

Tarea 9

Rafael Montagut, Cristian Pineda, Deyver Rivera

Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Calle 44 # 45-67. Bogotá D.C., Colombia.
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental,
Modelación y simulación.

- Se requiere un condensador 1-4 para enfriar 60000 lb/h de n-propanol puto que se obtiene de los fondos de una destilación. Modelo termodinámico: PR.

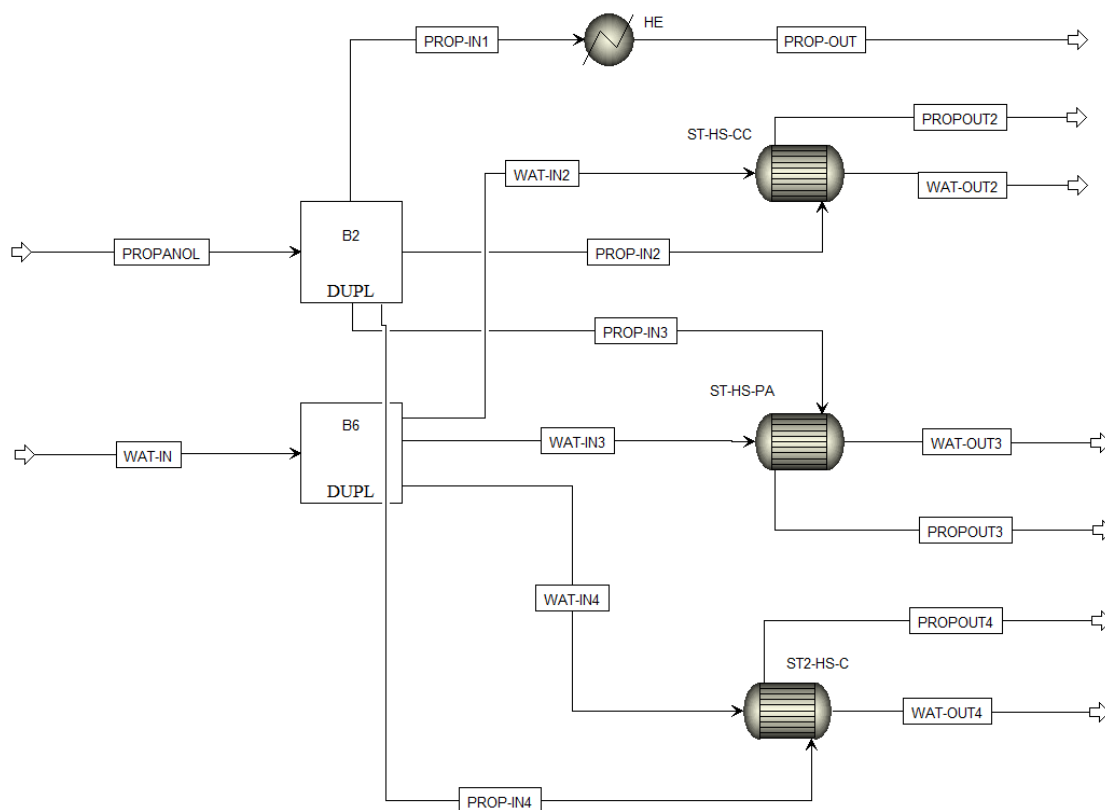


Figura 1. Procedimiento realizado en Aspen Plus.

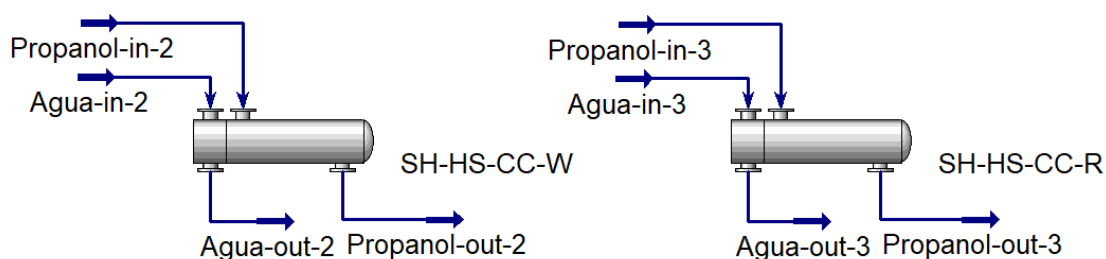


Figura 2. Procedimiento realizado en Aspen Hysys.

Aspen Plus - Modelo Simple

Examinando el modelo más sencillo de Aspen plus, este establece un balance de energía poco elaborado entre las corrientes de entrada y salida de este dispositivo. Esto genera poca precisión en simulaciones, siendo una fuente poco confiable para la estimación de procesos de transferencia de calor donde esta unidad representa un paso importante a lo largo del proceso. Como se puede

observar, esta estima que no hay una caída de presión. Pero aún así se logra disminuir la temperatura de 244°F a 242.643.

Outlet temperature	242,643347	F
Outlet pressure	29,6959	psia
Vapor fraction	0	
Heat duty	-1,63754e+07	Btu/hr
Net duty	-1,63754e+07	Btu/hr
1st liquid / Total liquid	1	
Pressure-drop correlation parameter		
Pressure drop	0	psi

Figura 3. Propiedades referentes al modelo simple de Aspen Plus.

Aspen Plus - Shortcut contracorriente

Para este escenario el software realiza un balance de energía similar al ya explicado, donde el calor retirado para que suceda la condensación es igual al calor suministrado por la solución de Agua.

