

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



**EFFECTO DEL DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE FLASH PARA
EL AHORRO DE CONSUMO DE VAPOR EN LA EMPRESA
PESQUERA CANTABRIA, COISHCO, ANCASH**

AUTOR :

Bach. Oscar Arturo Carrizales Briceño

ASESOR :

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayan

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
ENERGÍA

NUEVO CHIMBOTE, MAYO DEL 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente Tesis ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D: N°492-2017-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
ENERGÍA**

**EFFECTO DEL DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE FLASH PARA EL
AHORRO DE CONSUMO DE VAPOR EN LA EMPRESA PESQUERA
CANTABRIA, COISHCO, ANCASH**

AUTOR :

Bach. Oscar Arturo Carrizales Briceño

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayan

ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



CARTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

El presente jurado evaluador da la conformidad del presente informe, desarrollado en el cumplimiento del objetivo propuesto y presentado conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D: N°492-2017-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
ENERGÍA**

**EFFECTO DEL DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE FLASH PARA EL
AHORRO DE CONSUMO DE VAPOR EN LA EMPRESA PESQUERA
CANTABRIA, COISHCO, ANCASH**

AUTOR

Bach. Oscar Arturo Carrizales Briceño

Revisado y Evaluado por el siguiente Jurado Evaluador.

Mg. Gilmer J. Lujan Guevara
PRESIDENTE

Mg. Robert F. Guevara Chinchayan
INTEGRANTE

M. Sc. Julio H. N. Escate Ravello
SECRETARIO

DEDICATORIA

A mis progenitores Micaela y Oscar; por ofrecerme su respaldo en todo mi trayecto profesional y cotidiano.

A mis hermanos; Albert, Junior y Jhonathan por estar presente en todo momento y ser un soporte emocional durante mi vida universitaria.

A mi esposa Fabiola, por darme alegrías en momentos complicados.

A mi hija Zoe, por guiarme a madurar como persona y darme un propósito adicional a mis sueños.

RECONOCIMIENTO

A todos los que me apoyaron hasta la actualidad, el presente es una dedicatoria para demostrar que la confianza depositada en mí no ha sido en vano.

Atentamente,

O.A.C.B.

INDICE GENERAL

INDICE

RESUMEN

1	CAPITULO I INTRODUCCION	1
1.1	REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
1.2	ANTECEDENTES:	3
1.3	JUSTIFICACIÓN	5
1.4	HIPÓTESIS	5
1.5	OBJETIVOS:	5
2	CAPITULO II MARCO TEORICO	6
2.1	Generalidades.....	7
2.2	Vapor.	7
2.3	Sistema de Generación de Vapor Flash.	13
2.4	Equipos consumidores de vapor.	17
2.5	Vapor Flash.....	27
2.6	Tanque Vapor Flash.....	31
2.7	Análisis mecánico de tanque flash.....	37
2.8	Selección de trampas de vapor en salida de condensado.....	40
2.9	Elaboración de Indicadores.....	41
2.10	Análisis Económico	42
3	CAPITULO III: MATERIAL Y METODO	45
3.1	Material.....	46
3.2	Método	48
4	CAPITULO IV: CALCULOS Y RESULTADOS.....	50
4.1	Evaluación del diseño térmico del Sistema de Generación de Vapor Flash....	51
4.2	Vapor Flash generado	59
4.3	Dimensionamiento de Tanque Flash.....	63
4.4	Selección de trampa de vapor de salida de condensado de Tanque Flash	73
4.5	Distribución de elementos de Tanque Flash	73
4.6	Implementación de Tanque Flash en área de cocción	76

4.7	Ahorro de consumo de vapor usando tanque flash	78
4.8	Ahorro de consumo de combustible usando tanque flash en cocinas	79
4.9	Análisis de indicadores	81
4.10	Análisis económico	83
4.11	Discusión de resultados.	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		87
Conclusiones.....		88
Recomendaciones		89
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		90
ANEXOS		95

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagramas P-T y P-V para el agua.....	7
Figura 2. Variación de estado líquido - vapor a presión constante, para el agua	8
Figura 3. Esquema de calentamiento de vapor tipo directo.....	9
Figura 4. Esquema de calentamiento de vapor tipo indirecto.....	10
Figura 5. Diagrama de estados del agua	12
Figura 6. Esquema de una red de vapor.....	13
Figura 7. Esquema de caldera pirotubular	14
Figura 8. Esquema de caldera acuotubular	15
Figura 9. Caldera HRSG Vertical.....	16
Figura 10. Esquema de caldera HRSG con postcombustión Horizontal.....	16
Figura 11. Cocinador vertical de vapor	17
Figura 12. Cocinador continuo a vapor con inyección indirecta LYSF	17
Figura 13. Rotor ensamblado.....	18
Figura 14. Partes principales del estator.....	19
Figura 15. Secador Rotadisk marca Segemind.....	24
Figura 16. Secador Rotatubo marca Segemind	24
Figura 17. Vapor Flash porcentual en descarga de condensado a presión menor.....	28
Figura 18. Implementación de calentamiento de aire con aprovechamiento de vapor flash	28
Figura 19. Diagrama de flujos en tanque flash.....	29
Figura 20. Diagrama esquemático de generación del vapor flash.....	32
Figura 21. Estimaciones de diámetro interno del tanque flash con respecto al flujo de vapor flash	32
Figura 22. Medidas de un tambor vertical de destilación instantánea.....	33
Figura 23. Valores estimados para dimensionamiento de tanque flash.....	36
Figura 24. Tipo de cabezales contemplado según el código ASME	40
Figura 25. Gráfico de selección de trampa de vapor	40
Figura 26 Software para creación de planos, Autocad 2021 English.....	47
Figura 27 Software para propiedades del agua STEAM PRESSURE TLV.....	48
Figura 28 Distribución de tanque flash.....	74
Figura 29 Dimensiones de tanque flash.....	75

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros del calor requerido para cocción de pescado en cocinas	51
Tabla 2. Parámetros del calor requerido para calentamiento en cocinas.....	52
Tabla 3. Parámetros para determinar el calor perdido por convección y radiación en cocinas	53
Tabla 4. Parámetros para determinar el consumo de combustible en cocinas	55
Tabla 5. Parámetros para determinar la masa en secadores	56
Tabla 6. Resultado de sólidos grasos en etapas de secado	56
Tabla 7. Resultado de agua evaporada en secadores	57
Tabla 8. Rendimiento térmico de secadores.....	57
Tabla 9. Resumen de consumo de vapor en cocinas y secadores.....	58
Tabla 10. Resumen vapor flash generado en cocinas y secadores	61
Tabla 11. Resultado de diámetro de ingreso condensado de cocinas a tanque flash.....	63
Tabla 12. Resultado de diámetro de ingreso condensado de secador rotadisk a tanque flash	64
Tabla 13. Resultado de diámetro de ingreso condensado de secador rotatubo a tanque flash	65
Tabla 14. Resultado de diámetro de salida de vapor flash en el tanque flash	66
Tabla 15. Resultado de diámetro de salida de condensado en el tanque flash	67
Tabla 16. Resumen de dimensiones de tanque flash	69
Tabla 17. Diámetros en pulgadas de tanque flash	69
Tabla 18. Calor máximo en equipos de vapor.....	76
Tabla 19. Ganancia de calor en equipos de vapor	76
Tabla 20. Flujo másico de combustible equivalente	77
Tabla 21. Ahorro de consumo de vapor total con tanque flash	78
Tabla 22. Ahorro de combustible total con tanque flash en cocinas	79
Tabla 23. Ahorro de combustible total con tanque flash en planta	80
Tabla 24. Variación de indicadores termoeconómicos en cocinas.....	82
Tabla 25. Costos directo de tanque de vapor flash.....	83
Tabla 26. Costos de operación y mantenimiento de tanque de vapor flash	83
Tabla 27. Flujo de caja neto	84
Tabla 28. Indicadores financieros.....	84

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Diagrama de distribución de equipos del proceso de tanque flash.....	62
Gráfico 2. Diagrama termodinámico de proceso de tanque flash.....	62

RESUMEN

El presente informe tiene como finalidad dimensionar el tanque flash para el ahorro de consumo de vapor para la empresa pesquera Cantabria.

Para lograr el desarrollo de lo planteado, se realizaron balances de materia y energía, así como el uso de cálculos dimensionales.

Se realizó el diseño mecánico del tanque flash de la empresa Cantabria el cual tiene parámetros obtenidos; diámetro de ingreso de condensado de cocinas de 6 pulgadas, de secador rotadisk de 4 pulgadas, de condensado de secador rotatubo de 4 pulgadas, diámetro de salida de vapor flash de 18 pulgadas, diámetro de salida de condensado de 8 pulgadas, diámetro de tanque flash de 800 mm, altura de tanque flash de 3 200 mm, un área de tanque flash de $9,048 m^2$ y un volumen de tanque flash de $1,61m^3$

Se ahorró 1 595,362 kg/h de vapor, lo equivalente a 6,6% de ahorro porcentual con respecto al consumo de 24 162,24 kg vapor/h para el cocinado de 15,111 ton/h de materia prima.

La cantidad de calor ganado con el tanque flash es de 117,086 BHP y un ahorro de combustible de 40,736 gal/h en el área de cocinado y 558 896,243 gal/año de combustible R500 ahorrados en la planta, lo cual significa 4,376% de ahorro.

Se identificó los parámetros energéticos y termoeconómicos del tanque flash, los cuales generan una variación con respecto al IT, IE e IEE de 8,11%, 10,136% y 8,285%, respectivamente.

Mediante el análisis económico se obtuvo un VAN de 540 713,157 USD y un TIR de 139%, además la rentabilidad de 275% y un PAYBACK de 0,36 años (4 meses), concluyéndose que es rentable el dimensionamiento del tanque flash en la empresa Cantabria.

PALABRA CLAVE: Tanque flash, vapor flash, dimensionamiento, análisis de indicadores.

ABSTRACT

The purpose of this report is to size the flash tank to save steam consumption for Cantabria company.

To achieve the development of the proposed, material and energy balances were made, as well as the use of dimensional calculations.

The structure of the flash tank has these parameters, from the condensate inlet: internal diameter of cooker is 6 inches, internal diameter of of rotadisk is 4 inches, internal diameter of of rotatubes is 4 inches; from the flash steam outlet: internal diameter is 18 inches and from condensate outlet, the internal diameter is 8 inches. The flash tank height is 3 200 mm, the inside diameter is 800 mm and its area and volume are $9,048 m^2$ and $1,61m^3$.

1 595,362 kg/h of steam was saved, which is equivalent to a 6.6% percentage saving with respect to the consumption of 24 162,24 kg of steam/h for firing 15 111 ton/h of raw material.

The amount of heat gained with the flash tank is 117,086 BHP and a fuel saving of 40,736 gal/h in the cooking area and 558 896,243 gal/year of R500 fuel saved in the plant, which means 4,376% of saving.

The energy and thermoeconomic parameters of the flash tank were identified, which generate a variation with respect to IT, IE and IEE of 8.11%, 10.136% and 8.285%, respectively.

Through the economic analysis, a NPV of 540 713,157 USD and an IRR of 139% were obtained, in addition to the profitability of 275% and a PAYBACK of 0,36 years (4

months), concluding that it is economically feasible to size the flash tank in the Cantabria company.

KEY WORD: Flash tank, flash steam, sizing, indicator analysis

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

La fuente de energía utilizada en procesos en la industria pesquera ha sido un factor de alta demanda en los últimos tiempos, siendo el a priori de buscar nuevas tecnologías para la reducción de insumos y procesos al igual que una disminución de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera en este sector industrial.

Recuperar el vapor condensado y luego ser destinado a un tanque de revaporizado, es una opción en la cual actualmente varias empresas peruanas en el rubro pesquero han optado para cumplir esta meta.

La eficiencia de un sistema de vapor se consigue mediante el aprovechamiento de los residuales, el vapor de expansión se separa del condensado y es utilizado hacia otros procesos de la planta industrial. Entonces el flujo recuperado se considera una reducción de vapor y combustible utilizado, siendo parte de la eficiencia obtenida en la implementación de un tanque flash en una empresa. (Spirax Sarco, 2012)

Actualmente el uso del vaso flash o tanque flash es muy cotizado al momento de plantear diseños en utilizar vapor como fuente de energía en procesos industriales siendo así, el dimensionamiento de la misma pieza, fundamental para un ingreso sustentable anual y como reducción de gases contaminantes.

Hoy en día, la industria pesquera ha incrementado su producción en todo el Perú. Nuestra localidad no es ajena a ella y en especial siendo una ciudad de importancia industrial, tenemos grandes evidencias de este acontecimiento. Por ello, la gran mayoría de empresas dedicadas a la industria de materia prima de aceite y harina de pescado, implementan mejores avances tecnológicos a un nivel superior con el objetivo de producir más, gastando menos en facturación por operación y mantenimiento y del mismo modo reduciendo agentes de gases de efecto invernadero, que está presente en los procesos de industrias.

El presente trabajo de investigación está enfocado a disminuir el flujo de vapor en sistemas de recuperación de condensados, disminuyendo así el consumo de combustible, asimismo incrementando el ahorro de consumo de vapor y la reducción de contaminantes a la atmósfera en los procesos.

Se ensucia el siguiente problema:

¿CUÁL ES EL EFECTO DEL DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE FLASH PARA EL AHORRO DE CONSUMO DE VAPOR EN LA EMPRESA PESQUERA CANTABRIA?

1.2 ANTECEDENTES:

Se tienen los siguientes estudios que sirven como antecedente a la tesis:

León (2009) en su tesis ahorro energético con la producción de vapor flash a través de los condensados recuperados de proceso en la empresa Copeinca-Huarmey. En dicha investigación se determinó un flujo total de 53,28 toneladas de condensado por hora a 3,5 kgf/cm², siendo la presión más rentable obtenida de 1,5 kgf/cm². De igual forma, se mejoró los parámetros económicos y energéticos en un 4,12% de la empresa, fundamentando así que el montaje de un sistema de generación de vapor flash permite obtener ganancias a mediano y largo plazo.

Carbajal (2013) en su tesis titulada diagnóstico energético en la empresa pesquera Cantabria S.A. para la mejora de sus indicadores energéticos. Dicha investigación se resuelve el ahorro generado al repotenciar los recursos energéticos, disminuyendo los costos e incrementando los indicadores ambientales. Al comparar los parámetros optimizados, se evidencia un 1.60% en consumo eléctrico, un 10.43% en aprovechamiento de combustible, un 92.17% en consumo de agua y 67,35% en ambiental.

Popayán (2016) en su tesis mejoramiento de las líneas de distribución de vapor mediante la reingeniería al área de esterilización, cocina y lavandería del hospital regional Eleazar Guzmán barrón. En dicha investigación se comprueba que, mediante la optimización de la red de vapor, su espesor del aislamiento térmico, la recuperación de los condensados y reemplazo de trampas de vapor tipo flotador termostática, se disminuyen las pérdidas de energía térmica en 36% con la eficiencia del 96% y 95% en la red de vapor y retorno. De igual forma, se logró un ahorro financiero de 47 089.94 S / . /año, VAN de S/. 32 286.89, TIR de 14 % y PAY BACK de 6.6 años.

Urcia y Zavaleta (2016) en su tesis titulada implementación de un sistema vapor flash para reducción del consumo de vapor en área de cocción de la empresa pesquera Centinela S.A.C. En dicha investigación, desarrollaron balances de materia y energía, resultados del dimensionamiento del tanque flash donde se concluyó que, implementar el sistema presentado en la tesis, disminuye el flujo de vapor en 11,24% en el área de cocinas, logrando ahorrar combustible hasta 29,36 gl/h de petróleo R500, lo que significa 98 356 USD al año de ganancia.

Custodio y Solis (2017) en su tesis titulada evaluación del sistema de recuperación de purgas de fondo y de nivel de las calderas pirotubulares en la empresa pesquera Austral Group S.A.A.- Coishco. En la cual esta investigación se logró evaluar la rentabilidad para la empresa por la instalación del sistema de recuperación de vapor flash. Dado esto se identificó la demanda de vapor utilizado en procesos de cocción de la empresa pesquera Austral; seleccionando un tanque flash adecuado hacia el sistema de recuperación de purgas, permite economizar 17 632.40 USD anualmente.

Ramos y Valle (2019) en su tesis titulada influencia de un sistema de vapor flash en el área de secado para la reducción del consumo de combustible en la planta de harina Copeinca, Chancay. En dicha investigación se concluye que según las dimensiones de tanque flash obtenido, se produce 3 504,71 kg/h de vapor flash a 1,4 bar, reduciendo 3,68% de combustible y un ahorro anual de 94 975 USD.

Chávez y Jara (2020) en su tesis titulada diseño del sistema de generación de vapor flash en la empresa pesquera Cantabria S.A. En esta investigación se determina que según el sistema de vapor flash diseñado, reduce 4,3% el consumo de petróleo R-500 y se ahorra 116 835,43 USD anualmente, donde la financiación se recupera tras 4 meses de operación.

Liñan (2020) en su tesis auditoria energética del sistema térmico de la empresa Papelsa-Lima. En esta investigación se determina que el promedio de la eficiencia térmica es del 79%, mejorando hasta un 80%. La empresa tiene la capacidad instalada de 13 996,67 kg/h alimentadas por 3 calderas pirotubulares, donde las pérdidas son representadas respectivamente como: vapor de purgas, 76 837,44 Kg (2,61 %), vapor

para tanques flash 44 650,41 kg (1,52%) y en reposición 539 000 kg (18,30%). Mediante la auditoria térmica aplicada, se evalúa unas pérdidas financieras de 187 325,42 USD al año y una ganancia de 201 336,78 USD con una inversión proyectada de 195 389,75 USD.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La justificación de este proyecto es la siguiente:

Determinar el efecto del dimensionamiento de un tanque flash y el ahorro de vapor utilizado en la empresa Cantabria, el cual significaría una potencial disminución de gastos anuales.

Permitir relacionar parámetros energéticos y mecánicos con parámetros normativos y su optimización para futuros proyectos de instalaciones de sistemas generadores de vapor flash en procesos industriales.

1.4 HIPÓTESIS

Disminución de consumo de combustible y facturación del mismo mediante el efecto del dimensionamiento de tanque flash para el ahorro de consumo en la empresa pesquera Cantabria, Coishco, Ancash.

1.5 OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL

Dimensionar el Tanque Flash para el ahorro de consumo de vapor para la empresa pesquera Cantabria – Coishco, Ancash.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Realizar un balance de masa y energía en los procesos de la planta térmica de la Empresa Cantabria.
- Realizar el diseño mecánico del Tanque Flash para la empresa Cantabria.
- Identificar los parámetros energéticos del Tanque Flash para la Empresa Cantabria.
- Cuantificar el vapor, calor y combustible recuperado del dimensionamiento del Tanque Flash en la empresa pesquera Cantabria.
- Estimar rentabilidad económica del dimensionamiento de tanque Flash en la empresa Cantabria.

CAPITULO II
MARCO TEORICO

2.1 Generalidades.

El vapor es producido, a partir de agua tratada químicamente, en una caldera o un generador de vapor recuperador de calor en el cual incrementa su entalpía generando el calor liberado por fuente térmica combustión. Después, esta energía es liberada para calefacción o conversión en energía mecánica. (CACME, 2020)

2.2 Vapor.

2.2.1 Fases del agua y parámetros de uso.

En el estado líquido, el agua se encuentra por debajo del punto de ebullición líquido subenfriado o en el punto de ebullición, también comúnmente llamado líquido saturado. Asimismo, el estado vapor se localiza a la temperatura de ebullición de vapor saturado o superior al punto de ebullición vapor sobrecalentado. El vapor saturado puede ser encontrada como vapor seco o húmedo, los distintos grados de humedad se definen mediante el porcentaje de fase vapor con respecto a la mezcla vapor-agua. (CACME, 2020)

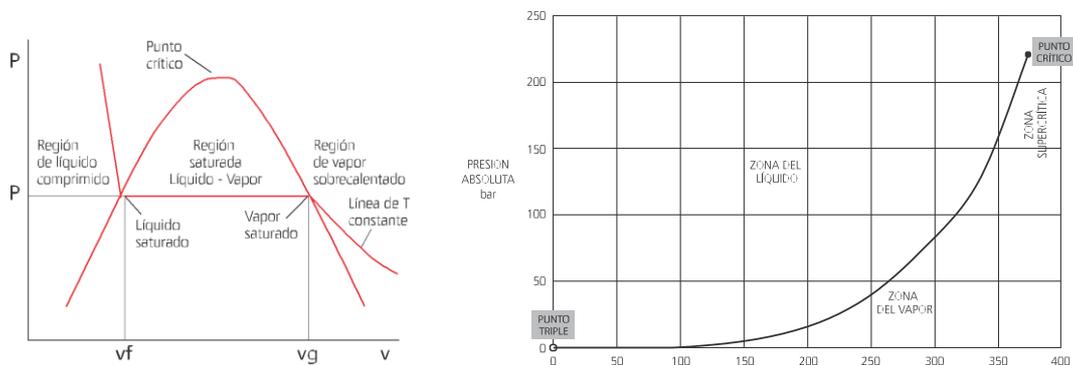


Figura 1. Diagramas P-T y P-V para el agua.

Fuente: Moran y Shapiro (2008)

2.2.2 Estados en fase de vapor.

Cuando el sistema se encuentra en estado de vapor saturado, genera un aumento de volumen específico y temperatura. A este estado nos referimos generalmente al vapor sobrecalentado debido a que el sistema está sometido a una temperatura superior que la temperatura de saturación a la presión de evaluación. (Moran y Shapiro, 2008)

2.2.3 Sistemas bifásicos líquido – vapor.

Cuando el sistema está en líquido saturado, al suministrarle calor adicional a presión constante, se transforma en vapor con un aumento en su volumen específico. Si la combinación de líquido-vapor está en equilibrio, el estado líquido es líquido saturado y el estado del vapor se denomina vapor saturado. Mientras el sistema se mantenga calentando y finalizando parte del líquido evaporizado, entonces se alcanza el estado de vapor saturado. (Moran y Shapiro, 2008)



Figura 2. Variación de estado líquido - vapor a presión constante, para el agua.

Fuente: Moran y Shapiro (2008)

2.2.4 Vapor como fuente de energía.

Actualmente las plantas industriales de gran tamaño y de generación eléctrica usan el vapor como energía primaria de sustento para sus procesos. (TLV Compañía Especialista en Vapor, s.f.)

El vapor es más flexible en el uso de varios procesos simultáneos, por lo cual incluso la electricidad obtenida en plantas térmicas, poseen mayor peso en el total mundial generado. (Ruano, 2000)

2.2.5 Vapor como fuente de calor.

2.2.5.1 Calentamiento directo.

Comprende el proceso del vapor a través del contacto directo con el producto a calentarse, basándose en la entrada de vapor inmediatamente al fluido a calentar, transfiriendo totalmente la energía almacenada. (IPS Ingenieros, s.f.)

Algunas ventajas de esta clase de calentamiento son:

- Rapidez de calentamiento a causa de un excelente rendimiento térmico.
- Disminución de costos en procesos.
- Manejo independiente de los equipos alimentados.

Es aplicado en procesos de secado, en extrusoras, en hornos, etc. (IPS Ingenieros, s.f.)

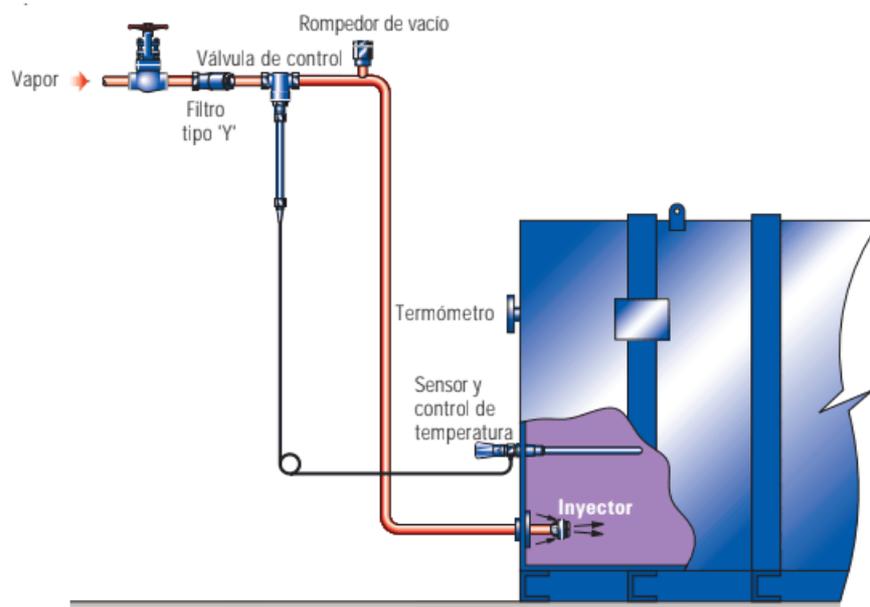


Figura 3. Esquema de calentamiento de vapor tipo directo.

Fuente: IPS Ingenieros.

2.2.5.2 Calentamiento indirecto.

El vapor al pasar a través de una chaqueta, placas, tubos concéntricos o aleteados, no existe contacto inmediato entre la sustancia a calentar y el vapor.

Algunas ventajas de esta clase de calentamiento son:

- Retorno de condensado, incremento de eficiencia del sistema.
- Mejor flexibilidad con respecto a capacidades y temperaturas operativas.

- Incremento de durabilidad del sistema.
- Mantenimiento y variación de componentes de fácil control sin tener que renovar totalmente el equipo. (IPS Ingenieros, s.f.)

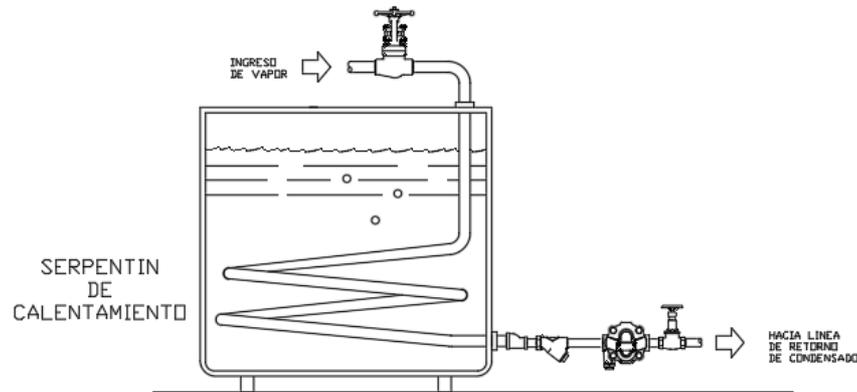


Figura 4. Esquema de calentamiento de vapor tipo indirecto.

Fuente: IPS Ingenieros.

