



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Modificación de Concentradora de Jugo para Maracuyá”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Examen Complexivo

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Hernán Paul Rodríguez Retto

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, el cual ha sido guía y ayuda durante mi vida.

A mi madre por todo el esfuerzo realizado para que sea posible la culminación de este proyecto.

A mi esposa por su perseverancia.

A cada uno de mis amigos.

DEDICATORIA

A mi madre Isabel Retto Cume.

A mi esposa la Lcda. Reina
Bodero.

A mis hijos Jean y Shani.

A mis Hermanos.

A mis amigos que han sido ayuda
en cada instante de mi vida.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Msc. Jonathan León.

VOCAL

Ing. Eduardo Orcés.

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Trabajo Final de Graduación, me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Hernán Paul Rodríguez Retto.

RESUMEN

El objetivo de este Informe Profesional fue rediseñar y optimizar los componentes adecuados de la concentradora Centri-Therm CT9 el cual se usa para la elaboración del concentrado de maracuyá. Se analizó el diseño original y se verificó que fue posible hacer modificaciones en el equipo que se traducirán en mejoras tangibles usando métodos de ingeniería. El trabajo empezó con la descripción de la operación de concentradora Centri-Therm CT9 para elaboración de concentrado de maracuyá. Vale recalcar que en el medio la operación de evaporación tiene deficiencias en el flujo de jugo debido a que la evaporación no es suficiente por el mal dimensionamiento de la línea de vapor hace que esta falta de evaporación reduzca en un 23,46% la producción en el equipo, lo cual representa pérdidas para la empresa. Además la mala selección de la válvula de seguridad en la línea de vapor provoca el deterioro de las piezas internas que son muy costosas y las cuales son solo de importación, esta falla se produce cuando la válvula reguladora de presión está deteriorada produciendo una sobre presión en la línea. Con las modificaciones realizadas en la línea de ingreso de vapor y condensados se logró aumentar la producción de una manera significativa del 15,6%. De los resultados se concluye que si fue posible aumentar la producción con los cambios realizados, no se logra llegar al flujo máximo debido a que los platos de la Concentradora no son originales.

INDICE GENERAL

RESUMEN	v
INDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	2
1.- EVALUACION ACTUAL DEL CONCENTRADOR.....	2
1.1. Elaboración del Concentrado de Maracuyá.....	2
1.2. Parámetros de ingreso y salida del Concentrador.....	5
1.3. Requerimientos de Diseño en el Concentrador.....	7
1.4. Deficiencias en la capacidad de producción.....	8
CAPÍTULO 2.....	26
2. CALCULOS PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCION.....	26
2.1. Dimensionamiento de tuberías de vapor y condensado.....	26
2.2 Cambios de los componentes en línea.....	34
CAPÍTULO 3.....	40
3. TÉCNICA Y ECONOMICA.....	40
3.1. Establecer con la nueva capacidad de producción, cuanto es la ganancia.....	40
3.2 Inversión.....	41
CAPÍTULO 4.....	43
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
BIBLIOGRAFIA	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Diagrama del sistema de evaporación para el Concentrador Centri-Therm CT9.....	3
Figura 1.2	Curva de Bomba Netzch Modelo NM038 2S.....	11
Figura 1.3	Curva de Bomba Netzch Modelo NM045 2S.....	14
Figura 1.4	Curva de Bomba Alfa Laval Modelo Solid C 110.....	15
Figura 1.5	Curva de Bomba SITI LPH45008.....	17
Figura 1.6	Curva de Bomba Alfa Laval Modelo Solid C140.....	22
Figura 2.1	Flujo másico en tubería de Vapor.....	27
Figura 2.2	Nomograma para cálculos de líneas de condensados.....	33
Figura 2.3	Estación reductora de vapor.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Parámetros de ingreso del sistema.....	6
Tabla 1.2	Parámetros de salida del sistema.....	6
Tabla 1.3	Parámetros de diseño al ingresar sistema.....	7
Tabla 1.4	Parámetros de diseño al salir del sistema.....	8
Tabla 1.5	Datos técnicos Bomba Netzch ingreso de producto....	10
Tabla 1.6	Datos técnicos Bomba Netzch salida de producto.....	12
Tabla 1.7	Datos técnicos Bomba Alfa Laval de condensados...	15
Tabla 1.8	Datos técnicos Bomba de Vacío.....	16
Tabla 1.9	Datos técnicos Bomba agua de Torre.....	20
Tabla 1.10	Datos técnicos Bomba Alfa Laval línea de CIP.....	21
Tabla 1.11	Datos técnicos Bomba Netzch ingreso de producto....	35
Tabla 1.12	Lista de materiales línea de vapor.....	38
Tabla 1.13	Lista de materiales para línea de condensados.....	39
Tabla 1.14	Costos de la modificación.....	42

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se toma en consideración los aspectos más relevantes para producir concentrado de Maracuyá.

Para este proceso se utiliza un concentrador Centri-Therm CT9 que fue instalado en el año 2004 y desde ese momento tuvo un flujo, el cual se considera como máximo 2700 l/h. Se compara los datos de producción contra los datos técnicos, con lo cual se observa que el equipo posee un déficit. Luego se revisa cada uno de sus componentes para ver cuál es la causa raíz por la cual el equipo no opera en su máxima capacidad. Con los defectos encontrados se realizan los cálculos para obtener la línea de vapor ideal, condensado y se selecciona la válvula de seguridad adecuada para el proceso.

Al realizar los cambios se observa que el flujo logra aumentar a 3121 l/h y se consigue una ganancia del 15,6% con lo cual hace atractiva la inversión y el retorno del dinero utilizado en el proyecto.

CAPÍTULO 1

1.- EVALUACION ACTUAL DEL CONCENTRADOR.

Para el proceso de elaboración se utilizó equipos de tipo centrífugo Centri-Therm CT9 debido a sus ventajas que posee al ser compacto y especialmente diseñado para tratamiento de productos sensibles al calor.