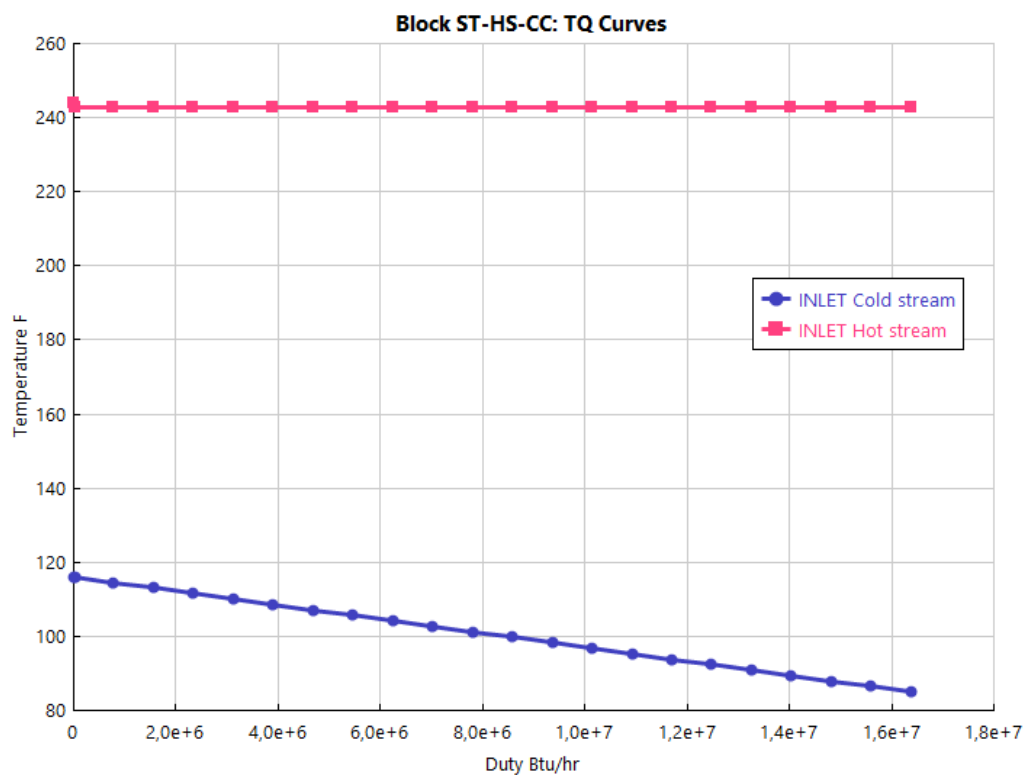


Figura 4. Cambio de temperatura vs trabajo para Shortcut contracorriente en Aspen Plus.

Con base en que tenemos un sistema en contracorriente, podemos ver el incremento de la temperatura el fluido de proceso (agua) de derecha a izquierda, consiguiendo en este escenario un descenso de 244°F a 242,643 a lo largo de la simulación y el calor ingresado/retirado del sistema es igual al calor obtenido en el inciso anterior, brindando un valor idéntico al ya revisado.

Inlet hot stream temperature [F]	244
Inlet hot stream pressure [psia]	29,6959
Inlet hot stream vapor fraction	1
Outlet hot stream temperature [F]	242,643
Outlet hot stream pressure [psia]	29,6959
Outlet hot stream vapor fraction	0
Inlet cold stream temperature [F]	85
Inlet cold stream pressure [psia]	15
Inlet cold stream vapor fraction	0
Outlet cold stream temperature [F]	116,059
Outlet cold stream pressure [psia]	15
Outlet cold stream vapor fraction	0
Heat duty [Btu/hr]	1,63754E+07
Calculated heat duty [Btu/hr]	1,63754E+07
Required exchanger area [sqft]	772,828
Actual exchanger area [sqft]	772,828
Average U (Dirty) [Btu/hr-sqft-R]	149,694
Average U (Clean)	
UA [Btu/hr-R]	115688
LMTD (Corrected) [F]	141,548
LMTD correction factor	1

Figura 5. Características del intercambiador de calor para Shortcut contracorriente en Aspen Plus.

Aspen Plus - Shortcut Paralelo

Al igual que el punto anterior, se consiguió una temperatura de salida en 242.643 F sin experimentar caída de presión. Donde en la siguiente tabla se puede observar que los resultados son los mismos se puede concluir que los resultados de los efectos de la transferencia de calor son independientes de la geometría del intercambiador.

Inlet hot stream temperature [F]	244
Inlet hot stream pressure [psia]	29,6959
Inlet hot stream vapor fraction	1
Outlet hot stream temperature [F]	242,643
Outlet hot stream pressure [psia]	29,6959
Outlet hot stream vapor fraction	0
Inlet cold stream temperature [F]	85
Inlet cold stream pressure [psia]	15
Inlet cold stream vapor fraction	0
Outlet cold stream temperature [F]	116,059
Outlet cold stream pressure [psia]	15
Outlet cold stream vapor fraction	0
Heat duty [Btu/hr]	1,63754E+07
Calculated heat duty [Btu/hr]	1,63754E+07
Required exchanger area [sqft]	772,832
Actual exchanger area [sqft]	772,832
Average U (Dirty) [Btu/hr-sqft-R]	149,694
Average U (Clean)	
UA [Btu/hr-R]	115688
LMTD (Corrected) [F]	141,548
LMTD correction factor	1

Figura 6. Características del intercambiador de calor para Shortcut en paralelo en Aspen Plus.

No obstante, la principal diferencia se puede observar en los perfiles de temperatura, donde el agua aumentará su temperatura a medida que aumenta la longitud del intercambiador.