2.2.6 Tipos de Vapor.

2.2.6.1 Vapor Saturado.

Posee gotas de fase líquido, utilizado en intercambiadores de calor basicamente, para calentar agua, calefacción, esterilización, etc. (CACME, 2020)

2.2.6.2 Vapor Húmedo.

Abarca gotas de fase líquido que incrementan la erosión y disminuye el calor transferido. Comúnmente generado en plantas industriales, cuando el agua de la caldera se aproxima a la fase de saturación y se evapora, arrastra gotas de agua en el flujo de vapor que se dirige hacia la red de distribución. Debido a ello, se recurre a la separación del condensado en las cañerías, de manera que el agua en estado líquido no genere daños ni disminuya la eficiencia de implementación. (CACME, 2020)

2.2.6.3 Vapor Sobrecalentado.

Tiene una superior temperatura al del vapor saturado, es usado generalmente para propulsión en turbinas por su fuerza motriz y evitando daños que probablemente se genere por las gotas de condensado. (CACME, 2020)

2.2.7 Calorimetría de vapor de agua.

2.2.7.1 Vapor de agua saturado.

El vapor producido a una temperatura de ebullición a su presión (absoluta) es nombre como saturado. El vapor saturado es probable que esté exento completamente de partículas de agua en proceso de cambio de fase o llevadas en suspensión. A raíz de ello, el vapor saturado es seco o húmedo. (Severns, Degler y Miles, 1982)

2.2.7.2 Entalpía del líquido.

El número de kilocalorías necesario para incrementar 1 kg de agua desde 0°C a su temperatura de ebullición a una presión absoluta determinada, es nombrada como entalpía del líquido, h_f . Este resultado se expresa como el producto de la temperatura por el calor específico medio del agua.

de ebullición. (Severns, Degler y Miles, 1982)

2.2.7.3 Entalpía de vaporización.

La energía calorífica, en kcal, necesaria para convertir 1 kg de agua en estado líquido en vapor saturado a una misma presión y temperatura es conocida como entalpía de vaporización, h_{fg} . (Severns, Degler y Miles, 1982)

2.2.7.4 Entalpía total del vapor de agua saturado seco.

La entalpía total, h_g de 1 kg de vapor saturado seco, sobre 0°C, se representa como la suma de la entalpía de vaporización y la entalpía del líquido. (Severns, Degler y Miles, 1982)

$$h_g = h_f + h_{fg} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

h_g : Entalpía de vapor, en $\frac{kcal}{kg}$

h_f : Entalpía de vapor, en $\frac{kcal}{kg}$

h_{fg} : Entalpía de vapor, en $\frac{kcal}{kg}$

2.2.7.5 Título del vapor.

Es la división entre la masa del vapor presente y la masa total de la mezcla. La representación numérica varía de 0 a 1: las fases de líquido saturado tienen $x = 0$ y los de vapor saturado corresponden a $x = 1$. El título o calidad del vapor se expresa como porcentaje. (Moran y Shapiro, 2008)

$$x = \frac{m_{vapor}}{m_{líquido} + m_{vapor}} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

x : Título del vapor, en %

m_{vapor} : masa del vapor, en kg

$m_{líquido}$: masa del líquido, en kg

2.2.7.6 Volumen específico y densidad de vapor de agua.

Es definido como la inversa de la densidad, $V = 1/\rho$. En otras palabras, volumen por unidad de masa. Al igual que la densidad, el volumen específico es una propiedad intensiva que varía de un punto a otro. (Moran y Shapiro, 2008)

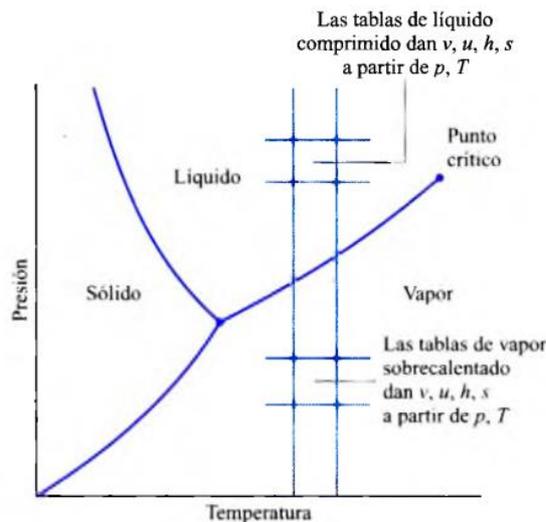


Figura 5. Diagrama de estados del agua.

Fuente: Moran y Shapiro (2008)

Tº ºC

2.3 Sistema de Generación de Vapor Flash.

La generación de vapor flash permite ganar energía calorífica contenida en el condensado por parte de equipos de secado y cocinas, donde se aprovecha en diferentes procesos, obteniendo mejoras en el rendimiento de combustible. El sistema de vapor flash es donde la circulación de vapor es generada por diferencia de presión, a partir de los condensados como sucede en los sistemas de agua caliente. (Mariños, 2017)

El vapor es idóneo como fuente de calor, en ciertas condiciones, sus parámetros de transferencia de calor son superiores y la temperatura es constante. Contiene una cantidad superior de energía transferible (como calor latente) por unidad de masa y, gracias a esto, es una forma eficaz de transportar calor en base a su costo. (CACME, 2020)

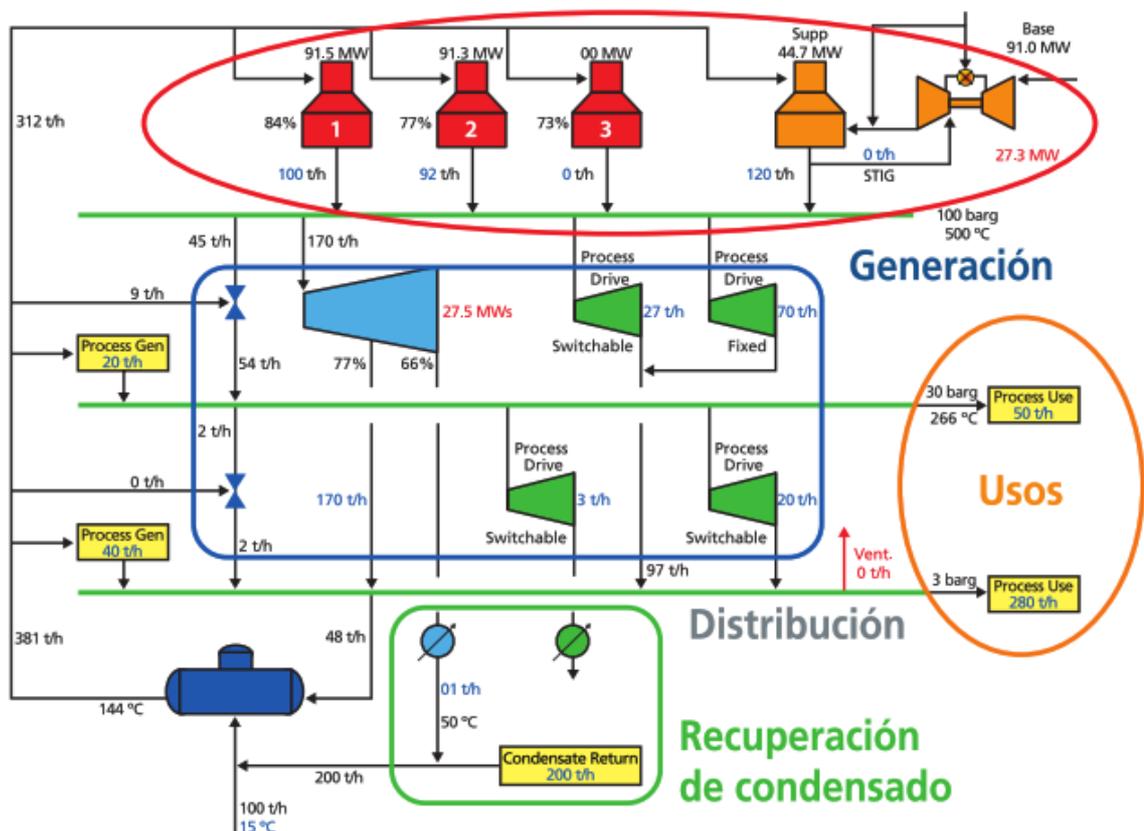


Figura 6. Esquema de una red de vapor

Fuente: CACME (2020)

2.3.1 Generadores de vapor.

Una caldera industrial es un aparato térmico generador de vapor a una presión superior a la atmosférica. (Barreto, 2015)

El vapor es generado a través de la transferencia de calor hacia el fluido, inicialmente en estado líquido, se calienta y posteriormente se vaporiza. (Barreto, 2015)

2.3.1.1 Calderas pirotubulares.

El calor es transferido desde gases de combustión, que se transportan mediante tubos, hacia el agua que fluye por el exterior de los tubos. El combustible arde en la cámara de combustión de la caldera y los gases son dirigidos al ingreso de tubos situados en el interior del tambor de agua. El vapor sale por la zona posterior del cilindro. (Lawrence, 2000)

Se caracteriza porque los productos de la combustión fluyen a través de los tubos y el agua caliente rodea los bancos de tubos y el hogar interno. Opera bajo presiones entre 0 a 20 bar. (León, 2006).

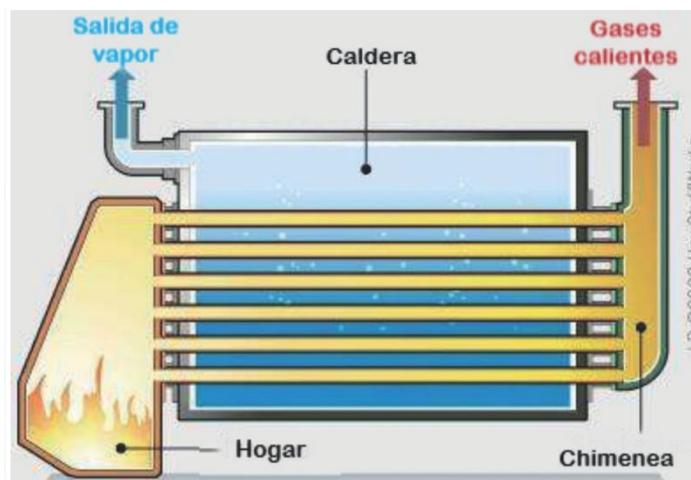


Figura 7. Esquema de caldera pirotubular.

Fuente: How Stuff Works (2008)

2.3.1.2 Calderas acuotubulares.

El agua circula dentro de los tubos que son rodeados por la fuente de calor (gases de combustión en el hogar), los tambores o calderines solo almacenan mezcla de agua y vapor. Los humos de combustión fluyen en la zona exterior de los tubos. Estas calderas pueden superar presiones de hasta 350 bar, 600 °C y producciones de hasta 2000 tn/h. La gran limitación de esta caldera es que es más costosa que la humotubular. (VYC Industrial, 2017)

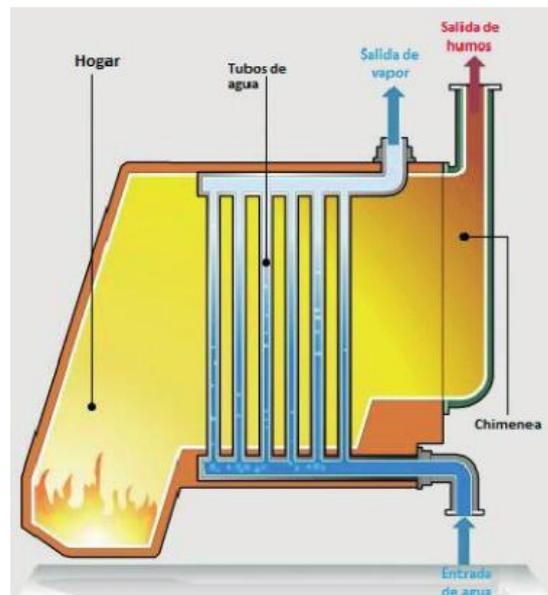


Figura 8. Esquema de caldera acuotubular

Fuente: How Stuff Works (2008)

2.3.1.3 HRSG

HRSG o calderas con recuperación de calor permite transferir el calor de un fluido de superior temperatura a otro de inferior temperatura. El diseño de la caldera recuperadora optimiza la ganancia de una mayor energía posible, donde su principal característica es que el fluido que se calienta cambia de estado en el interior. (Moral, 2019)

Además, se consiguen gases que salen de la turbina a temperaturas superiores entre 450 o 600°C. (Eriksen, 2017)

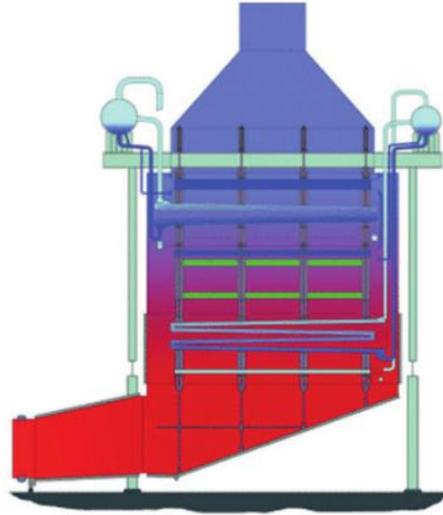


Figura 9. Caldera HRSG Vertical

Fuente: CACME (2020)

2.3.1.4 Calderas HSRG con postcombustión.

Los HRSG son modificados, con la incorporación de quemadores en el ingreso de los gases calientes, que aprovechan el exceso de oxígeno en los gases calientes que escapan de la turbina de gas. La postcombustión aumenta la temperatura de los gases generalmente se usan pulverizadores de agua, que regulariza la temperatura de vapor conseguido. (CACME, 2020)

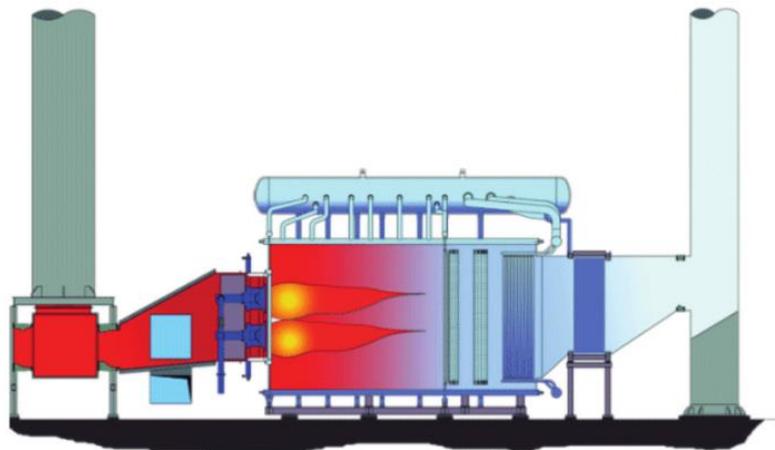


Figura 10. Esquema de caldera HRSG con postcombustión Horizontal.

Fuente: CACME (2020)

2.4 Equipos consumidores de vapor.

2.4.1 Cocinas.

2.4.1.1 Cocinadores verticales

La materia prima se traslada de forma vertical, en otras palabras, el eje está situado verticalmente. Estos equipos tienen su uso en el cocinado de atún. Tienen uso frecuente en cocinado y calentamiento de pastas, semillas, y raramente en conservación de carnes. (Tocto, 2016)



Figura 11. Cocinador vertical de vapor

Fuente: Abal y Rondón (2019)

2.4.1.2 Cocinadores horizontales.

El sistema de vapor de este equipo empieza con un cabezal distribuidor de vapor, conectado al tubo principal de abastecimiento de vapor, donde se distribuye al rotor, a las chaquetas y tuberías de vapor a través de válvulas. El suministro de vapor al rotor se ejecuta mediante una junta de vapor rotativa. (GOALCO, 2010)

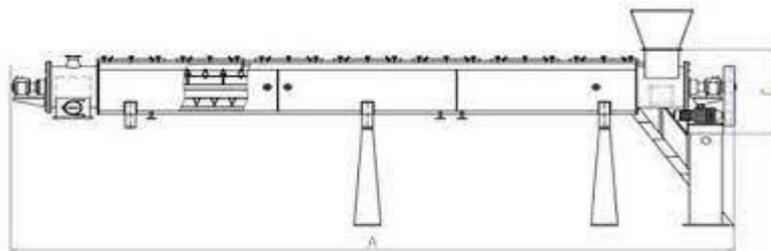


Figura 12. Cocinador continuo a vapor con inyección indirecta LYSF

Fuente: Zhejiang Longyan Sifang Machinery Manufacture (1993)

2.4.1.3 Cocinadores directos.

Presenta un sistema de inyección de vapor mediante válvulas. El vapor transfiere calor a la materia prima por conducción, por consiguiente, el vapor se condensa en la masa y luego se remueve de este en los subsiguientes procesos. (Tocto, 2016)

2.4.1.4 Cocinadores indirectos.

El vapor inyectado transfiere calor a la materia prima mediante convección, debido al uso de un sistema de chaquetas circundantes y al interior del eje hueco del gusano transportador. (Abal y Rondón, 2019)

2.4.1.5 Cocinadores mixtos.

Una combinación de directo e indirecto, ya que poseed dos sistemas de cocción, una indirecta a través de chaquetas circundantes y circulación de vapor en el eje del gusano transportador, y también posee un sistema de tuberías que inyectan vapor al interior de la cocina directamente y materia prima. El sistema indirecto transfiere calor mediante conducción y convección, en cambio el sistema directo, mediante conducción. (Tocto, 2016)

2.4.1.6 Componentes del cocinador

2.4.1.6.1 Rotor.

Un eje helicoidal formado por un tubo central y aletas de doble pared que están soldadas al tubo central. El vapor fluye por el interior del rotor e ingresa a los helicoides por medio de tubos montados radialmente. El vapor, se evacua a través de otra fila de tubos y el rotor es accionado mediante un sistema de transmisión de cadena, impulsada por un motorreductor.



Figura 13. Rotor ensamblado.

Fuente: Abal y Rondón (2019)

2.4.1.6.2 Estator.

Conformado por dos cilindros concéntricos, siendo uno de ellos el casco y el otro la chaqueta. La transferencia de calor es dada por contacto de la parte interna con el producto. Las principales parte del estator son la boca o chute de carga, donde ingresa el pescado; el chute de descarga, donde se extrae el pescado cocinado y las tapas de escotillas, donde se realiza limpieza del cocinador cuando está detenido.

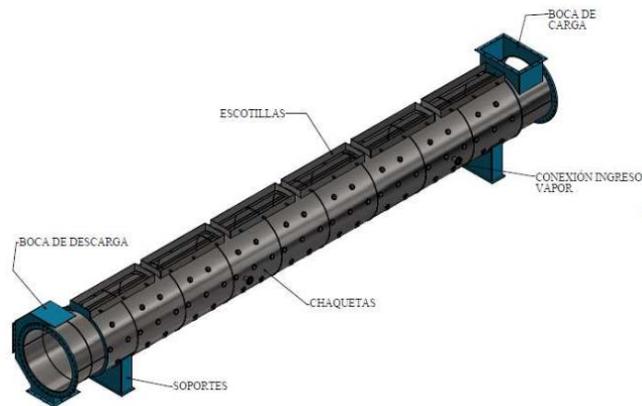


Figura 14. Partes principales del estator.

Fuente: Abal y Rondón (2019)

2.4.2 Balance energético de proceso de cocinado.

2.4.2.1 Calor requerido para cocción de pescado.

$$\dot{Q}_{coc.pez} = \dot{m}_{pez} \times C_{p_{anchov.}} \times (T_{coc.} - T_{amb}) \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

$\dot{Q}_{coc.pez}$: Calor para cocción de pescado, en $\frac{kJ}{h}$

\dot{m}_{pez} : Flujo másico de pescado, en $\frac{kg}{h}$

$C_{p_{anchov.}}$: Calor específico de pescado anchoveta, en $\frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C}$

$T_{coc.}$: Temperaturas de cocción de pescado, en $^\circ C$

T_{amb} : Temperatura ambiente, en $^\circ C$

2.4.2.2 Calor requerido para precalentamiento de cocinas.

Se determina el calor que es requerido para el calentamiento de cocinas, con la ecuación:

$$\dot{Q}_{\text{cocina}} = m_{\text{cocina}} * C_{p_{\text{fe}}} * (T_f - T_i) \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

\dot{Q}_{cocina} : Calor requerido de la cocina, en $\frac{kJ}{h}$

m_{cocina} : masa del equipo, en kg

$C_{p_{\text{fe}}}$: Calor específico del fierro, en $\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$

T_f : Temperatura final de la cocina, en $^\circ C$

T_i : Temperatura inicial de la cocina, en $^\circ C$

2.4.2.3 Perdidas de calor en cocinas.

Se determina la pérdida de calor por convección y radiación con la siguiente fórmula:

$$\dot{Q}_{\text{pc}} = A_{tc} \times U \times (T_{f,\text{aire}} - T_{i,\text{aire}}) \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

\dot{Q}_{pc} : Calor perdido en la cocina, en $\frac{kJ}{h}$

A_{tc} : Área de transferencia de calor de la cocina, en m^2

U : Coeficiente global de transferencia de calor, en $\frac{kJ}{h \cdot ^\circ C \cdot m^2}$

$T_{f,\text{aire}}$: Temperatura final del aire, en $^\circ C$

$T_{i,\text{aire}}$: Temperatura inicial del aire, en $^\circ C$

El área de transferencia de calor se representa mediante:

$$A_{tc} = \pi \times D \times L + 2 \times (0,75 \times D^2) \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

A_{tc} : Área de transferencia de calor de la cocina, en m^2

D: Diámetro de la cocina, en m

L: Longitud de la cocina, en m

Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor:

$$U = 8,4 + 0,06 \times (T_{\text{aisl.}} - T_i) \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

U : Coeficiente global de transferencia de calor, en $\frac{kJ}{h \text{ } ^\circ C \text{ } m^2}$

$T_{\text{aisl.}}$: Temperatura en el aislamiento, en $^\circ C$

T_i : Temperatura inicial de la cocina, en $^\circ C$

2.4.2.4 Calor total en cocinas.

Se determina con la sumatoria de calor descritas anteriormente, el cual se expresa de la siguiente forma:

$$\dot{Q}_{t.cocina} = \dot{Q}_{coc.pez} + \dot{Q}_{calent.} + \dot{Q}_{pc} \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

$\dot{Q}_{t.cocina}$: Calor total de la cocina, en $\frac{kJ}{h}$

$\dot{Q}_{coc.pez}$: Calor cocción del pescado, en $\frac{kJ}{h}$

$\dot{Q}_{calent.}$: Calor calentamiento de la cocina, en $\frac{kJ}{h}$

\dot{Q}_{pc} : Calor perdido en la cocina, en $\frac{kJ}{h}$

2.4.2.5 Consumo de vapor en cocinas.

La masa de vapor requerido en cocinas, se representa mediante:

$$\dot{m}_{\text{vaporcoc.}} = \frac{\dot{Q}_{t.cocina}}{h_{fg \text{ } 4bar}} \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

$\dot{m}_{\text{vaporcoc.}}$: masa de vapor de cocción requerido, en $\frac{kg}{h}$

$\dot{Q}_{\text{t.cocina}}$: Calor total de las cocinas, en $\frac{kJ}{h}$

$h_{fg \text{ 4bar}}$: Entalpía de evaporización, en $\frac{kJ}{kg}$

2.4.2.6 Consumo de combustible asociado al vapor empleado en cocinas.

El consumo de combustible requerido en cocinas, se representa mediante:

$$\dot{m}_{\text{t.comb.}} = \frac{\dot{Q}_{\text{t.cocina}}}{n_{\text{caldera}} \times \rho_{R500} \times P_{CI \text{ R500}}} \times 100\% \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

$\dot{m}_{\text{t.comb.}}$: flujo de combustible, en $\frac{kg}{h}$

$\dot{Q}_{\text{t.cocina}}$: Calor total de las cocinas, en $\frac{kJ}{h}$

n_{caldera} : Eficiencia de caldera, en %

ρ_{R500} : Densidad de petróleo R500, en $\frac{kg}{gal}$

$P_{CI \text{ R500}}$: Poder calorífico de petróleo R500, en $\frac{kJ}{h}$

2.4.3 Secadores.

2.4.3.1 Tipos de Secadores.

2.4.3.1.1 Continuos.

Equipos de secado donde la materia prima a secar se introduce cíclicamente al secador, como los Rotatubos. (Treybal, 2010)

2.4.3.1.2 Discontinuos.

Equipos de secado, en los cuales la carga a secar se ingresa y debe esperar a deshidratarse para posteriormente ser retirado del secador, después una nueva carga se introduce. El equipo por lotes se maneja de forma no estacionaria: el secador se abastece de materia prima hasta secarse; luego, el secador se descarga y repite el proceso. (Treybal, 2010)

2.4.3.1.3 Secadores directos.

Donde el calor transferido es mediante contacto directo. Los secaderos de este tipo transfieren el calor por contacto del producto normalmente con aire caliente. Asimismo, es beneficioso mezclar la molienda con el secado directo, ahorrando espacio y reduciendo las partículas alimentadas al secador, optimizándose la evaporación y su transferencia de calor. (Agro Waste, 2005)

2.4.3.1.4 Secadores indirectos.

El calor transferido se desarrolla por contacto indirecto. Los secaderos de esa clase transfieren calor al producto a través de una superficie calentada por un líquido térmico, vapor o aire. El fluido, luego del proceso de evaporización del agua de la materia prima, es dirigido mediante un condensador con el fin de separar sustancias evaporadas y se calienta para reutilizarse nuevamente, desarrollando un circuito cerrado. (Agro Waste, 2005)

2.4.3.2 Secadores utilizados en la industria de harina de pescado.

2.4.3.2.1 Secadores rotadiscos.

Es usado para cumplir funciones de secado y homogenización de la torta proveniente de la etapa de prensado en la elaboración de harina de pescado. Sus partes son un cilindro de doble pared en cuyo interior se ubica un rotor formado por discos de doble pared con paletas en sus extremos, donde el cilindro y el rotor son calefaccionados con vapor. Es utilizado en varios procesos, además se fabrica con acero carbono o acero inoxidable y posee un área de transferencia de hasta $600 m^2$. (Esmital, 2016)



Figura 15. Secador Rotadisk marca Segemind.

Fuente: Segemind Proyectos Integrales de Ingeniería.

2.4.3.2.2 Secadores rotatubos.

El propósito del equipo es deshidratar una mezcla húmeda e inestable de torta de prensa, logrando una humedad menor al 10%, el cual es considerado bajo como para que exista actividad microbiológica. (Segemind, 2018)



Figura 16. Secador Rotatubo marca Segemind.

Fuente: Segemind Proyectos Integrales de Ingeniería.

2.4.4 Balance energético de secadores.

2.4.4.1 Balance de masa de secadores.

Para el balance de masas en los secadores se tiene en cuenta la siguiente ecuación:

Producción de harina.

El flujo másico producido de harina es determinada mediante:

$$\dot{m}_h = \frac{V_{planta}}{n_h} \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

\dot{m}_h : Harina producida, en $\frac{Ton}{h}$

v_{pt} : Velocidad de planta, en $\frac{Ton}{h}$

n_h : Rendimiento de harina

Cantidad de sólidos grasos.

Los sólidos grasos se determinan con las expresiones:

$$\%SG_h = 100 - \%H_h \dots \dots \dots (12)$$

$$SG_h = \frac{\%SG_h \times \dot{m}_h}{100} \dots \dots \dots (13)$$

$$\%SG_{scrap1} = 100 - \%H_{scrap1} \dots \dots \dots (14)$$

$$SG_{scrap1} = \frac{SG_h}{\frac{\%SG_{scrap1}}{100}} \dots \dots \dots (15)$$

$$\%SG_{scrap2} = 100 - \%H_{scrap2} \dots \dots \dots (16)$$

$$SG_{scrap2} = \frac{SG_h}{\frac{\%SG_{scrap2}}{100}} \dots \dots \dots (17)$$

$$\%SG_{T.I.} = 100 - \%H_{T.I.} \dots \dots \dots (18)$$

$$SG_{T.I.} = \frac{SG_h}{\frac{\%SG_{T.I.}}{100}} \dots \dots \dots (19)$$

Donde:

\dot{m}_h : Harina producida, en $\frac{Ton}{h}$

$\%H_h$: Porcentaje de humedad en la harina, en %

$\%SG_h$: Porcentaje de sólidos grasos en la harina, en %

SG_h : Sólidos grasos en la harina, en $\frac{Ton}{h}$

$\%H_{scrap1}$: Porcentaje de humedad en el scrap 1, en %

$\%SG_{scrap1}$: Porcentaje de sólidos grasos en el scrap 1, en %

SG_{scrap1} : Sólidos grasos en el scrap 1, en $\frac{Ton}{h}$

$\%H_{scrap2}$: Porcentaje de humedad en el scrap 2, en %

$\%SG_{scrap2}$: Porcentaje de sólidos grasos en el scrap 2, en %

SG_{scrap2} : Sólidos grasos en el scrap 2, en $\frac{Ton}{h}$

$\%H_{T.I.}$: Porcentaje de humedad en la torta integral, en %

$\%SG_{T.I.}$: Porcentaje de sólidos grasos en la torta integral, en %

$SG_{T.I.}$: Sólidos grasos en la torta integral, en $\frac{Ton}{h}$

2.4.4.2 Agua evaporada en secadores.

Basado en el flujo de proceso de secado, el agua evaporada en los secadores se hallará mediante:

$$\dot{m}_{\text{evap.rtb.}} = SG_{scrap1} - SG_{scrap2} \dots \dots \dots (20)$$

$$\dot{m}_{\text{evap.rtd.}} = SG_{T.I.} - SG_{scrap1} \dots \dots \dots (21)$$

Donde:

$\dot{m}_{\text{evap.rtb.}}$: Flujo másico de agua evaporada en secador rotatubos, en $\frac{kg \text{ agua evaporada}}{h}$

$\dot{m}_{\text{evap.rtd.}}$: Flujo másico de agua evaporada en secador rotadiscos, en $\frac{kg \text{ agua evaporada}}{h}$

SG_{scrap1} : Sólidos grasos en el scrap 1, en $\frac{Ton}{h}$

SG_{scrap2} : Sólidos grasos en el scrap 2, en $\frac{Ton}{h}$

$SG_{T.I.}$: Sólidos grasos en la torta integral, en $\frac{Ton}{h}$

2.4.4.3 Vapor requerido en secadores.

El flujo de vapor de agua requerido por los secadores, se determina con la eficiencia térmica del secador, la cual está identificado en los parámetros obtenidos.

$$n_{\text{térmica}} = \frac{\text{Consumo de vapor}}{\text{Capacidad de evaporación}} \dots \dots \dots (22)$$

Entonces, se obtiene;

$$\dot{m}_{\text{vapor}} = \dot{m}_{\text{evap.}} \times n_{\text{térmica}} \dots \dots \dots (23)$$

Donde:

\dot{m}_{vapor} : Flujo másico de vapor requerido, en $\frac{\text{kg de vapor de agua}}{\text{h}}$

$\dot{m}_{\text{evap.}}$: Flujo másico de agua evaporada, en $\frac{\text{kg de agua evaporada}}{\text{h}}$

$n_{\text{térmica}}$: Eficiencia térmica por equipo de secado, en $\frac{\text{kg de vapor de agua}}{\text{kg de agua evaporada}}$

2.4.4.4 Flujo de calor requerido en secadores.

Para hallar el flujo energético del calor requerido en el secador, se multiplica el calor latente de vapor saturado a presión de trabajo por el flujo de vapor que ingresa.

$$\text{Consumo energético} = \dot{m}_{\text{vapor}} \times h_{fg} \dots \dots \dots (24)$$

Donde:

\dot{m}_{vapor} : Flujo másico de vapor requerido, en $\frac{\text{kg de vapor de agua}}{\text{h}}$

h_{fg} : Entalpía de vaporización de vapor de agua a presión de trabajo, en $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

2.5 Vapor Flash.

Se origina a partir del condensado caliente cuando existe una reducción en la presión. El vapor vivo se genera en la caldera, o en un generador de vapor por recuperación de calor, mientras que el vapor flash mediante una reevaporación del condensado espontáneamente. (TLV Compañía Especialista en Vapor, s.f.)