1.1. Elaboración del Concentrado de Maracuyá.

Para poder analizar el proceso que ocurre en el Concentrador se realizara una breve descripción del mismo con todos sus componentes y para ello se usa la Figura 1:

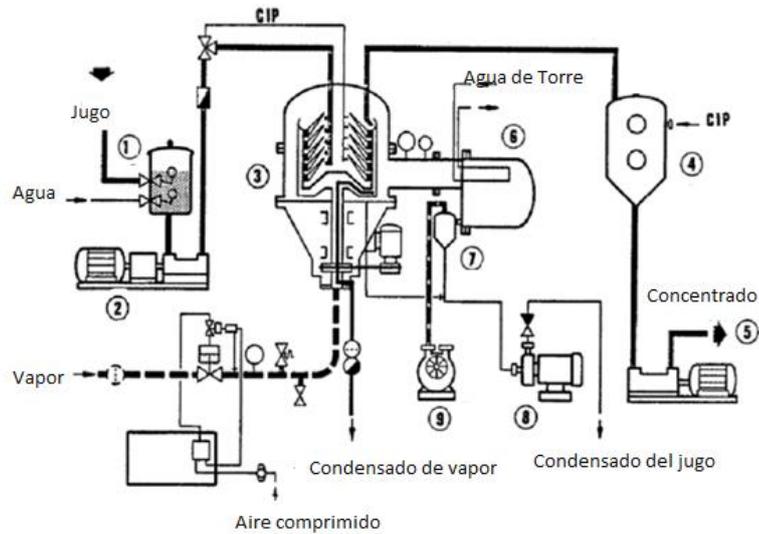


Figura 1.1 Diagrama del sistema de evaporación para el Concentrador Centri-Therm CT9 [1].

El jugo de maracuyá ya pasteurizado con una concentración entre 12 y 14 grados Brix ingresa al tanque balanza (Ver Figura 1 punto 1) el cual sirve de reservorio. Dicho tanque está equipado con dos válvulas de flotador, una de las cuales mantiene constante el nivel del jugo mientras que la otra forma parte del ingreso de agua para realizar la limpieza (CIP) del sistema.

El jugo es impulsado por una bomba de desplazamiento positivo (Ver Figura 1 punto 2) hacia el concentrador Centri-Therm CT9 (Ver Figura 1 punto 3).

El Centri-Therm CT9 es alimentado a través de un tubo provisto de 9 boquillas que se reparten sobre la superficie inferior de los

conos, donde la fuerza centrífuga lo distribuye inmediatamente en una capa sumamente fina (no mayor a 0.1 mm) que cubre la superficie.

El líquido entra en ebullición cuando pasa a través de la superficie de calentamiento aproximadamente en un segundo de tiempo, luego el concentrado es recogido en los espacios situados en la periferia de los conos, desde los cuales asciende a través de agujeros verticales, hasta el canal, de donde se extrae mediante un tubo centrífugo estacionario. Los vapores secundarios son conducidos a través de una salida lateral del cuerpo envolvente hacia el condensador.

El vapor de calentamiento entra a través de un eje hueco a la cámara de vapor, que rodea el paquete de conos huecos, y de esta al interior de dichos conos, donde condensa calentando el líquido que pasa por la superficie inferior externa de dichos conos. El vapor condensado es conducido inmediatamente por la fuerza centrífuga hacia la superficie interna superior de los conos y desciende por esta hacia los orificios periféricos de salida, pasando a un canal de recogida en el fondo de la cámara de vapor, desde aquí el condensado es extraído mediante un tubo centrípeto estacionario y conducido al exterior a través del eje hueco.

El jugo concentrado sale con un promedio entre 49 y 51 grados Brix el cual llega al tanque de expansión (Ver Figura 1 punto 4), y enviado mediante una bomba de desplazamiento positivo (Ver figura 1 punto 5).

El vapor producto de la evaporación se condensan en el condensador (Ver Figura 1 punto 6) de placas, el medio de enfriamiento es agua de Torre.

Los condensados ingresan al tanque de expansión (Ver Figura 1 punto 7), los cuales son bombeados por la bomba de condensados (Ver Figura 1 punto 8), pero en este instante se produce una evaporación flash producida por la succión de la bomba de vacío (Ver figura 1 punto 9).

1.2. Parámetros de ingreso y salida del Concentrador.

En el proceso productivo que es el tema del análisis se describe todos los parámetros que en la actualidad trabaja el sistema de Concentración, dichos datos sirven para verificar la eficiencia en la que está trabajando el sistema en cada uno de sus componentes como se muestra en la Tabla 1.1 y Tabla 1.2:

Tabla 1.1

Parámetros de ingreso del sistema.

Caudal de jugo	2700 l/h
Temperatura del jugo	50°C
% Sacarosa Disuelta	12 – 14 grados Brix
Presión de Vacío	- 0.088 MPa
Presión de vapor	0.14 MPa
Flujo másico de Vapor	1944 Kg/h
Temperatura de vapor	120 ° C
Temperatura de Agua Torre	27°C
Flujo de Agua Torre	116 m3 /h
Presión de Agua Torre	0.4 MPa

Tabla 1.2

Parámetros de salida del sistema.

Caudal de jugo	756 l/h
Temperatura del jugo	50°C
% Sacarosa Disuelta	49 a 51 grados Brix
Presión de Vacío	- 0.088 MPa
Presión de vapor	0.14 MPa
Flujo másico de Vapor	1944 Kg/h
Temperatura de vapor	120 ° C
Temperatura de Agua Torre	38°C
Flujo de Agua Torre	116 m3 /h
Presión de Agua Torre	0.3 MPa

1.3. Requerimientos de Diseño en el Concentrador.

En esta sección se revisa la información que existe de catálogos del sistema de Concentración Centri-Therm CT9, los cuales se muestra en la Tabla 1.3 y Tabla 1.4.

Tabla 1.3

Parámetros de diseño al ingresar sistema.

Caudal de jugo	3300 l/h
Temperatura del jugo	50°C
% Sacarosa Disuelta	12 – 14 grados Brix
Presión de Vacío	- 0.088 MPa
Presión de vapor	0.14 MPa
Flujo másico de Vapor	2400 Kg/h
Temperatura de vapor	120 ° C
Temperatura de Agua Torre	27°C
Flujo de Agua Torre	116 m ³ /h
Presión de Agua Torre	0.4 MPa

Tabla 1.4

Parámetros de diseño al salir del sistema.

Caudal de jugo	933 l/h
Temperatura del jugo	50°C
% Sacarosa Disuelta	49 a 51 grados Brix
Presión de Vacío	- 0.088 MPa
Presión de vapor	0.14 MPa
Flujo másico de Vapor	2400 Kg/h
Temperatura de vapor	120 ° C
Temperatura de Agua Torre	38°C
Flujo de Agua Torre	116 m ³ /h
Presión de Agua Torre	0.3 MPa

1.4. Deficiencias en la capacidad de producción.

Se considera en esta evaluación todas las deficiencias que posee cada uno de los componentes que tiene el sistema de evaporación, para ello se indicara los equipos que componen todo el sistema a partir del Figura 1.