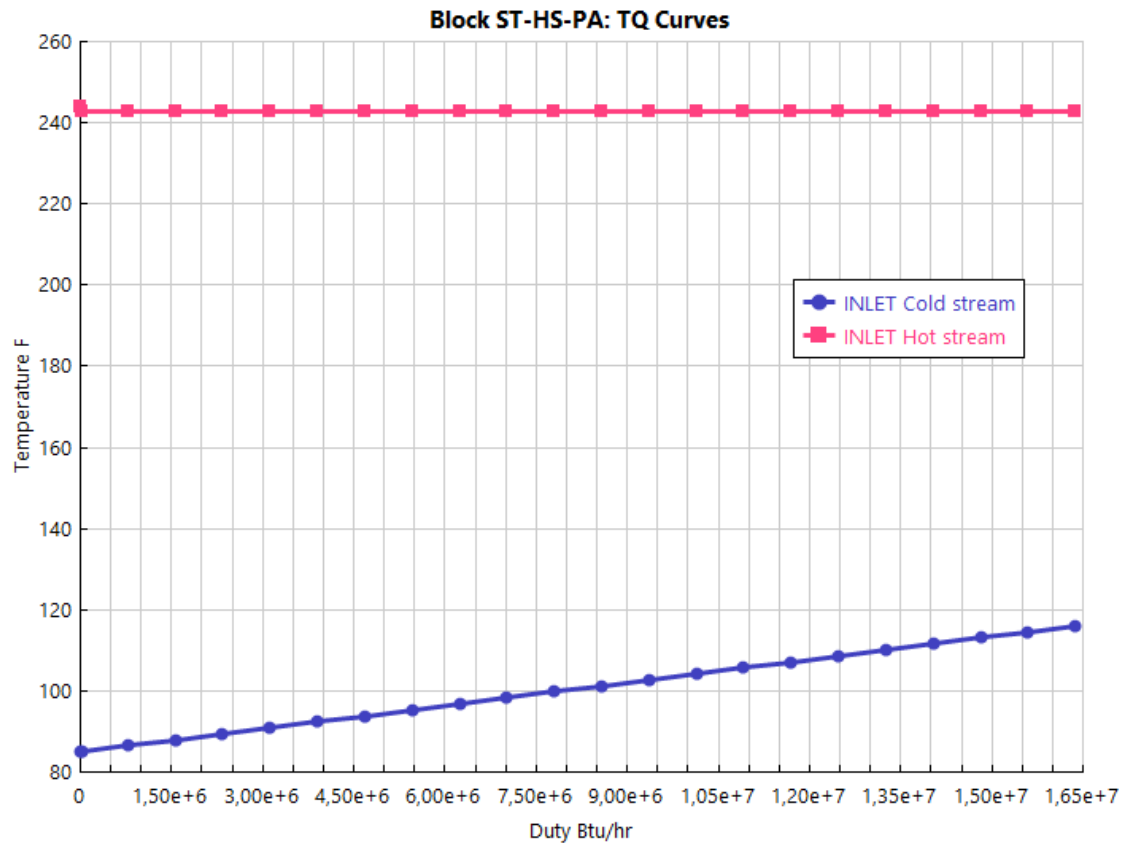


Figura 7. Cambio de temperatura vs trabajo para Shortcut en paralelo en Aspen Plus.

Aspen Plus - Shell & Tubes

Para este caso, los cálculos dentro de los intercambiadores se hacen un poco más robustos como consecuencia de la inclusión del área de transferencia de calor entre otros efectos térmicos; en este escenario es imprescindible considerar los pasos, cantidad de tubos, diámetros de intercambiador entre otras dimensiones que pueden ser calculadas por la extensión EDR. Se tomó el modelo AES para el cual el diagrama # representa cómo se vería el intercambio de calor, al cual se le adicionaron los valores de las caídas de presión esperadas tanto en los tubos como en la coraza, además del factor de fouling.

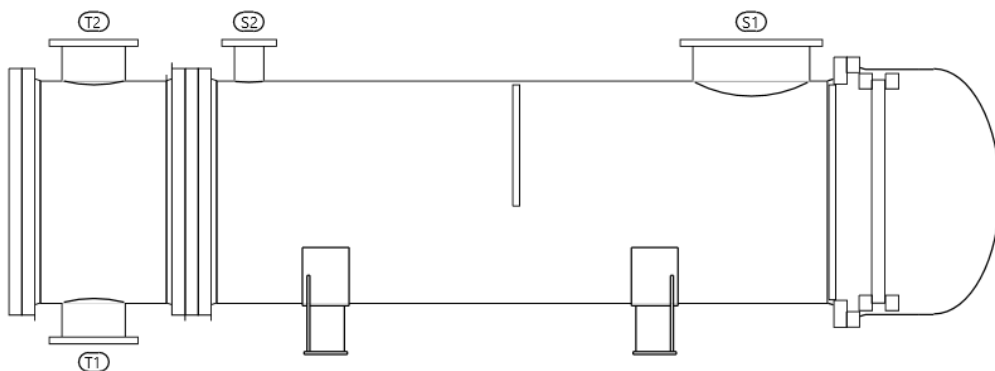


Figura 8. Gráfico de intercambiador de calor para Shell and tubes en Aspen Plus.

Una vez realizados los cálculos con los datos de las dimensiones del intercambiador, se obtiene que se logra disminuir la temperatura hasta la temperatura de 190.47°F. Además, incluso si la caída de presión es mínima para la coraza <1psia, en el caso de los tubos se presenta una caída de presión de casi 5.5psia, cosa que no sucedía en los antiguos escenarios.

Heatx results

Calculation Model

Rigorous - Shell&Tube

Inlet

Outlet

Hot stream:

PROP-IN4

PROP-OUT4

Temperature

244

F

189,272

F

Pressure

29,6959

psia

29,3599

psia

Vapor fraction

1

0

1st liquid / Total liquid

1

1

Cold stream

WAT-IN4

WAT-OUT4

Temperature

85

F

120,466

F

Pressure

15

psia

9,59978

psia

Vapor fraction

0

0

1st liquid / Total liquid

1

1

Heat duty

1,86932e+07

Btu/hr

Figura 9. Características del intercambiador Shell and tubes en Aspen Plus.

A continuación, se presenta el perfil de temperaturas, donde se puede evidenciar el descenso en la temperatura del propanol en la coraza, y la fluctuación que hay en cada paso donde se encuentra el agua.

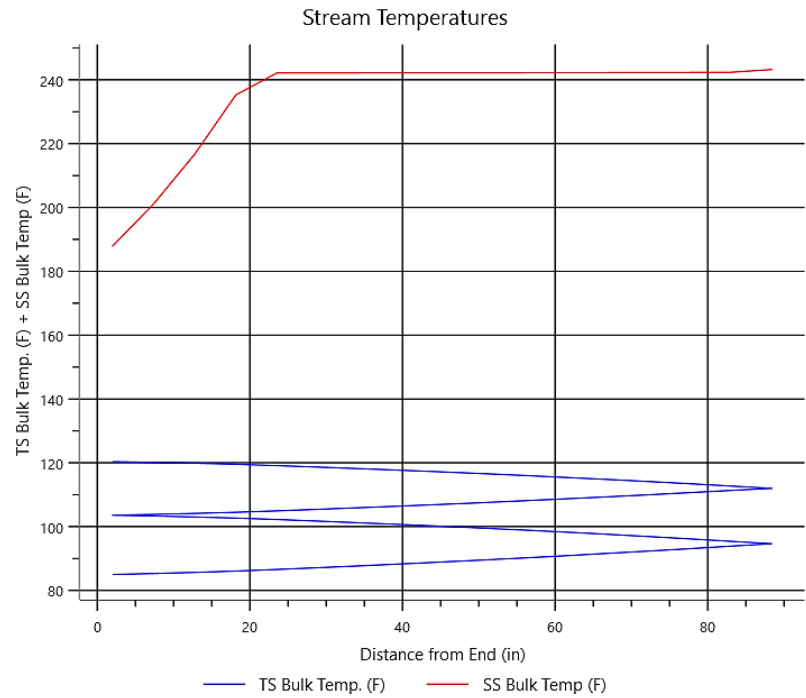


Figura 10. Perfil de temperatura para Shell and tubes en Aspen Plus.