Cuando se descarga condensado a una presión menor, una cierta cantidad de calor sensible es liberado, el cual es absorbido como calor latente, formando que un porcentaje de agua se convierta en Vapor Flash. La importancia del Vapor Flash va de la mano con la energía que se reutiliza para otras operaciones de la planta. (Armstrong International Inc., 1998)

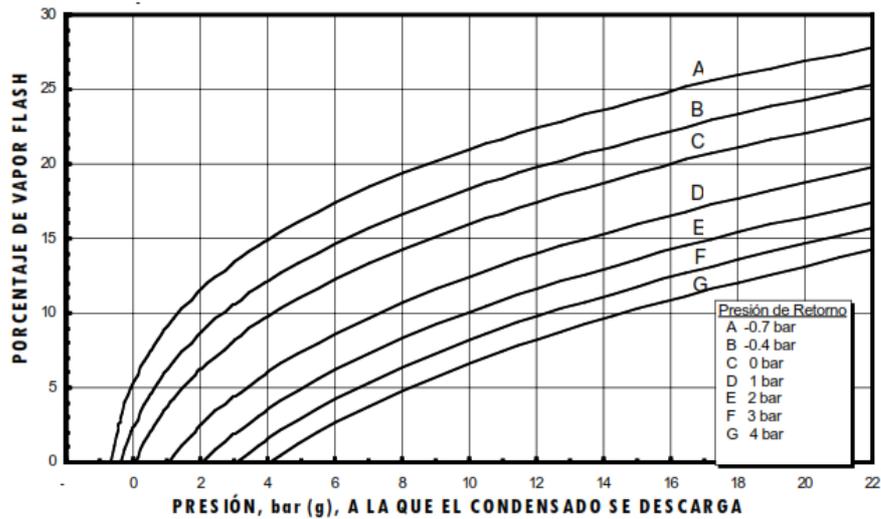


Figura 17. Vapor Flash porcentual en descarga de condensado a presión menor.

Fuente: Armstrong International Inc. (1998)

2.5.1 Aprovechamiento del Vapor Flash.

La red de condensado se alimenta a través trampas de vapor, que evacúan el condensado desde la red de vapor. Estos purgadores trabajan mediante un diferencial de presión que permite que el fluido escape e ingrese a la red de retorno de condensado. Entonces lo que ocurre es una descompresión que origina un revaporización (vapor flash) del condensado hasta que se equilibran las fases a la nueva presión y temperatura. (CACME, 2020)

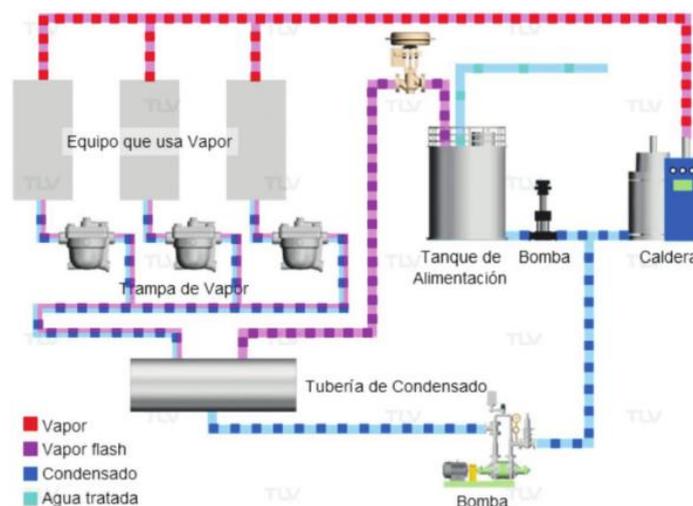


Figura 18. Implementación de calentamiento de aire con aprovechamiento de vapor flash.

Fuente: TLV Compañía Especialista en Vapor.

2.5.2 Porcentaje de Vapor Flash

El porcentaje de condensado convertido en vapor flash se halla utilizando la ecuación:

$$\%Vapor\ Flash = \frac{h_{f\ p.alta} - h_{f\ p.baja}}{h_{fg\ p.baja}} \dots \dots \dots (25)$$

Donde:

$h_{f\ p.alta}$: Entalpía de líquido saturado en presión alta, en $\frac{kJ}{kg}$

$h_{f\ p.baja}$: Entalpía de líquido saturado en presión baja, en $\frac{kJ}{kg}$

$h_{fg\ p.baja}$: Entalpía de agua saturada en presión baja, en $\frac{kJ}{kg}$

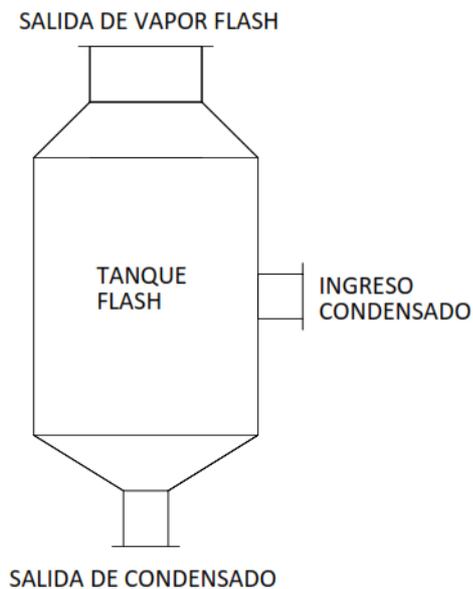


Figura 19. Diagrama de flujos en tanque flash.

Fuente: Elaboración Propia

Basándonos en la figura 2 y aplicando la primera ley de la termodinámica, se tiene la ecuación:

$$m_1 = m_2 + m_3 \dots \dots \dots (26)$$

Donde:

m_1 : Flujo de ingreso de condensado en tanque flash, en kg/h.

m_2 : Flujo de salida de vapor flash, en kg/h.

m_3 : Flujo de salida de condensado en tanque flash, en kg/h.

2.5.3 Flujo másico del Vapor Flash.

Tomando la ecuación 23 y 24, se considera que:

$$m_3 = m_1 * \%Vapor\ Flash \dots\dots\dots (27)$$

Donde:

m_1 : Flujo de ingreso de condensado en tanque flash, en kg/h.

m_3 : Flujo de salida de condensado en tanque flash, en kg/h.

2.5.4 Calor máximo obtenido del Vapor Flash.

El calor latente máximo obtenido se representa mediante la siguiente expresión:

$$Q_1 = m_3 x h_{g3} \dots\dots\dots (28)$$

Donde:

Q_1 : Calor latente obtenido en la salida de condensado de tanque flash, en $\frac{kJ}{h}$.

m_3 : Flujo de salida de condensado en tanque flash, en kg/h.

h_{g3} : Entalpía de vapor saturado a presión baja, en $\frac{kJ}{kg}$.

2.5.5 Calor disponible o ganancia de calor.

Los BHP ganados mediante vapor flash, tienen la siguiente expresión:

$$BHP_{ganado} = \frac{m_3 x (h_3 - h_2)}{35318} \dots\dots\dots (29)$$

Donde:

m_3 : Flujo másico de vapor flash, en kg/h

h_3 : Entalpía de vapor flash, en fase de vapor saturado a presión baja, en $\frac{kJ}{kg}$.

h_2 : Entalpía de condensado a presión baja, en $\frac{kJ}{kg}$.

2.5.6 Consumo de combustible en base a la producción de Vapor Flash.

El flujo de combustible generado en el vapor flash se representa:

$$m_{combustible} = \frac{\frac{m_3 \times (h_3 - h_2)}{n_{caldera} \times P_{CI}} \times 100\%}{\rho_{R500}} \dots \dots \dots (30)$$

$$m_{combustible} = \frac{Q_1 \times 100\%}{n_{caldera} \times P_{CI} \times \rho_{R500}} \dots \dots \dots (31)$$

Donde:

$m_{combustible}$: Masa de combustible de R500, en kg/h

$n_{caldera}$: Eficiencia de los calderos.

P_{CI} : Poder calorífico inferior de combustible R500, en kJ/kg

Q_1 : Calor latente obtenido en la salida de condensado de tanque flash, en $\frac{kJ}{h}$.

ρ_{R500} : Densidad de petróleo R500.

2.6 Tanque Vapor Flash.

Equipo diseñado para aprovechar el vapor flash originado por el condensado saturado presurizado. Recolecta, separa y distribuye el ingreso del condensado hacia otros procesos a través de la tubería instalada en parte superior del tanque (tipo vertical).

El sobrante del condensado, se descarga en la parte inferior (tipo vertical) a través de un filtro y una trampa hacia la tubería que conecta con el tanque receptor en la sala de la caldera. (Aquamarket,2018)

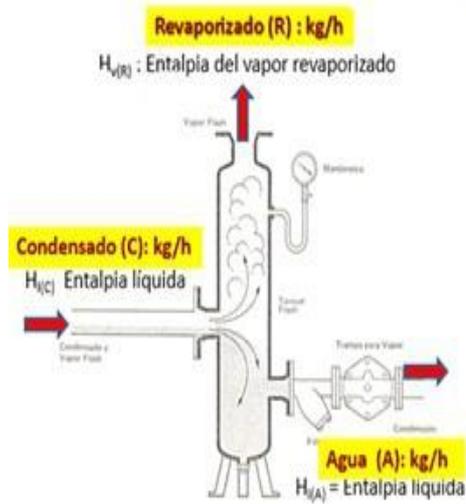


Figura 20. Diagrama esquemático de generación del vapor flash
Fuente: Armstrong International Inc. (1998)

2.6.1 Dimensionamiento de Tanque Flash.

Para determinar la dimensión de un tanque flash, es necesario detallar ciertas características:

2.6.1.1 Diámetro interno de tanque flash.

La estructura del recipiente flash tiene forma cilíndrica y posición vertical, donde el diámetro interior, para tanques verticales, y su relación de longitud y flujo másico de vapor flash consiguen velocidades de separación hasta un máximo de 3 m/s. (Armstrong International Inc., 1998)

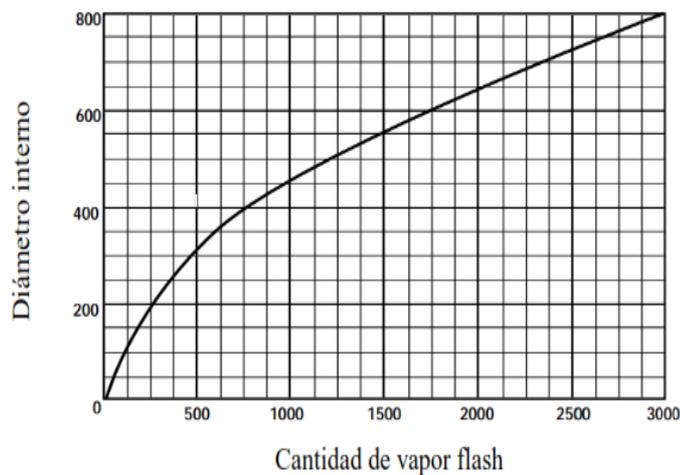


Figura 21. Estimaciones de diámetro interno del tanque flash con respecto al flujo de vapor flash.

Fuente: Armstrong International Inc. (1998)

Teniendo en cuenta el volumen de tanque flash, se calcula el diámetro de tanque flash con esta ecuación:

$$D_{tf} = \sqrt{\frac{4 \times V_{tf}}{\pi \times v_w}} \dots \dots \dots (32)$$

Donde:

D_{tf} : Diámetro de tanque flash en m.

v_w : Velocidad de mezcla, en m/s.

V_{tf} : Volumen de tanque flash en m^3 .

2.6.1.2 Altura de tanque flash.

La altura total del tanque flash se estima con la relación $H/D = 4$. (Wankat, 2011)

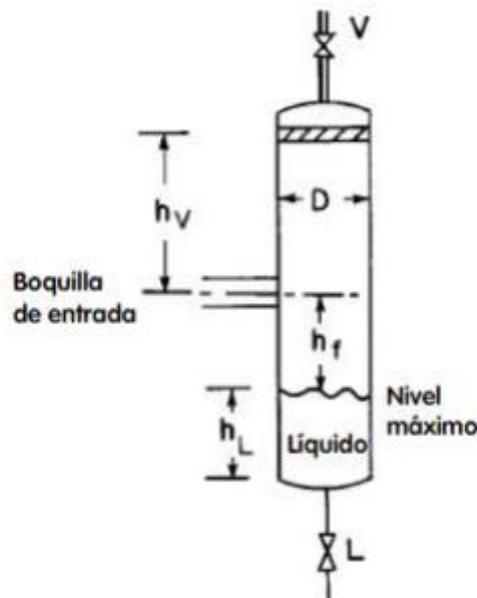


Figura 22. Medidas de un tambor vertical de destilación instantánea.

Fuente: Wankat (2008)

Según la imagen se representa:

$$H_{tf} = h_L + h_f + h_V \dots \dots \dots (33)$$

Donde:

H_{tf} : Altura total de tanque flash en m.

h_L : Profundidad del líquido.

h_f : Altura intermedia de tanque flash.

h_V : Altura de tanque de arriba de la tubería de ingreso de vapor flash.

La profundidad del líquido es obtenido por la ecuación:

$$h_L = \frac{V_{reserva}}{\frac{\pi \times D_{tf}^2}{4}} \dots \dots \dots (34)$$

Donde:

$V_{reserva}$: Volumen de reserva de condensado en m^3 .

D_{tf} : Diámetro de tanque flash en m.

La altura intermedia de tanque flash se expresa:

$$h_f = 0,3048 + \frac{D_{tf}}{2} \dots \dots \dots (35)$$

La altura de tanque de arriba de la tubería al ingreso del vapor flash:

$$h_V = 0,9144 + \frac{D_{tf}}{2} \dots \dots \dots (36)$$

Para corroborar las medidas adecuadas, se debe cumplir esta expresión:

$$3 < \frac{H_{tf}}{D_{tf}} < 5 \dots \dots \dots (37)$$

Para valores inferiores a 3, es recomendable que el volumen de reserva de condensado aumente.

Para valores superiores a 5, se reformula disminuir la velocidad de mezcla menor o dimensionar un tanque flash horizontal. (Wankat, 2011)

2.6.1.3 Diámetro de tuberías.

2.6.1.3.1 Diámetro de tubería de ingreso de condensado a tanque flash.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \dots \dots \dots (38)$$

$$A = \frac{\dot{m}_1 \times V_{evc}}{v_w} \dots \dots \dots (39)$$

$$V_{evc} = V_{ec} \times (1 - F) + V_{ev} \times F \dots \dots \dots (40)$$

Donde:

D : Diámetro de tubería de ingreso de condensado, en m

A : Área de la tubería, en m^2

\dot{m}_1 : Flujo de condensado que ingresa a tanque flash, en $\frac{kg}{h}$

V_{evc} : Volumen específico mezcla vapor – condensado, en $\frac{m^3}{kg}$

V_{ev} : Volumen específico de vapor a 15 psi, $\frac{m^3}{kg}$

v_w : Velocidad de mezcla, en $\frac{m}{s}$

V_{ec} : Volumen específico de condensado, en $\frac{m^3}{kg}$

F : Porcentaje de vapor flash, en %

Se considera una restricción de velocidad de condensado a 15 m/s para evitar caídas de presión elevadas. (Spirax Sarco, 2012)

2.6.1.3.2 Diámetro de tubería de salida de vapor flash.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \dots \dots \dots (41)$$

$$A = \frac{\dot{m}_3 \times V_{ev}}{v_w} \dots \dots \dots (42)$$

Donde:

D : Diámetro de tubería de salida de vapor flash, en m

A : Área de la tubería, en m^2

\dot{m}_3 : Flujo de vapor flash a transportar, en $\frac{kg}{h}$

V_{ev} : Volumen específico de vapor a 1,4 barg, en $\frac{m^3}{kg}$

v_w : Velocidad de mezcla, en $\frac{m}{s}$

2.6.1.3.3 Diámetro de salida de condensado

Se considera las ecuaciones 37, 38 y 39.

Asumiendo una velocidad de mezcla de 3 m/s debido a que se ha comprobado una excelente separación del agua y el vapor. (Armstrong International Inc., 1998)

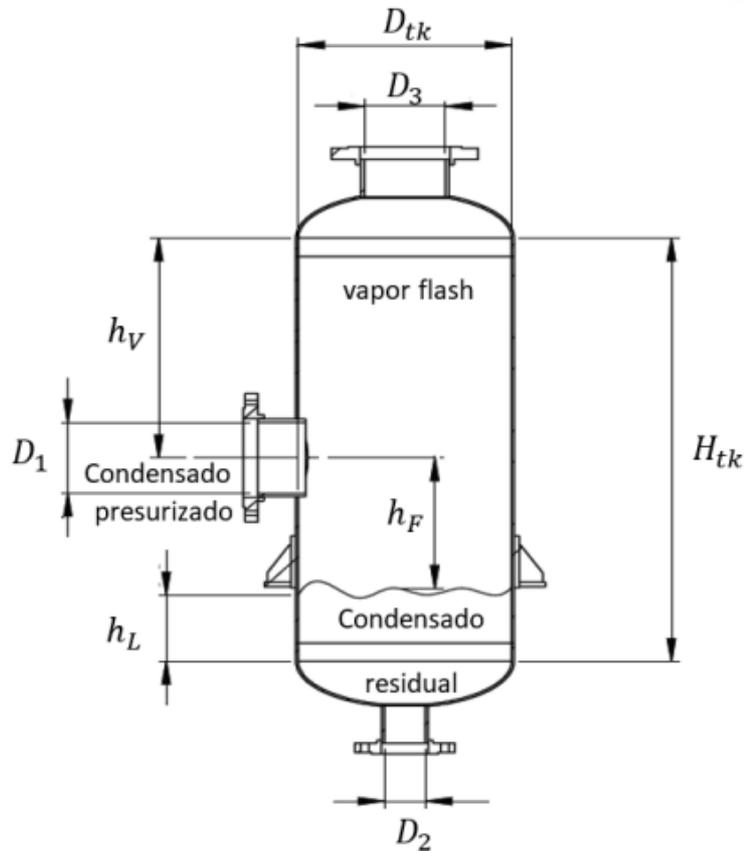


Figura 23. Valores estimados para dimensionamiento de tanque flash.

Fuente: Armstrong International Inc. (1998)

2.6.1.4 Área de tanque flash.

Se calculó el área del tanque flash aproximándola a un cilindro vertical. (Wankat, 2011)

$$A = 2 \times \pi \times r(r + H) \dots \dots \dots (43)$$

Donde:

r : Radio interno de tanque flash, en m

A : Área de tanque flash, en m^2

H : Altura total de tanque flash, en m

2.6.1.5 Volumen de tanque flash.

Se calculó el volumen del tanque flash aproximándola a un cilindro vertical. (Wankat, 2011)

$$V = \pi \times r^2 \times H \dots \dots \dots (44)$$

Donde:

r : Radio interno de tanque flash, en m

V : Volumen de tanque flash, en m^3

H : Altura total de tanque flash, en m

2.7. Análisis mecánico de tanque flash.

2.7.1. Cálculo de espesor de tapas y cuerpo del tanque.

Espesor de placa para tanque a presión.

El mínimo espesor para cuerpo y cabezal del tanque flash es 0,0625 inch, excluyendo el sobreespesor por corrosión, logrando cumplir la vida útil calculada del recipiente. El mínimo espesor para cabezales para aire comprimido, servicios de vapor, construidos con acero al carbono, es 0,09375 inch, excluyendo el espesor por corrosión. (ASME, 2018)

Espesor de cuerpo de tanque.

El espesor requerido del tanque flash en función de la presión interior, se representa mediante la siguiente ecuación: (Massa, Giro, y Giudici, 2017)

$$t_c = \frac{PxR_t}{SxE - 0,6P} \dots \dots \dots (45)$$

Si: $t_c \leq R_t/2$ o $P \leq 0,385SxE$

Donde:

P: presión interior de diseño

S: tensión máxima admisible

E: eficiencia de la junta en las soldaduras.

R_t : radio interior de tanque flash

t_c : espesor mínimo requerido para el tanque flash.

Para obtener S y E, se debe revisar el anexo 2 y 3 según el Código ASME Sección VIII – División I.

Con respecto a la presión interior de diseño, se debe considerar la siguiente ecuación. (Massa, Giro, y Giudici, 2017)

$$P = \text{mayor} (1,1 \times P_o ; P_o + 2) \left[\frac{kgf}{cm^2} \right] \dots \dots \dots (46)$$

Donde:

P: presión interior de diseño, en $\frac{kgf}{cm^2}$

P_o : presión de trabajo asumido, en $\frac{kgf}{cm^2}$

Además, se debe considerar el factor sobreespesor por corrosión c y una tolerancia de fabricación de $\pm 12.5\%$:

$$t = \frac{t_{min} + c}{T_{fabr}} \dots \dots \dots (47)$$

Donde:

t : espesor real asumido, en cm.

t_{min} : espesor mínimo, en cm

T_{fabr} : tolerancia de fabricación, se asume el $\pm 12.5\%$ (0,875)

Espesor de tapas de tanque

El tanque flash requiere tapas con cabezal elipsoidal 2:1, siendo el espesor requerido t_t expresado de la siguiente manera:

$$t_t = \frac{P \times D_t}{2S \times E - 0,2 \times P} \dots \dots \dots (48)$$

Si:

$$\frac{D}{h} = 4 \dots \dots \dots (49)$$

Donde:

P: presión interior de diseño

D_t : diámetro interior del cabezal.

S: tensión máxima admisible

E: eficiencia de la junta en las soldaduras.

h: mitad de la longitud del eje menor del cabezal elipsoidal

Aplicar ecuación 46 y 47 para el espesor obtenido.

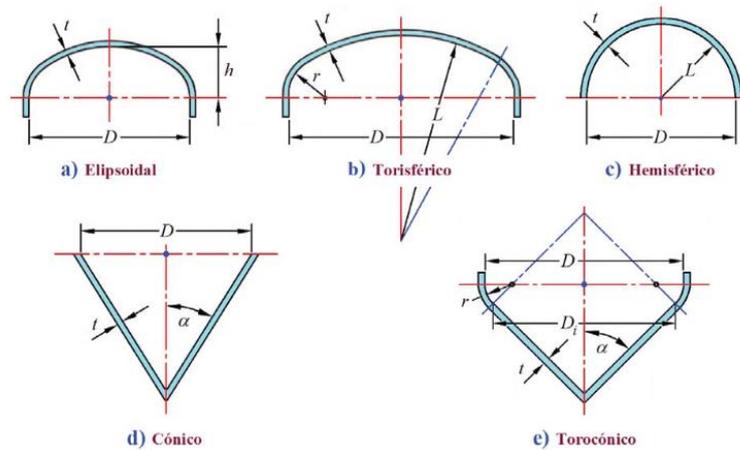


Figura 24. Tipo de cabezales contemplado según el código ASME
Fuente: Massa, Giro, y Giudici (2017)

2.8 Selección de trampas de vapor en salida de condensado.

En el tramo hacia la salida del condensado en el tanque flash, es necesario añadir una trampa de vapor que no permita fugas de vapor por la tubería de condensado, y en base al gráfico mostrado, se elige el adecuado según la presión diferencial y el flujo de condensado. (Spirax Sarco, 2012)

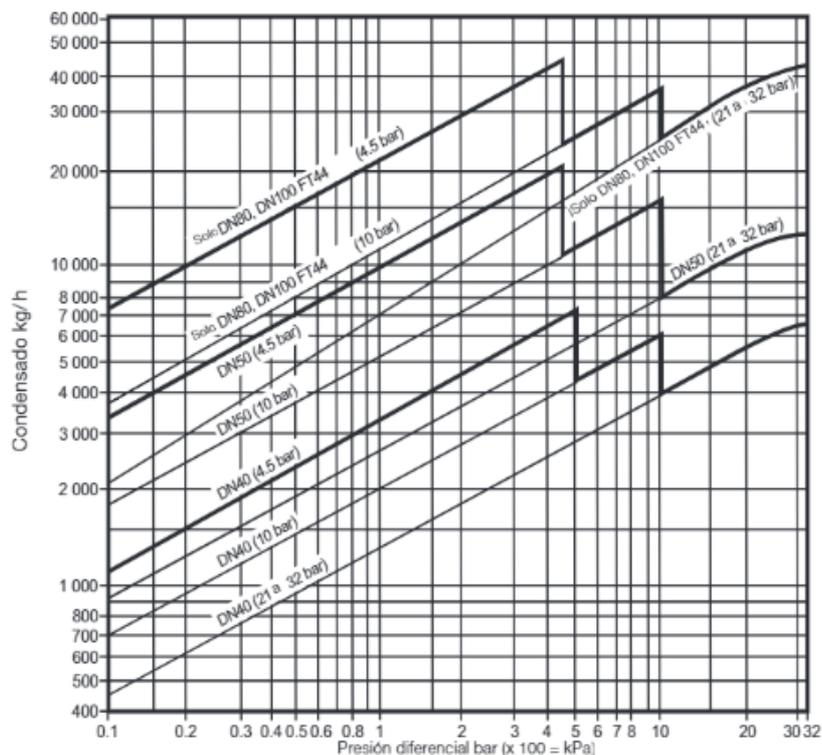


Figura 25. Gráfico de selección de trampa de vapor
Fuente: Spirax Sarco (2012)

2.9 Elaboración de Indicadores.

2.9.1 Indicador Térmico (IT)

El indicador térmico se representa como el cociente entre calor consumido y toneladas de harina producidas por hora. (Chucuya, 2017)

$$I. T. = \frac{\text{Calor consumido}}{\text{Tonelada de harina producida por hora}} \dots \dots \dots (50)$$

Donde:

I.T.: Indicador Térmico, en $\frac{\text{kJ}}{\text{ton.har.prod}}$

Calor consumido, en $\frac{\text{kJ}}{\text{h.}}$

2.9.2 Indicador Energético. (IE)

El indicador energético relaciona el flujo de combustible con toneladas de harina producidas. (Chucuya, 2017)

$$I. E. = \frac{\dot{m}_{\text{comb.}}}{\text{Tonelada de harina producida por hora}} \dots \dots \dots (51)$$

Donde:

I.E.: Indicador Energético, en $\frac{\text{gal.}}{\text{ton.har.prod}}$

$\dot{m}_{\text{comb.}}$: Flujo de combustible, en $\frac{\text{gal.}}{\text{h.}}$

2.9.3 Indicador Energético Económico. (IEE)

El indicador energético económico es la relación que compara el costo del combustible consumido con toneladas de harina producidas. (Chucuya, 2017)

$$I. E. E. = \frac{\text{USD por combustible consumido}}{\text{Tonelada de harina producida por hora}} \dots \dots \dots (52)$$

$$I. E. E. = I, E. \times \text{Costo}$$

Donde:

I.E.E.: Indicador Energético Económico, en $\frac{USD}{ton.har.prod}$

I.E.: Indicador Energético, en $\frac{gal.}{ton.har.prod}$

Costo : Costo de combustible R500, en $\frac{USD}{gal.}$

2.10 Análisis Económico

2.10.1 Valor Actual Neto (VAN)

El VAN mide los flujos de ingresos y egresos futuros que tendrá el proyecto, evaluándose ganancias de retorno. Si el VAN es positivo, el proyecto es rentable. Si el VAN es nulo, la rentabilidad del proyecto es similar que ingresar fondos invertidos iguales a la tasa de descuento. Y si el resultado es negativo, no es conveniente ejecutar el proyecto. (Cruz, 2015)

Se expresa con la siguiente ecuación:

$$VAN = -I + \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \times (A - CO) \dots \dots \dots (53)$$

Donde:

A: Representa ingresos al año del proyecto.