Los equipos son los siguientes:

- Tanque Balanza.

- Bomba de desplazamiento positivo (Ingreso de jugo).
- Concentrador Centri-Therm CT9.
- Tanque de expansión de jugo concentrado.
- Bomba de desplazamiento positivo (salida jugo concentrado).
- Bomba de agua evaporada.
- Bomba de Vacío
- Sistema de vapor y condensado.
- Sistema de agua Torre.
- Línea de CIP.

Luego de describir todos los componentes del sistema se procede a analizar las deficiencias, equipo por equipo si existen.

- Tanque Balanza.

El tanque balanza está fabricado en acero inoxidable no presenta ningún defecto.

- Bomba de desplazamiento positivo (Ingreso de jugo).

Las bombas utilizadas en el proceso de Concentración son del tipo sanitario, y por recomendaciones del fabricante son del tipo cavidad progresiva, se describe los datos técnicos de la bomba como se muestra en la Tabla 1.5:

Tabla 1.5

Datos técnicos Bomba Netzch ingreso de producto.

Marca:	Netzch
Modelo:	NM 038-2S
Potencia:	1.5 Hp
Moto reductor:	260 RPM.
Frecuencia:	60 Hz.
Presión:	0.4 MPa

La bomba está controlada por un variador de frecuencia el cual está seteado a 52 Hz para alcanzar los 2700 l/h.

Restando el flujo de diseño contra el flujo actual se tiene que se ha existido un déficit de flujo:

$$3333 \text{ l/h} - 2700 \text{ l/h} = 633 \text{ l/h de Jugo.}$$

Al revisar esta deficiencia en el flujo de jugo se debe analizar si la Bomba a los 60 Hz llega al flujo de 3333 l/h.

Datos:

Velocidad 260 RPM

Al ingresar el dato de velocidad en la curva de la bomba Figura

1.2 se revisa el flujo máximo.

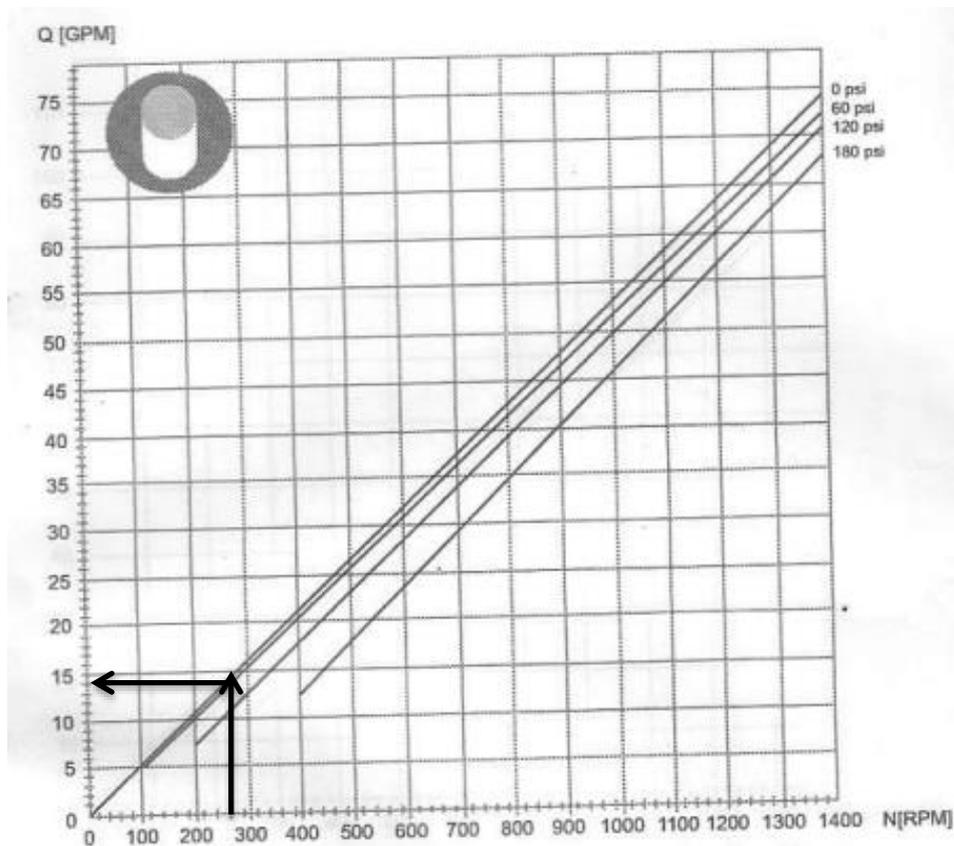


Figura 1.2 Curva de Bomba Netzch Modelo NM038 2S [2].

Flujo máximo: 14 gpm = 3179 l/h.

Con el dato obtenido se verifica que dicha bomba no cumple con el flujo máximo.

- Concentrador Centri-Therm CT9.

Al revisar los componentes del Chentri-Therm CT9, no

encuentran algún tipo de deterioro; la única novedad es que un cono ha sido modificado su carcasa debido a que sufrió una fisura producto de la excesiva sobrepresión.

- Tanque de expansión de jugo concentrado.

El tanque de expansión es en material acero inoxidable, al revisar dicho equipo no se encuentra ninguna parte defectuosa.

- Bomba de desplazamiento positivo (salida jugo concentrado).

La bomba por ser utilizada en alimentos debe ser sanitaria y por recomendación del fabricante debe ser del tipo de cavidad progresiva. La bomba utilizada en este proceso es la indicada en la Tabla 1.6:

Tabla 1.6

Datos técnicos Bomba Netzch salida de producto

Marca:	Netzch
Modelo:	NM 045-2S
Potencia:	1.5 Hp
Moto reductor:	105 RPM.
Frecuencia:	60 Hz.
Presión:	0.4 MPa

- . La bomba está controlada por un variador de frecuencia el cual está seteado a 17 Hz para alcanzar los 756 l/h.

Restando el flujo de diseño contra el flujo actual se tiene que se ha existido un déficit de flujo:

$$933 \text{ l/h} - 756 \text{ l/h} = 177 \text{ l/h.}$$

Al revisar esta deficiencia en el flujo de jugo se debe analizar si la Bomba a los 60 Hz llega al flujo de 933 l/h.

