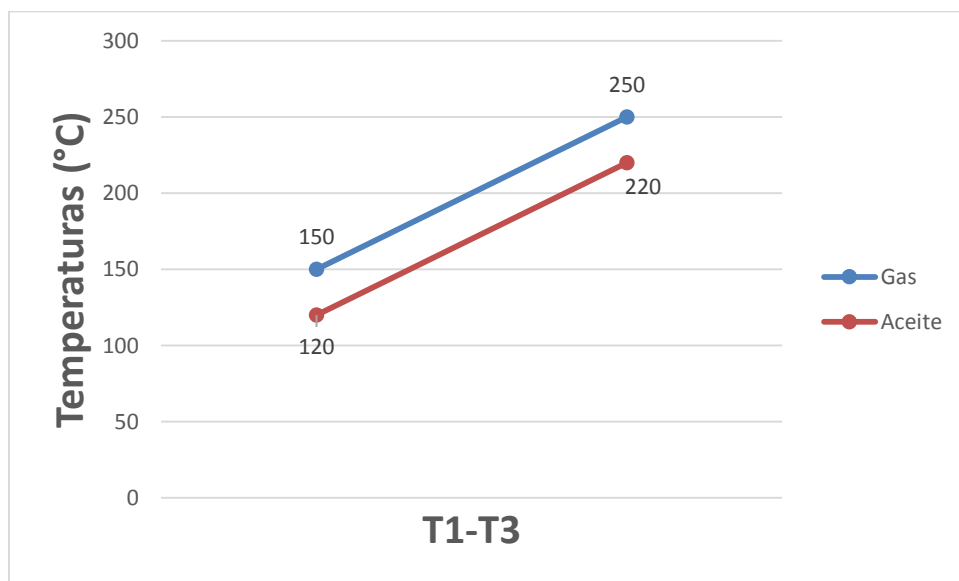
Con entrada de 60°C para el refrigerante R142b



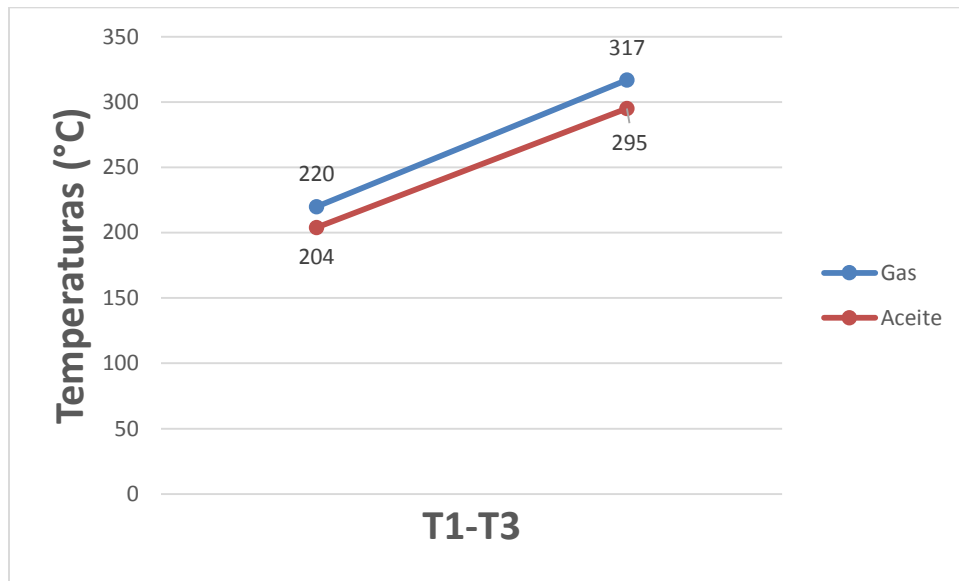
Para el resto de las curvas es de la misma manera, lo único que cambia es los refrigerantes, para todos se utiliza las entradas de temperatura de (120°C, 100°C, 80°C, 60°C)

Rango de temperaturas de entrada de gas caliente para (250°C, 317°C, 345°C)