CO: Egresos por costos de operación y mantenimiento al año

I: Inversión inicial de proyecto.

n: Vida útil del proyecto.

i: Tasa de interés anual.

2.10.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es un indicador financiero respecto a la tasa de interés, dónde el VAN es cero. Considerándose la inversión como prudente si la TIR es igual o

superior a tasa exigida por el inversor, siendo el más óptimo una TIR superior. Entonces, si la TIR es mayor a la tasa de interés, es adecuado realizar la inversión. (Sevilla, 2015)

Para su cálculo se expresa:

$$0 = -I + \frac{(1 + TIR)^n - 1}{TIR \times (1 + TIR)^n} \times (A - CO) \dots \dots \dots (54)$$

Donde:

A: Representa ingresos al año del proyecto.

CO: Egresos por costos de operación y mantenimiento al año.

I: Inversión inicial de proyecto.

n: Vida útil del proyecto.

2.10.3 Pay Back

Es el intervalo de recuperación de la inversión, sin tomar en cuenta la fluctuación del dinero. (Velayos, 2018)

Para su cálculo se expresa:

$$P = \frac{I}{A - CO} \dots \dots \dots (55)$$

Donde:

P : Periodo de recuperación de inversión en años

A: Representa ingresos al año del proyecto.

CO: Egresos por costos de operación y mantenimiento al año.

I: Inversión inicial de proyecto.

2.10.4 Rentabilidad (%)

Parámetro financiero que verifica el ahorro anual neto de forma porcentual, con la inversión realizada, considerando la vida útil del proyecto. (Urcia y Zavaleta, 2016)

Se representa de la siguiente forma:

$$R = \frac{A - CO - D}{I} \times 100\% \dots \dots \dots (56)$$

Donde:

R : Rentabilidad (%)

D : Depreciación (USD/año)

A: Representa ingresos al año del proyecto.

CO: Egresos por costos de operación y mantenimiento al año.

I: Inversión inicial de proyecto.

La depreciación se determina:

$$D = \frac{I}{n} \dots \dots \dots (57)$$

Donde:

I: Inversión inicial de proyecto.

n: vida útil del proyecto.

CAPITULO III
MATERIAL Y METODO

3.1 Material.

3.1.1 Referente a la Empresa Pesquera Cantabria: Se toma como fuente el Sistema de Recuperación de Vapor en la Empresa Pesquera Cantabria – Coishco, Ancash.

a. Información de Cocina 1

Marca : Fabtech
Modelo : CI – 11616
Tipo : Mixta
Longitud : 14,54 m
Presión de trabajo : 4-6 bar
Potencia de motor : 30 HP
Capacidad Nominal : 50 tn/h

b. Información de Cocina 2

Marca : Fabtech
Modelo : CI – 11616
Tipo : Mixta
Longitud : 14,54 m
Presión de trabajo : 4-6 bar
Potencia de motor : 30 HP
Capacidad Nominal : 50 tn/h

c. Información de Cocina 3

Marca : Enercom
Tipo : Mixta
Longitud : 12,45 m
Presión de trabajo : 4-6 bar
Potencia de motor : 30 HP
Capacidad Nominal : 50 tn/h

d. Información de Secador Rotadiscos

Marca : Atlas Stord
Modelo : HM - 2064
Longitud : 13,25 m
Presión de operación : 7 bar
Potencia de motor : 125 hp
Velocidad : 10,93 rpm

e. Información de Secador Rotatubos

Marca : Enercom
Modelo : SV - 1400
Longitud : 20 m
Presión de operación : 6 bar
Potencia de motor : 150 hp
Velocidad : 5,86 rpm

3.1.2 Soporte informático.

La creación de los planos de dimensionamiento del tanque flash fue realizado mediante el programa de diseño mecánico AUTOCAD 2021 – English.

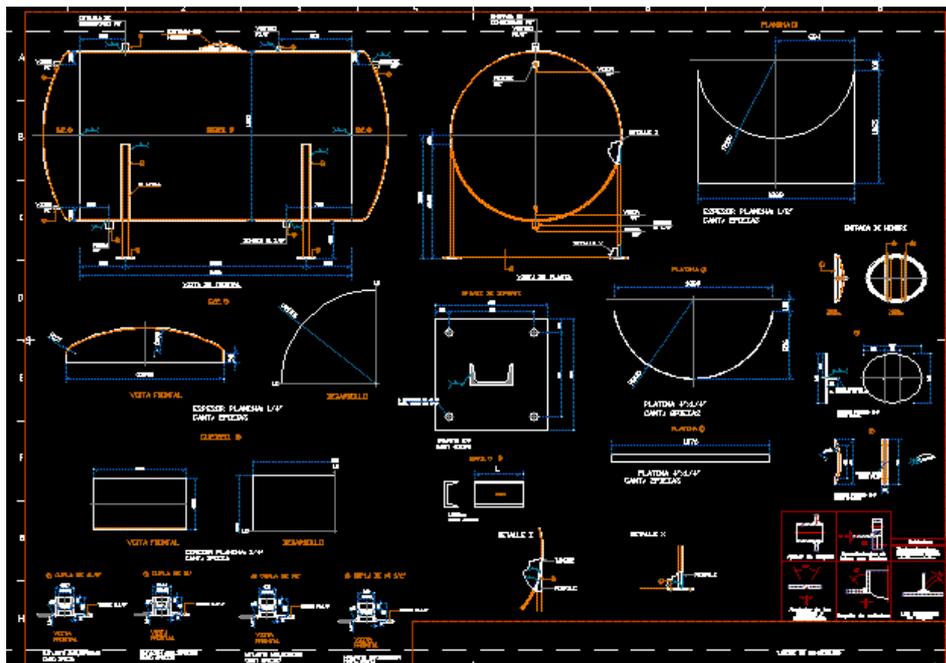


Figura 26 Software para creación de planos, Autocad 2021 English.

Fuente: <https://www.autodesk.es/products/autocad/overview>

Para la determinación de las propiedades de la entalpía específica del agua en estado de vapor saturado se hizo uso del software libre STEAM PRESSURE TLV TOOLBOX de la Empresa TLV Engineering S. A. de C. V.

Calculadora: Tabla de Vapor Saturado por Presión

TLV ToolBox - Para iOS y Android

Introducir Datos Unidades SI(bar) ▾

Presión de Vapor barG ▾

[Mostrar Opciones Avanzadas](#)

[Limpiar](#)

Resultados		
Temperatura del Vapor Saturado	126.254	°C ▾
Calor Latente del Vapor	2184.47	kJ/kg ▾
Entalpía Específica del Vapor Saturado	2714.87	kJ/kg ▾
Entalpía Específica del Agua Saturada	530.405	kJ/kg ▾
Volumen Específico del Vapor Saturado	0.742875	m³/kg ▾
Volumen Específico del Agua Saturada	0.00106612	m³/kg ▾

Figura 27 Software para propiedades del agua STEAM PRESSURE TLV

Fuente: <https://www.tlv.com/global/LA/>

3.2 Método.

3.2.1 Método de investigación:

El presente trabajo de investigación utiliza el siguiente método:

- Método descriptivo. – La investigación es descriptiva ya que se empleará la información estadística real del comportamiento de la demanda de vapor utilizado en la empresa Cantabria, para el dimensionamiento óptimo de un tanque flash, mediante un análisis energético que conlleva a la aplicación de balances de masas y energía y ecuaciones mecánicas para la realización del estudio.
- Método aplicado. – La investigación es aplicada porque permitirá dimensionar óptimamente el tanque flash, basado en un análisis energético y mecánico.

3.2.2 Diseño:

El diseño de la investigación es descriptivo y aplicado, donde se dispondrá de una muestra en quien se realizará el estudio y donde se recoge la información relevante, el siguiente diagrama representa este diseño.



O1: Tanque Flash

O2: Reducción del consumo combustible y vapor.

X: Efecto del dimensionamiento

3.2.3 Metodología de cálculo.

Se describe el procedimiento de la investigación:

- Realizar un balance de masa y energía en los procesos de la planta térmica de la Empresa Cantabria.
- Realizar el diseño mecánico del Tanque Flash para la Empresa Cantabria.
- Identificar los parámetros energéticos del Tanque Flash para la Empresa Cantabria.
- Cuantificar el vapor, calor y combustible recuperado del dimensionamiento del Tanque Flash en la empresa pesquera Cantabria.
- Estimar rentabilidad económica del dimensionamiento de tanque Flash en la empresa Cantabria.

CAPITULO IV
CALCULOS Y RESULTADOS

4.1 Evaluación del diseño térmico del Sistema de Generación de Vapor Flash

4.1.1 Proceso de cocinado.

4.1.1.1 Calor requerido para cocción de pescado.

Según los parámetros de Anexo 4 y 5, se obtiene el siguiente resultado.

Tabla 01 Parámetros del calor requerido para cocción de pescado en cocinas.

Parámetros	Unidad	Cocina 1	Cocina 2	Cocina 3
Flujo másico de pescado	kg/h	49 858	62 046	23 997
Calor específico de anchoveta	kJ/kg°C	3.47	3.47	3.47
Temperatura de cocción de pescado	°C	100	100	100
Temperatura ambiente	°C	20	20	20
Eficiencia	%	80	80	80

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazando estos valores con la ecuación 3, se obtiene:

$$\dot{Q}_{\text{coc.pez1}} = 17\,300\,726 \text{ kJ/h}$$

$$\dot{Q}_{\text{coc.pez2}} = 21\,529\,962 \text{ kJ/h}$$

$$\dot{Q}_{\text{coc.pez3}} = 8\,326\,959 \text{ kJ/h}$$

Siendo la sumatoria total de las 3 cocinas:

$$\dot{Q}_{\text{coc.pez}} = 47\,157\,647 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

4.1.1.2 Calor requerido para calentamiento de cocinas.

Para determinar el calentamiento de cocinas, se tiene los siguientes parámetros obtenidos.

Tabla 02 Parámetros del calor requerido para calentamiento en cocinas.

Parámetros	Unidad	Cocina 1	Cocina 2	Cocina 3
Masa de la cocina	kg	35 000	35 000	30 000
Temperatura inicial	°C	20	20	20
Temperatura final	°C	100	100	100
Calor específico del fierro	kJ/kg °C	0,45	0,45	0,45

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando la ecuación 4 obtenemos:

$$\dot{Q}_{\text{cocina1}} = \dot{m}_{\text{cocina1}} * C_{p_{\text{fe}}} * (T_f - T_i)$$

$$\dot{Q}_{\text{cocina1}} = 35\,000 * 0,45 * (100 - 20)$$

$$\dot{Q}_{\text{cocina1}} = 1\,260\,000 \text{ kJ}$$

Realizamos la misma operación para la cocina 2 y 3:

$$\dot{Q}_{\text{cocina2}} = 1\,260\,000 \text{ kJ}$$

$$\dot{Q}_{\text{cocina3}} = 1\,080\,000 \text{ kJ}$$

Sumando los calores de las cocinas se obtiene el calor total requerido:

$$\dot{Q}_{\text{calent.}} = \dot{Q}_{\text{cocina1}} + \dot{Q}_{\text{cocina2}} + \dot{Q}_{\text{cocina3}}$$

$$\dot{Q}_{\text{calent.}} = 3\,600\,000 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

4.1.1.3 Calor perdido por convección y radiación en cocinas.

Para determinar el calor perdido por convección y radiación en cocinas, se tiene los siguientes parámetros obtenidos.

Tabla 03 Parámetros para determinar el calor perdido por convección y radiación en cocinas.

Parámetros	Unidad	Cocina 1	Cocina 2	Cocina 3
Diámetro de cocina	m	1,7	1,7	1,3
Longitud de cocina	m	14,54	14,54	12,45
Temperatura inicial de aislamiento	°C	40	40	40
Temperatura final de aislamiento	°C	20	20	20
Temperatura inicial del aire	°C	20	20	20
Temperatura final del aire	°C	100	100	100

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente aplicamos la ecuación 6:

$$A_{tc} = \pi \times D \times L + 2 \times (0,75 \times D^2)$$

$$A_{cocina1} = \pi \times 1,7 \times 14,54 + 2 \times (0,75 \times 1,7^2)$$

$$A_{cocina1} = 81,989 \text{ m}^2$$

Realizamos la misma operación para la cocina 2 y 3

$$A_{cocina2} = 81,989 \text{ m}^2$$

$$A_{cocina3} = 53,382 \text{ m}^2$$

Sumando las áreas de las 3 cocinas tenemos:

$$A_{tc} = 217,36 \text{ m}^2$$

Aplicamos la ecuación 7:

$$U = 8,4 + 0,06 x (40 - 20)$$

$$U = 9,6 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$$

Reemplazamos en ecuación 5:

$$Q_{pc} = A_{tc} x U x (T_{f.\text{aire}} - T_{i.\text{aire}})$$

$$Q_{pc} = 217,36 x 9,6 x 80$$

$$Q_{pc} = 166\,932,48 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

4.1.1.4 Calor total requerido para el área de cocinas.

De la ecuación 8, podemos obtener el calor total requerido en cocinas:

$$\dot{Q}_{t.\text{cocina}} = \dot{Q}_{\text{coc.pez}} + \dot{Q}_{\text{calent.}} + \dot{Q}_{pc}$$

Donde :

$$\dot{Q}_{\text{coc.pez}} = 47\,157\,647 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

Reemplazando los datos obtenidos:

$$\dot{Q}_{t.\text{cocina}} = 47\,157\,647 + 3\,600\,000 + 166\,932,48$$

$$\dot{Q}_{t.\text{cocina}} = 50\,924\,579,48 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

4.1.1.5 Consumo de vapor en cocinas.

De la ecuación 9, podemos obtener el vapor total requerido en cocinas:

$$\dot{m}_{\text{vaporcoc.}} = \frac{\dot{Q}_{\text{t.cocina}}}{h_{fg \ 4\text{bar}g}}$$

$$h_{fg \ 4\text{bar}g} = 2 \ 107,61 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{m}_{\text{vaporcoc.}} = \frac{50924579,48}{2107.61}$$

$$\dot{m}_{\text{vaporcoc.}} = 24 \ 162,24 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \text{ de vapor}$$

4.1.1.6 Consumo de combustible en cocinas.

De la ecuación 10, podemos obtener el flujo de combustible R500 que se utilizan en las cocinas.

Tabla 04 Parámetros para determinar el consumo de combustible en cocinas.

Parámetros	Unidad	Cocina 1	Cocina 2	Cocina 3
$P_{CI \ R500}$	kJ/kg	41 030	41 030	41 030
ρ_{R500}	kg/gal	3,675	3,675	3,675
$n_{caldera}$	%	84	84	84

Fuente: Elaboración propia.

$$\dot{m}_{\text{t.comb.}} = \frac{\dot{Q}_{\text{t.cocina}}}{n_{\text{caldera}} \times \rho_{R500} \times P_{CI \ R500}} \times 100\%$$

$$\dot{m}_{\text{t.comb.}} = \frac{50 \ 924 \ 579,48 \times 100}{84 \times 3,675 \times 41 \ 030}$$

$$\dot{m}_{\text{t.comb.}} = 402,06 \text{ gal/h}$$

4.1.2 Balance de masas en secadores.

Con respecto a los datos obtenidos de producción se consigue:

Tabla 05 Parámetros para determinar la masa en secadores

Parámetros	Símbolo	Cantidad	Unidad
Velocidad de planta	V_{planta}	68 000	kg/h
<i>Rendimiento de harina</i>	$n_{caldera}$	4,5	kg/kg
<i>Humedad torta integral</i>	$\%H_{T.I.}$	55,28	%
<i>Humedad scrap 1</i>	$\%H_{scrap1}$	43,84	%
<i>Humedad scrap 2</i>	$\%H_{scrap2.}$	15,25	%
<i>Humedad harina</i>	$\%H_h.$	7,7	%

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.1 Harina producida.

Reemplazando en la ecuación 11 se obtiene:

$$\dot{m}_h = \frac{68000}{4.5}$$

$$\dot{m}_h = 15\ 111,11\ \text{kg/h}$$

4.1.2.1 Determinación de sólidos grasos

Reemplazando desde la ecuación 12 hasta la ecuación 19, se obtiene:

Tabla 06 Resultado de sólidos grasos en etapas de secado.

Parámetros	Símbolo	Cantidad	Unidad
%Sólidos grasos en la harina	$\%SG_h$	92,3	%
Sólidos grasos en la harina	SG_h	13 950	kg/h
%Sólidos grasos en scrap 1	$\%SG_{scrap1}$	56 160	%
Sólidos grasos en scrap 1	SG_{scrap1}	24 840	kg/h
%Sólidos grasos en scrap 2	$\%SG_{scrap2}$	84,75	%
Sólidos grasos en scrap 2	SG_{scrap2}	16 460	kg/h

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.2 Agua evaporada en secadores.

Empleando las ecuaciones 20 y 21, se determina el agua evaporada en secadores:

Tabla 07 Resultado de agua evaporada en secadores.

Parámetros	Símbolo	Cantidad	Unidad
<i>Agua evaporada en secador rotadisk</i>	$\dot{m}_{\text{evap.rtd}}$	6 353,24	kg/h
<i>Agua evaporada en secador rotatubo</i>	$\dot{m}_{\text{evap.rtb}}$	8 378,1	kg/h
Total		14 731,34	kg/h

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.3 Vapor de agua en secadores.

Según la información obtenido de las especificaciones de cada secador, se obtiene los siguientes rendimientos térmicos:

Tabla 08 Rendimiento térmico de secadores.

Parámetros	Símbolo	Cantidad	Unidad
<i>Rendimiento térmico de secador rotadisk</i>	n_{rtd}	1,3	kg vapor de agua/kg agua evaporada
<i>Rendimiento térmico de secador rotatubo</i>	n_{rtb}	1,238	kg vapor de agua/kg agua evaporada

Fuente: Elaboración propia.

Empleando las ecuaciones 22 y 23, se obtiene que:

$$\dot{m}_{\text{vapor}} = \dot{m}_{\text{evap.}} \times n_{\text{térmica}}$$

$$\dot{m}_{\text{vap.rtd}} = 6\,353,24 \times 1,3$$

$$\dot{m}_{\text{vap.rtd}} = 8\,259,21 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\dot{m}_{\text{vap.rtb}} = 8\,378,1 \times 1,238$$

$$\dot{m}_{\text{vap.rtb}} = 10\,372,09 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

4.1.2.4 Consumo energético de secadores.

Empleando la ecuación 24, se obtiene:

$$\text{Consumo energético} = \dot{m}_{\text{vapor}} \times h_{fg}$$

Calor latente de secador rotadisk a 4.5 Barg:

$$h_{fg(\text{rtd})} = 2\,096,16 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Calor latente de secador rotatubo a 5 Barg:

$$h_{fg(\text{rtb})} = 2\,085,36 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Reemplazando las expresiones:

$$\text{Consumo energético}_{\text{rtd}} = 8\,259,21 \times 2\,096,16$$

$$\text{Consumo energético}_{\text{rtd}} = 17\,312,626 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

$$\text{Consumo energético}_{\text{rtb}} = 10\,372,09 \times 2\,085,36$$

$$\text{Consumo energético}_{\text{rtb}} = 21\,631,231 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

4.1.3 Resumen de consumos de vapor en cocinas y secadores.

Según los datos obtenidos en el flujo de vapor utilizado en equipos, se tiene a continuación:

Tabla 09 Resumen de consumo de vapor en cocinas y secadores.

Equipos	kg vap./h
Cocinas	24 162,24
<i>Secador Rotadisk</i>	8 259,21
<i>Secador Rotatubo</i>	10 372,09
<i>Total</i>	42 783,251

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Vapor Flash generado.

4.2.1 Vapor Flash generado en el sistema de condensado de cocinas.

Aplicando la ecuación 25, se obtiene lo siguiente:

$$\%Vapor\ Flash = \frac{h_{f\ p.alta} - h_{f\ p.baja}}{h_{fg\ p.baja}}$$

Considerando una presión de trabajo de 4 barg y de descarga de 1.4 barg, se obtiene los siguientes valores:

$$h_{f\ p.alta} = 640,617 \frac{kJ}{kg}$$

$$h_{f\ p.baja} = 530,405 \frac{kJ}{kg}$$

$$h_{fg\ p.baja} = 2\ 184,47 \frac{kJ}{kg}$$

$$\%Vapor\ Flash\ cocinas = \frac{640,617 - 530,405}{2\ 184,47}$$

$$\%Vapor\ Flash\ cocinas = 0,0505 = 5,05\ \%$$

Reemplazando este valor en la ecuación 27 en conjunto al consumo de vapor total de cocinas:

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_1 * \%Vapor\ Flash$$

$$\dot{m}_{vfcocinas} = \dot{m}_{cocinas} * \%Vapor\ Flash$$

$$\dot{m}_{vfcocinas} = 24\ 162,24 \times 0,051$$

$$\dot{m}_{vfcocinas} = 1\ 219,046 \frac{kgvapor}{h}$$

4.2.2 Vapor Flash generado en secador rotadisk.

Considerando los parámetros anteriores:

$$\%Vapor\ Flash = \frac{h_{f\ p.alta} - h_{f\ p.baja}}{h_{fg\ p.baja}}$$

Considerando una presión de trabajo de 4,5 barg y de descarga de 1,4 barg, se obtiene los siguientes valores:

$$h_{f_{p.alta}} = 656,277 \frac{kJ}{kg}$$

$$h_{f_{p.baja}} = 530,405 \frac{kJ}{kg}$$

$$h_{fg_{p.baja}} = 2\,184,47 \frac{kJ}{kg}$$

$$\%Vapor\ Flash_{rotadisk} = \frac{656,277 - 530,405}{2\,184,47}$$

$$\%Vapor\ Flash_{rotadisk} = 0,0576 = 5,76\%$$

Reemplazando este valor en la ecuación 27 en conjunto al consumo de vapor total de secador rotadisk:

$$\dot{m}_{v.f.rtd.} = \dot{m}_{rtd.} * \%Vapor\ Flash$$

$$\dot{m}_{v.f.rtd.} = 8\,259,21 \times 0,0576$$

$$\dot{m}_{v.f.rtd.} = 475,906 \frac{kgvapor}{h}$$

4.2.3 Vapor Flash generado en secador rotatubo.

Considerando los parámetros anteriores:

$$\%Vapor\ Flash = \frac{h_{f_{p.alta}} - h_{f_{p.baja}}}{h_{fg_{p.baja}}}$$

Considerando una presión de trabajo de 5 barg y de descarga de 1.4 barg, se obtiene los siguientes valores:

$$h_{f_{p.alta}} = 670,876 \frac{kJ}{kg} ; \quad T_{vp.alta} = 158,92\text{ }^{\circ}C$$

$$h_{f.p.baja} = 530,405 \frac{kJ}{kg} ; \quad T_{vp.baja} = 126,254 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$h_{fg.p.baja} = 2\,184,47 \frac{kJ}{kg}$$

$$\%Vapor\ Flash_{rotatubo} = \frac{670,876 - 530,405}{2\,184,47}$$

$$\%Vapor\ Flash_{rotatubo} = 0,0643 = 6,43 \%$$

Reemplazando este valor en la ecuación 27 en conjunto al consumo de vapor total de secador rotatubo:

$$\dot{m}_{v.f.rtb.} = \dot{m}_{v.f.rtb.} * \%Vapor\ Flash$$

$$\dot{m}_{v.f.rtb.} = 10\,372,09 \times 0,0643$$

$$\dot{m}_{v.f.rtb.} = 666,971 \frac{kg\ vapor}{h}$$

4.2.4 Resumen de vapor flash en cocinas y secadores.

Tabla 10 Resumen vapor flash generado en cocinas y secadores.

Equipos	Cantidad	Unidad
Cocinas	1 219,046	kg/h
<i>Secador Rotadisk</i>	475,906	kg/h
<i>Secador Rotatubo</i>	666,971	kg/h
<i>Total</i>	2 361,923	kg/h

Fuente: Elaboración propia.

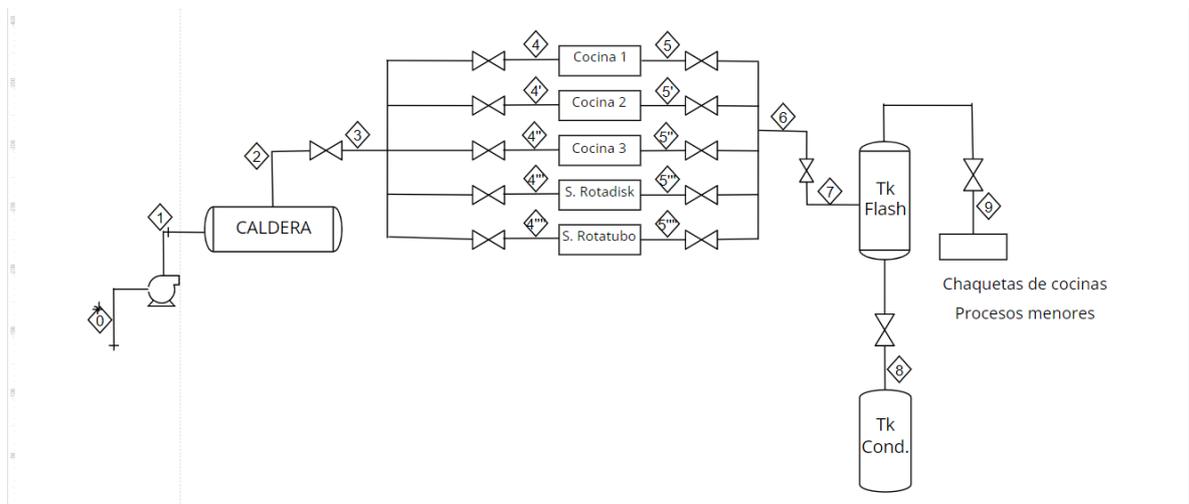


Diagrama 01. Diagrama de distribución de equipos del proceso de tanque flash.
Fuente: Elaboración propia.

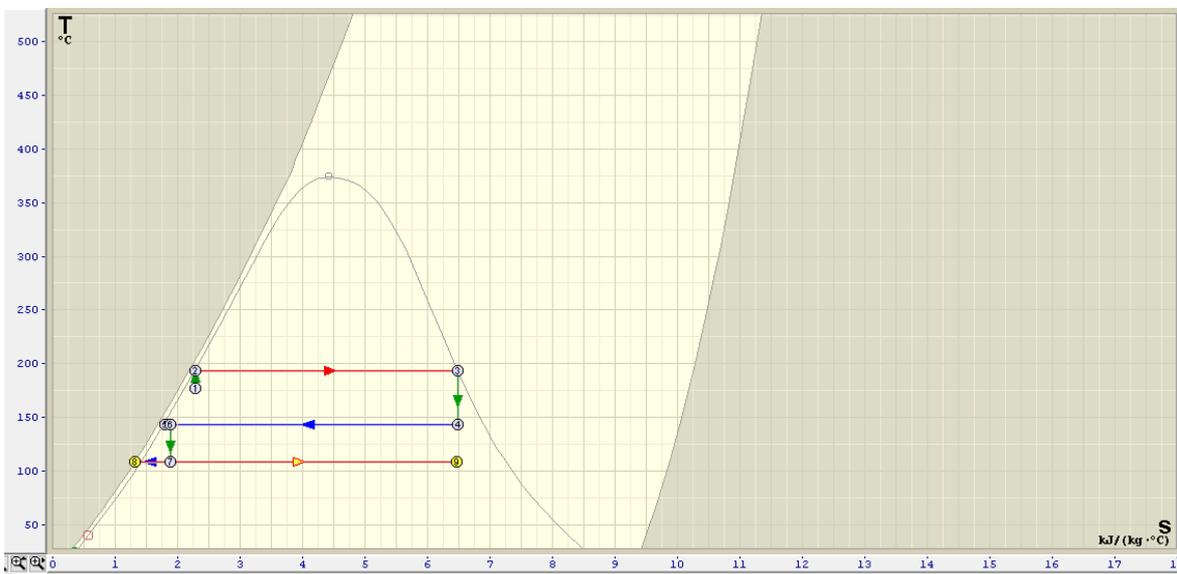


Diagrama 02: Diagrama termodinámico de proceso de tanque flash.
Fuente: Elaboración propia

4.3 Dimensionamiento de Tanque Flash.

4.3.1 Diámetro tubería de ingreso condensado de cocinas a tanque flash.

Aplicando la ecuación 38, 39 y 40, se obtiene los siguientes datos.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$A = \frac{\dot{m}_1 \times V_{evc}}{v_w}$$

$$V_{evc} = V_{ec} \times (1 - F) + V_{ev} \times F$$

$$V_{evc} = 0,0011 \times (1 - 0,0505) + 0,743 \times 0,0505$$

$$V_{evc} = 0,0386 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \frac{24\ 162,24 \times 0,0386}{15 \times 3600} = 0,0173 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0173}{\pi}}$$

$$D = 0,148 \text{ m}$$

Tabla 11 Resultado de diámetro de ingreso condensado de cocinas a tanque flash.