Datos:

Velocidad 105 RPM

Al ingresar el dato de velocidad en la curva de la bomba Figura 3, se revisa el flujo máximo.

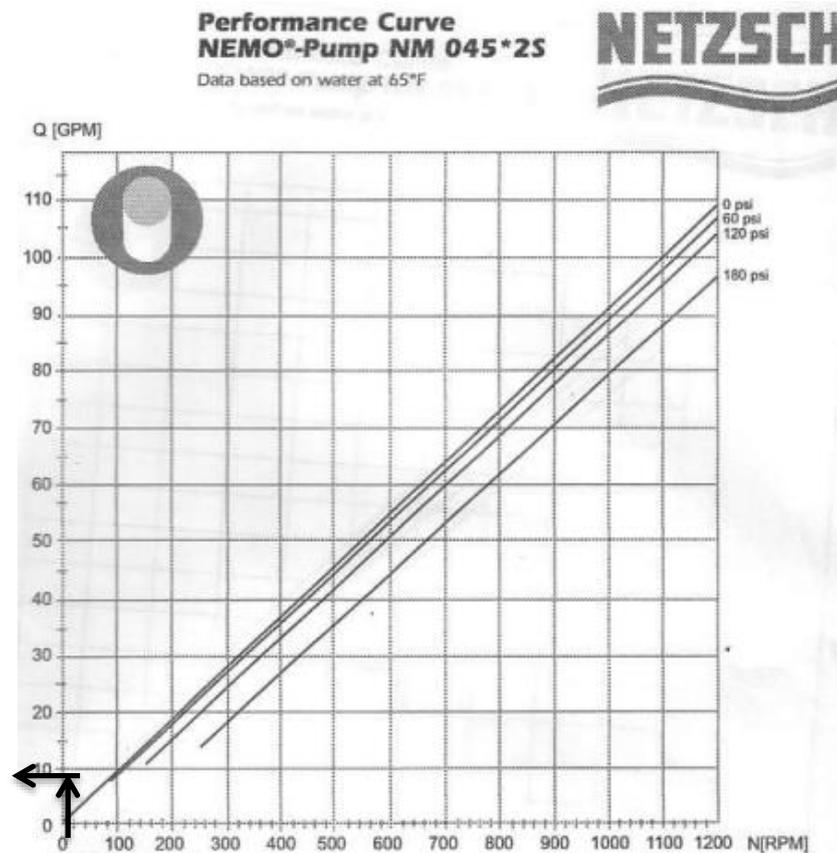


Figura 1.3 Curva de Bomba Netzch Modelo NM045 2S [3].

Flujo máximo: 10 gpm = 217 l/h.

Con el dato obtenido se verifica que dicha bomba cumple con el flujo máximo.

- Bomba de agua evaporada.

La bomba de agua evaporada, para este caso la bomba debe ser sanitaria ya que el producto que pase por dicha bomba se

va a otro proceso como es el de recuperación del Aroma.

La bomba utilizada es del tipo centrifuga con los siguientes datos de placa como se muestran en la Tabla 1.7:

Tabla 1.7

Datos técnicos Bomba Alfa Laval de condensados.

Marca	Alfa Laval
Modelo	Solid C3-110
Potencia	3 Hp
Velocidad	3540 RPM
Frecuencia	60 Hz

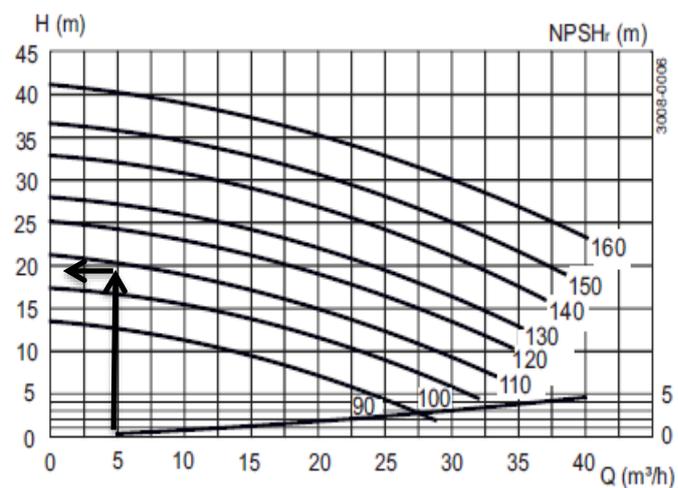


Figura 1.4 Curva de Bomba Alfa Laval Modelo Solid C 110 [4].

Con los datos obtenidos de la Figura 4 se observa que la bomba está acorde con los requerimientos del sistema.

- Bomba de Vacío.

El sistema de vacío es generado por una bomba la cual proporciona el vacío necesario para producir la evaporación o separación del agua que se encuentra en el jugo.

La bomba utilizada en este proceso es la que se muestra los datos en la Tabla 1.8:

Tabla 1.8

Datos técnicos Bomba de Vacío.

Marca	SITI
Modelo	LPH 45008
Potencia	7.5 Hp
Velocidad	1740 RPM
Frecuencia	60 Hz

Con los datos de la curva de bomba en la Figura 1.5, se obtiene:

