

Integración IV

Trabajo práctico N° 9: Diseño de columnas de destilación
con HYSYS

Diseño básico una la torre de destilación

Vamos a diseñar una columna que obtenga los componentes con un 99% de pureza, adoptando platos perforados. Se pretende que opere a una presión de 1 atmósfera. Se utilizará un condensador total, con una relación de reflujo de 1,45 veces la relación de reflujo mínima.

Además se especifica la corriente de alimentación según:

Flujo másico	10000 kg/h
Presión	1 atm
Temperatura	25 °C
Composición molar	40% benceno
	60% tolueno

Tareas propuestas:

- 1- Utilizar la herramienta “Short cut” para obtener:
 - i. La relación de reflujo mínima
 - ii. Número de etapas mínima
 - iii. Asumiendo una relación de reflujo de 1,45 de la mínima, determinar el número de etapas correspondientes y el plato apropiado para ingreso de la alimentación.

- 2- Con los datos obtenidos en el short cut instalar una columna con rehervidor y condensador total y lograr su convergencia.
 - i. Presentar en forma tabular las corrientes de salida especificando sus principales parámetros.
 - ii. Graficar el perfil de temperaturas, composiciones y flujos a lo largo de la columna.
 - iii. Comparar las temperaturas y cargas del condensador y reboiler calculadas en la torre con las del short cut.

- 3- Utilizando la herramienta “Tray Sizing” dimensionar la torre y detallar,
 - i. Diámetro de la torre.
 - ii. Altura total de la torre.
 - iii. Verificar que no existan advertencias de mal funcionamiento de la torre.

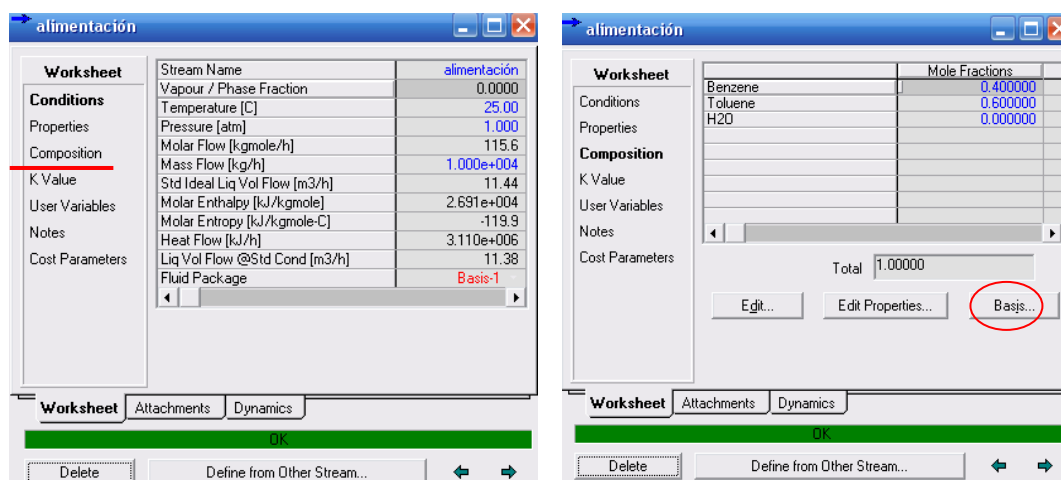
- 4- El condensador se alimenta con agua, proveniente de una torre de enfriamiento, la cual acondiciona su temperatura a 27 °C. No hay caída de presión en este equipo.
 - i. Determinar el caudal necesario de agua de enfriamiento si se asume una variación de temperatura del agua de 20°C.
 - ii. Obtener el (UA) necesario para este intercambio.

- 5- Si el rehervidor se alimenta con vapor saturado, cuya temperatura es 20 °C mayor a la salida del tolueno y no hay caída de presión en este equipo:
 - i. Determinar la presión del servicio de vapor.
 - ii. Calcular el flujo de vapor necesario para cumplir con los requerimientos energéticos del rehervidor.
 - iii. Obtener el (UA) necesario para este intercambio.