Parámetros	Símbolo	Cantidad	Unidad
Volumen Específico de condensados a presión de descarga	V_{ec}	0,0011	m^3/kg
Volumen Específico de vapor a presión de descarga	V_{ev}	0,743	m^3/kg
Velocidad de mezcla recomendada	v_w	15	m/s
Flujo de condensado a transportar	\dot{m}_1	24 162,24	kg/h
Porcentaje de vapor flash	F	5,05	%
Volumen Específico de vapor – mezcla de condensado	V_{evc}	0,05957	m^3/kg
Área de la tubería	A	0,0173	m^2
Diámetro interno de la tubería	D	0,148	m
Diámetro interno de la tubería	D	148	mm

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Diámetro tubería de ingreso condensado de secador rotadisk a tanque flash.

Aplicando la ecuación 38, 39 y 40, se obtiene los siguientes datos.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$A = \frac{\dot{m}_1 \times V_{evc}}{v_w}$$

$$V_{evc} = V_{ec} \times (1 - F) + V_{ev} \times F$$

$$V_{evc} = 0,0011 \times (1 - 0,0576) + 0,743 \times 0,0576$$

$$V_{evc} = 0,04383$$

$$A = \frac{8\,259,21 \times 0,04383}{15 \times 3600} = 0,0067 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0067}{\pi}} = 0,092 \text{ m}$$

Tabla 12 Resultado de diámetro de ingreso condensado de secador rotadisk a tanque flash.

Parámetros	Símbolo	Cantidad	Unidad
Volumen Específico de condensados a presión de descarga	V_{ec}	0,0011	m^3/kg
Volumen Específico de vapor a presión de descarga	V_{ev}	0,743	m^3/kg
Velocidad de mezcla recomendada	v_w	15	m/s
Flujo de condensado a transportar	\dot{m}_1	8 259,21	kg/h
Porcentaje de vapor flash	F	5,76	%
Volumen Específico de vapor – mezcla de condensado	V_{evc}	0,06515	m^3/kg
Área de la tubería	A	0,0067	m^2
Diámetro interno de la tubería	D	0,092	m
Diámetro interno de la tubería	D	92	mm

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Diámetro tubería de ingreso condensado de secador rotatubo a tanque flash.

Aplicando la ecuación 38, 39 y 40, se obtiene los siguientes datos.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$A = \frac{\dot{m}_1 \times V_{evc}}{v_w}$$

$$V_{evc} = V_{ec} \times (1 - F) + V_{ev} \times F$$

$$V_{evc} = 0,0011 \times (1 - 0,0643) + 0,743 \times 0,0643$$

$$V_{evc} = 0,0488$$

$$A = \frac{10\,372,09 \times 0,0488}{15 \times 3600} = 0,0094 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0094}{\pi}} = 0,109 \text{ m}$$

Tabla 13 Resultado de diámetro de ingreso condensado de secador rotatubo a tanque flash.

Parámetros	Símbolo	Cantidad	Unidad
Volumen Específico de condensados a presión de descarga	V_{ec}	0,0011	m^3/kg
Volumen Específico de vapor a presión de descarga	V_{ev}	0,743	m^3/kg
Velocidad de mezcla recomendada	v_w	3	m/s
Flujo de condensado a transportar	\dot{m}_1	10 372,09	kg/h
Porcentaje de vapor flash	F	6,43	%
Volumen Específico de vapor – mezcla de condensado	V_{evc}	0,0488	m^3/kg
Área de la tubería	A	0,0094	m^2
Diámetro interno de la tubería	D	0,109	m
Diámetro interno de la tubería	D	109	mm

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4 Diámetro de tubería de salida de vapor flash.

Aplicando la ecuación 41 y 42, se obtiene los siguientes datos.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$A = \frac{\dot{m}_3 \times V_{ev}}{v_w}$$

$$A = \frac{2\,361,923 \times 0,743}{3 \times 3600}$$

$$A = 0,162 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,162}{\pi}}$$

$$D = 0,4548 \text{ m}$$

Tabla 14 Resultado de diámetro de salida de vapor flash en el tanque flash.

Parámetros	Símbolo	Cantidad	Unidad
Presión de trabajo de tanque flash	P	1,4	$Barg$
Vapor Flash Producido	\dot{m}_3	2 361,923	kg/h
Velocidad de mezcla recomendada	v_w	3	m/s
Volumen Específico de vapor	V_{ev}	0,743	m^3/kg
Área de la tubería	A	0,162	m^2
Diámetro interno de la tubería	D	0,4548	m
Diámetro interno de la tubería	D	454,8	mm

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5 Diámetro de tubería de salida de condensado.

Aplicando las ecuaciones 38, 39 y 40, se obtiene los siguientes datos.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$A = \frac{\dot{m}_2 \times V_{evc}}{v_w}$$

$$V_{evc} = V_{ec} \times (1 - F) + V_{ev} \times F$$

$$V_{evc} = 0,00105 \times (1 - 0,0337) + 1,2678 \times 0,0337$$

$$V_{evc} = 0,04374 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0327}{\pi}} = 0,204 \text{ m}$$

Tabla 15 Resultado de diámetro de salida de condensado en el tanque flash.

Parámetros	Símbolo	Cantidad	Unidad
Presión de trabajo de tanque flash	P_t	1,4	Barg
Contrapresión de tanque flash (descarga)	P_d	0,35	Barg
Entalpía de condensado a presión de trabajo	$h_{f1,4barg}$	530,405	kJ/kg
Entalpía de condensado a presión de descarga	$h_{f0,35barg}$	455,037	kJ/kg
Entalpía de evaporación a presión de descarga	$h_{fg0,35barg}$	2 233,75	kJ/kg
Volumen Específico de condensados a presión de descarga	V_{ec}	0,00105	m ³ /kg
Volumen Específico de vapor a presión de descarga	V_{ev}	1,2678	m ³ /kg
Flujo de condensado a transportar	\dot{m}_2	40 421,328	kg/h
Velocidad de mezcla recomendada	v_w	3	m/s
Volumen Específico de vapor – mezcla de condensado	V_{evc}	0,04374	m ³ /kg
Porcentaje de vapor flash	F	3,37	%
Área de la tubería	A	0,0327	m ²
Diámetro interno de la tubería	D	0,204	m
Diámetro interno de la tubería	D	204	mm

Fuente: Elaboración propia.

4.3.6 Diámetro interno de tanque flash.

Con respecto al total de flujo de vapor flash obtenido 2 945,417 kg/h y en base a la figura 22 se obtiene que:

$$D_{tf} = 800 \text{ mm}$$

4.3.7 Altura de tanque flash.

En base a la condición de la ecuación 37:

$$3 < \frac{H_{tf}}{D_{tf}} < 5$$

Se considera lo siguiente:

$$\frac{H_{tf}}{D_{tf}} = 4$$

Despejando la altura de tanque flash, se obtiene:

$$H_{tf} = 4x D_{tf}$$

$$H_{tf} = 4 x 800$$

$$H_{tf} = 3 200 \text{ mm}$$

4.3.8 Área de tanque flash.

Aplicando la ecuación 43

$$A = 2 x \pi x r(r + H)$$

$$A = 2 x \pi x 0,4 (0,4 + 3,2)$$

$$A = 9,048 \text{ m}^2$$

4.3.9 Volumen de tanque flash.

Aplicando la ecuación 44

$$V = \pi x r^2 x H$$

$$V = \pi x 0,4^2 x 3,2$$

$$V = 1,61 \text{ m}^3$$

Tabla 16 Resumen de dimensiones de tanque flash.

Parámetros	Símbolo	Cantidad	Unidad
Diámetro de ingreso de condensado de cocina	D_{cc}	148	mm
Diámetro de ingreso de condensado de secador rotadisk	D_{crd}	92	mm
Diámetro de ingreso de condensado de secador rotatubo	D_{crt}	109	mm
Diámetro de salida de vapor flash	D_{svf}	455	mm
Diámetro de salida de condensado	D_{sc}	204	mm
Diámetro de tanque flash	D_{tf}	800	mm
Altura de tanque flash	H_{tf}	3 200	mm
Área de tanque flash	A_{tf}	9,048	m ²
Volumen de tanque flash	V_{tf}	1,61	m ³

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los diámetros de entrada y salida de vapor condensado y flash, serán representados en pulgadas para encontrar sus equivalentes comerciales:

Tabla 17 Diámetros en pulgadas de tanque flash

Parámetros	Símbolo	Cantidad	Unidad
Diámetro de ingreso de condensado de cocina	D_{cc}	6	in
Diámetro de ingreso de condensado de secador rotadisk	D_{crd}	4	in
Diámetro de ingreso de condensado de secador rotatubo	D_{crt}	4	in
Diámetro de salida de vapor flash	D_{svf}	18	in
Diámetro de salida de condensado	D_{sc}	8	in

Fuente: Elaboración propia.

Se considera para el diámetro de condensado de secador rotadisk el valor 4 inch comercial.

Las bridas utilizadas serán de tipo slip on, clase 150, de 18, 8, 6 y 4 pulgadas respectivamente.

El material utilizado para las bridas es de ASTM A-182 marca Famiq.

4.3.10 Espesor de cuerpo de tanque flash.

Aplicando las ecuaciones 45 y 46, se obtiene:

$$t_c = \frac{PxR_t}{SxE - 0,6P}$$

Donde:

$$P = \text{mayor} (1,1 \times P_o ; P_o + 2) \left[\frac{kgf}{cm^2} \right]$$

$$P_o = 1,427 \frac{kgf}{cm^2} g = 1.4 \text{ barg}$$

Reemplazando:

$$P = \text{mayor} (1,1 * 1,427 ; 1,427 + 2)$$

$$P = \text{mayor} (1,5697 ; 3,427) \frac{kgf}{cm^2} g$$

Entonces:

$$P = 3,427 \frac{kgf}{cm^2} g = 3,36 \text{ barg}$$

Del anexo 2, teniendo en cuenta la tensión del cuerpo de nuestro tanque flash y según el Código ASME Sección VIII – División I:

$$S = 801,5 \frac{kgf}{cm^2} g = 785,83 \text{ barg}$$

Del anexo 3, la eficiencia conjunta, su valor es 0,90 (radiografía completa) dado a su tipo de soldadura y según el Código ASME Sección VIII – División I:

$$E = 0,90$$

Reemplazando valores en la ecuación 45:

$$t_c = \frac{3,427 \times 40}{801,5 \times 0,9 - 0,6 \times 3,427}$$

$$t_c = 0,191 \text{ cm}$$

Con respecto a la ecuación 47, se establece un sobreespesor por corrosión c , de 0,3 cm y una tolerancia de fabricación de $\pm 12.5\%$:

$$t = \frac{t_{min} + c}{T_{fabr}}$$

$$t = \frac{0,191 + 0,3}{0,875}$$

$$t = 0,561 \text{ cm}$$

Se considera el valor comercial de 5/16" para el espesor del cuerpo del tanque flash.

Las placas de acero serán de material ASTM A-36.

Se utilizarán 2 placas con dimensiones de 1.5 x 3,2 mt. para el cuerpo del tanque flash y su posterior rolado.

4.3.11 Espesor de tapa de tanque flash.

Aplicando la ecuación 48, se obtiene:

$$t_t = \frac{PxD_t}{2SxE - 0,2xP}$$

Reemplazando con los valores obtenido anteriormente:

$$t_t = \frac{3,427 \times 80}{2 \times 801,5 \times 0,9 - 0,2 \times 3,427}$$

$$t_t = 0,1901 \text{ cm}$$

Se establece un sobreesposor por corrosión c , de 0,3 cm y una tolerancia de fabricación de $\pm 12.5 \%$:

$$t = \frac{t_{min} + c}{T_{fabr}}$$

$$t = \frac{0,1901 + 0,3}{0,875}$$

$$t = 0,5601 \text{ cm}$$

Se considera el valor comercial de 5/16" para el espesor del cuerpo del tanque flash.

Las placas de acero serán de material ASTM A-36.

Se utilizará 1 placa con dimensiones de 1.2 x 2.4 mt. para el diseño de las circunferencias de las tapas del tanque flash y su posterior rolado.

4.3.12 Altura de cabezal de tanque flash.

Según la condición de la ecuación 49:

$$\frac{D_{tf}}{h_{cabezal}} = 4$$

$$h_{cabezal} = 200 \text{ mm}$$

4.4 Selección de trampa de vapor de salida de condensado de Tanque Flash.

Según la figura 26, con el flujo y presión a la salida del condensado, se elige la trampa de vapor de tipo FT44 DN100.

4.5 Distribución de elementos de Tanque Flash.

En base a los valores obtenidos, podemos distribuir los componentes de nuestro tanque flash de la manera que se muestra en las siguientes imágenes. Tomar en cuenta el uso de sistemas de purgas, manómetro, válvula de seguridad, boyas de control ON/OFF y nivel de agua.

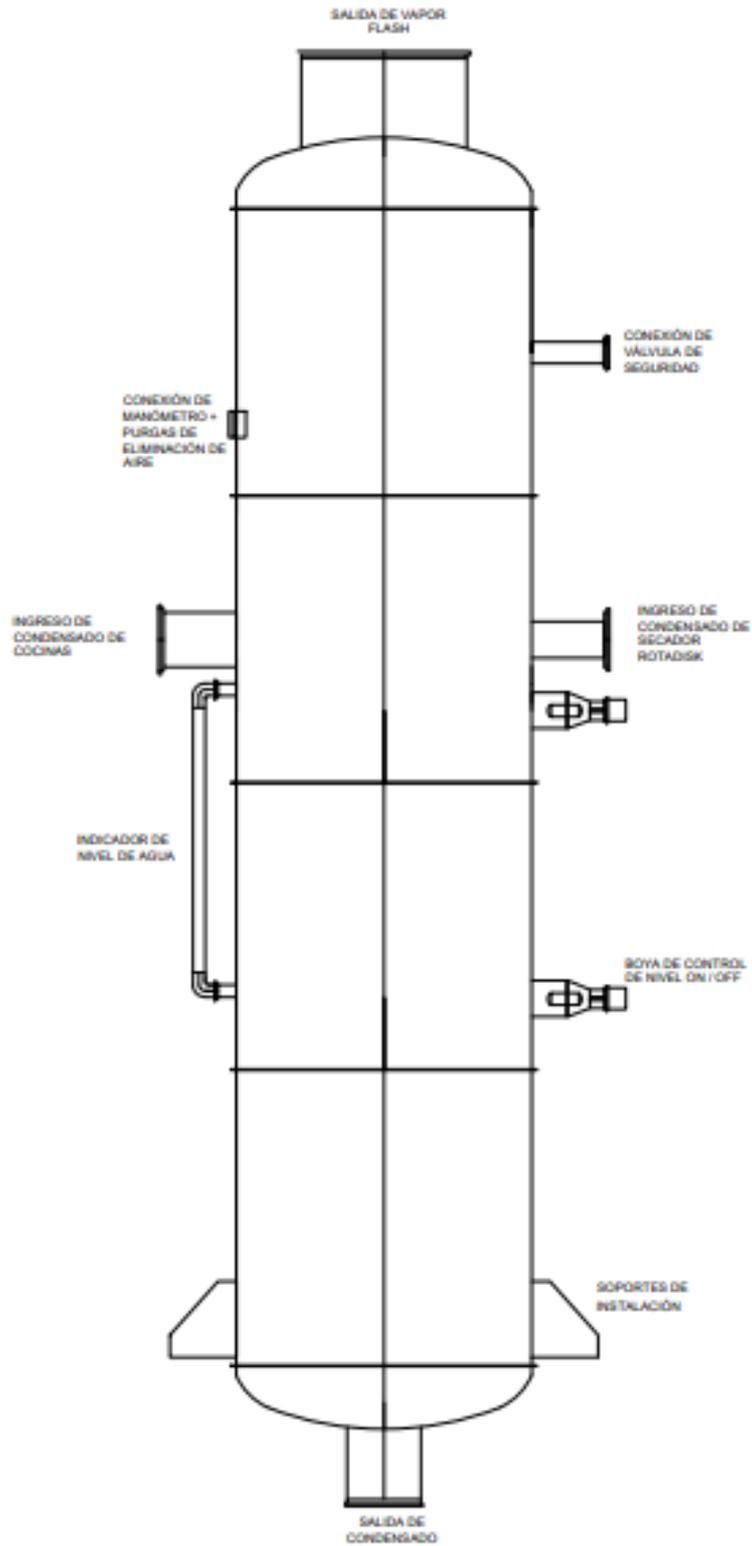


Figura 28 Distribución de tanque flash.

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Implementación de Tanque Flash en área de cocción.

4.6.1 Cálculo del flujo de calor máximo.

Calculamos el flujo de calor máximo según la ecuación 28:

Tabla 18 Calor máximo en equipos de vapor.

EQUIPOS	$m_3 \left(\frac{kg}{h}\right)$	$h_3 \left(\frac{kJ}{kg}\right)$	$Q_3 \left(\frac{kJ}{h}\right)$
COCINAS	1 219,046	2 714,87	3 309 551,41
SECADOR ROTADISK	475,906	2 714,87	1 292 022,92
SECADOR ROTATUBOS	666,971	2 714,87	1 810 739,56
TOTAL	2 361,923	2 714,87	6 412 313,89

Fuente: Elaboración propia.

4.6.2 Cálculo de Ganancia de Calor.

Usando la ecuación 29 se calcula los BHP total de ganancia:

Tabla 19 Ganancia de calor en equipos de vapor.

EQUIPOS	$m_3 \left(\frac{kg}{h}\right)$	$h_3 \left(\frac{kJ}{kg}\right)$	$h_2 \left(\frac{kJ}{kg}\right)$	BHP
COCINAS	1 219,046	2 714,87	530,405	75,398
SECADOR ROTADISK	475,906	2 714,87	530,405	29,435
SECADOR ROTATUBOS	666,971	2 714,87	530,405	41,253
TOTAL	2 361,923	2 714,87	530,405	117,086

Fuente: Elaboración propia.

4.6.3 Cálculo de flujo másico de combustible equivalente.

Se determina el flujo de combustible a través de la ecuación 30:

Tabla 20 Flujo másico de combustible equivalente

EQUIPOS	$m_3 \left(\frac{kg}{h}\right)$	$h_3 \left(\frac{kJ}{kg}\right)$	$h_2 \left(\frac{kJ}{kg}\right)$	$m_c \left(\frac{gal.}{h}\right)$
COCINAS	1 219,046	2 714,87	530,405	21,025
SECADOR ROTADISK	475,906	2 714,87	530,405	8,208
SECADOR ROTATUBOS	666,971	2 714,87	530,405	11,503
TOTAL	2 361,923	2 714,87	530,405	40,736

Fuente: Elaboración propia.

$$\dot{m}_{t.comb.} = \frac{m_3 \times (h_3 - h_2)}{n_{caldera} \times \rho_{R500} \times P_{CI R500}} \times 100$$

$$\dot{m}_{c.comb.} = 21,025 \text{ gal/h}$$

$$\dot{m}_{rd.comb.} = 8,208 \text{ gal/h}$$

$$\dot{m}_{rt.comb.} = 11,503 \text{ gal/h}$$

Ahorro combustible total por vapor flash:

$$\dot{m}_{t.comb.ah.} = 40,736 \text{ gal/h}$$

4.7 Ahorro de consumo de vapor usando tanque flash.

Según el uso de caldero de 900 BHP en la empresa Cantabria, la cual genera 12263 kg/h de vapor, y con los datos de la tabla 19, el equivalente en vapor generado por calderos es:

$$117,086 \text{ BHP} \times \frac{12263 \text{ kg/h}}{900 \text{ BHP}} = 1\,595,362 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \text{ de vapor}$$

Según lo obtenido con respecto al consumo de vapor en cocinas:

$$\dot{m}_{\text{vaporcoc.}} = 24\,162,24 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \text{ de vapor}$$

Se calcula el valor porcentual de vapor ahorrado por el tanque flash:

$$\frac{1\,595,362 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \text{ de vapor}}{24\,162,24 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \text{ de vapor}} \times 100 = 6,6 \%$$

Tabla 21 Ahorro de consumo de vapor total con tanque flash.

	SISTEMA ACTUAL	SISTEMA CON TANQUE FLASH	AHORRO DE VAPOR	AHORRO DE VAPOR
Parámetros	kg/h de vapor	kg/h de vapor	kg/h de vapor	%
Consumo de vapor total en cocinas	24 162,24	22 566,878	1 595,362	6,6

Fuente: Elaboración propia.

4.8 Ahorro de consumo de combustible usando tanque flash en cocinas.

Según lo obtenido en la tabla, se deja de consumir 40,376 gal/h de combustible R500.

Tabla 22 Ahorro de combustible total con tanque flash en cocinas.

	SISTEMA ACTUAL	SISTEMA CON TANQUE FLASH	AHORRO DE COMBUSTIBLE	AHORRO DE COMBUSTIBLE
Parámetros	gal/h	gal/h	gal/h	%
Consumo de combustible R500 en cocinas	402,06	361,324	40,736	10,13

Fuente: Elaboración propia.

4.8.1 Ahorro económico de consumo de combustible usando tanque flash en cocinas.

Se tiene un aproximado de 1 372 horas de producción al año y el valor de 2.17 USD/gal. de petróleo R500 por la compra del combustible en la empresa Cantabria. Entonces, el ahorro del consumo en el área de cocinado es:

$$AE_{R500} = 40,736 \frac{gal}{h} \times 2,17 \frac{USD}{gal.} \times 1372 \frac{h}{año}$$

$$AE_{R500} = 121\ 280,85 \text{ USD/año}$$

4.8.2 Ahorro económico de consumo de combustible usando tanque flash en planta.

En el Anexo 6 se observa 12 771 852 galones de consumo anual de R500, con esta información se consigue el porcentaje de ahorro de combustible con la producción de vapor flash en la empresa.

$$\%AE_{R500} = \frac{40,736 \frac{gal}{h} \times 1372 \frac{h}{año}}{12\,771\,852 \frac{gal.}{año}} \times 100$$

$$\%AE_{R500} = 4,376 \%$$

Donde 4,376% es el porcentaje de ahorro de toda la planta pesquera con la producción de vapor flash.

Tabla 23 Ahorro de combustible total con tanque flash en planta.

	SISTEMA ACTUAL	SISTEMA CON TANQUE FLASH	AHORRO DE COMBUSTIBLE	AHORRO DE COMBUSTIBLE
Parámetros	gal/año	gal/año	gal/año	%
Consumo de combustible R500 en planta.	12 771 852	12 212 955,757	558 896,243	4,376

Fuente: Elaboración propia.

4.9 Análisis de indicadores.

4.9.1 Indicador Térmico

Se utiliza la ecuación 50 para estas operaciones.

4.9.1.1 Sin tanque flash.

Indicador Térmico en cocinas:

$$I. T_{\text{coc}} = \frac{50\,924\,579,48 \text{ kJ/h}}{15,111 \text{ Ton/h}}$$

$$I. T_{\text{coc}} = 3,370 \frac{\text{kJ}}{\text{ton. har. prod.}}$$

4.9.1.2 Con tanque flash.

Indicador Térmico en cocinas:

$$I. T_{\text{coc}} = \frac{46\,789\,336,132 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{15,111 \frac{\text{Ton}}{\text{h}}}$$

$$I. T_{\text{coc}} = 3,096 \frac{\text{kJ}}{\text{ton. har. prod.}}$$

4.9.2 Indicador Energético

Se utiliza la ecuación 51 para estas operaciones.

4.9.2.1 Sin tanque flash.

Indicador Energético en cocinas:

$$I. E_{\text{coc}} = \frac{402,06 \text{ gal/h}}{15,111 \frac{\text{Ton}}{\text{h}}}$$

$$I. E_{\text{coc}} = 26,607 \frac{\text{gal.}}{\text{ton. har. prod.}}$$

4.9.2.2 Con tanque flash.

$$I. E._{coc} = \frac{361,324 \text{ gal/h}}{15,111 \frac{\text{Ton}}{\text{h}}}$$

$$I. E._{coc} = 23,91 \frac{\text{gal.}}{\text{ton. har. prod.}}$$

4.9.3 Indicador Económico

Se utiliza la ecuación 52 para estas operaciones.

4.9.3.1 Sin tanque flash.

$$I. E. E._{coc} = 26,607 \frac{\text{gal.}}{\text{ton. har. prod.}} \times 2,17 \frac{\text{USD}}{\text{gal.}}$$

$$I. E. E._{coc} = 56,572 \frac{\text{USD}}{\text{ton. har. prod.}}$$

4.9.3.2 Con tanque flash.

$$I. E. E._{coc} = 23,91 \frac{\text{gal.}}{\text{ton. har. prod.}} \times 2,17 \frac{\text{USD}}{\text{gal.}}$$

$$I. E. E._{coc} = 51,885 \frac{\text{USD}}{\text{ton. har. prod.}}$$

4.9.4 Influencia de tanque flash en los indicadores termoeconómicos.

En cocinas:

Tabla 24 Variación de indicadores termoeconómicos en cocinas.

INDICADOR	UNIDAD	SIN TANQUE FLASH	CON TANQUE FLASH	VARIACIÓN	%
IT	$\frac{\text{kJ}}{\text{ton. har. prod.}}$	3 370 033,716	3 096 580,816	273 452,9	8,11
IE	$\frac{\text{gal.}}{\text{ton. har. prod.}}$	26,607	23,91	2,697	10,136
IEE	$\frac{\text{USD}}{\text{ton. har. prod.}}$	56,572	51,885	4,687	8,285

Fuente: Elaboración propia.

4.10 Análisis económico.

4.10.1 Cálculo de ahorro económico.

Según el anexo 7, los datos obtenidos en el presupuesto obtenido para fabricación y montaje de tanque flash, se tiene:

Tabla 25 Costos directo de tanque de vapor flash.

COSTOS DIRECTO	
Implementación de tanque de vapor flash	44 000,00 USD
Total	44 000,00 USD

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26 Costos de operación y mantenimiento de tanque de vapor flash.

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
Mano de obra directa	15 000,00 USD
Mantenimiento	3 000,00 USD
Total	18 000,00 USD

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando las ecuaciones 53, 54, 55, 56 y 57 y con una tasa mínima de interés del 12%, se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 27 Flujo de caja neto.

Año	Inversión (USD/año)	Ahorro (USD/año)	Costo de operación y mantenimiento (USD/año)	Flujo de caja neto (USD/año)
0	44 000	0	0	- 44000
1	0	121 280,85	18 000	103 280,85
2	0	121 280,85	18 000	103 280,85
3	0	121 280,85	18 000	103 280,85
4	0	121 280,85	18 000	103 280,85
5	0	121 280,85	18 000	103 280,85
6	0	121 280,85	18 000	103 280,85
7	0	121 280,85	18 000	103 280,85
8	0	121 280,85	18 000	103 280,85
9	0	121 280,85	18 000	103 280,85
10	0	121 280,85	18 000	103 280,85

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28 Indicadores financieros.

TASA DE DESCUENTO	12 %
PAYBACK	0,36 años (4 meses)
RENTABILIDAD	275 %
VAN	540 713,157 USD
TIR	139 %

Fuente: Elaboración propia.