Flujo: 135 m³/h

Potencia: 3.5 Kw= 4.7 Hp

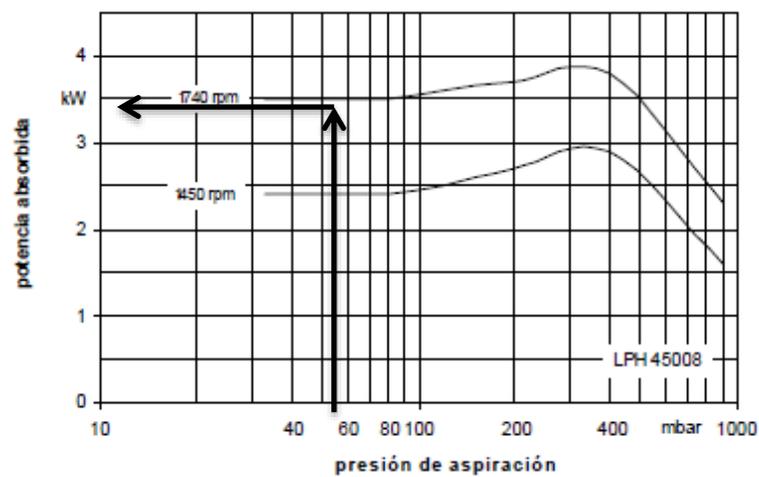
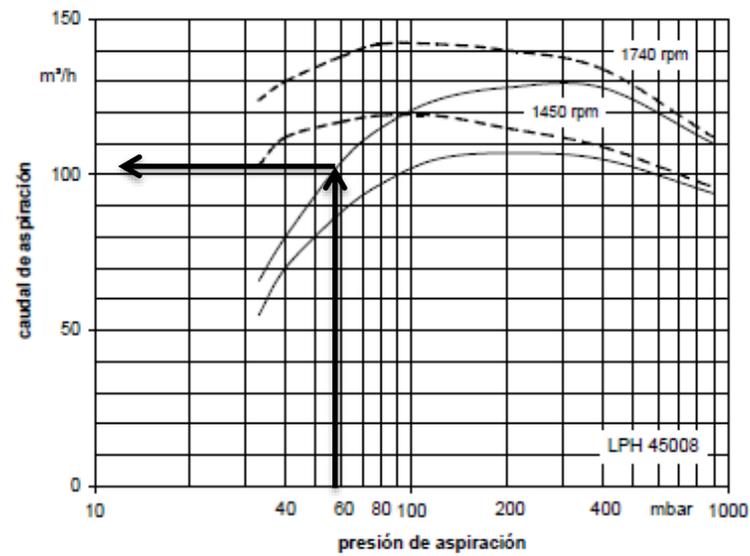


Figura 1.5 Curva de Bomba SITI LPH45008 [5].

Con estos datos se observa que la bomba si cumple con las especificaciones del fabricante.

- Sistema de vapor y condensado.

El sistema de vapor que ingresa al Concentrador está muy ligado al flujo a concentrar por eso se realiza un análisis de todo el sistema.

Se compara los datos de flujo de vapor que se está generando contra el flujo dado por el fabricante:

Flujo másico de Vapor generado: 1944 Kg/h

Flujo másico de Vapor Fabricante: 2400 Kg/h

Con este valor se observa que existe una diferencia de 456 Kg/h en la cantidad de flujo de vapor que necesita el evaporador, por lo que se puede indicar que existe un problema en la línea de vapor.

Se describe cada uno de los componentes del sistema de vapor para realizar el análisis respectivo:

Línea de vapor ingreso al evaporador:

Diámetro de tubería:

Ingreso a la reguladora: 75 mm

Salida de la reguladora, ingreso al evaporador: 65 mm

Para certificar que los diámetros de tuberías y el flujo son los idóneos se realiza el cálculo en el capítulo 2.

Línea de retorno condensado.

La línea de descarga de condensados, se realiza las siguientes observaciones:

- No posee trampa de vapor.
- La tubería de retorno es de un diámetro de 25 mm.

El cálculo del diámetro de retorno de condensados lo realiza en el Capítulo 2.

Línea de seguridad.

La válvula de alivio del equipo es muy importante debido a que si este equipo falla puede ocasionar deterioro de sus partes internas del concentrador (conos).

Datos obtenidos de la placa de la Válvula tenemos lo siguiente:

Flujo máximo de vapor: 1950 Kg/h

Presión de disparo: 0.52 MPa

Los datos de diseño:

Flujo de disparo: 2640 Kg/h

Presión de disparo: 0.14 MPa

Al revisar los datos de placa contra los de diseño se puede concluir que la válvula instalada no va a actuar debido a su set point está muy por encima de su punto de funcionamiento del equipo, ocasionando daños en los conos con su consecuente reducción del flujo evaporativo.

El cálculo del diámetro de la línea de seguridad se lo realiza en el Capítulo 2.

- Sistema de agua Torre.

El sistema de Agua de Torre es alimentado por una bomba con los datos técnicos como se muestran en la Tabla 1.9:

Tabla 1.9

Datos técnicos Bomba agua de Torre.

Marca:	CHUNG-GHU
Potencia:	50 HP
50 HP	1750
Frecuencia:	60 Hz.
Altura máxima:	50 m
Flujo:	2 m ³ /min

Con los datos de placa se observa que la bomba cumple el requerimiento de flujo máximo que es de 116 m³/h con una presión de 0.5 MPa.

El diámetro de la tubería es de 150mm.

- Sistema de CIP.

La línea de CIP que traducido al español significa “Limpieza In Situ”. Este tipo de sistema se lo aplica en las industrias alimenticias para realizar la limpieza y así eliminar futuras contaminaciones.

En la línea de CIP consta de una bomba, la cual se describe en la Tabla 1.10:

Tabla 1.10

Datos técnicos Bomba Alfa Laval línea de CIP.

Marca:	Alfa Laval
Modelo:	Solid C3-140
Potencia:	3 Hp
RPM:	3540 RPM.
Frecuencia:	60 Hz
Flujo requerido:	7m ³ /h

Con los datos obtenidos de la bomba, se revisa con las curvas de bombas para verificar su adecuado uso o no del mismo.

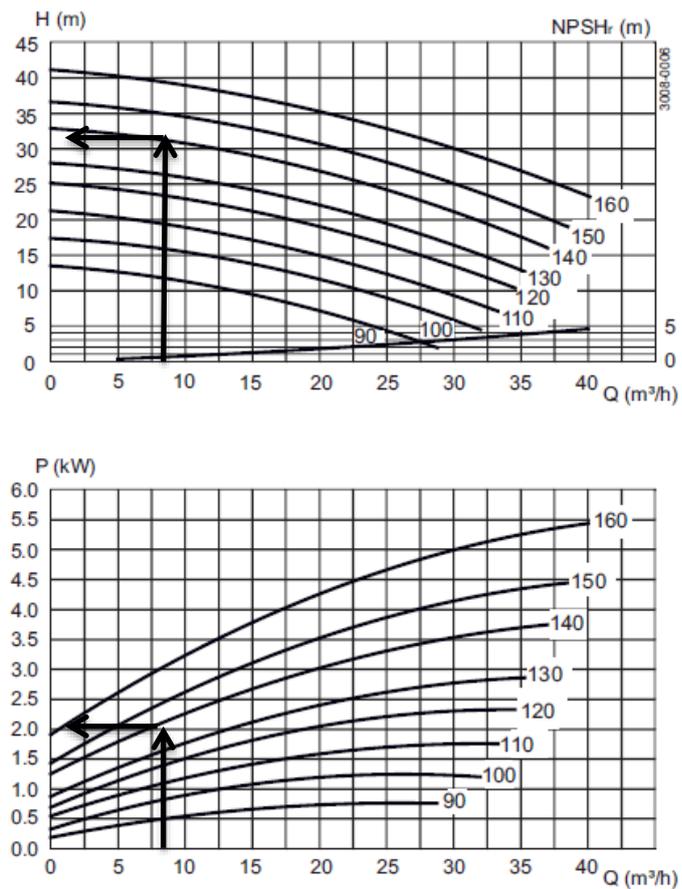


Figura 1.6 Curva de Bomba Alfa Laval Modelo Solid C 140 [6].