1. Método simplificado

En primer lugar ingresar los componentes *benceno*, *tolueno* y *agua*, y seleccionar el paquete de propiedades *Antoine*.

Definir una corriente llamada *alimentación*. Una vez que la corriente está adecuadamente definida, podremos observar:



Antes de insertar la operación “*Distillation Column*” en el diagrama de flujos del proceso, se deben conocer ciertos parámetros de la misma. Para ello se utiliza la operación “*Short Cut Distillation*” como herramienta auxiliar.

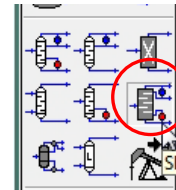
La operación *Shortcut Column* desarrolla los cálculos no rigurosos para torres simples con el método Fenske-Underwood. Con el método de Fenske se calcula el número mínimo de platos y el de Underwood calcula la relación de reflujo mínima. Permite obtener los valores iniciales para el cálculo de las torres por métodos rigurosos.

Con la *Shortcut Column* se estiman además: los flujos de vapor y líquido en la sección rectificadora y despojadora, el $Q_{\text{condensador}}$ y $Q_{\text{rehervidor}}$, plato de alimentación óptimo y número de platos ideal.

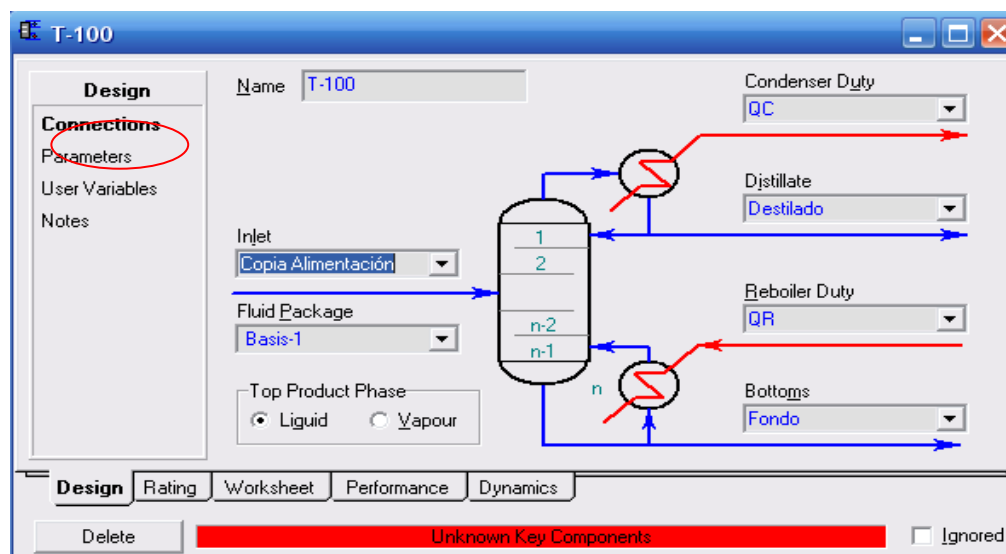
Para comenzar vamos a insertar una nueva corriente definida a partir de la creada anteriormente, para que sea exactamente igual.

Para ello se utiliza el botón “*Define from Other Stream*” el cual despliega una nueva ventana en donde se selecciona la corriente creada anteriormente del listado de todas las disponibles. Luego de este paso la nueva corriente queda totalmente definida.