Al obtener un VAN mayor a 0 y un TIR mayor a la tasa de interés propuesta, nos indica que el proyecto es rentable.

4.11 Discusión de resultados.

Para el caso de León (2019) se realizó los cálculos bajo la presión de $1,5 \frac{kgf}{cm^2}$, obteniendo un porcentaje de indicadores energéticos y económicos de 4,12 %, lo cual resulta rentable el usar el sistema de vapor flash, en contraste a esta investigación que utilizó la presión de 1.4 barg y obtuvo 10,136 % y 8,285% en los indicadores energéticos y económicos, respectivamente, el cual permite la rentabilidad de instalar un tanque flash tanto energética y técnicamente.

En la investigación de Carbajal (2013), mediante los indicadores energéticos en el área de cocinas, se obtuvo un aprovechamiento porcentual de combustible de 10,43 %, a diferencia del presente informe que el indicador energético en cocinas es de 10,136%, esto debido a la cantidad de combustible requerido en el área de cocinado.

Del mismo modo, Popayán (2016) obtiene una reducción de pérdidas de calor de hasta 36% y con la inversión de 267 162.658 soles, se determinó un ahorro económico de 47 089,94 soles /año, un VAN de S/. 32 286,89, un TIR de 14 % y un PAY BACK de 6.6 años, a comparación de esta investigación, que se obtuvo un calor ganado de 117,086 BHP. También se realizó el ahorro económico con una inversión de 44 000 USD, un VAN de 540 713,157 USD, con un TIR de 139%; lo cual permite que la instalación del tanque flash sea sustentable.

En la investigación de Urcía y Zavaleta (2016) se logró reducir el flujo de vapor en un 11,24 % en el área de cocinas, un aprovechamiento de combustible de 29,36 gal./h de petróleo R-500 que equivale a una recuperación de 98 356 USD anual, a comparación en esta investigación, se logró reducir un 6,6% de vapor en cocinas y un ahorro de combustible de R500 de 40,736 gal./h que significa un ahorro económico anual de 121 280,85 USD.

Para el caso de Custodio y Solis (2017) el sistema ha conseguido un ahorro anual de 17 632,40 USD, a comparación de esta investigación, el cual se ha conseguido ahorrar 121 280,85 USD al año.

En la investigación de Ramos y Valle (2019) se ha producido un flujo de vapor flash de 3 504,71 kg/h a 1,4 barg de presión, una reducción de 3,68% de combustible en la empresa y un ahorro anual de 94 975 USD, en contraste a esta investigación el cual se logró obtener un flujo de 2 361,923 kg/h de vapor flash a 1,4 barg de presión de trabajo y se redujo 4,376% de consumo de combustible total en la planta y el ahorro económico anual de 121 280,85 USD.

Del mismo modo, Chavez y Jara (2020) determinan una reducción de 4,3% en consumo de combustible de petróleo R500 al año, en la planta, ahorrando 116 835,43 USD al año, consiguiendo un PAYBACK de 4 meses, a comparación de esta investigación que se obtuvo un ahorro de 4,376% de consumo de combustible total en planta con un ahorro de 121 280,85 USD anual, el que se recuperó luego de 4 meses de producción, de igual forma.

En la investigación realizada de Liñan (2020) se identificó pérdidas de vapor de purgas 76 837,44 Kg(2,61 %), vapor para tanques flash 44 650,41 kg(1,52%) y en reposición 539 000 kg(18,30%) respectivamente, lo cual luego de la auditoría energética, los ahorros proyectados ascienden a 201 336,78 USD con una inversión proyectada de 195 389,75 USD, en comparación a la investigación realizada donde se observa una producción de vapor flash de 2 361,923 kg/h y un ahorro proyectado de 540 713,157 USD con una inversión proyectada de 44 000 USD.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se realizó el balance de masa y energía en los procesos de la planta térmica de la Empresa Cantabria, dándonos como resultado que se requiere 24162,24 kg vapor/h para la cocción de 15,111 ton/h de materia prima.
- Se realizó el diseño mecánico del tanque flash de la empresa Cantabria el cual tiene los siguientes parámetros obtenidos; diámetro de ingreso de condensado de cocinas de 6 pulgadas, diámetro de ingreso de condensado de secador rotadisk de 4 pulgadas, diámetro de ingreso de condensado de secador rotatubo de 4 pulgadas, diámetro de salida de vapor flash de 18 pulgadas, diámetro de salida de condensado de 8 pulgadas, diámetro de tanque flash de 800 mm, altura de tanque flash de 3200 mm, un área de tanque flash de $9,048 m^2$ y un volumen de tanque flash de $1,61m^3$.
- Se identificó los parámetros energéticos y termoeconómicos del tanque flash, los cuales son: IT de $3\ 096\ 580,816 \frac{kJ}{ton.har.prod.}$, IE de $23,91 \frac{gal}{ton.har.prod.}$ y el IEE de $51,885 \frac{USD}{ton.har.prod.}$; los cuales generan una variación de 8,11%, 10,136% y 8,285% respectivamente.
- La cantidad de calor ganado con el tanque flash es de 117 086 BHP y un ahorro de combustible de 40,736 gal/h en el área de cocinado y 558 896,243 gal/año de combustible R500 ahorrados en la planta, lo cual significa 4,376% de ahorro.
- Con respecto al consumo de vapor, se logra ahorrar 1 595,362 kg/h de vapor lo equivalente a 6,6% de ahorro porcentual.
- Los indicadores financieros del proyecto demuestran un VAN de 540 713,157 USD y un TIR de 139%, además la rentabilidad de 275% y un PAYBACK de 0,36 años (4 meses). Estos parámetros concluyen la realización del dimensionamiento del tanque flash en la empresa Cantabria.
- El vapor flash es utilizado en las chaquetas de cocinas y en procesos de calefacción.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda incluir una válvula de alivio de presión regulada a 1.5 barg, evitando así una variación superior de presión en el interior del tanque flash porque al incrementarse de manera drástica, se genera menos vapor flash.
- Considerar la relación de D/h en el diseño de tanque flash más próximas a 3 si en caso se incremente o renueve la producción de la planta. Esto debido a que se puede incluso ahorrar materiales en la creación de un nuevo tanque flash con respecto a la altura y diámetro interno.
- El uso de bypass para futuros complicaciones en el sistema de vapor flash no contempladas o por la antigüedad del tanque flash.
- Realizar su respectivos pruebas dimensionales y prueba hidrostática en el tanque flash para corroborar que el proceso de fabricación no contemple fugas o desperfectos que pueden afectar el funcionamiento correcto del equipo. Gestionar antes de su traslado y posterior montaje a la empresa.
- Corroborar que los ensayos NDT en las soldaduras y uniones verifiquen la nula presencia de grietas o daños estructurales en el tanque flash.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Tesis e investigaciones.

- Custodio y Solis (2017). Evaluación del sistema de recuperación de purgas de fondo y de nivel de las calderas pirotubulares de la Empresa Pesquera Austral Group S.A.A - Coishco. Tesis para optar el título de Ingeniería en la Universidad Nacional del Santa.
- Estrada. (2012). Análisis exergético para la optimización del recurso energético de una planta de harina de pescado. Tesis para optar la maestría de Ingeniería en la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Suarez. (2015). Determinación del ahorro energético a partir de la recuperación del vapor condensado en una fábrica de papel tissue. Tesis para optar la maestría en la Universidad Nacional Agraria de la Molina.
- Urcia y Zavaleta (2016). Implementación de un sistema de vapor flash para reducción del consumo de vapor en el área de cocción de la empresa Pesquera Centinela S.A. Tesis de grado en la Universidad Nacional del Santa.
- Bargaran (2014). Diseño de un sistema de purga automática de fondo y superficie para ahorro y disponibilidad de energía térmica en una caldera pirotubular de 1000 BHP. Tesis de grado para la Universidad Nacional del Callao.
- García (2012). Auditoría energética del sistema de condensación y retorno de vapor del hospital de especialidades. Tesis de grado para la Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- Purizaca (2015). Diseño técnico-económico de un sistema de recuperación de vapor flash de purgas continuas para calentar el agua de alimentación de las calderas de la empresa pesquera Ribaldo S.A. Tesis de grado para la Universidad Cesar Vallejo.

Lizárraga y Santos (2013). Balance de materia y energía de tanques flash e influencia en el ahorro de petróleo residual en planta de harina y aceite de pescado. Tesis de grado para la Universidad Nacional de Trujillo.

Carbajal (2013). Diagnóstico energético en la empresa pesquera Cantabria S.A. para la mejora de sus indicadores energéticos. Tesis de título para la Universidad Nacional del Santa.

León (2009). Ahorro energético con la producción de vapor flash a través de los condensados recuperados de proceso en la empresa Copeinca-Huarmey. Tesis de título para la Universidad Nacional del Santa.

Popayán (2016). Mejoramiento de las líneas de distribución de vapor mediante la reingeniería al área de esterilización, cocina y lavandería del hospital regional Eleazar Guzmán Barrón. Tesis de título para la Universidad Nacional del Santa.

Ramos y Valle (2019). Influencia de un sistema de vapor flash en el área de secado para la reducción del consumo de combustible en la planta de harina Copeinca, Chancay. Tesis de título para la Universidad Nacional del Santa.

Chavez y Jara (2020). Diseño del sistema de generación de vapor flash en la empresa pesquera Cantabria S.A. Tesis de título para la Universidad Nacional del Santa.

Liñan (2020). Auditoria energética del sistema térmico de la empresa Papelsa-Lima. Tesis de título para la Universidad Nacional del Santa.

Textos.

Cengel y Boles. Termodinámica. Editorial Mc Graw Hill. 7 edición. México. 2017. 1041 p. ISBN 978-0-07-352932-5

Hernández (2008). Metodología de la investigación, 6a ed. Santa Fe: Mcgraw-hill / interamericana editores. México. 350 p. ISBN: 978-1-4562-2396-0

Guevara, Velásquez y Calderón. (2010). Manual de Laboratorio de Energía I. Universidad Nacional del Santa. Perú.

Chucuya (2017). Apuntes de Indicadores Energéticos, Ambientales y Económicos, Diagnóstico y Racionalización de la Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú.

Incropera y De Witt. Procesos de transferencia de calor. Editorial Prentice Hill. 6 Edición. 2014. 886 p. ISBN 9789701701706.

Jiménez, Gutiérrez y Barbosa. Termodinámica. Grupo Editorial Patria. 1 edición. México. 2014. 512 p. ISBN 6074389381.

Roldan. Termodinámica. Grupo Editorial Patria. 1 Edición. México. 2014. 224 p. ISBN 9786074389418.

Wark, (2003). Termodinámica. Alianza Editorial. 1200 p. ISBN 9788448128296

Treybal,R (2004). Operaciones de Transferencia de Masa, México DF, México: McGraw Hill.

Massa, Giró y Ciudici. (2017). Compendio de Cálculo Estructural para ingeniería mecánica y aeronáutica. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba., Argentina.

Linkografía.

Spirax Sarco S.A. (2018). Flash Steam. [Consulta: 10 de abril del 2022]. Disponible en:

<https://www.spiraxsarco.com/learn-about-steam/condensate-recovery/flash-steam>

Spirax Sarco S.A. (2018). Programa de cálculo para distribución de tuberías. [Consulta: 01 de mayo del 2022]. Disponible en:

<https://www.spiraxsarco.com/resources/calculators/pipes/sizing-new-pipes.asp>

Spirax Sarco S.A. (2018). Programa de cálculo para la distribución de tuberías. [Consulta: 15 de abril del 2022]. Disponible en:
<https://www.cdftecon.es/blog/tanque-flash-rvst>

Eurothen (2018). Procesos y Aplicaciones Industriales. [Consulta: 15 de abril del 2022]. Disponible en:
<https://www.eurotherm.es/industries/boiler/boilerblowdowncontrol/#strash.RLTOsQfs.dpuf>

Guía de la industria. Tanque Flash. [Consulta: 10 de abril del 2022]. Disponible en:
<https://www.guiadelaindustria.com/tanque-flash/49463>

Vapor Tech. Definición y modelos de tanque flash. [Consulta: 10 de abril del 2022]. Disponible en:
<https://vaportec.com.ve/tanques-flash/>

Vapor Tech. Diseño tanque flash. [Consulta: 10 de abril del 2022]. Disponible en:
<https://avibert.blogspot.com/2014/01/disenodeuntanqueflash.html>

TLV. [Consulta: 10 de abril del 2022]. Disponible en:
<https://avibert.blogspot.com/2014/01/disenodeuntanqueflash.html>

Patricio Ruiz. Tablas de vapor saturado. [Consulta: 02 de mayo del 2022]. Disponible en:
<https://www.patricioruiz.es/wp-content/uploads/2016/10/Tabla-de-presion-y-temperatura.pdf>

ANEXOS

Índice de Anexos

Anexo 1 Propiedades de vapor saturado.

Anexo 2 Tensiones admisibles S (Código ASME Sección VIII – División I)

Anexo 3 Máximo valor admisibles de la eficiencia de junta E (Código ASME Sección VIII – División I)

Anexo 4 Equipos de secado y cocinas de la empresa Cantabria.

Anexo 5 Análisis de materia prima de producción Cantabria - 2018

Anexo 6 Registro de operación de Harina y Aceite de pescado Cantabria - 2018

Anexo 7 Lista de materiales de fabricación de tanque flash.

Anexo 8 Planos de tanque flash y accesorios.

Anexo 9 Planos de castillo de tanque flash

Anexo 10 Planos de obras civiles de tanque flash

Anexo 11 Planos de elevación frontal de tanque flash

Anexo 12 Diagrama de Gantt de dimensionamiento de tanque flash.

Anexo 13 Imágenes de tanque flash diseñado.

ANEXO 1

Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de presiones

Presión	Temp,	Volumen específico		Energía interna		Entalpía			Entropía	
		m ³ / kg		kJ / kg		kJ / kg			kJ / kg K	
		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Vapor	Líquido	Vapor
bar	°C	sat,	sat,	sat,	sat,	sat,	vaporiz,	sat,	sat,	sat,
		v _f x 10 ³	v _g	u _f	u _g	h _f	h _{fg}	h _g	s _f	s _g
0,04	28,96	1,0040	34,800	121,45	2415,2	121,46	2432,9	2554,4	0,4226	8,4746
0,06	36,16	1,0064	23,739	151,53	2425,0	151,53	2415,9	2567,4	0,5210	8,3304
0,08	41,51	1,0084	18,103	173,87	2432,2	173,88	2403,1	2577,0	0,5926	8,2287
0,10	45,81	1,0102	14,674	191,82	2437,9	191,83	2392,8	2584,7	0,6493	8,1502
0,20	60,06	1,0172	7,649	251,38	2456,7	251,40	2358,3	2609,7	0,8320	7,9085
0,30	69,10	1,0223	5,229	289,20	2468,4	289,23	2336,1	2625,3	0,9439	7,7686
0,40	75,87	1,0265	3,993	317,53	2477,0	317,58	2319,2	2636,8	1,0259	7,6700
0,50	81,33	1,0300	3,240	340,44	2483,9	340,49	2305,4	2645,9	1,0910	7,5939
0,60	85,94	1,0331	2,732	359,79	2489,6	359,86	2293,6	2653,5	1,1453	7,5320
0,70	89,95	1,0360	2,365	376,63	2494,5	376,70	2283,3	2660,0	1,1919	7,4797
0,80	93,50	1,0380	2,087	391,58	2498,8	391,66	2274,1	2665,8	1,2329	7,4346
0,90	96,71	1,0410	1,869	405,06	2502,6	405,15	2265,7	2670,9	1,2695	7,3949
1,00	99,63	1,0432	1,694	417,36	2506,1	417,46	2258,0	2675,5	1,3026	7,3594
1,50	111,4	1,0528	1,159	466,94	2519,7	467,11	2226,5	2693,6	1,4336	7,2233
2,00	120,2	1,0605	0,8857	504,49	2529,5	504,70	2201,9	2706,7	1,5301	7,1271
2,50	127,4	1,0672	0,7187	535,10	2537,2	535,37	2181,5	2716,9	1,6072	7,0527
3,00	133,6	1,0732	0,6058	561,15	2543,6	561,47	2163,8	2725,3	1,6718	6,9919
3,50	138,9	1,0786	0,5243	583,95	2546,9	584,33	2148,1	2732,4	1,7275	6,9405
4,00	143,6	1,0836	0,4625	604,31	2553,6	604,74	2133,8	2738,6	1,7766	6,8959
4,50	147,9	1,0882	0,4140	622,25	2557,6	623,25	2120,7	2743,9	1,8207	6,8565
5,00	151,9	1,0926	0,3749	639,68	2561,2	640,23	2108,5	2748,7	1,8607	6,8212
6,00	158,9	1,1006	0,3157	669,90	2567,4	670,56	2086,3	2756,8	1,9312	6,7600
7,00	165,0	1,1080	0,2729	696,44	2572,5	697,22	2066,3	2763,5	1,9922	6,7080
8,00	170,4	1,1148	0,2404	720,22	2576,8	721,11	2048,0	2769,1	2,0462	6,6628
9,00	175,4	1,1212	0,2150	741,83	2580,5	742,83	2031,1	2773,9	2,0946	6,6226
10,0	179,9	1,1273	0,1944	761,68	2583,6	762,81	2015,3	2778,1	2,1387	6,5863
15,0	198,3	1,1539	0,1318	843,16	2594,5	844,84	1947,3	2792,2	2,3150	6,4448
20,0	212,4	1,1767	0,09963	906,44	2600,3	908,79	1890,7	2799,5	2,4474	6,3409
25,0	224,0	1,1973	0,07998	959,11	2603,1	962,11	1841,0	2803,1	2,5547	6,2575
30,0	233,9	1,2165	0,06668	1004,8	2604,1	1008,4	1795,7	2804,2	2,6457	6,1869
35,0	242,6	1,2347	0,05707	1045,4	2603,7	1049,8	1753,7	2803,4	2,7253	6,1253
40,0	250,4	1,2522	0,04978	1082,3	2602,3	1087,3	1714,1	2801,4	2,7964	6,0701
45,0	257,5	1,2692	0,04406	1116,2	2600,1	1121,9	1676,4	2798,3	2,8610	6,0199
50,0	264,0	1,2859	0,03944	1147,8	2597,1	1154,2	1640,1	2794,3	2,9202	5,9734
60,0	275,6	1,3187	0,03244	1205,4	2589,7	1213,4	1571,0	2784,3	3,0267	5,8892
70,0	285,9	1,3513	0,02737	1257,6	2580,5	1267,0	1505,1	2772,1	3,1211	5,8133
80,0	295,1	1,3842	0,02352	1305,6	2569,8	1316,6	1441,3	2758,0	3,2068	5,7432
90,0	303,4	1,4178	0,02048	1350,5	2557,8	1363,3	1378,9	2742,1	3,2858	5,6772
100	311,1	1,4524	0,01803	1393,0	2544,4	1407,6	1317,1	2724,7	3,3596	5,6141
110	318,2	1,4886	0,01599	1433,7	2529,8	1450,1	1255,5	2705,6	3,4295	5,5527
120	324,8	1,5267	0,01426	1473,0	2513,7	1491,3	1193,6	2684,9	3,4962	5,4924
130	330,9	1,5671	0,01278	1511,1	2496,1	1531,5	1130,7	2662,2	3,5606	5,4323
140	336,8	1,6107	0,01149	1548,6	2476,8	1571,1	1066,5	2637,6	3,6232	5,3717
150	342,2	1,6581	0,01034	1585,6	2455,5	1610,5	1000,0	2610,5	3,6848	5,3098
160	347,4	1,7107	0,009306	1622,7	2431,7	1650,1	930,6	2580,6	3,7461	5,2455
170	352,4	1,7702	0,008364	1660,2	2405,0	1690,3	856,9	2547,2	3,8079	5,1777
180	357,1	1,8397	0,007489	1698,9	2374,3	1732,0	777,1	2509,1	3,8715	5,1044
190	361,5	1,9243	0,006657	1739,9	2338,1	1776,5	688,0	2464,5	3,9388	5,0228
200	365,8	2,036	0,005834	1785,6	2293,0	1826,3	583,4	2409,7	4,0139	4,9269
220,9	374,1	3,155	0,003155	2029,6	2029,6	2099,3	0	2099,3	4,4298	4,4298

Fuente; J. Remedio (2000)

Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de temperaturas

Temp.	Presión	Volumen específico		Energía interna		Entalpía			Entropía	
		m ³ / kg		kJ / kg		kJ / kg			kJ / kg K	
		Líquido sat,	Vapor sat,	Líquido sat,	Vapor sat,	Líquido sat,	Vapor vaporiz,	Vapor sat,	Líquido sat,	Vapor sat,
°C	bar	v _f x 10 ³	v _g	u _f	u _g	h _f	h _{fg}	h _g	s _f	s _g
.01	0,00611	1,0002	206,136	0,00	2375,3	0,01	2501,3	2501,4	0,0000	9,1562
4	0,00813	1,0001	157,232	16,77	2380,9	16,78	2491,9	2508,7	0,0610	9,0514
5	0,00872	1,0001	147,120	20,97	2382,3	20,98	2489,6	2510,6	0,0761	9,0257
6	0,00935	1,0001	137,734	25,19	2383,6	25,20	2487,2	2512,4	0,0912	9,0003
8	0,01072	1,0002	120,917	33,59	2386,4	33,60	2482,5	2516,1	0,1212	8,9501
10	0,01228	1,0004	106,379	42,00	2389,2	42,01	2477,7	2519,8	0,1510	8,9008
11	0,01312	1,0004	99,857	46,20	2390,5	46,20	2475,4	2521,6	0,1658	8,8765
12	0,01402	1,0005	93,784	50,41	2391,9	50,41	2473,0	2523,4	0,1806	8,8524
13	0,01497	1,0007	88,124	54,60	2393,3	54,60	2470,7	2525,3	0,1953	8,8285
14	0,01598	1,0008	82,848	58,79	2394,7	58,80	2468,3	2527,1	0,2099	8,8048
15	0,01705	1,0009	77,926	62,99	2396,1	62,99	2465,9	2528,9	0,2245	8,7814
16	0,01818	1,0011	73,333	67,18	2397,4	67,19	2463,6	2530,8	0,2390	8,7582
17	0,01938	1,0012	69,044	71,38	2398,8	71,38	2461,2	2532,6	0,2535	8,7351
18	0,02064	1,0014	65,038	75,57	2400,2	75,58	2458,8	2534,4	0,2679	8,7123
19	0,02198	1,0016	61,293	79,76	2401,6	79,77	2456,5	2536,2	0,2823	8,6897
20	0,02339	1,0018	57,791	83,95	2402,9	83,96	2454,1	2538,1	0,2966	8,6672
21	0,02487	1,0020	54,514	88,14	2404,3	88,14	2451,8	2539,9	0,3109	8,6450
22	0,02645	1,0022	51,447	92,32	2405,7	92,33	2449,4	2541,7	0,3251	8,6229
23	0,02810	1,0024	48,574	96,51	2407,0	96,52	2447,0	2543,5	0,3393	8,6011
24	0,02985	1,0027	45,883	100,70	2408,4	100,70	2444,7	2545,4	0,3534	8,5794
25	0,03169	1,0029	43,360	104,88	2409,8	104,89	2442,3	2547,2	0,3674	8,5580
26	0,03363	1,0032	40,994	109,06	2411,1	109,07	2439,9	2549,0	0,3814	8,5367
27	0,03567	1,0035	38,774	113,25	2412,5	113,25	2437,6	2550,8	0,3954	8,5156
28	0,03782	1,0037	36,690	117,42	2413,9	117,43	2435,2	2552,6	0,4093	8,4946
29	0,04008	1,0040	34,733	121,60	2415,2	121,61	2432,8	2554,5	0,4231	8,4739
30	0,04246	1,0043	32,894	125,78	2416,6	125,79	2430,5	2556,3	0,4369	8,4533
31	0,04496	1,0046	31,165	129,96	2418,0	129,97	2428,1	2558,1	0,4507	8,4329
32	0,04759	1,0050	29,540	134,14	2419,3	134,15	2425,7	2559,9	0,4644	8,4127
33	0,05034	1,0053	28,011	138,32	2420,7	138,33	2423,4	2561,7	0,4781	8,3927
34	0,05324	1,0056	26,571	142,50	2422,0	142,50	2421,0	2563,5	0,4917	8,3728
35	0,05628	1,0060	25,216	146,67	2423,4	146,68	2418,6	2565,3	0,5053	8,3531
36	0,05947	1,0063	23,940	150,85	2424,7	150,86	2416,2	2567,1	0,5188	8,3336
38	0,06632	1,0071	21,602	159,20	2427,4	159,21	2411,5	2570,7	0,5458	8,2950
40	0,07384	1,0078	19,523	167,56	2430,1	167,57	2406,7	2574,3	0,5725	8,2570
45	0,09593	1,0099	15,258	188,44	2436,8	188,45	2394,8	2583,2	0,6387	8,1648
50	0,1235	1,0121	12,032	209,32	2443,5	209,33	2382,7	2592,1	0,7038	8,0763
55	0,1576	1,0146	9,568	230,21	2450,1	230,23	2370,7	2600,9	0,7679	7,9913
60	0,1994	1,0172	7,671	251,11	2456,6	251,13	2358,5	2609,6	0,8312	7,9096
65	0,2503	1,0199	6,197	272,02	2463,1	272,06	2346,2	2618,3	0,8935	7,8310
70	0,3119	1,0228	5,042	292,95	2469,6	292,98	2333,8	2626,8	0,9549	7,7553
75	0,3858	1,0259	4,131	313,90	2475,9	313,93	2321,4	2635,3	1,0155	7,6824
80	0,4739	1,0291	3,407	334,86	2482,2	334,91	2308,8	2643,7	1,0753	7,6122
85	0,5783	1,0325	2,828	355,84	2488,4	355,90	2296,0	2651,9	1,1343	7,5445
90	0,7014	1,0360	2,361	376,85	2494,5	376,92	2283,2	2660,1	1,1925	7,4791
95	0,8455	1,0397	1,982	397,88	2500,6	397,96	2270,2	2668,1	1,2500	7,4159
100	1,014	1,0435	1,673	418,94	2506,5	419,04	2257,0	2676,1	1,3069	7,3549
110	1,433	1,0516	1,210	461,14	2518,1	461,30	2230,2	2691,5	1,4185	7,2387
120	1,985	1,0603	0,8919	503,50	2529,3	503,71	2202,6	2706,3	1,5276	7,1296
130	2,701	1,0697	0,6685	546,02	2539,9	546,31	2174,2	2720,5	1,6344	7,0269
140	3,613	1,0797	0,5089	588,74	2550,0	589,13	2144,7	2733,9	1,7391	6,9299
150	4,758	1,0905	0,3928	631,68	2559,5	632,20	2114,3	2746,5	1,8418	6,8379
160	6,178	1,1020	0,3071	674,86	2568,4	675,55	2082,6	2758,1	1,9427	6,7502
170	7,917	1,1143	0,2428	718,33	2576,5	719,21	2049,5	2768,7	2,0419	6,6663
180	10,02	1,1274	0,1941	762,09	2583,7	763,22	2015,0	2778,2	2,1396	6,5857
190	12,54	1,1414	0,1565	806,19	2590,0	807,62	1978,8	2786,4	2,2359	6,5079
200	15,54	1,1565	0,1274	850,65	2595,3	852,45	1940,7	2793,2	2,3309	6,4323
210	19,06	1,1726	0,1044	895,53	2599,5	897,76	1900,7	2798,5	2,4248	6,3585
220	23,18	1,1900	0,08619	940,87	2602,4	943,62	1858,5	2802,1	2,5178	6,2861
230	27,95	1,2088	0,07158	986,74	2603,9	990,12	1813,8	2804,0	2,6099	6,2146
240	33,44	1,2291	0,05976	1033,2	2604,0	1037,3	1766,5	2803,8	2,7015	6,1437
250	39,73	1,2512	0,05013	1080,4	2602,4	1085,4	1716,2	2801,5	2,7927	6,0730
260	46,88	1,2755	0,04221	1128,4	2599,0	1134,4	1662,5	2796,6	2,8838	6,0019
270	54,99	1,3023	0,03564	1177,4	2593,7	1184,5	1605,2	2789,7	2,9751	5,9301
280	64,12	1,3321	0,03017	1227,5	2586,1	1236,0	1543,6	2779,6	3,0668	5,8571
290	74,36	1,3656	0,02557	1278,9	2576,0	1289,1	1477,1	2766,2	3,1594	5,7821
300	85,81	1,4036	0,02167	1332,0	2563,0	1344,0	1404,9	2749,0	3,2534	5,7045
320	112,7	1,4988	0,01549	1444,6	2525,5	1461,5	1238,6	2700,1	3,4480	5,5362
340	145,9	1,6379	0,01080	1570,3	2464,6	1594,2	1027,9	2622,0	3,6594	5,3357