Inlet hot stream temperature [F]	244
Inlet hot stream pressure [psia]	29,6959
Inlet hot stream vapor fraction	1
Outlet hot stream temperature [F]	189,272
Outlet hot stream pressure [psia]	29,3599
Outlet hot stream vapor fraction	0
Inlet cold stream temperature [F]	85
Inlet cold stream pressure [psia]	15
Inlet cold stream vapor fraction	0
Outlet cold stream temperature [F]	120,466
Outlet cold stream pressure [psia]	9,59978
Outlet cold stream vapor fraction	0
Heat duty [Btu/hr]	1,86932E+07
Calculated heat duty [Btu/hr]	1,86932E+07
Required exchanger area [sqft]	1085,86
Actual exchanger area [sqft]	1085,01
Average U (Dirty) [Btu/hr-sqft-R]	128,367
Average U (Clean) [Btu/hr-sqft-R]	229,166
UA [Btu/hr-R]	139388
LMTD (Corrected) [F]	134,109
LMTD correction factor	1,19635

Figura 11 Resultados del intercambiador de calor para Shell and tubes en Aspen Plus.

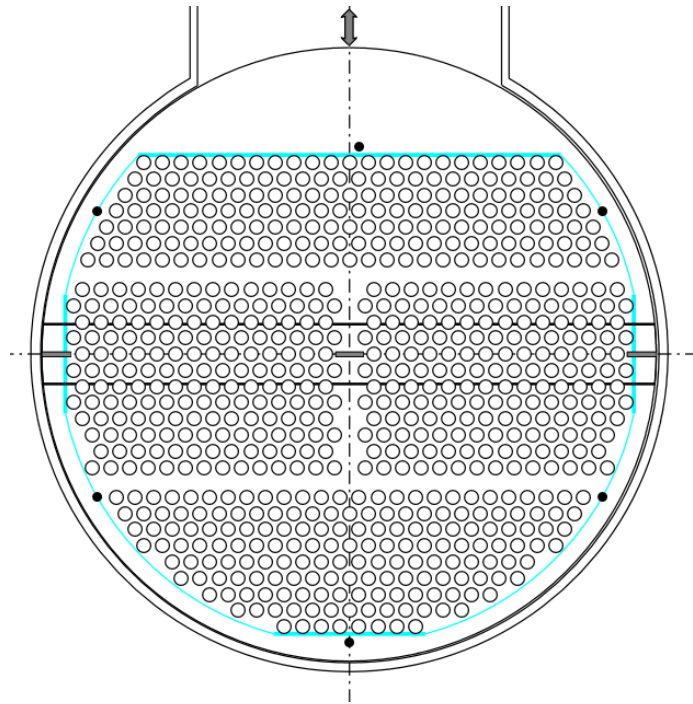


Figura 12. Gráfico de vista frontal de tubos ubicados en la coraza para Shell and tubes en Aspen Plus.

Hysys - Simple Weighted

Para el caso del intercambiador Simple-Weighted tenemos que la caída de presión está para los tubos como para la coraza en donde los valores van de 2 a 10 psi, y en donde la mayor caída de presión fue para los tubos porque se tienen 2 pasos por los tubos (10 psi) y una vez por la coraza (2 psi). Además, las características geométricas del intercambiador indican que tiene un cabezal tipo A de canal y cubierta removible, una coraza tipo E de un paso y una hoja de tubos tipo L de cabeza estacionaria con un área de intercambio de calor de 649.3 ft². El cambio de temperatura fue equivalente el termodinámico.

Heat Exchanger Model
Simple Weighted

Heat Leak/Loss
☒ None
☐ Extremes
☐ Proportional

Weighted Model Inputs

Overall UA [Btu/F-hr]		1106			
		SHELL-SIDE		TUBE-SIDE	
Specified Pressure Drop [psi]		2.000		10.00	
Use Ft	Tube Passes	Shell Passes	Shells In Series	First Pass	Shell Type
<input checked="" type="checkbox"/>	2	1	1	Counter	E
Pass Name	Intervals	Dew/Bubble Pt	Step Type	Pressure Profile	
Agua-in-2-Agua-out	5	<input checked="" type="checkbox"/>	Equal Enthalpy	Const dPdH	
Propanol-in-2-Propa	5	<input checked="" type="checkbox"/>	Equal Enthalpy	Const dPdH	

Figura 13. Características geométricas del intercambiador Simple-Weighted.

Sizing Data

☒ Overall
 ☐ Shell
 ☐ Tube

☐ Accept any input data

Configuration

Number of Shell Passes	1
Number of Shells in Series	1
Number of Shells in Parallel	1
Tube Passes per Shell	2
Exchanger Orientation	Horizontal
First Tube Pass Flow Direction	Counter
Elevation (Base)	0.0000

TEMA Type A E L

Calculated Information

Shell HT Coeff [Btu/hr-ft ² -F]	<empty>
Tube HT Coeff [Btu/hr-ft ² -F]	<empty>
Overall U [Btu/hr-ft ² -F]	1.704
Overall UA [Btu/F-hr]	1106
Shell DP [psi]	2.000
Tube DP [psi]	10.00
Heat Trans. Area per Shell [ft ²]	649.3
Tube Volume per Shell [ft ³]	6.816
Shell Volume per Shell [ft ³]	80.24

Figura 14. Características geométricas complementarias del intercambiador Simple-Weighted.

Name	Agua-in-2	Agua-out-2	Propanol-in-2	Propanol-out-2
Vapour	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Temperature [F]	85.00	85.37	244.0	240.2
Pressure [psia]	15.00	5.000	29.70	27.70
Molar Flow [lbmole/hr]	2.709e+004	2.709e+004	998.4	998.4
Mass Flow [lb/hr]	4.880e+005	4.880e+005	6.000e+004	6.000e+004
Std Ideal Liq Vol Flow [barrel/day]	3.348e+004	3.348e+004	5110	5110
Molar Enthalpy [Btu/lbmole]	-1.229e+005	-1.229e+005	-1.232e+005	-1.233e+005
Molar Entropy [Btu/lbmole-F]	13.10	13.11	11.55	11.30
Heat Flow [Btu/hr]	-3.329e+009	-3.329e+009	-1.230e+008	-1.231e+008

Figura 15. Características térmicas del intercambiador Simple-Weighted.