Revisando la curva característica de la bomba se observa que cumple el flujo requerido indicado.

CAPÍTULO 2

2. CALCULOS PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCION.

2.1. Dimensionamiento de tuberías de vapor y condensado.

La línea de vapor es el alma de este proceso por lo que un mal dimensionamiento, afectara todo el proceso de evaporación en el Concentrador Centri-Therm CT9.

Los parámetros necesarios para dimensionar tuberías de vapor serán los siguientes:

Fluido.- Es una sustancia que se deforma continuamente, o sea se escurre, cuando está sometido a un esfuerzo de corte o tangencial.

Flujo másico.- es la magnitud que expresa la variación de la masa en el tiempo a través de una área específica.

Densidad.-Se denomina densidad a la relación que exista entre la masa específica de una sustancia cualquiera y una sustancia de referencia que habitualmente es la del agua.

Area.- es la medida de la región o superficie encerrada por de una figura.

Calculo del diámetro óptimo de tubería para vapor:

Se comienza de la ecuación de continuidad.

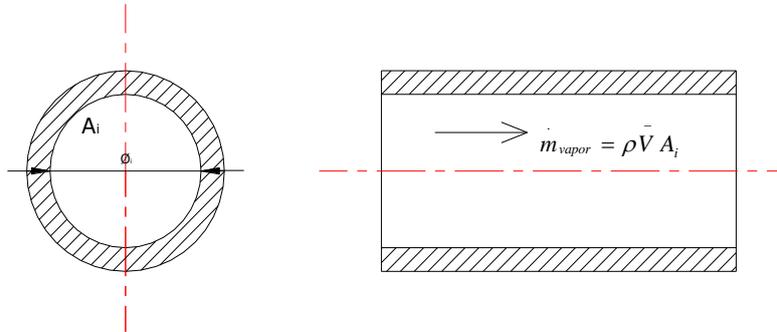


Figura 2.1 Flujo másico en tubería de Vapor [7].

$$\dot{m}_{vapor} = \rho \bar{V} A_i , \quad \text{Ecuación 2.2.1}$$

Despejando la ecuación anterior el área interna se tiene:

$$A_i = \frac{\dot{m}_{vapor}}{\rho \bar{V}} \quad \text{ó} \quad A_i = \frac{\dot{m}_{vapor} v_g}{\bar{V}} \quad \text{Ecuación 2.2.2}$$

Dónde:

\dot{m}_{vapor} = Flujo másico de vapor (Kgm / h)

v_g = Volumen específico del vapor (m³/ Kgm)

\bar{V} = Velocidad promedio del vapor (m / s)

A_i = Área transversal interna de la tubería (m²)

De la ecuación 2.2.2 tenemos

$$A_i = \frac{\dot{m}_{vapor} v_g}{V} = \frac{\pi \phi_i^2}{4} \quad \text{Ecuación 2.2.3}$$

Despejando el diámetro obtiene lo siguiente:

$$\phi_i = \sqrt{\frac{4A_i}{\pi}} ; \quad \text{Ecuación 2.2.4}$$

Dónde:

ϕ_i = Diámetro interno de la tubería (m)

A_i = Área transversal interna de la tubería (m²)

Para la obtención de la caída de presión se calcula de la formula empírica

$$\Delta P = \frac{L v_g m^2}{0.08 D^5} \quad \text{Ecuación 2.2.5}$$

Fórmula de la caída de presión 2 (Máxima longitud de tubería: 200 metros)

ΔP = Caída de presión (bar)

L = Longitud de la tubería

V_g = Volumen específico del vapor (m³/kg)

\dot{M} = Masa caudal (kg / h)

D= Diámetro del tubo (mm)

Datos para el dimensionamiento de la tubería:

Diámetro 1 Salida de la caldera.

Presión 0.82 Mpa

Flujo 2640Kg/h

Velocidad de vapor asumido 30 m/s

En el apéndice A se obtiene $v_g = 0.21 \text{ m}^3 / \text{Kgm}$

$m = 2640 \text{ kg/h} = 0.73 \text{ kg /s}$

Reemplazando en la ecuación 2.2.4 se obtiene:

$$\phi_i = \sqrt{\frac{4A_i}{\pi}}$$

$$\phi_i = 0.08066 \text{ m} = 80.66 \text{ mm}$$

Asumiendo un diámetro de tubería 100 mm que se consigue en el mercado.

Distancia desde la caldera hasta el evaporador L= 50 m

Reemplazando valores en la ecuación 2.2.5

$$\Delta P = \frac{L v_g m^2}{0.08D^5}$$

$$\Delta P = 0.09 \text{ Bar} = 0.009 \text{ Mpa}$$

Parámetro 2 ingreso al equipo.

Presión 0.14 MPa

Flujo 2640Kg/h

Velocidad de vapor asumido 30 m/s

En el apéndice B se obtiene el $v_g = 0.75 \text{ m}^3 / \text{Kgm}$

$$m = 2640 \text{ kg} = 0.73 \text{ kg /s}$$

Reemplazando en la ecuación 2.2.4:

$$\phi_i = \sqrt{\frac{4A_i}{\pi}}$$

$$\phi_i = 0.152 \text{ m} = 152\text{mm}$$

Con el diámetro de 150 mm y la longitud de 8 m, se calcula la caída de presión es:

Reemplazando estos valores en la ecuación 2.2.5

$$\Delta P = \frac{L v_g m^2}{0.08D^5}$$

$$\Delta P = 0.0069 \text{ Bar} = 689 \text{ Pa}$$

Parámetro 3 salida de vapor en la válvula de seguridad.