Seguidamente se inserta la operación “*Short Cut Distillation*”:

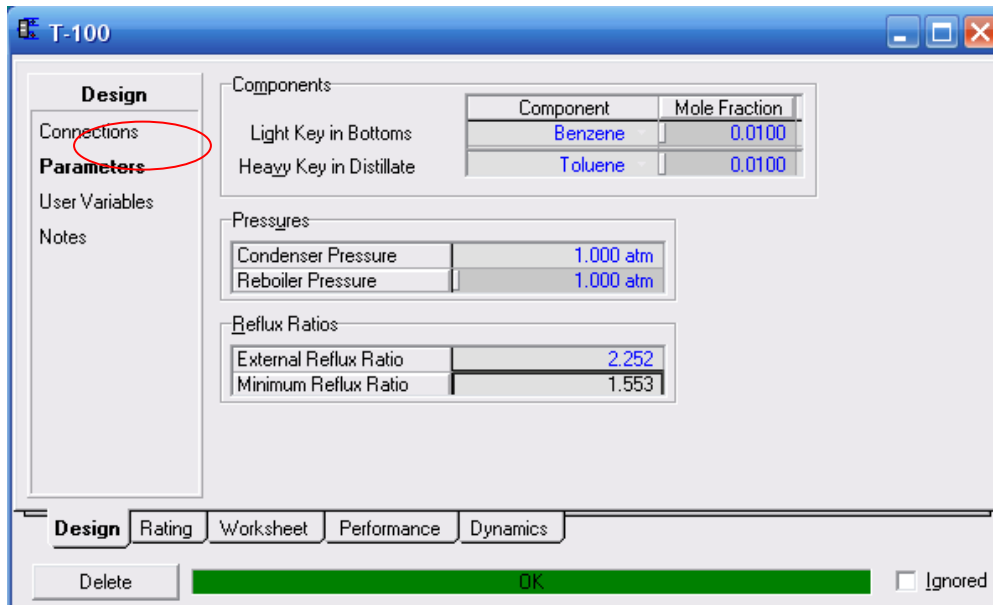


Al hacer doble clic sobre esta operación se despliega una ventana en la cual hay que definir todas las corrientes que intervendrán. Estas corrientes no forman parte del proceso en sí, sino que son auxiliares para lograr el diseño de la torre. La siguiente figura se puede tomar de guía para completar este paso.



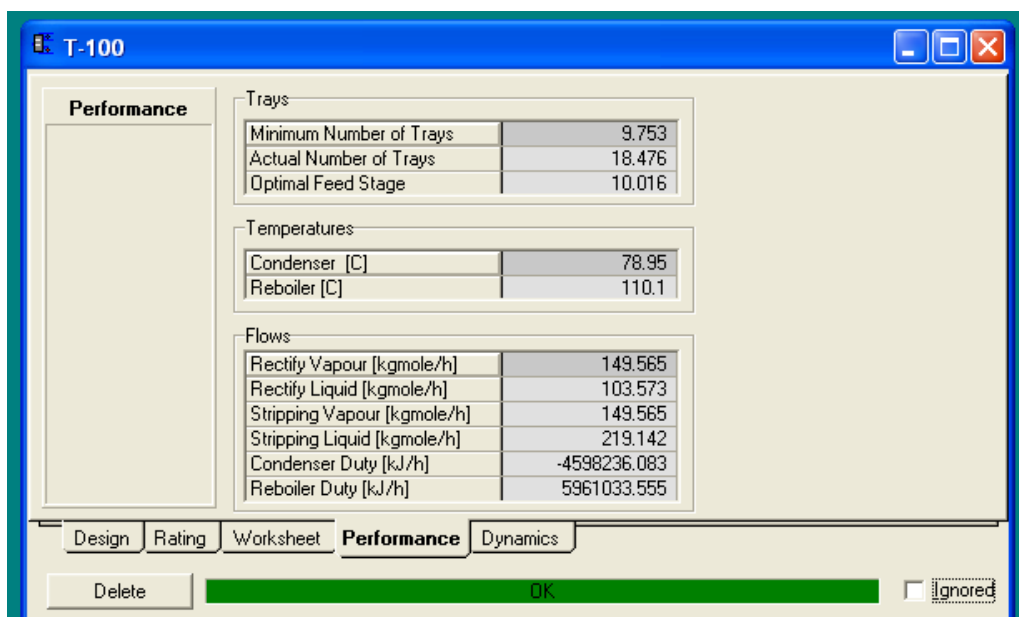
Una vez completado el cuadro de conexiones, se habrán creado nuevas corrientes de materia y energía.