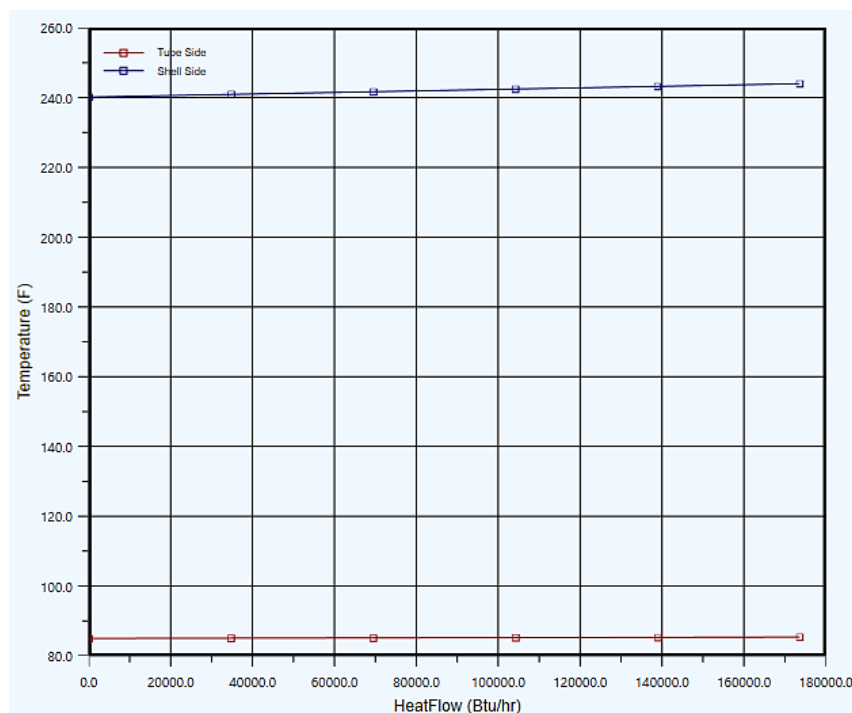


Figura 16. Perfil de temperaturas para intercambiador Simple-Weighted.

Overall Performance	
Duty	1.736e+05 Btu/hr
Heat Leak	0.000e-01 Btu/hr
Heat Loss	0.000e-01 Btu/hr
UA	1.11e+03 Btu/F-hr
Min. Approach	155.155 F
LMTD	156.9 F

Figura 17. Desarrollo general del intercambiador Simple-Weighted.

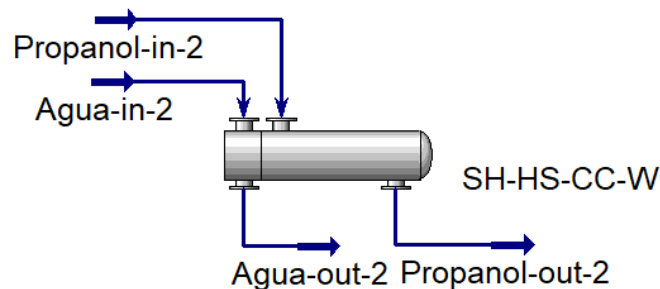


Figura 18. Diagrama de intercambiador de calor Simple-Weighted.

Hysys - Rigorous Shell and Tube

Para el caso del intercambiador EDR riguroso se tiene que la caída de presión fue para los tubos con 0.5072 psi y para la coraza de 0.4352. Además, las características geométricas del intercambiador indican que tiene un cabezal tipo A de canal y tapa desmontable, una coraza tipo E de un paso y una hoja de tubos tipo S de cabeza flotante. Respecto a el coeficiente global se reporta un valor de 62.63 (Btu/h*ft²*F) y un área superficial efectiva de 1100 ft². La cantidad de tubos reportados fue para este intercambiador de 766 tubos con una longitud de 96 in cada uno y diámetro externo de 0.75 in. El cambio de temperatura obtenido tanto en la coraza donde pasa el propanol como el de los tubos donde pasa el agua se muestran en la figura 23.

TEMA Type	
Front End Head Type	A - channel & removable cover
Shell Type	E - one pass shell
Rear End Head Type	S - floating head with backing device

Tubes	
Tube OD [in]	0.7500
Tube Length [in]	96.00
Effective Tube Count	766.0
Tube Thickness [in]	8.300e-002
Tubes Pitch [in]	0.9375
Tube Pattern	30-Triangular

Shell	
Orientation	Horizontal
Exchangers in Parallel	1.000
Exchangers in Series	1.000
Tubeside Passes	1.000

Transfer Geometry from HYSYS

Transfer UA To End Point

Figura 19. Características geométricas del intercambiador de calor con el modelo riguroso.

Name	Agua-in-3	Agua-out-3	Propanol-in-3	Propanol-out-3
Vapour	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Temperature [F]	85.00	94.78	244.0	128.3
Pressure [psia]	15.00	14.49	29.70	29.26
Molar Flow [lbmole/hr]	2.709e+004	2.709e+004	998.4	998.4
Mass Flow [lb/hr]	4.880e+005	4.880e+005	6.000e+004	6.000e+004
Std Ideal Liq Vol Flow [barrel/day]	3.348e+004	3.348e+004	5110	5110
Molar Enthalpy [Btu/lbmole]	-1.229e+005	-1.227e+005	-1.232e+005	-1.281e+005
Molar Entropy [Btu/lbmole-F]	13.10	13.43	11.55	3.914
Heat Flow [Btu/hr]	-3.329e+009	-3.324e+009	-1.230e+008	-1.279e+008

Figura 19. Características térmicas del intercambiador de calor con el modelo riguroso.

Calculated Exchanger Performance		
Duty [Btu/hr]	4.919e+006	
Effective Surface Area [ft ²]	1100	
Effective MTD [F]	86.73	
Overall Clean Coeff [Btu/hr-ft ² -F]	62.63	
Overall Dirty Coeff [Btu/hr-ft ² -F]	51.57	
Vibration Problem	Yes	
RhoV2 Problem	No	

	SHELL-SIDE	TUBE-SIDE
Film Coefficient [Btu/hr-ft ² -F]	76.11	389.7
Calculated Pressure Drop [psi]	0.4352	0.5072
Allowable Pressure Drop [psi]	2.000	10.00
Velocity (Highest) [ft/s]	9.344	1.524

Figura 20. Características de transferencia de calor del intercambiador con el modelo riguroso.