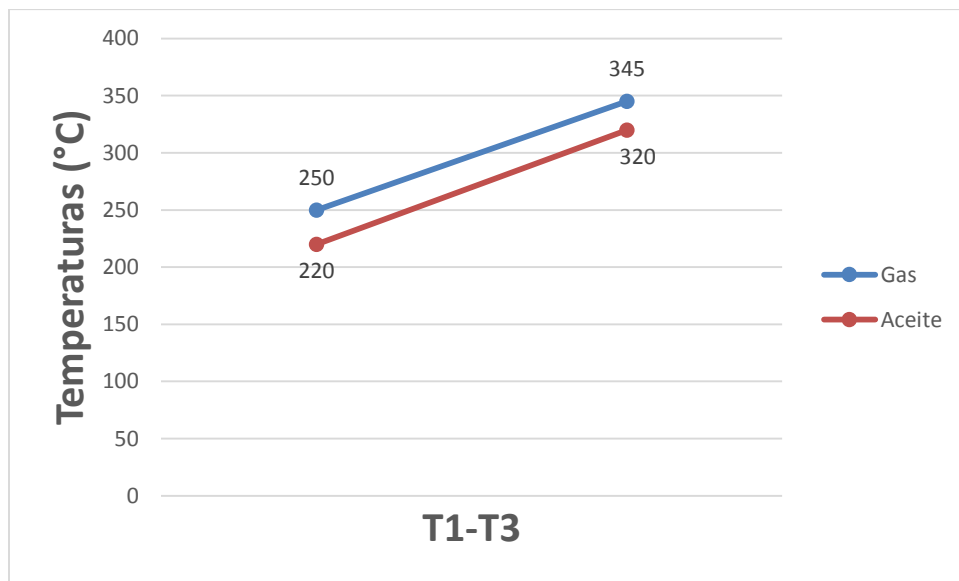
Temperaturas de gas caliente de entrada 250°C



Temperaturas de gas caliente de entrada 317°C



Temperaturas de gas caliente de entrada 345°C



Datos generales del ventilador de la empresa Graiman

FICHA TÉCNICA N° 2 VENTILADORES

CLIENTE :EC 1259 GRAIMAN ECUADOR
 CODIGO : 961000256

TIPO DE VENTILADOR	FQ 1121 N12B
EJECUCION	12
ORIENTACION	LG 0
POSICIÓN MOTOR	Z

CARACTERISTICAS		UNIDAD
CAUDAL (QV)	12,22	m ³ /s
PRESIÓN APRETANTE (PT)	210 asp.	kgf/m ²
VELOCIDAD VENTILADOR	1240	rev/min.
TEMPERATURA DE TRABAJO	15	°c grado celsius
TEMPERATURA MÁX DE TRABAJO	300	°c grado celsius
ALTITUDINE	2500	M s.l.m
NIVEL PRESIÓN SONORA	83	db/A

Medición general de gases de combustión de la empresa Graiman del Horno H1-V1-01



MEDICIÓN DE GASES - DATOS DEL TESTO

Medición No: MAS.02-009-2017



Empresa: GRAIMAN CIA. LTDA.
Ubicación: Panamericana Norte Km 4,5

Equipo Analizado HORNO H1-VE-01
Fecha de Muestreo: 31/3/2017
Diametro Chimenea: 900 mm
Largo de la brida: 10 mm
Solicitado Por: Ing. Elizabeth Analuisa

Instrumento: Analizador de gases
Marca: Testo 350XL
Serie: 00618582/E
Certificado de Calibr.No: 02-2016
Combustible: GNL

GRAIMAN 317 M1	Fecha	Hora	[%] O2	[ppm] CO	[ppm] NO	[ppm] NO2	[ppm] NOx	[ppm] SO2	[°C] TA	[°C] TH	[%] REN	[%] CO2
1	31/3/2017	9:45:44	16,20	52	36	0,6	37,0	0	21,5	202,3	76,1	15,50
2	31/3/2017	9:45:54	16,22	51	35	0,4	35,0	0	21,5	206,2	75,8	15,50
3	31/3/2017	9:46:04	16,24	52	35	0,7	36,0	0	21,2	209,5	75,6	15,50
4	31/3/2017	9:46:14	16,27	52	35	0,4	35,0	0	20,9	212,0	75,3	15,50
5	31/3/2017	9:46:24	16,22	52	35	0,6	36,0	0	21,1	214,0	75,5	15,50
6	31/3/2017	9:46:34	16,23	53	34	0,6	35,0	0	21,0	215,6	75,4	15,50
7	31/3/2017	9:46:44	16,23	54	33	0,4	33,0	0	20,9	216,8	75,3	15,50
8	31/3/2017	9:46:54	16,24	54	33	0,5	34,0	0	20,6	217,7	75,3	15,50
9	31/3/2017	9:47:04	16,26	54	33	0,5	34,0	0	20,9	218,6	75,1	15,50
10	31/3/2017	9:47:14	16,26	53	34	0,4	34,0	0	20,6	219,2	75,1	15,50
11	31/3/2017	9:47:24	16,28	54	35	0,4	35,0	0	20,4	219,8	75,1	15,50
12	31/3/2017	9:47:34	16,23	53	34	0,4	34,0	0	20,2	220,2	75,3	15,50

OP.F.PEE.MAS.02.02 REV: 01

Ing. Euler Jumbo H. Técnico Responsable	Samanes 7, Manz. 2224 Villa 1; Telef.: 593-04-5120366-0992522235 Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec	Anexo 2 1 de 64
--	---	--------------------



**PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL**

Yo, **Juan Andrés Duchi Nivicela** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0105911093. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Sistema de Generación de ciclo Combinado mediante aire caliente en la chimenea del horno H1-VE-01I”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 18 de Febrero de 2019

F:

Juan Andrés Duchi Nivicela
C.I. 0105911093