Dentro de “Parameters” se definen los componentes claves liviano y pesado, especificando los límites correspondientes a cada uno.




Para este ejemplo la presión de trabajo del condensador y reboiler es la atmosférica y la relación de reflujo actual “*External Reflux Ratio*” se define como 1,45 veces la relación mínima (“*Minimum Reflux Ratio*”) calculada por HYSYS.

En la pestaña “Performance” aparecen todos los parámetros calculados por HYSYS, los cuales a continuación se utilizarán para definir la torre de destilación que formara parte del diagrama de flujo y poder realizar así un diseño más detallado.

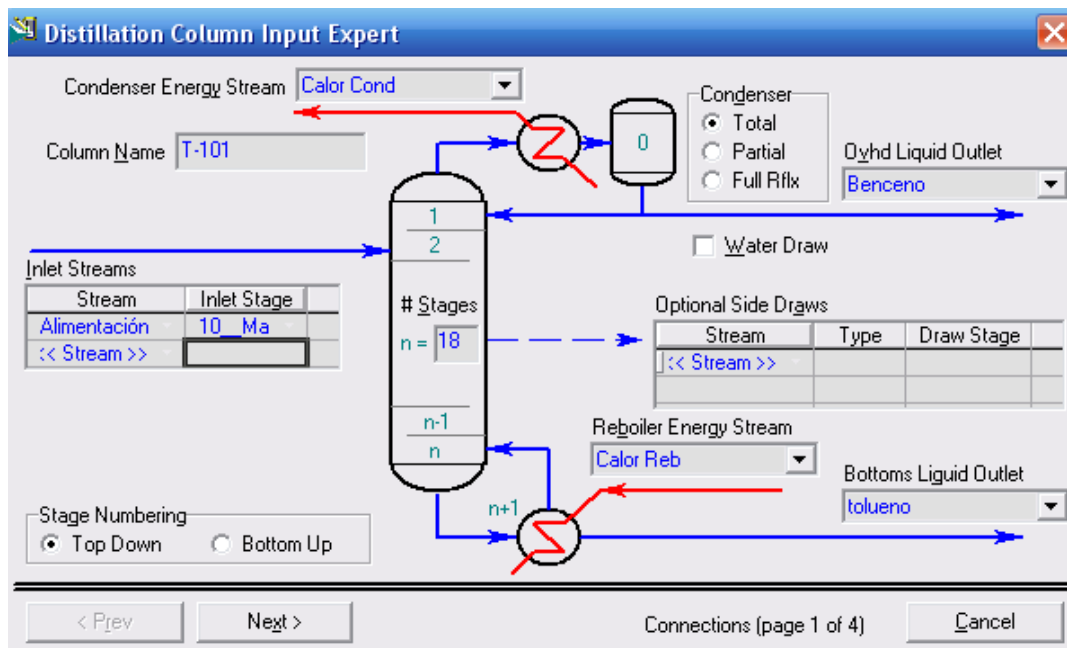


2. Método riguroso

Ahora insertamos en el “PFD” la operación “*Distillation Column*” , la cual tendrá por alimentación la corriente generada en un principio (en este ejemplo lleva el nombre alimentación).

Al realizar doble clic sobre la torre se puede comenzar con las especificaciones de las corrientes que van a formar parte de la operación, el número de platos que ha de constituir la torre, la ubicación del plato de alimentación y las características del condensador (para este ejemplo se utilizará un condensador total).

Todos estos datos se extraen del diseño básico realizado anteriormente con la herramienta “*Short Cut*”.