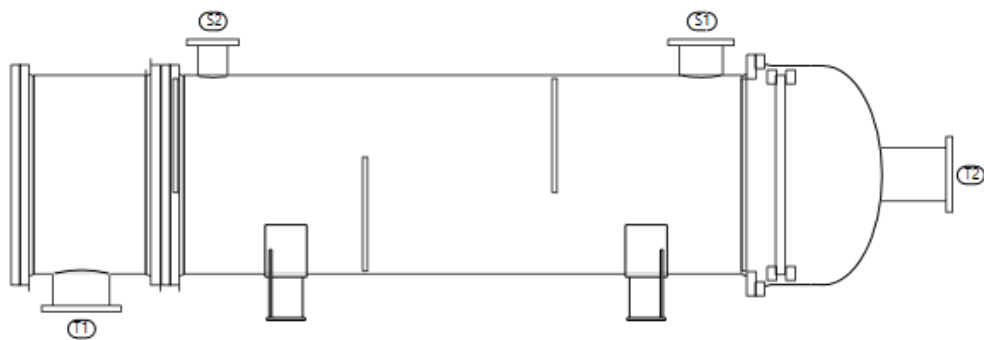


Figura 21. Diagrama del intercambiador de calor con el método riguroso.

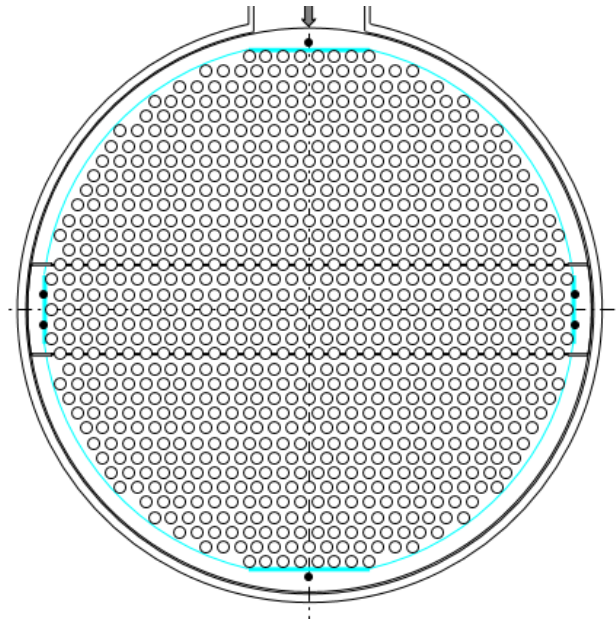


Figura 22. Diagrama de vista frontal de intercambiador de calor con el modelo riguroso.

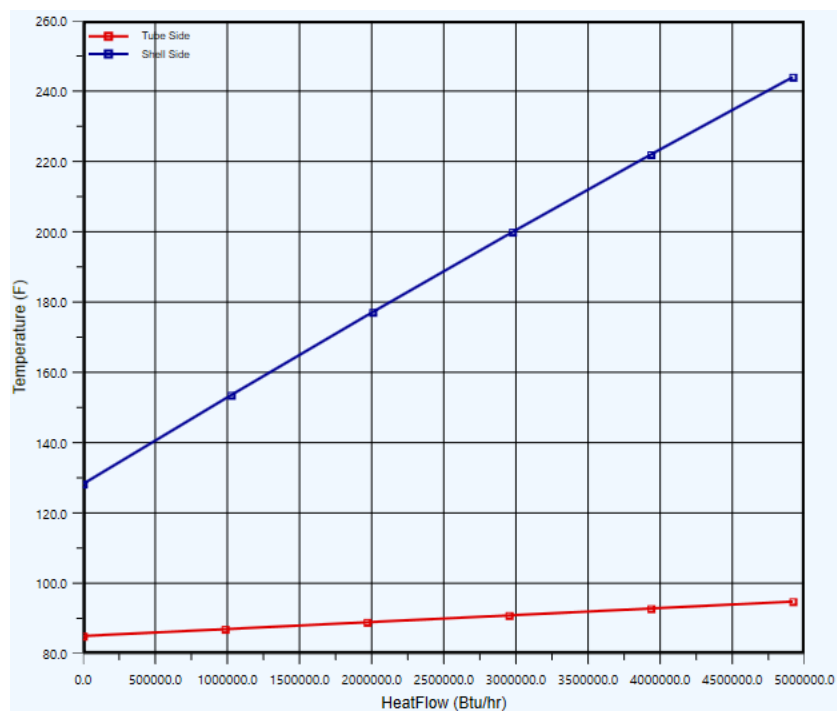


Figura 23. Perfil de temperatura para intercambiador con modelo riguroso.

Overall Performance	
Duty	4.919e+06 Btu/hr
Heat Leak	0.000e-01 Btu/hr
Heat Loss	0.000e-01 Btu/hr
UA	5.68e+04 Btu/F-hr
Min. Approach	43.254 F
LMTD	86.63 F

Figura 24. Desarrollo general del intercambiador de calor con el modelo riguroso.

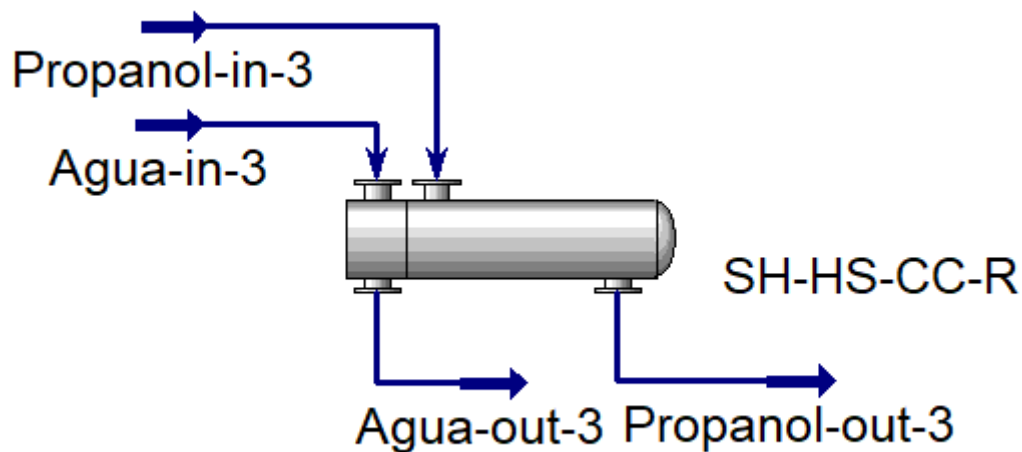


Figura 25. Diagrama de intercambiador modelado con el modelo riguroso.