Presión 0.14 MPa

Flujo 2640 Kg/h

Velocidad de vapor asumido 30 m/s

En el apéndice B se obtiene el $v_g = 0.75 \text{ m}^3 / \text{Kgm}$

$$m = 2640 \text{ kg} = 0.73 \text{ kg /s}$$

Reemplazando en la ecuación 2.2.4:

$$\phi_i = \sqrt{\frac{4A_i}{\pi}}$$

$$\phi_i = 0.152 \text{ m} = 152 \text{ mm}$$

Con el diámetro de 150 mm y longitud de 8 m, se calcula la caída de presión es:

Reemplazando estos valores en la ecuación 2.2.5

$$\Delta P = \frac{L v_g m^2}{0.08 D^5}$$

$$\Delta P = 0.0069 \text{ Bar} = 689 \text{ Pa}$$

Parámetros necesarios para dimensionar tuberías de Retorno de Condensado:

Para el dimensionamiento de la tubería de condensados se calcula mediante el nomograma el cual está en la Figura 8, a continuación se describe los pasos a seguir:

Paso1.- Con el valor de la presión de trabajo en bar se ingresa al grafico de la Figura 8 hasta interceptar con la curva de presión del condensado.

Paso 2.- Con este valor se traza una recta hasta interceptar el valor del flujo de condensado.

Paso3.- Con este valor se verifica que diámetro de tubería es la superior más cercana.

Para nuestro este caso tenemos:

Presión de ingreso= 0.10 MPa

Presión de salida = 0.03 MPa

Flujo = 2640 kg/h

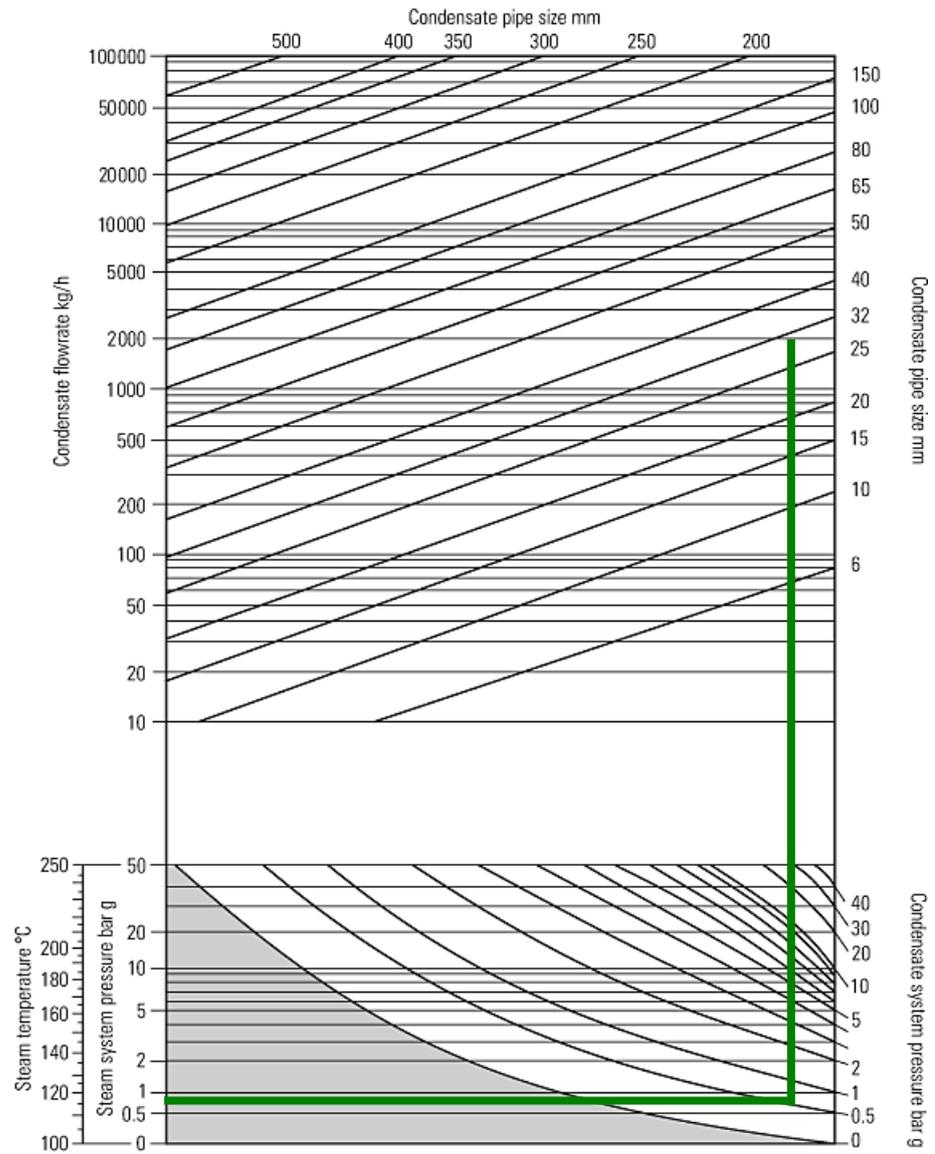


Figura 2.2 Nomograma para cálculos de líneas de condensados

[8].

Ingresando en el nomograma de cálculo de tuberías de vapor se obtiene que el diámetro óptimo para la tubería de condensados es de 32 mm.

2.2 Cambios de los componentes en línea.

Al realizar las observaciones de las deficiencias encontradas en el capítulo 1 y luego de realizar los cálculos respectivos se puede realizar modificaciones que serán necesarios para que el Concentrador Centri-Therm CT9 aumente su capacidad de producción.

Los cambios realizados fueron los siguientes por cada punto del sistema de evaporación:

Bomba ingreso producto.

La bomba adecuada para cumplir con el nuevo requerimiento es la que se muestra en la Tabla 1.11:

Tabla 1.11

Datos técnicos Bomba Netzch ingreso se producto.

Marca	Netzch
Modelo:	NM 045
Configuración:	2S
Potencia:	1.5 Hp
Moto reductor:	300 RPM.
Frecuencia:	60 Hz.
Presión:	0.4 MPa

La bomba debe estar instalado su variador de frecuencia con un set point de 55.1 Hz.

Bomba salida producto.

La bomba de salida debe ser modificada la frecuencia para obtener el flujo adecuado:

Frecuencia: $\text{Flujo requerido} \times 60 \text{ Hz} / \text{flujo máximo}$ Ecuación 1.4.2

Frecuencia= $896 \times 60 / 2271 = 23.7 \text{ Hz}$.