Anexo 2 Tabla de Materiales: Subparte 1, Sección II, Parte D

TABLA 1 A: Sección I; Sección III, Clases 2 y 3; Sección VIII, División 1; y Sección XII
Características de los materiales ferrosos
(Ver límites máximos de temperatura restringidos por Clase)

Ren glón	Tensión rotura mínima		Aplicabilidad y límites temp. máx. (NP = No Permitido) (SPT = sólo en apoyos)				Nº Gráfico para presión externa	Notas	Forma del producto	Especificación No	Tipo/ grado	Designación aleación UNS N°
	MPa	MPa	I	III	VIII-1	XII						
1	275	140	NP	NP	343	NP	CS-6	...	Chapa	SA-1008	CS-A	...
2	275	140	NP	NP	343	NP	CS-6	...	Chapa	SA-1008	CS-B	...
3	310	155	NP	343 Cl.3	482	343	CS-6	G10, G22, T10	Barra	SA-675	45	...
4	310	165	NP	149 Cl.3	NP	NP	CS-1	W12	Caño soldado	SA-134	A203A	...
5	310	165	NP	149 Cl.3	343	343	CS-1	...	Placa	SA-283	A	...
6	310	165	482	371	482	343	CS-1	G10, T2	Placa	SA-285	A	K01700
7	310	165	NP	371	NP	NP	CS-1	S6, W10, W12	Caño soldado	SA-672	A45	K01700
8	310	170	NP	NP	482	343	CS-1	G10, T2	Chapa	SA-414	A	K01501
9	325	180	538	NP	NP	NP	CS-1	G4, G10, S1, T2, W13	Tubo soldado	SA-178	A	K01200
10	325	180	538	NP	538	343	CS-1	G3, G10, G24, S1, T2, W	Tubo soldado	SA-178	A	K01200
11	325	180	NP	NP	482	343	CS-1	G10, T2	Tubo sin costura	SA-179	...	K01200
12	325	180	538	NP	538	343	CS-1	G10, S1, T2	Tubo sin costura	SA-192	...	K01201
13	325	180	NP	NP	538	343	CS-1	G24, T2, W6	Tubo soldado	SA-214	...	K01807
14	325	180	NP	NP	538	343	CS-1	G10, T2	Tubo sin costura	SA-556	A2	K01807
15	325	180	NP	NP	538	343	CS-1	G24, T2, W6	Caño soldado	SA-557	A2	K01807
16	330	205	482	NP	NP	NP	CS-2	G3, G10, S1, T2	Caño soldado	SA-53	E/A	K02504
17	330	205	482	149 Cl.3	NP	NP	CS-2	G10, S1, T2, W12, W13	Caño soldado	SA-53	E/A	K02504
18	330	205	NP	NP	482	343	CS-2	G24, T2, W6	Caño soldado	SA-53	E/A	K02504
19	330	205	399	NP	NP	NP	CS-2	G2, G10, S10, T2, W15	Caño soldado	SA-53	E/A	...
20	330	205	482	149 Cl.3	NP	NP	CS-2	G10, S1, T2	Caño sin costura	SA-53	S/A	K02504
21	330	205	NP	371 (SPT)	482	343	CS-2	G10, T2	Caño sin costura	SA-53	S/A	K02504
22	330	205	538	371	538	343	CS-2	G10, S1, T1	Caño sin costura	SA-106	A	K02501
23	330	205	NP	NP	482	343	CS-2	G24, T2, W6	Caño soldado	SA-135	A	...
24	330	205	538	NP	NP	NP	CS-2	G10, S1, T1	Caño forjado	SA-369	FPA	K02501
25	330	205	NP	149 Cl.3	NP	NP	CS-2	...	Caño soldado	SA-587	...	K11500

Anexo 2 (continuación) Tabla de Materiales: Subparte 1, Sección II, Parte D

TABLA 1 A (continuación): Sección I; Sección III, Clases 2 y 3; Sección VIII, División 1; y Sección XII
Tensiones máximas admisibles, *S*, para materiales ferrosos en función de la temperatura

N°	Tensiones admisibles máximas en MPa cuando la temperatura no en °C no excede:																			
	-30 a 40	65	100	125	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	
1	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	76,0	71,6	69,6	67,8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	76,0	71,6	69,6	67,8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,4	85,0	80,7	78,4	75,8	73,5	71,5	64,0	56,1	44,5	31,7	...	...	...	...
4	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
5	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	86,3	83,8	81,4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
6	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	86,3	83,8	81,4	78,8	73,4	64,0	56,1	44,5	31,7	...	...	...	...
7	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	86,3	83,8	81,4	78,8	...	...	...	...	...	...	...	...	...
8	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,5	87,5	84,8	81,2	73,4	64,0	56,1	44,5	31,7	...	...	...	...
9	92,4	92,4	92,4	92,4	92,4	92,4	92,4	91,9	90,7	87,8	84,3	73,3	63,9	56,2	44,5	31,9	21,8	12,7	...	...
10	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	78,1	77,1	74,7	71,4	62,3	54,2	47,6	37,7	27,1	18,5	10,6	...	...
11	92,4	92,4	92,4	92,4	92,4	92,4	92,4	91,9	90,7	87,8	84,3	73,3	63,9	56,2	44,5	31,9	...	...	...	...
12	92,4	92,4	92,4	92,4	92,4	92,4	92,4	91,9	90,7	87,8	84,3	73,3	63,9	56,2	44,5	31,9	21,8	12,7	...	...
13	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	78,1	77,1	74,7	71,4	62,3	54,2	47,6	37,7	27,2	18,5	10,6	...	...
14	92,4	92,4	92,4	92,4	92,4	92,4	92,4	91,9	90,7	87,8	84,3	73,3	63,9	56,2	44,5	31,9	21,8	12,7	...	...
15	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	78,1	77,1	74,7	71,4	62,3	54,2	47,6	37,7	27,1	18,5	10,6	...	...
16	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	79,8	71,6	62,3	53,7	43,9	32,9	21,7	...	...	...	...
17	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	93,5	84,5	73,3	62,8	51,2	38,3	25,3	...	...	...	...
18	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	79,8	71,6	62,4	54,9	47,5	40,1	32,6	...	...	...	...
19	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	56,0	50,7	43,8	...	...	...	...	...	...	...	...
20	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	93,5	84,5	73,3	62,8	51,2	38,3	25,3	...	...	...	...
21	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	93,6	84,4	73,3	64,7	56,0	47,6	36,2	...	...	...	...
22	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	93,6	84,4	73,3	64,7	56,0	47,6	36,2	23,5	11,2	...	...
23	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7	79,8	71,6	62,4	54,9	47,5	40,1	32,6	...	...	...	...
24	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	93,5	84,5	73,3	62,8	51,2	38,3	25,3	14,9	5,88	...	...
25	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Anexo 3

Tabla UW-12 – Máximo valor admisible de la eficiencia de junta *E* para uniones soldadas¹ a arco y a gas

Importante: Para entender mejor la descripción de los 8 tipos de junta ver los esquemas en la Figura 10 de este capítulo.

Tipo N°	Descripción	Limitaciones	Categoría	Radiografiado		
				(a) Total ²	(b) Parcial ³	(c) Nada
1	Juntas a tope de doble arco de soldadura, (con depósito de material en las superficies interna y externa) u otros medios que provean igual calidad en el interior y en el exterior de la superficie soldada para cumplir con los requerimientos UW-35. Las juntas que usan topes metálicos que quedan adheridos están excluidas.	Ninguna	A, B, C y D	1,0	0,85	0,70
2	Juntas a tope de simple arco de soldadura, con respaldo, diferentes de las incluidas en 1.	(a) Ninguna excepto las mencionadas en (b) a continuación.	A, B, C y D	0,9	0,80	0,65
		(b) Uniones a tope circunferenciales con una placa desplazada respecto de la otra; ver UW-13(b)(4) y Figura 10, tipo 2 parte inferior.	A, B y C	0,9	0,80	0,65
3	Juntas a tope de simple arco de soldadura, sin respaldo.	Uniones circunferenciales a tope de espesor no mayor a 5/8" (16 mm) y de diámetro exterior no mayor a 24" (610 mm).	A, B y C	NA	NA	0,60
4	Juntas a filete completas de doble solape.	(a) Soldaduras longitudinales de espesor no superior a 3/8" (10 mm).	A	NA	NA	0,55
		(b) Soldaduras circunferenciales de espesor no superior a 5/8" (16 mm).	B y C ⁵	NA	NA	0,55
5	Juntas a filete completas de simple solape con soldaduras tipo enchufada (plug weld) de acuerdo a UW-17.	(a) Soldaduras circunferenciales ⁴ para cabezales de no más de 24" (610 mm) de diámetro exterior y no más de 1/2" (13 mm) de espesor.	B	NA	NA	0,50
		(b) Uniones circunferenciales para fijar cabezales <i>encamisados</i> de espesor nominal no mayor a 5/8" (16 mm) donde la distancia desde el centro de la soldadura tipo <i>enchufada</i> al extremo de la placa no es menor a 1,5 veces el diámetro del agujero para el <i>encamisado</i> (ver Figura 10, Tipo 5).	C	NA	NA	0,50
6	Juntas a filete completas de simple solape no enchufadas (sin plug welds).	(a) Para fijar cabezales con presión del lado convexo a cuerpos cilíndricos que no requieren espesores superiores a 5/8" (16 mm), utilizando junta a filete sólo en el interior del cuerpo cilíndrico.	A y B	NA	NA	0,45
		(b) Para fijar cabezales con presión exterior o interior a cuerpos cilíndricos de diámetro interior no mayor a 24" (610 mm) y que no requieren espesores superiores a 1/4" (6 mm), utilizando únicamente soldadura a filete en la parte exterior de la brida.	A y B	NA	NA	0,45
7	Juntas de esquina, penetración total, penetración parcial, y/o soldadura a filete.	Limitaciones dadas en la Figura UW-13.2 y en la Figura UW-16.1.	C ⁶ y D ⁶	NA	NA	NA
8	Juntas en ángulo.	Cumplir U-2(g) para uniones Categoría B y C.	B, C y D	NA	NA	NA

NOTAS:

- (1) *E* = 1 para uniones soldadas a tope en compresión.
- (2) Ver UW-12(a) y UW-51.
- (3) Ver UW-12(b) y UW-52.
- (4) Quedan excluidas las uniones que fijan cabezales hemisféricos al cuerpo del cilindro.
- (5) Para uniones Tipo 4 Categoría C, la limitación no es aplicable a conexiones a bridas abulonadas.
- (6) En las fórmulas de diseño de la División 1 no se considera eficiencia de junta *E* para las juntas de esquina de las Categorías C y D. Cuando sea necesario se puede usar un valor de *E* no mayor que 1.

Anexo 4 Equipos de secado y cocinas de la empresa Cantabria.

Anexo 4. Características de Equipos de Cocinado y Secado

Características de Cocinas – Pesquera Cantabria S.A.

Características	Unidad	Cocina 1	Cocina 2	Cocina 3
Marca		Fabtech	Fabtech	Enercom
Modelo		CI-11616	CI-11616	
Tipo		Mixta	Mixta	Mixta
Factor de llenado (F)		0,85	0,85	0,85
Longitud paso helicoides (P)	m	0,3	0,3	0,23
Longitud efectiva cocinador (L)	m	14,54	14,54	12,45
Diámetro interno cocinador (Dc)	m	1,7	1,7	1,3
Diámetro exterior eje (De)	m	1,16	1,16	0,397
Espesor de helicoides (E)	m	0,05	0,05	0,06
Diámetro exterior de helicoides (D)	m	1,53	1,53	1,22
Promedio tiempo de cocción (T)	min	12	12	12
Presión de trabajo	bar	4-6	4-6	4-6
Temperatura de trabajo	° C	90 - 100	90 - 100	90 - 100
Potencia de motor eléctrico	HP	30	30	30
Capacidad Nominal	t / h	50	50	50

Características de Secadores – Pesquera Cantabria S.A.

Características	Secador RD Nº 1	Secador RD Nº 2	Secador RD Nº 3	Secador RT Nº 1	Secador RT Nº 1
Marca	Atlas	Fima	Atlas	Enercom	Enercom
Modelo	Stord 2064	FSD-40	Stord TST-70R	SV-1400 OT1386	SV-1400 OT1386
Diámetro (m)	2,4	2,6	1,9	3,5	3,5
Longitud (m)	13,25	10,8	7	20	20
Capacidad (t evap./ h)	4,4	5,4	2,5	7	7
Consumo aprox (t vapor /hr)	5,5	6,7	3,12	8,8	8,8
Rendimiento térmico (FC)	1,250	1,241	1,248	1,257	1,257
Área de calentamiento (m ²)	320	360	211	1445	1445
Presión de operación (bar)	7	7	7	6	6
Velocidad (rpm.)	10,93	10	18	5,86	5,86
Pot. Motor (hp)	125	125	70	150	150

H w g p Pesquera Cantabria

Anexo 5 Análisis de materia prima de producción Cantabria - 2018

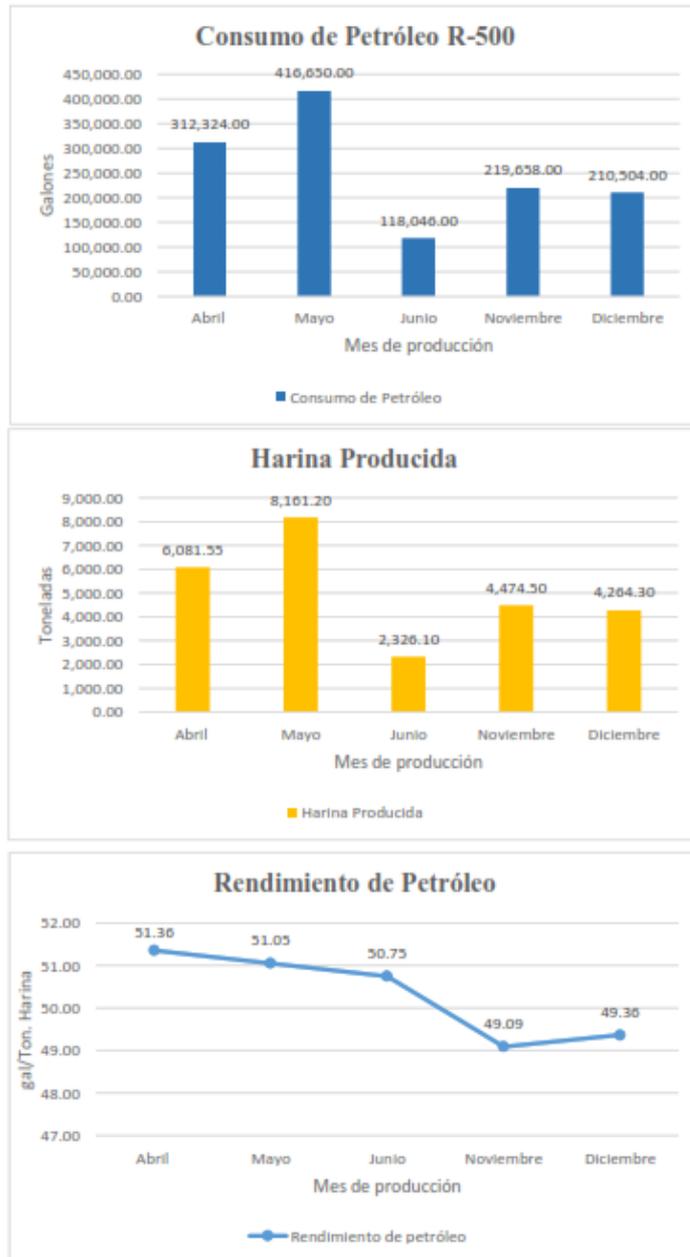
Anexo 5. Análisis de Materia Prima – Temporada de Pesca 2018 – I

Embarcaciones de Pesquera CANTABRIA S.A				Embarcaciones de Terceros		
Fecha	Humedad (%)	Grasa(%)	Sólidos (%)	Humedad (%)	Grasa(%)	Sólidos (%)
09/04/2018	75.4	5.2	19.4			
10/04/2018	70.26	8.12	21.62	71.94	6.72	
11/04/2018	70.78	7.58	21.64	71.91	7.98	
12/04/2018	72.49	6.91	20.6	73.04	7.11	
13/04/2018	72.21	7.12	20.67			
14/04/2018	73.18	6.26	20.56			
15/04/2018	71.09	5.53	23.38	70.2	5.71	24.09
16/04/2018	72.81	6.75	20.44			
17/04/2018	74.45	5.32	20.23			
18/04/2018	71.26	8.68	20.06			
19/04/2018	74.66	5.42	19.92			
22/04/2018	76.97	3.96	19.07	72.55	6.84	
23/04/2018	71.52	7.17	21.31	70.63	8.31	
24/04/2018	72.45	6.83	20.72	73.64	4.71	
28/04/2018	72.49	5.76	21.75	73.64	4.66	
29/04/2018	72.3	7.09	20.61	70.17	8.52	
30/04/2018	70.03	8.45	21.52	70.23	8.14	
01/05/2018	71.54	7.4	21.06	71.21	7.71	
17/05/2018	70.6	8.45	20.95	72.48	5.99	
27/05/2018	70.79	7.6	21.61			
29/05/2018	70.42	8.29	21.29			
30/05/2018	70.1	8.94	20.96			
31/05/2018	70.05	9.22	20.73			
03/06/2018	72.47	6.61	20.92	71.72	6.8	21.48
04/06/2018	71.23	7.97	20.8			
06/06/2018	72.25	7.49	20.26			
07/06/2018	71.44	8.13	20.43			
08/06/2018	72.6	5.56	21.84			
09/06/2018	72.09	7.17	20.74			
	72.067	7.068	20.865	71.797	6.862	22.785

H w g pRvvggu=s w g t c

Anexo 6 Registro de operación de Harina y Aceite de pescado Cantabria - 2018

Anexo 6. Registros de Producción de Harina y Aceite de Pescado 2018



H w g pRvvggu=s w g t c

Anexo 7 Lista de materiales de fabricación de tanque flash.

FABRICACION DE TANQUE FLASH DE 950 MM Ø Y 3 MT DE ALTURA

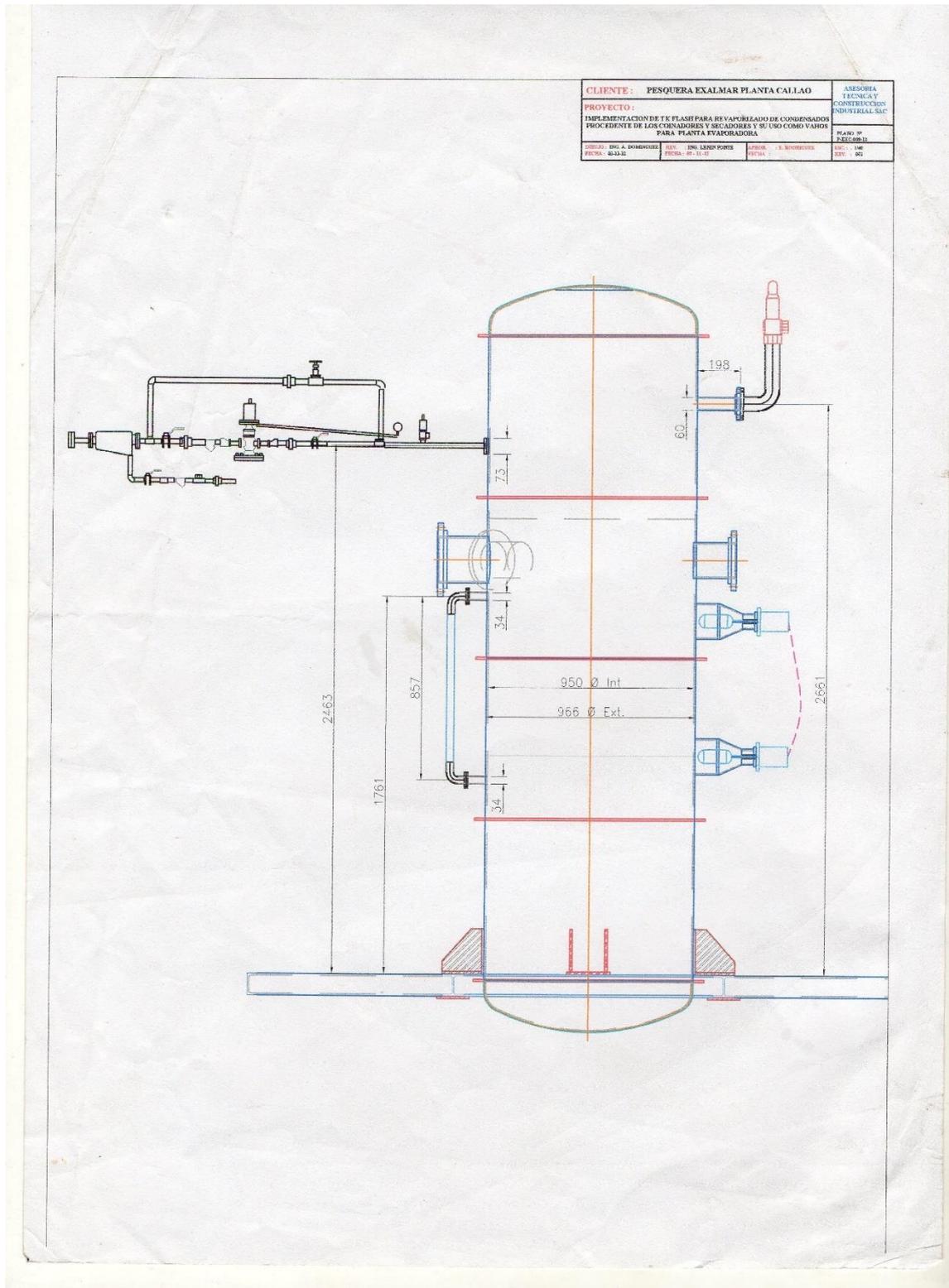
REQUERIMIENTO DE MATERIALES							ESTADO
ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	CANT.	UNID. MED.	EQUIPO PLANIFICADO	FECHA REQUERIMIENTO	
01	Plancha de 1.2 x 2.4 x 3/16" esp	ASTM A-36	1,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
02	Plancha de 1.5 x 3.0 x 5/16" esp	ASTM A-36	2,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
03	Plancha de 1.2 x 2.4 x 3/8" esp	ASTM A-36	1,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
04	Bridas Slip On de 2" x 150 PSI	ASTM A-121	2,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
05	Codo soldable sch-40 de 2" D x 90°	ASTM A-36	1,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
06	Valvula de Seguridad de 2" de D. regulada a 2 Bar maximo	Bronce	1,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	PENDIENTE
07	Tuberia 2" Ø SCH 40 x 6 mt long	ASTM A 53	1,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
08	Niple roscado de 2" Diam. x 4" Long. SCH40	ASTM A 53	1,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
09	Tuberia de Ac. Al carbono de 6" Ø. SCH40 x 6 mt	ASTM A 53	0,50	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
10	Bridas Slip On de 6" x 150 PSI	ASTM A121	2,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
11	Tuberia de Ac. Al carbono de 6" Ø. SCH40 x 6 mt	ASTM A 53	0,50	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
12	Bridas Slip On de 6" x 150 PSI	ASTM A121	2,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
13	Tuberia de Ac. Al carbono de 8" Ø. SCH40 x 6 mt	ASTM A 53	0,50	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
14	Bridas Slip On de 8" x 150 PSI	ASTM A121	2,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
15	Tuberia de Ac. Al carbono de 14" Ø. SCH40 x 6 mt	ASTM A 53	1	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
16	Bridas Slip On de 14" x 150 PSI	ASTM A 53	2	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
17	Valvula wator para vapor de 24" Ø. x 150 PSI. con caja reductora	ASTM A-121	1	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
18	Tuberia de Ac. Al carbono de 8" de D.	ASTM A-53	2	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
19	Bridas Slip de 8" x 150 PSI	ASTM A-121	5	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
20	Bridas ciega de 8" x 150 PSI	ASTM A-121	1	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
21	Codo soldable sch-40 de 8" D x 90°	ASTM A-53	1	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
22	Valvula manoposa de 8" Ø x 150 PSI y 150 FC, con sus bridas, pernos y tuercas	ASTM A-53	1	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
23	Valvula Check vertical de 150 PSI x 8" de Diam. Roscado NPT	bronce	0	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
24	Perno de 3/4 x 3 1/2" NC, con tuercas y anillos planos	Grado 8	16	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
25	Perforaciones de valvulas de nivel con tubo pino. linea roja de 150 psi, diametro 1/2" x 16-18"		1,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
26	Niple roscado de 1/2" Diam. x 8" Long. SCH40		1,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
27	Union roscable de 1/2" SCH40		2,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
28	Reduccion de 6" a 2"	ASTM A 53	2,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
29	Bridas Slip de 1" x 150 PSI	ASTM A 53	4,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
30	Boya de Control de nivel ON OFF de alta y baja	ASIS 304	2	Pzas	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
31	Electrobomba de 125 M3/H y 60 Psi para condensado a 100 FC		2,00	Pza.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
32	tubos conduit de 1		4	pza		17/09/2018	
33	uniones conduit de 1		12	pza		17/09/2018	
34	curva conduit de 1		4	pza		17/09/2018	
35	conectores hermeticos curvos de 1		4	pza		17/09/2018	
36	conectores hermeticos rectos de 1		4	pza		17/09/2018	
37	abrazaderas unistrub de 1		10	pza		17/09/2018	
38	conduit flexible pesado de 1		10	mts		17/09/2018	
39	tablero de pvc de 600 a. x 800 alto x 300 (mm)prof. Con placa base.		1	pza		17/09/2018	
40	Interruptor caja moldeada A1B 125 TMF 63-630 3p		1	pza		17/09/2018	
41	temporizador 0-30 segundos delay 220 VAC para estrella triangulo		1	pza		17/09/2018	
42	rele de sobrecarga TF42-35 29- 35 amperes		1	pza		17/09/2018	
43	transformador 480/230 vac 300 VA.		1	pza		17/09/2018	

42	contactos CA4-22E		3 pza		17/09/2018	
43	interruptor termomagnético para riel. S202-c4		2 pza		17/09/2018	
44	selector M O A 2 x 25 amperes. (50 x 50 mm)		1 pza		17/09/2018	
45	pulsador rasante marcha luminoso (verde) 220 Volt.		1 pza		17/09/2018	
46	pulsador rasante parada luminoso (rojo) 220 Volt.		1 pza		17/09/2018	
47	canaleta ranurada 40 x 60 mm		2 pza		17/09/2018	
48	riel din simétrico	PVC	1 pza		17/09/2018	
49	cintillos de 300 mm	PVC	1 bolsa		17/09/2018	
50	cable NLT (vulcanizado) 2 x 16 AWG	Cobre	30 mts		17/09/2018	
51	cable NMT 3 x 8 AWG	Cobre	20 mts		17/09/2018	
52	terminales de compresión para cable 8AWG ojal 1/4		15 pza		17/09/2018	
53	Viga H de 4" x 15 lb/Pie	ASTM A-36	1 Pza	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
54	Canal C 4 x 7.25 lb	ASTM A-36	3 Pzas	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
55	Plancha estrilado de 3/16" x 4" x 8"	ASTM A-37	3 Pzas	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
56	Tubería de Ac. Al carbono de 4" de D.	ASTM A -53	5 Pza	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
57	Tubería de Ac. Al carbono de 3" de D.	ASTM A -53	3 Pza	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
58	Tubería de Ac. Al carbono de 2 1/2" de D.	ASTM A -53	5 Pza	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
59	Tubo estructural 1 1/8" x 4.00mt	ac. Carbono	8 Pzas	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
60	Platina de 2" x 3/16" esp. x 6000 mm.	ASTM A -36	2 Pzas	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
61	Tubo de 2" x 2", 1/4" esp.	ASTM A -36	3 Mts.	TK. FLASH	17/09/2018	ALMACÉN
62	Removedor de óxido		2 Gl	TK. FLASH	17/09/2018	PENDIENTE
63	Pintura epóxica de base, color Rojo Caído.		3 Gl	TK. FLASH	17/09/2018	PENDIENTE
64	Pintura epóxica de acabado, color aluminio.		1 Gl	TK. FLASH	17/09/2018	PENDIENTE
65	Jet 70 MP Azul Naval 1520 C/CAT.1GL		1 Gl		17/09/2018	
66	Jethane 500 Azul Naval 1520 C/CAT.1/4		1 Gl	TK. FLASH	17/09/2018	PENDIENTE
67	Jethane 500 Amarillo VE-4-1300 C/CAT.1		1 Gl		17/09/2018	
67	Diluyente de pintura epóxica		4 Gl	TK. FLASH	17/09/2018	PENDIENTE