Resultados reportados en el Ejemplo 12.1 de Kern

Para el caso del ejercicio resuelto por el libro Kern, encontramos que la caída de presión en los tubos es de 6,5 Psi y para la coraza de 1,2 Psi. Por otro lado, el área de transferencia de calor calculada es 1213 ft^2 , además el coeficiente global de transferencia de calor es de $148,5 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \cdot \text{ft}^2 \text{R}$. Tal como se ve en la figura 11, el coeficiente de transferencia de calor global tiene un valor de $128 - 230 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \cdot \text{ft}^2 \text{R}$ siendo un valor consecuente con los encontrados en el kern, así mismo, aspen plus estima un área de transferencia de calor promedio de 1085 ft^2 , obteniendo una diferencia relativa de 10%. De igual forma, se puede ver que la caída de presión en los tubos y coraza (5.4psia y 0.4psia) se encuentran en los mismos ordenes de magnitud, siendo evidencia de la similitud entre los datos simulados por aspen y calculados en el ejemplo del kern.

Cuestionario

1. ¿Cuáles fueron las diferencias obtenidas entre Aspen Plus y Aspen Hysys? ¿Qué recomendaciones realizó el EDR?

Tabla 1. Comparación entre Aspen Plus y Hysys.

Diferencias entre diseño de intercambiadores	
Aspen Hysys	Aspen Plus
Método de cálculo de EDR para Aspen Hysys se denota como método riguroso	Método del cálculo de EDR para Aspen Plus se denota como avanzado
Reporta una diferencia media de temperatura en el intercambiador y un DMLT	Reporta una temperatura media logarítmica (DMLT) para el intercambiador, pero no reporta temperatura media
No reporta el factor de corrección de la temperatura en el intercambiador	Reporta un factor de corrección de la DMLT
No reporta una temperatura media en el metal de los tubos y coraza	Indica una temperatura media del metal de los tubos y la coraza
Indica un coeficiente global limpio y un coeficiente global sucio	Indica un coeficiente de película a granel y un coeficiente de película de la pared, no indica un coeficiente global sucio
No reporta la resistencia térmica ni la de ensuciamiento	Reporta resistencia térmica y resistencia de ensuciamiento
No reporta porcentaje de resistencia	Reporta porcentaje de resistencia de película
Reporta la caída de presión total y el límite permitido de caída de presión	Reporta la caída de presión por fricción y total
Recomendación de ajuste para evitar vibración	Recomendación de ajuste para evitar vibración
Reporta la velocidad del fluido tanto en tubos como en coraza	No reporta la velocidad de los fluidos tanto en coraza como en los tubos

Respecto a las recomendaciones, al realizar los procedimientos se encontraron algunos mensajes como los mostrados a continuación.











Description	
 Input Warning 1121	Input for Allowable pressure drop, 10 psi is beyond the expected range, from 0.01 psi to 7.42 psi
 Input Warning 1121	Input for Outlet pressure, 5 psi is beyond the expected range, from 7.5 psi to 15 psi
 Input Warning 1231	There is a full support baffle (blanking baffle) present (specified or default for S and T type rear heads), but the distance beyond this baffle has not been specified. The distance beyond the blanking baffle has been calculated as 6.7343 in. For U-bends, this distance is the estimated support plate thickness 0.5 in. For S-type rear heads, the distance is two tubeplate thicknesses (1.3986 in) plus the greater of 100mm or the estimated support plate thickness. For all other rear head types, the calculated distance beyond the blanking baffle is the tubeplate thickness plus the greater of 100mm or the estimated support plate thickness.
 Note 1860	The consolidated process conditions for Stream 1, prior to the main calculations, give a heat load of -173282 BTU/h, for a flow of 60000 lb/h, with outlet temperature 240.15 F and quality (vapor mass fraction) 1.9266E-05.
 Note 1860	The consolidated process conditions for Stream 2, prior to the main calculations, give a heat load of 173282 BTU/h, for a flow of 487997 lb/h, with outlet temperature 85.37 F and quality (vapor mass fraction) 0.
 Input Warning 1061	Based on the inlet and outlet conditions the cold stream is a liquid, but two-phase properties have been specified. The program may apply subcooled boiling calculations. To apply a single phase heat transfer coefficient you should switch off the subcooled boiling option in the Process Methods input, or supply only single-phase properties.
 Input Warning 1227	Shell&Tube has estimated a minimum endspace length of 9.1486 in, for a nozzle inside diameter of 4.026 in. This is greater than the value 0.749 in which was specified or calculated from an endlength of 2.2657 in. Check your input carefully.
 Input Warning 1228	An endspace length 0.749 in is less than the baffle pitch 29 in, and/or the TEMA minimum (2 inches/ 50mm). The corresponding endlength and tubeplate thickness are 2.2657 in and 1.3986 in. Check your input carefully.
 Input Warning 1107	The tube count from the tube layout is 847, which differs from the effective tube count of 766 which you input. Your tube count will be used to determine heat transfer area and tubeside heat transfer and pressure drop.
 Advisory 1446	The Advanced calculation has converged after 39 iterations

Figura 26. Recomendaciones realizadas por el EDR.

2. ¿Cómo cambia la presión de salida del propanol con el flujo de entrada de agua? Realizar un análisis de sensibilidad.

Como se puede observar en la gráfica, a medida que se alimenta más cantidad de agua la caída de presión incrementa considerablemente para los flujos comprendidos de 100k-220k, sin embargo, una vez se pasa el límite de 220k el valor de la presión de salida se estabiliza en el valor de salida de la simulación (29.36 psia). Sin embargo, para los otros métodos de resolución del intercambiador de calor (shortcuts) no se toma en consideración la caída de presión, razón por la cual se mantienen en un valor constante sin importar el flujo de entrada de agua.