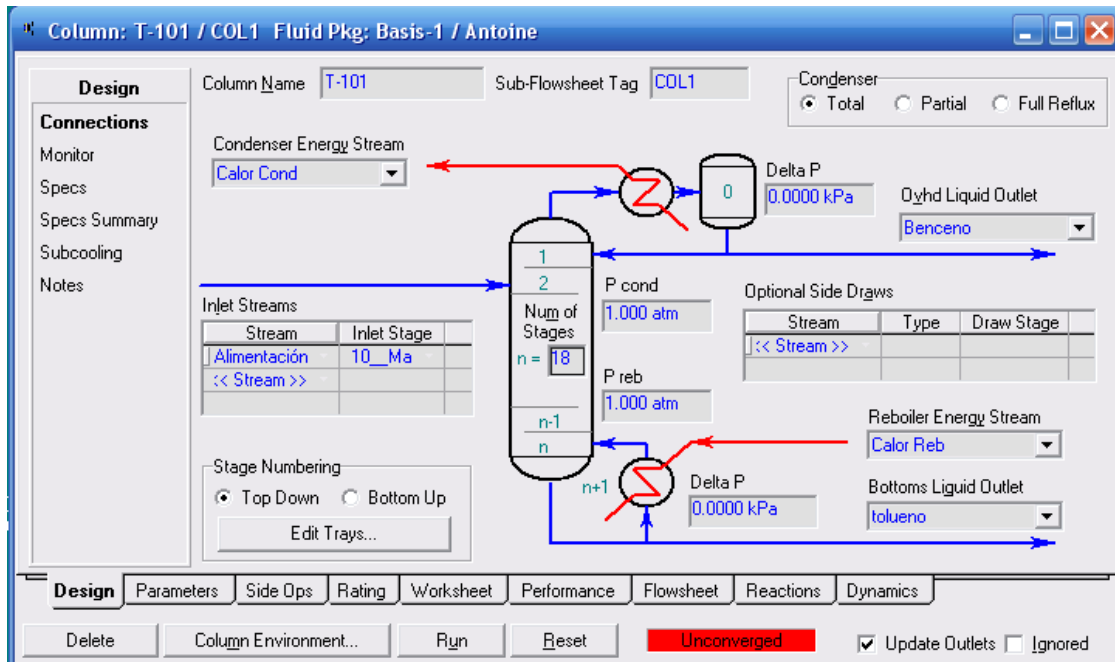


Cuando queda habilitado para ser presionado el botón “*Next*”, se está en condiciones de continuar con el siguiente paso, en donde se especifican las presiones de trabajo del condensador y reboiler (para este ejemplo ambas 1 atm).

El siguiente paso es de llenado opcional (se pueden especificar las temperaturas de salida del condensador y del reboiler)

En el último paso se ha de ingresar la relación de reflujo y luego hacer clic en el botón “*Done*”.

A continuación aparece una ventana en donde se muestra el resumen de las especificaciones establecidas en los pasos anteriores.