Concentrador Centri-Therm CT9.

Los elementos del Equipo estas en buenas condiciones, solo

existe la novedad que los conos no son completamente originales.

Sistema de Vacío.

No existe ninguna modificación a realizar.

Bomba de agua evaporada.

No existe ninguna modificación a realizar.

Sistema de agua Torre.

No existe ninguna modificación a realizar.

Líneas de vapor y condensados.

La línea de Se plantea posibles soluciones a las observaciones encontradas:

- La línea de ingreso de vapor se cambia a un diámetro de 100mm.
- Línea de salida de vapor después de la válvula reguladora se cambia a un diámetro de 150mm.
- Al instalar la válvula reguladora de vapor se debe cumplir la instalación como se muestra en la Figura 2.3, con todos los accesorios.

Tabla 1.12

Lista de materiales línea de vapor.

Tubo H/N 4" ced 40	1 und
Reducción H/N 4" a 2" ced 40 soldable.	3 und
Reducción H/N 6" a 4" ced 40 soldable	2 und
Tubo H/N 6" ced 40	3 und
Codo H/N 6" x 90° ced 40 soldable	5 und
Válvula Compuerta H/N 6" bridada ced 40	2 und
Brida H/N 6" ced 40	4 und
Pernos H/N ¾" x 4"	32 und
Tuerca H/N ¾"	32 und
Anillo Plano H/N ¾"	64 und
Anillo de presión H/N ¾"	32 und
Sifón H/N ¼" ced 40	1 und
Manómetro 0 a 0.4 MPa dial 4" toma vertical	1 und
Aislamiento de línea de vapor	1 Global
Válvula de Seguridad H/N 2600 Kh/hr 0.14Mpa	1 und

Se muestra en la Tabla 1.13 los materiales a usar en la línea de condensados:

Tabla 1.13

Lista de materiales para línea de condensados.

Tubo H/N 1 ¼" ced 40	6 und
Codo H/N 1 ¼" ced 40 roscable	4 und
Nudo Universal H/N 1 ¼" ced 40 roscable	6 und

CAPÍTULO 3

3. TÉCNICA Y ECONOMICA.

3.1. Establecer con la nueva capacidad de producción, cuanto es la ganancia.

Al realizar los cambios y probar la línea se obtuvo que su capacidad de Concentración de jugo de Maracuyá es de:

Flujo máximo de jugo ingreso: 3121 l/h

Flujo máximo de concentrado: 873,8 l/h

Con estos valores máximos de producción podemos calcular cuánto es el aumento de producción o ganancia, la cual se obtiene de restar la nueva capacidad contra la capacidad actual:

Ganancia para el ingreso de Jugo:

$3121 \text{ l/h} - 2700 \text{ l/h} = 421 \text{ l/h}$

Ganancia para el producto terminado:

$873,8 \text{ l/h} - 756 \text{ l/h} = 117,8 \text{ l/h}$

Ahora se indica cuanto es la ganancia o aumento de producción en porcentaje contra el actual proceso productivo, el cual se lo realiza comparando la ganancia del producto terminado o jugo concentrado contra el flujo actual por cien por ciento.

Ganancia de producto terminado= $117,8 \text{ l/h} / 756 \text{ l/h} * 100\% = 15,6\%$

Entonces la ganancia o aumento de producción es de 15,6 % en porcentaje.

3.2 Inversión.

El Costo de la inversión del trabajo en mano de obra y materiales se lo desglosa de la siguiente Tabla 1.14:

Tabla 1.14

Costos de la modificación.

Trabajos o materiales por realizar	Costo
Compra e instalación de Bomba ingreso producto	\$ 3,500
Instalación de línea de ingreso de vapor con accesorios	\$ 9,000
Instalación válvula de seguridad con sus accesorios	\$ 4,500
Instalación de línea de condensado y sus accesorios	\$ 1,000
Costo total	\$ 15,500

El costo total de la inversión para obtener el aumento de capacidad en la planta es de \$ 15,500 USD.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se concluye lo siguiente:

1. Con la modificación del Concentrador de jugo para maracuyá, se evidencia que en el equipo existía una deficiencia causada por un mal dimensionamiento y selección de sus componentes.
2. Debido a las modificaciones efectuadas en el equipo se obtuvo un aumento considerable en la producción por hora de un 15,6%.

Se recomienda realizar la compra de un cono para tener un aumento de producción en un 7.86% adicional a lo ya realizado, con lo cual se estaría llegando a la máxima producción que el equipo puede lograr.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALFA-LAVAL: Evaporation Handbook, Editorial Alfa-laval.
2. NETZCH, "Curva de bomba netzch modelo nm038 2s", http://www.netzschusa.com/NemoPump/nm_curves/two_stage/NM0382S.pdf, extraído el 16 de febrero del 2015.
3. NETZCH, "Curva de bomba netzch modelo nm045 2s", http://www.netzschusa.com/NemoPump/nm_curves/two_stage/NM0452S.pdf, extraído el 16 de febrero del 2015.
4. ALFA-LAVAL, "Curva de Bomba Alfa Laval Modelo Solid C 110" <http://www.alfalaval.com/globalassets/documents/products/fluid-handling/pumps/performance-curves---solidc-1--60-hz---en.pdf>, extraído el 16 de febrero del 2015.
5. SIHI, "Curva de bomba SITI LPH45008". <http://www.netzsch.com.pe/website/es/produtos.info.php?show=106&showfrom=33>, extraído el 26 de febrero del 2015.

6. ALFA-LAVAL,” Curva de Bomba Alfa Laval Modelo Solid C 140”
<http://www.alfalaval.com/globalassets/documents/products/fluid-handling/pumps/performance-curves---solidc-1--60-hz---en.pdf> ,
extraído el 26 de febrero del 2015.
7. CRANE, CO: Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, Editorial McGraw-Hill, 1977.
8. ALVARADO, Rommel: Calculo de sistema de vapor para la industria de concentrado de maracuyá. (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2001).
9. Spirax sarco, The Steam and Condensate Loop Book, 2011 edition.
10. HARDEMARK, Jarl: Processing fruit juice the quality way, Editorial Alfa-Laval, 1974.
11. ALFA-LAVAL: Evaporation Handbook, Editorial Alfa-laval, 1972.
12. UNITED NATIONS: The use of centri-therm, expanding-flow and forced-circulation plate evaporators in the food and biochemical industries, Editorial United Nations, 1969.