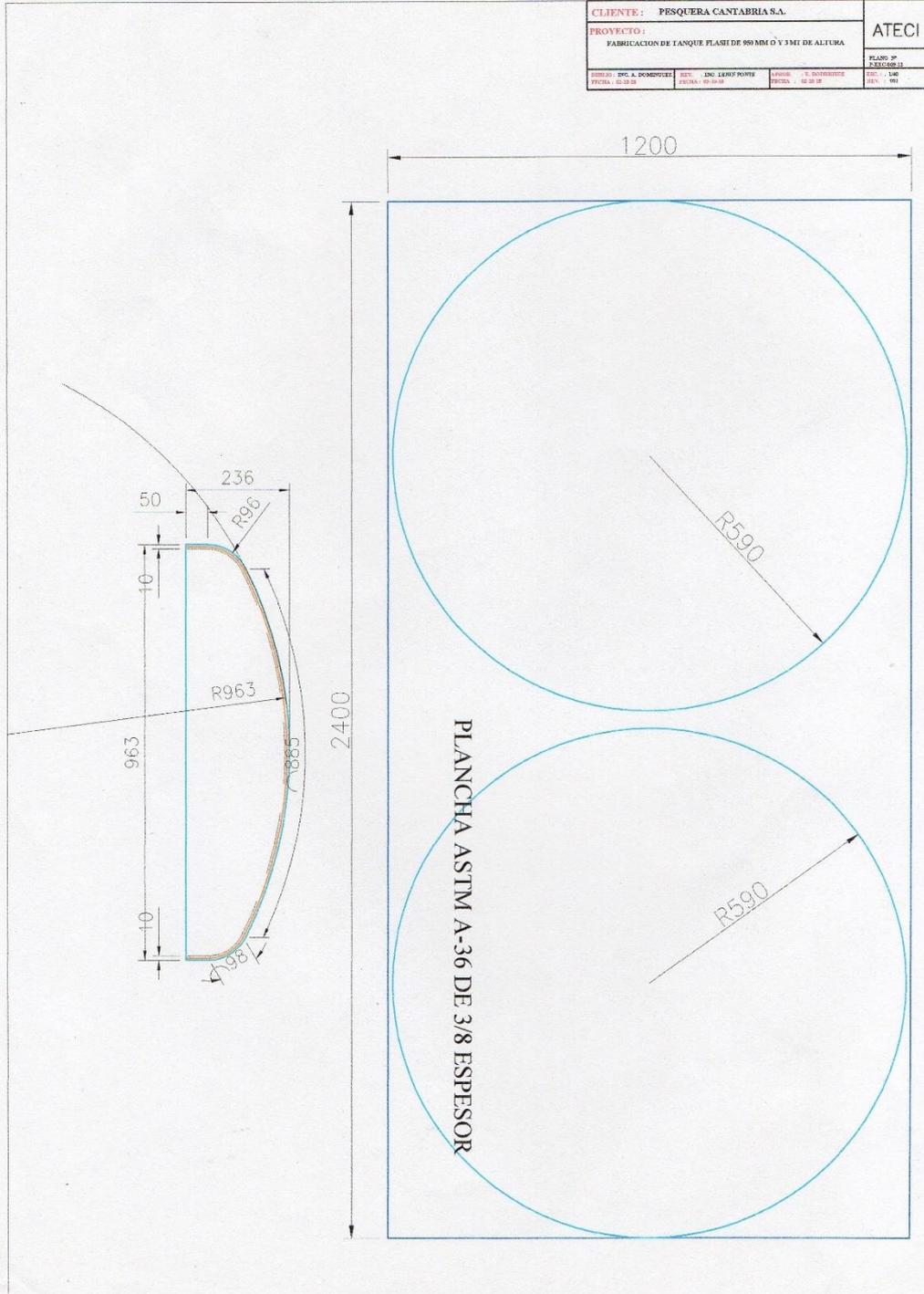

Pesquera Cantabria S.A.
Filiberto Riega Torres
 JEFE DE PLANTA

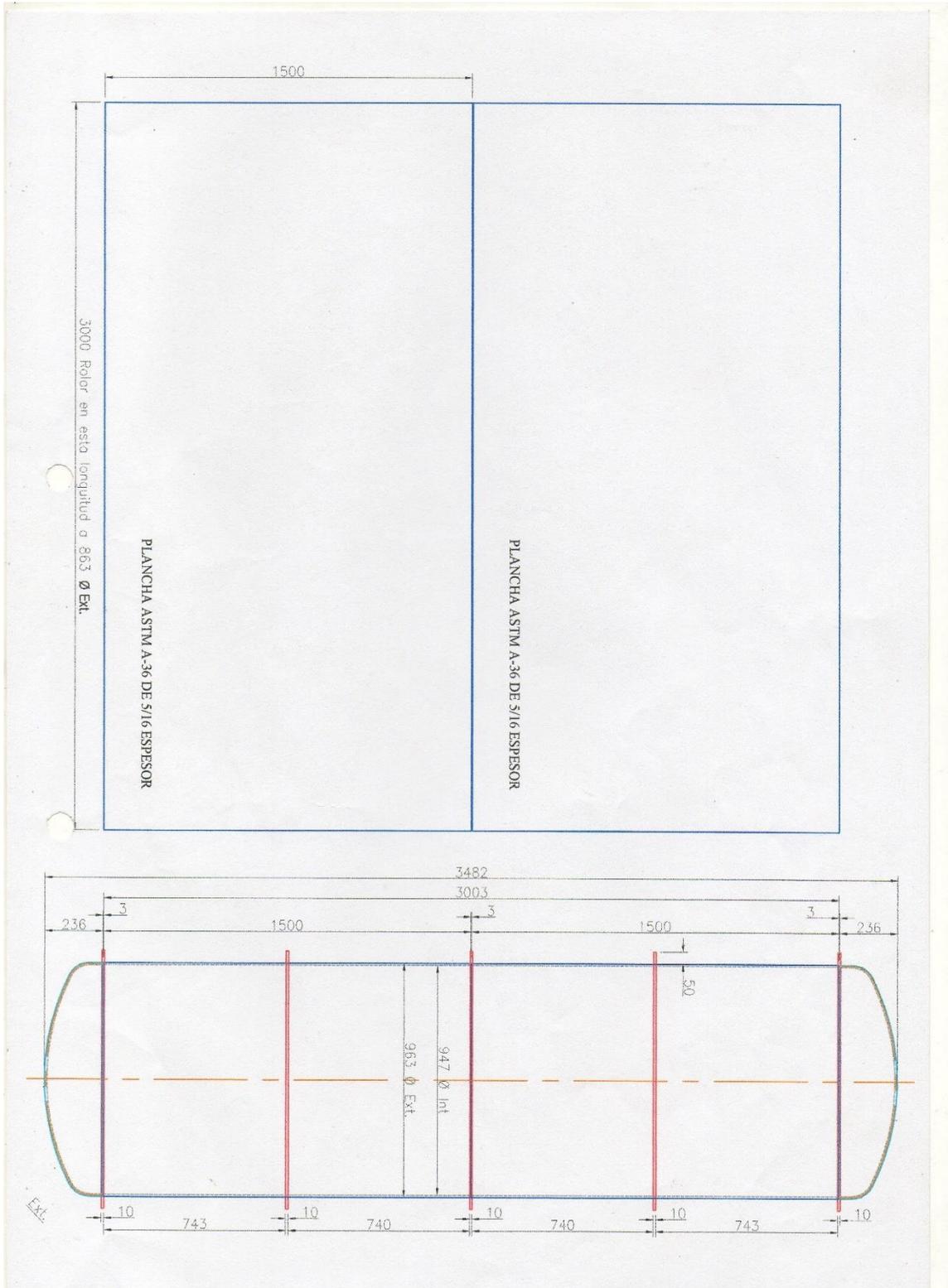
H w g pRvgg=s w g t c

Anexo 8 Planos de tanque flash y accesorios.

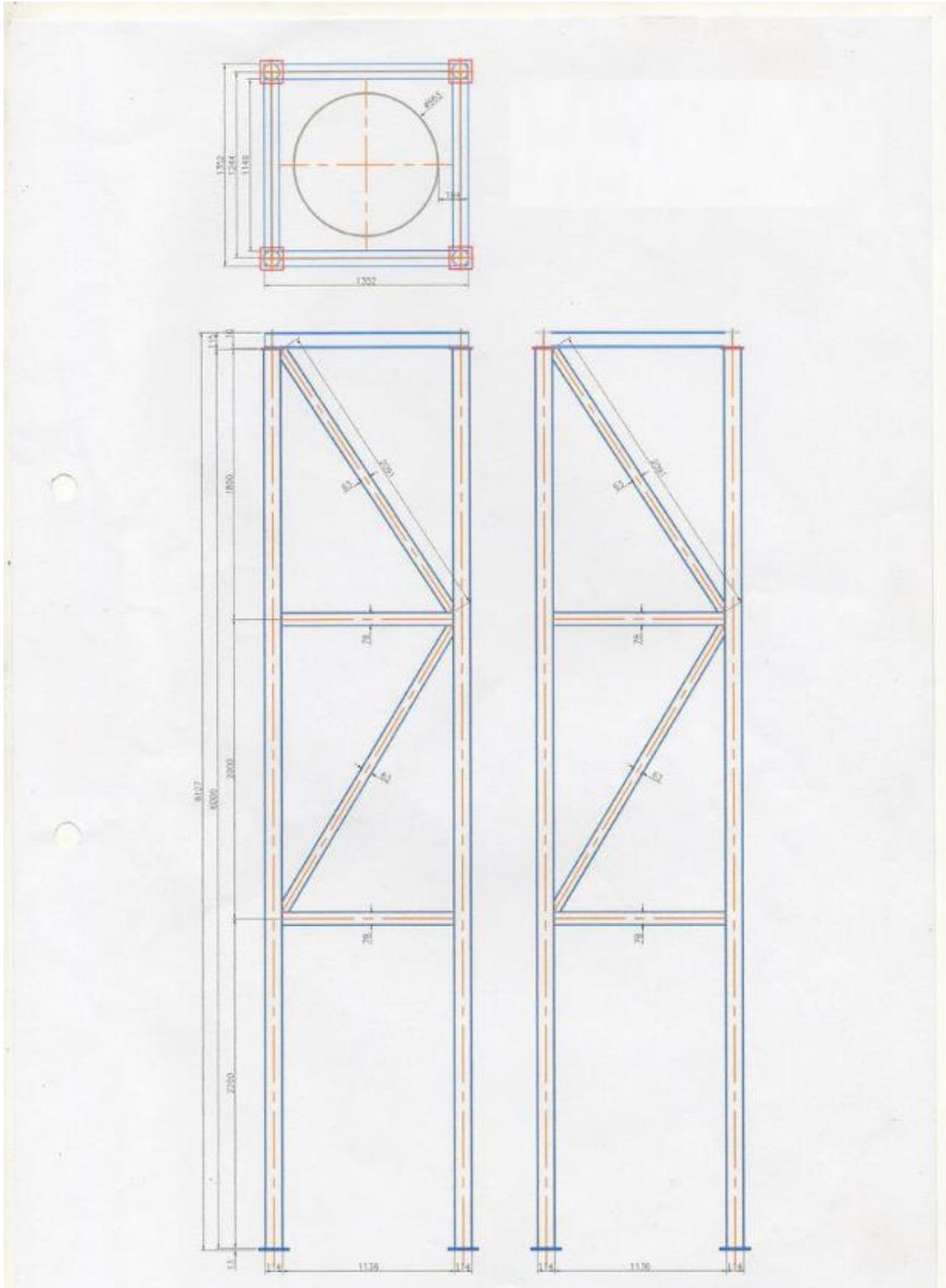


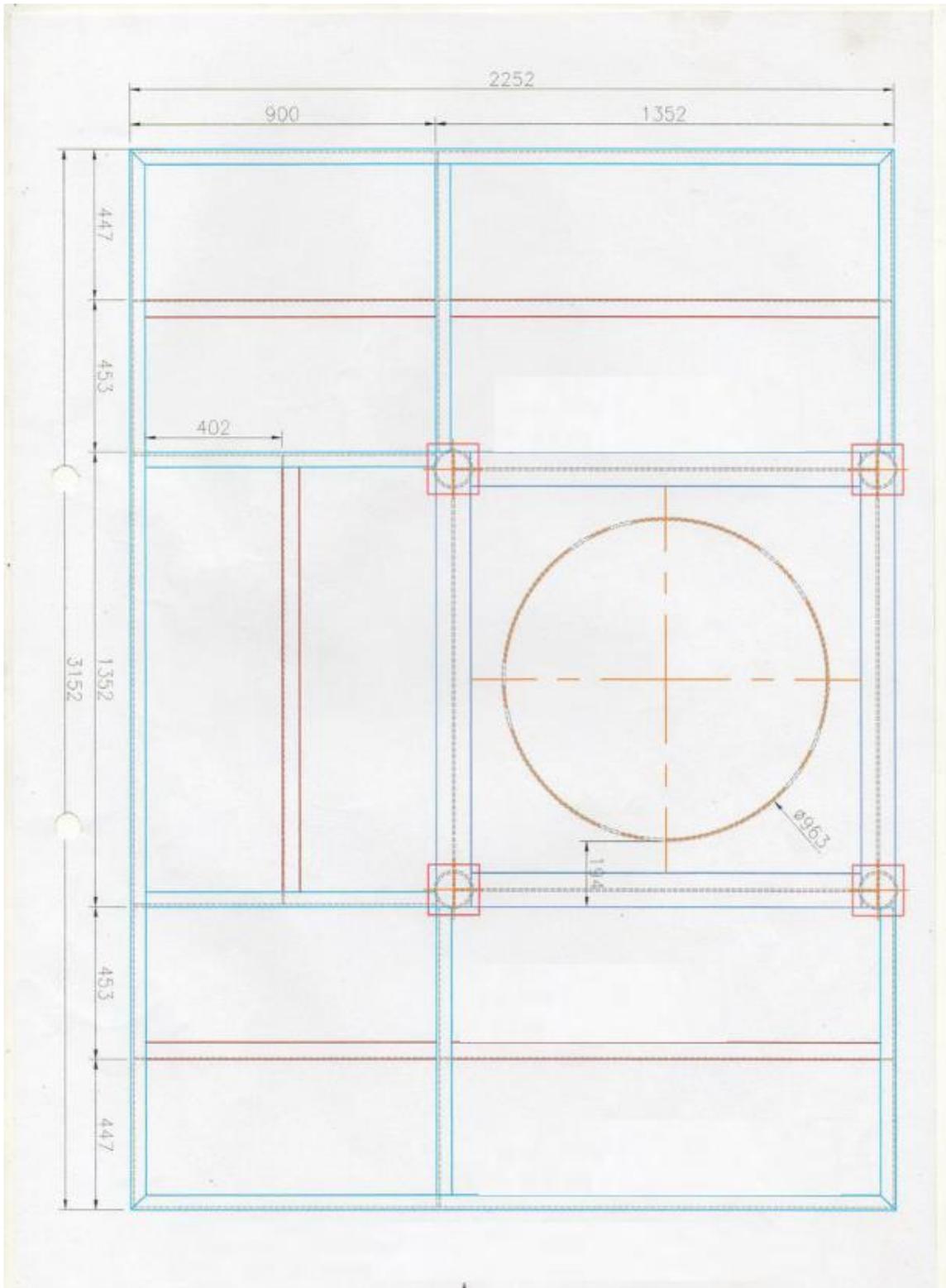
CLIENTE: PESQUERA CANTABRIA S.A.		ATECI
PROYECTO: FABRICACION DE TANQUE PLASTI DE 90 MM Ø Y 3 MI DE ALTURA		
SEÑAL: INC. A. DOMESTICO	EST: INC. LEVY PONTÉ	PLANO: S. DOMESTICO
FECHA: 02-20-01	FECHA: 02-20-01	FECHA: 02-20-01
Escala: 1:1		Escala: 1:1



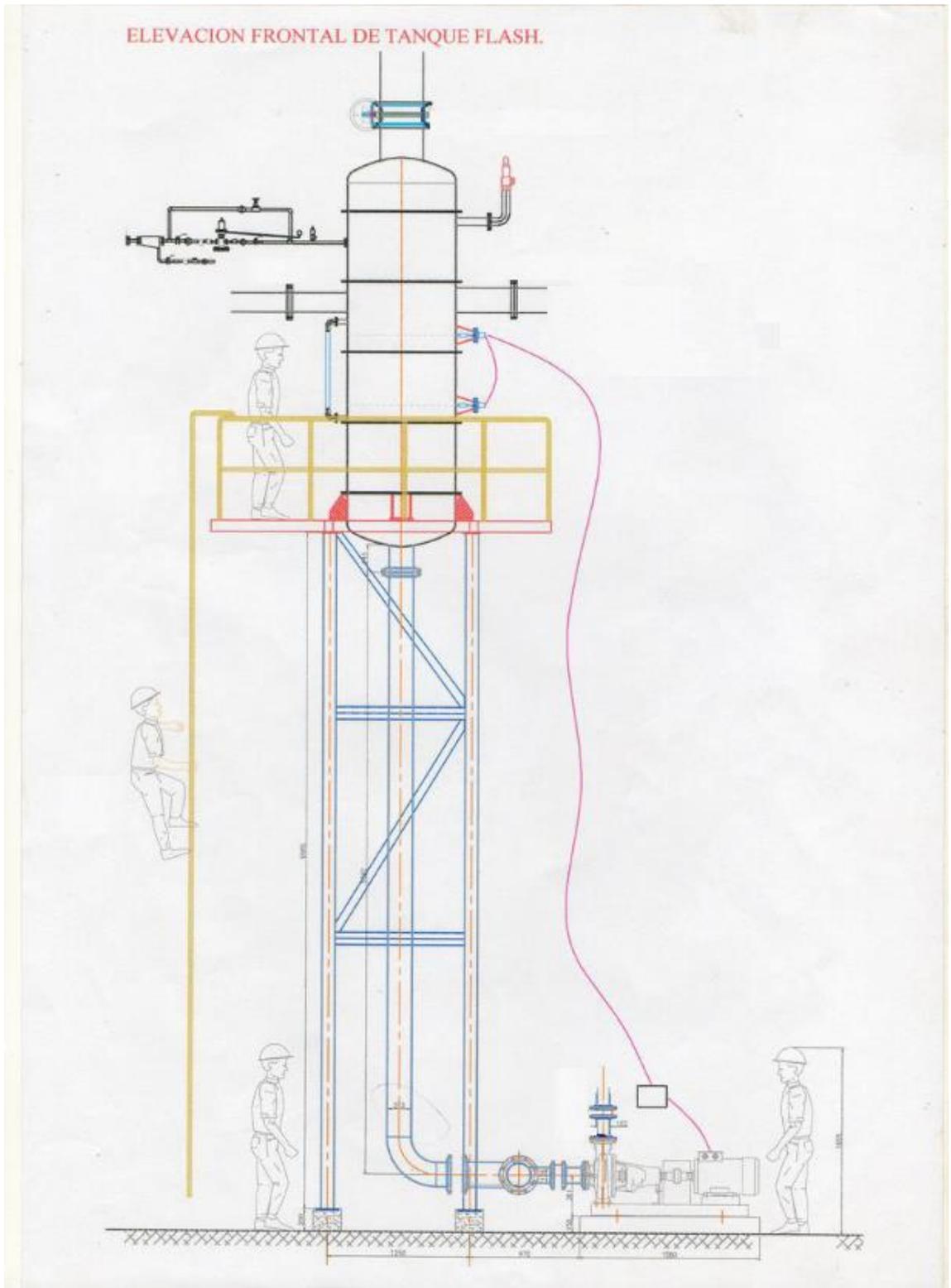


Anexo 9 Planos de castillo de tanque flash



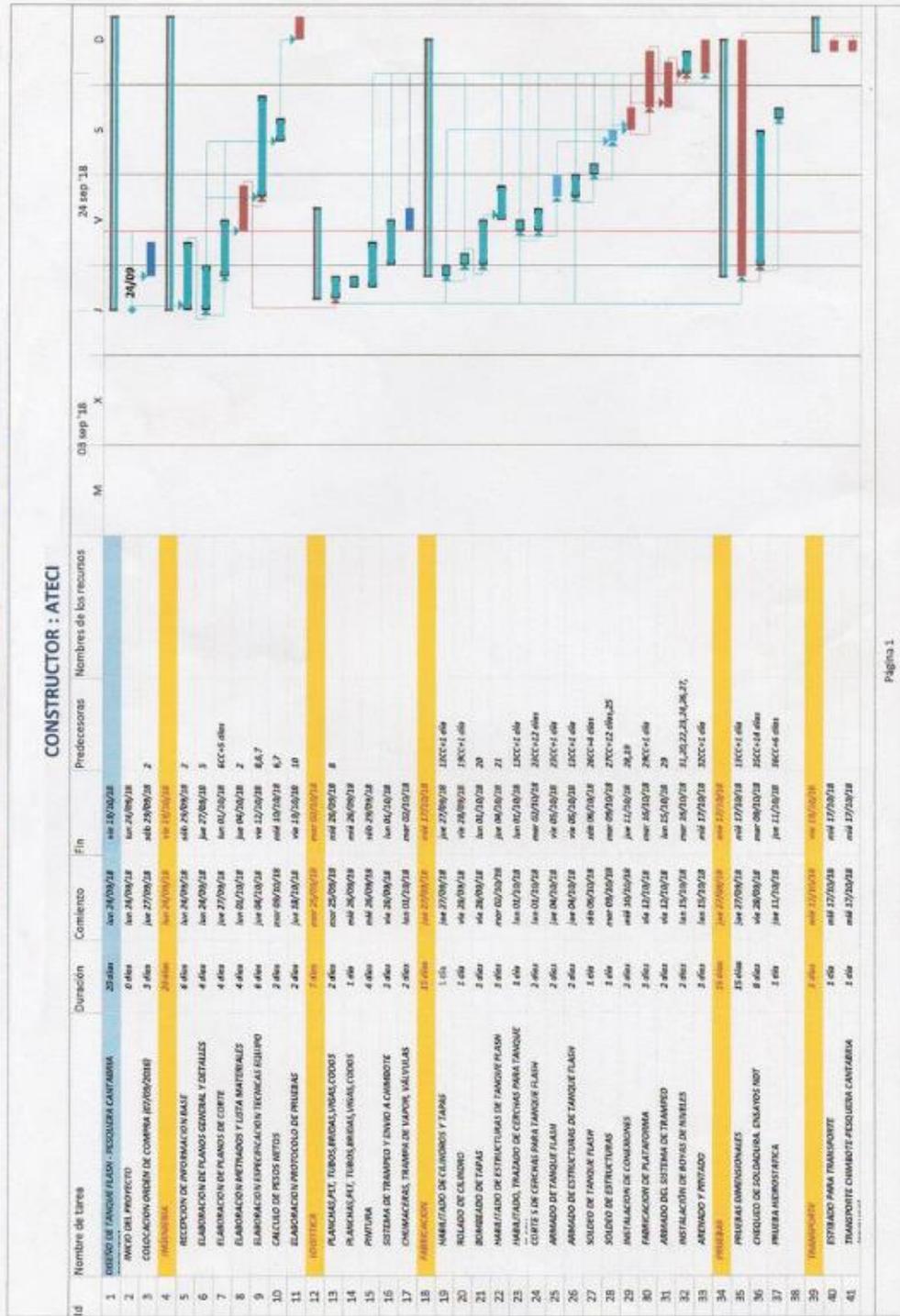


Anexo 11 Planos de elevación frontal de tanque flash



Anexo 12 Diagrama de Gantt de dimensionamiento de tanque flash.

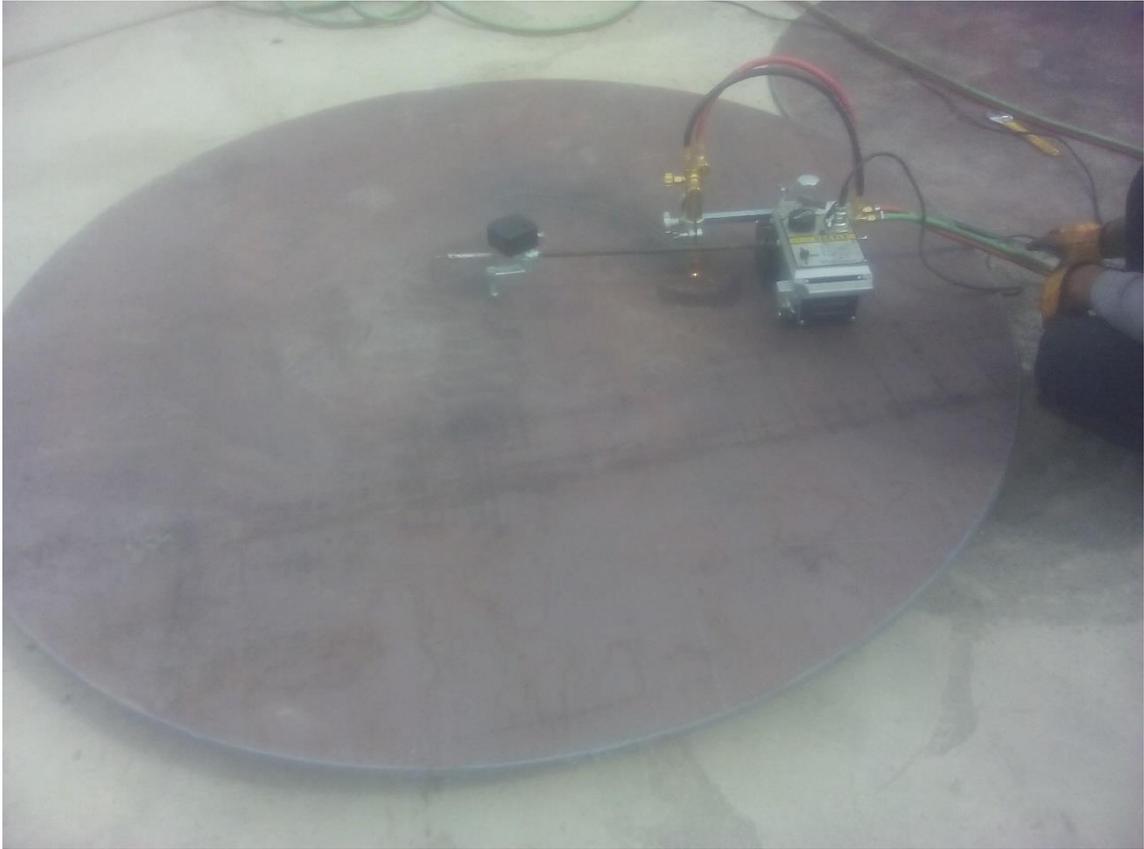
DISEÑO, FABRICACIÓN Y ENTREGA DE TANQUE FLASH



Anexo 13 Imágenes de tanque flash diseñado.











REVISION 4

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%	25%	1%	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	18%
2	eficienciaenergetica.net.ar Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
8	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
9	1library.co Fuente de Internet	<1%

10	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
12	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
16	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
17	avibert.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	www.buenastareas.com Fuente de Internet	<1 %
20	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
21	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %

22	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
23	segemind.com Fuente de Internet	<1 %
24	www.docstoc.com Fuente de Internet	<1 %
25	kipdf.com Fuente de Internet	<1 %
26	kupdf.net Fuente de Internet	<1 %
27	Dspace.Unitru.Edu.Pe Fuente de Internet	<1 %
28	RODRIGO LLOPIS DOMÉNECH. "Evaluación experimental de una planta frigorífica de doble etapa de compresión trabajando con un compresor compound. Análisis de los efectos de desrecalentamiento y subenfriamiento utilizando como fluido de trabajo el HFC-404A.", Universitat Politècnica de Valencia, 2008 Publicación	<1 %
29	archive.kingsfund.org.uk Fuente de Internet	<1 %
30	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %

31	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
32	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.ulc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	<1 %
35	traengol.com Fuente de Internet	<1 %
36	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