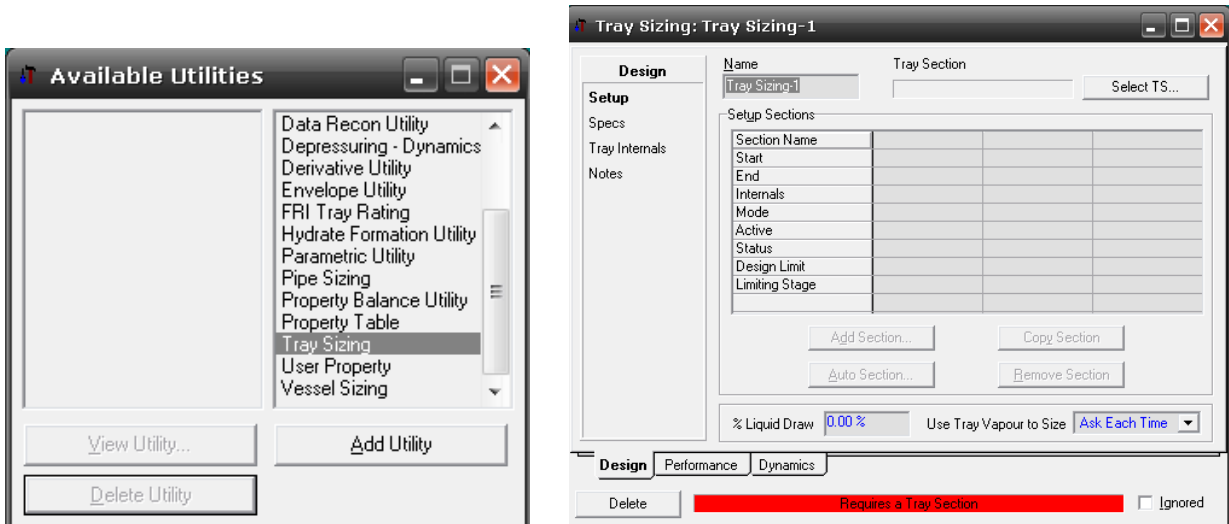
En casos más complejos podrían aparecer otras corrientes de alimentación las cuales pueden ingresar en el mismo plato o en platos distintos (todo esto se especifica en "Inlet Streams").

La barra de estado en esta operación permanecerá en rojo y con la leyenda "Unconverged" hasta que se presione el botón "Run" y converja su cálculo, momento en el cual la barra de estado se vuelve color verde y con la frase "Converged".

Un error común es no haber especificado la relación de reflujo en cuyo caso la torre dará un mensaje de error. Para especificar este valor (si no se hizo anteriormente o para cambiar su valor) se debe ir a "Monitor" (en la barra a la izquierda de la pantalla). En esta ventana también se pueden observar los perfiles de temperatura, presión y flujo a lo largo de toda la torre.

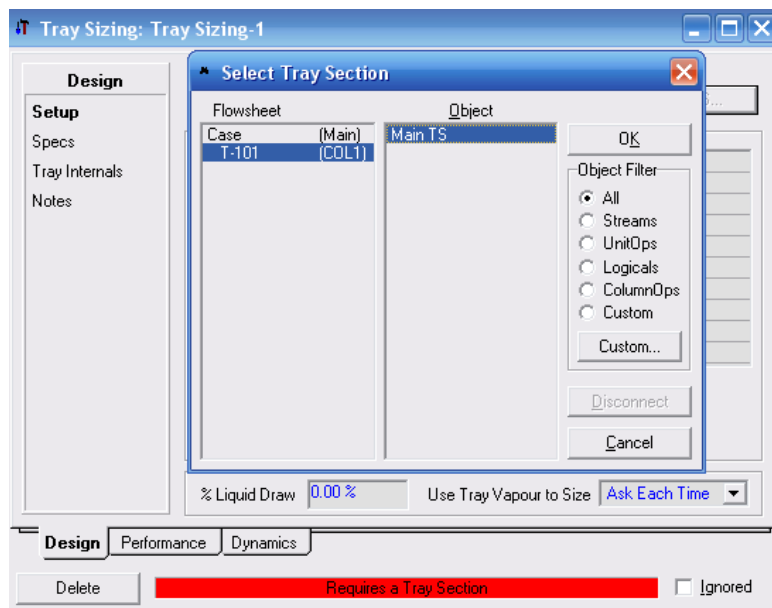
3. Diseño de detalle

Para esto se utiliza la herramienta "Tray Sizing", la cual se encuentra seleccionando de la barra de menú "Tools"; "Utilities" y luego de la ventana desplegada que contiene todas las utilidades disponibles seleccionar "Tray Sizing" y presionar el botón "Add Utility".