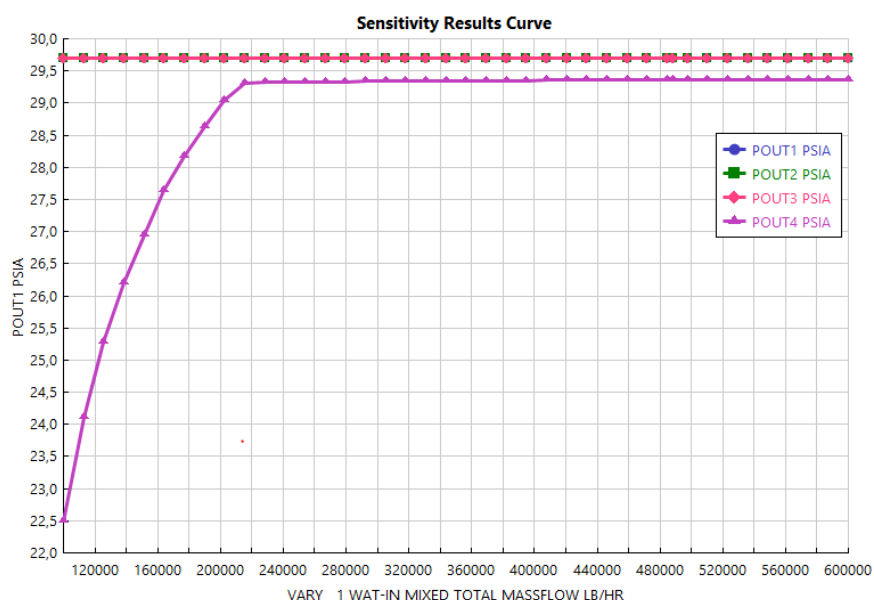


Figura 27. Análisis de sensibilidad Aspen Plus para el cambio de la presión de salida del propanol en función del flujo de agua.

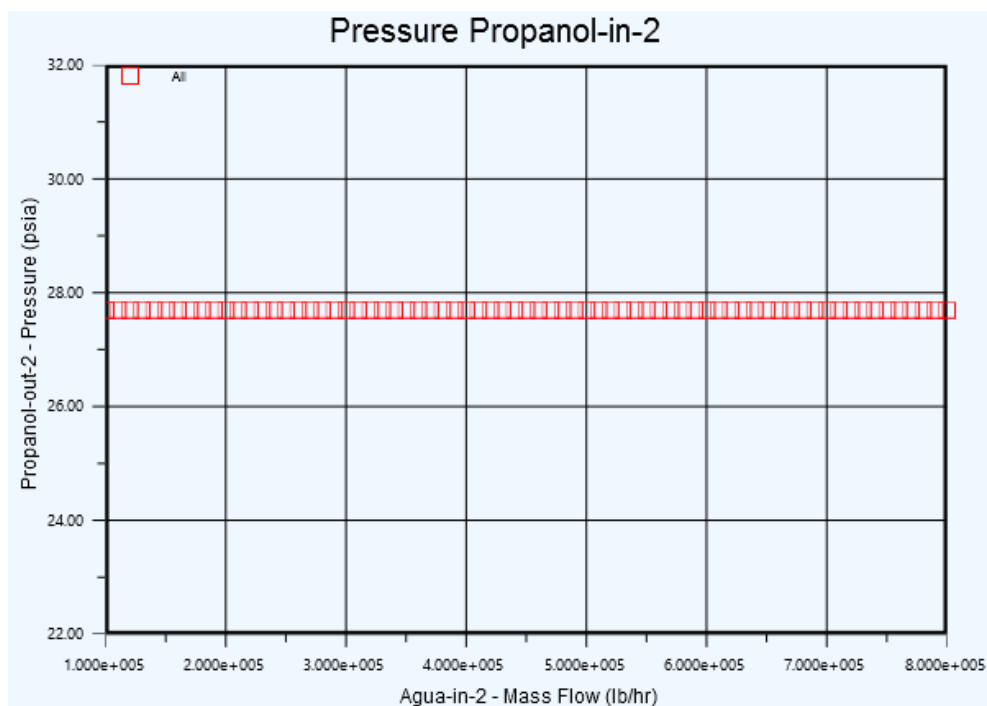


Figura 28. Caso de estudio en Hysys para el cambio de la presión de salida del propanol en función del flujo de agua para el intercambiador modelado con simple weighted.

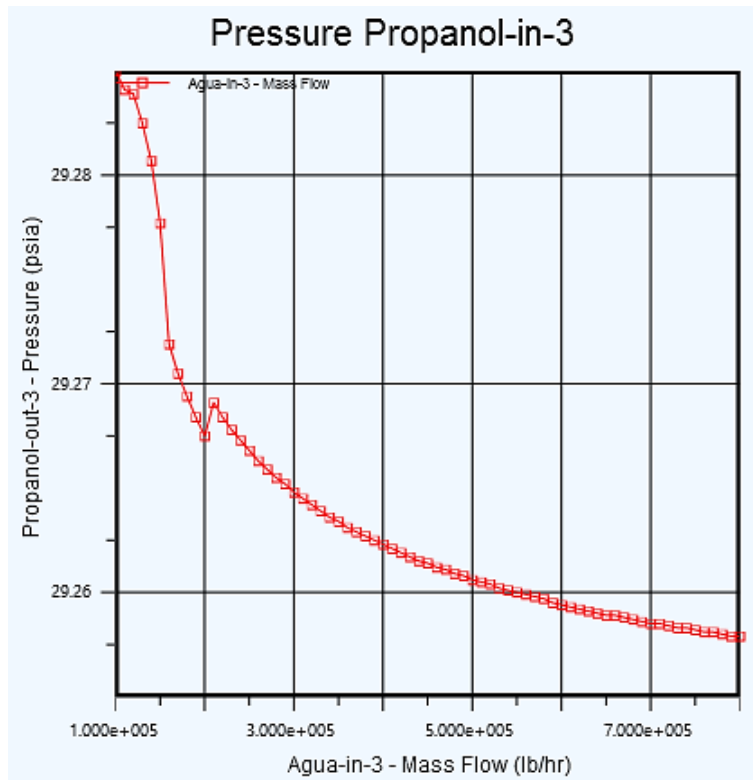


Figura 29. Caso de estudio en Hysys para el cambio de la presión de salida del propanol en función del flujo de agua para el intercambiador con el modelo riguroso.

3. *Reporte los modelos obtenidos a través de la trayectoria de optimización de EDR. ¿Con que criterio se seleccionó dicho intercambiador como el mejor de los evaluados?*

Para la selección del mejor intercambiador EDR se procedió a revisar criterios geométricos, de caída de presión, de perfil de temperatura y finalmente el costo de este. El mejor intercambiador en cuanto al coeficiente de transferencia de calor y al área efectiva de transferencia es el diseñado por Aspen Hysys, pero el mejor intercambiador respecto a caída de presión y costo es el diseñado por Aspen Plus, ya la elección del diseñador estará enfocada según su prioridad en los criterios mencionados, los cuales le permitirán elegir el mejor intercambiador. De manera general los dos simuladores generan buenos diseños con ventajas diferentes.