Se comienza seleccionando la operación sobre la cual se ha de trabajar. Para esto se presiona el botón “*Select TS...*”, el cual despliega una ventana que permite la selección del equipo sobre el cual se va a trabajar.

Una vez seleccionado el equipo se presiona “*OK*”, luego de lo cual se regresa a la ventana anterior.



Para comenzar con el diseño de detalle presionar el botón “*Auto Section*” (el cual ahora está habilitado). Al realizar esta acción se despliega una nueva ventana, la que permite la adopción del tipo de plato:

Las opciones son:

-  Platos con campanas de burbujeo (“*Bubble Cap*”)
-  Platos con válvulas (“*Valve*”)
-  Platos perforados (“*Sieve*”)
-  Relleno (“*Packet*”)

Auto Section Information

Internal Type

Sieve Valve Bubble Cap Packed

Area Tolerance

0.6000

When the ratio between the current calc'd area and either of min/max previous areas for the section exceeds this tolerance, a new diameter section is started.
Higher more sections; lower fewer sections.

NFP Diam Factor

0.1500

When a new number of flow paths will result in a diameter diff \geq diam fact * old diameter, a new NFP section is started.
Not required for packed columns.
Lower more sections; higher fewer sections.

Cancel **Next >**

Al presionar “Next”, HYSYS muestra una ventana que permite la especificación de algunas de las propiedades de las campanas, platos, etc. (Se pueden modificar los valores sugeridos).

Tray Section Information

Internals

Sieve Valve Bubble Packed

Bubble Cap Tray

Hole Area (% of AA)	15.30 %
Cap Slot Height	25.400 mm

Common Tray Properties

Tray Spacing	609.6 mm
Tray Thickness	3.175 mm
Tray Foaming Factor	1.000
Max Tray dP (ht of liquid)	203.2 mm
Max Tray Flooding	85.00 %

DC/Weir Info



Weir Height	50.80 mm
Max Weir Loading	89.42 m3/h-m
Downcomer Type	Vertical
Downcomer Clearance	38.10 mm
Maximum DC Backup	50.00 %

Delete **Complete AutoSection**

Mediante el botón “Complete AutoSection” se termina el cálculo de la torre.

Para poder revisar los valores calculados se debe ingresar en la pestaña “Performance”

4. *Calculo de los requerimientos de servicios auxiliares*

Para realizar esto se deben agregar al “*PFD*” un enfriador (“*Cooler*”)  y un calentador (“*Heater*”) .

Además se deben crear las corrientes de agua de enfriamiento, vapor y condensado según las especificaciones presentadas para el caso en estudio.

A continuación se deben conectar al “*Heater*” la corriente de energía vinculada al condensador de la torre y las dos corrientes de agua de enfriamiento. Por otra parte, se deben vincular al “*Cooler*” las corrientes de vapor de agua, condensado y la de energía vinculada al reboiler de la torre de destilación.

Para ambos equipos se asume una caída de presión nula, la cual debe ser especificada en la opción “*Parameter*”, dentro de la ventana “*Desing*” de cada uno de los intercambiadores.

NOTA:

Si en vez de una mezcla ideal se procesara una no ideal, por ejemplo azeotrópica (agua-benceno-alcohol), deberían modificarse varios pasos de ésta guía. Además de los cambios lógicos (distintos componentes, otra columna, etc.), existen otros temas conceptuales que serían diferentes. Por ejemplo, la metodología para estimar las propiedades fisicoquímicas (K, H, etc.), serán las apropiadas para tal mezcla.

Los cálculos para estimar el mínimo reflujo, plato de alimentación, mínimo número de etapas, ahora tampoco serían los adecuados, debido al error que se introduce.

Podría ejercitar esto ejecutando por su cuenta un ejemplo para separar dicha mezcla en una columna, fijando una alimentación y especificando la pureza deseada por tope, y los demás parámetros necesarios.