

Tabla I.1- 2: Características de los intercambiadores de calor.

Tipo	Características constructivas	Aplicaciones
Tubo y Carcaza	Haz de tubos dentro de una carcaza cilíndrica, con presencia de deflectores para generar turbulencia y soportar los tubos. El arreglo de tubos es paralelo al eje longitudinal de la carcaza y puede estar fijo o ser de cabezal flotante. Tubos internos lisos o aleteados.	Multiuso. Prácticamente se amolda a cualquier servicio, por lo general es el primer intercambiador que se considera en una determinada aplicación
Enfriadores con Aire y Radiadores	Haces de tubos soportados por una estructura sobre los que sopla aire en forma cruzada. Los tubos pueden ser lisos o poseer aletas	Se emplean mucho cuando el costo del agua es elevado o cuando se requiere de una torre de enfriamiento para el agua. Condensación o enfriamiento de fluidos, sistemas de enfriamiento de vehículos.
Doble Tubo	Dos tubos concéntricos en forma de "U" u horquilla. El tubo interno puede ser liso o poseer aletas	Se utilizan cuando se requieren áreas de transferencia de calor pequeñas (100 a 200 ft ²). Son muy útiles en operaciones a altas presiones.
Láminas empacas: PHE con empacaduras	Serie de láminas corrugadas separadas entre sí por empacaduras.	Muy utilizado en la industria alimenticia, sobre todo con fluidos viscosos. Cuando se requieren condiciones sanitarias extremas.
Láminas empacas: PHE sin empacaduras	Serie de láminas corrugadas separadas entre sí y soldadas en sus bordes.	Manejo de fluidos viscosos y sobre todo peligrosos o a altas presiones.
Espiral	Láminas metálicas enrolladas una sobre la otra en forma de espiral	No presentan problemas de expansión diferencial. Muy empleados en servicios criogénicos y cuando se manejan fluidos muy viscosos, lodos o líquidos con sólidos en suspensión (industria del papel).

Tabla I.1- 2: Características de los intercambiadores de calor (continuación).

Tipo	Características constructivas	Aplicaciones
Láminas soldadas	Paquete de láminas separadas por aletas corrugadas.	Intercambio gas-gas o gas-líquido. El fluido que va por la parte de las aletas debe ser limpio y poco corrosivo.
Superficie raspadora	Tubos concéntricos, provistos de cuchillas raspadoras rotatorias ubicadas en la pared externa del tubo interno, las cuales sirven para limpiar la superficie de transferencia de calor.	Muy utilizada cuando se opera con fluidos que se solidifican o cristalizan al enfriarse.
Bayoneta	Dos tubos concéntricos. El tubo interno se utiliza para suplir de fluido al ánulo localizado entre el tubo externo y el interno.	Se emplea, generalmente, cuando hay una diferencia de temperatura entre el fluido de los tubos y el del ánulo, sumamente elevada.
Enfriadores de película descendente	Consisten en tubos verticales por dentro de los cuales descende agua en forma de película	Enfriamientos especiales
Enfriadores de serpentín	Serpentines metálicos sumergidos en un recipiente con agua	Enfriamientos de emergencia
Condensadores barométricos	Torres donde se produce el contacto directo entre agua y vapor	Se emplean cuando no se mezclan el agua y el fluido de proceso a enfriar
Enfriadores de cascada	Se rocía agua sobre una serie de tubos que contienen el fluido de proceso	Para enfriar fluidos de proceso muy corrosivos
Grafito impermeable	Equipos construidos con grafito	Se emplean en servicios altamente corrosivos

Tabla I.1- 3: Intervalos de operación para los intercambiadores más comunes.

Tipo de intercambiador	Temperatura máxima de operación (°C)	Presión máxima de operación (kPa)	Superficie de intercambio de calor (m²)	Observaciones
Tubo y carcaza	-200 a 700	35.000	5 a 1000	Versátil. Se usa para casi cualquier aplicación, independientemente de la tarea a realizar, temperatura y presión. Limitaciones de tipo metalúrgico.
PHE con empacaduras	-40 a 180	3.000	1 a 1.200	Alta eficiencia térmica, flexible, bajo ensuciamiento, compacto, bajo peso, sin vibración, fácil mantenimiento. El material de la empacadura puede limitar el tipo de fluido de trabajo. Usualmente es la unidad más barata para unas condiciones de operación dadas.
PHE sin empacaduras	-200 a 980 (dependiendo del tipo)	35.000	hasta 10.000	Es una alternativa a los intercambiadores de tubo y coraza y los PHE sin empacaduras, siempre y cuando se pueda realizar una limpieza química sin dificultad. Su uso está limitado por la diferencia de presión entre los dos fluidos (entre 4.000-8.000 kPa, dependiendo del tipo del fluido)
SHE	400	20	0,5 a 350	Alta eficiencia térmica, bajo ensuciamiento, fácil mantenimiento. Puede manejar suspensiones, barros y líquidos fibrosos.

Tabla I.1- 4: Comparación entre los intercambiadores de calor más comunes.

Aspecto a comparar	Tubo y coraza	PHE	SHE
Respuesta en operaciones líquido-líquido	Altos coeficientes globales de transferencia de calor para $Re > 2.100$.	Altos coeficientes globales de transferencia de calor para $Re > 10$.	
Resistencia	Alta	Baja	Media
Área de transferencia de calor	Grande	Muy grande	Mediana
Costos básicos	Altos	Bajos	Altos
Mantenimiento	Difícil de inspeccionar, limpieza química muy buena por la carcasa y aceptable o pobre por los tubos. Limpieza mecánica prácticamente imposible. Reparaciones aceptables.	Completamente accesible para inspección, limpieza química y manual. Fácil reemplazo de todas sus partes.	La inspección varía de buena a pobre. Limpieza química muy buena. Limpieza mecánica varía de buena a pobre. Reparación pobre.
Limitaciones de espacio y peso (para la misma operación)	Requiere de un espacio considerable y además un espacio amplio para mantenimiento.	Ligeras y ocupan poco espacio. No requieren de espacio adicional para mantenimiento.	Ligeras y ocupan menos espacio que tubo y carcasa.
Diferencia de temperatura mínima entre los fluidos	Hasta $5\text{ }^{\circ}\text{C}$.	Hasta $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.	No especificado.

Tabla I.1- 4: Comparación entre los intercambiadores de calor más comunes (continuación).

Aspecto a comparar	Tubo y coraza	PHE	SHE
Temperatura de operación	No tiene restricciones específicas.	32 a 66 °C usando empacaduras de caucho. -40 a 127 °C usando empacaduras de asbesto comprimido.	No tiene restricciones específicas.
Caída de presión (a velocidad promedio y longitud de flujo comparables)	Baja.	Alta (hasta 100 veces mayor que la de tubo y carcasa).	Media.
Niveles de presión	Dependiendo del diseño.	Generalmente de 0,1 a 1,6 Mpa, pudiendo llegar hasta 2,5 Mpa.	Alrededor de 2 Mpa.
Aplicaciones	Intercambio de calor líquido-líquido. Calentamiento de vapores. Condensación. Rehervidores de baja a media viscosidad y bajo ensuciamiento.	Intercambio de calor líquido-líquido. Calentamiento de vapores a baja presión (menores a 450 kPa). Plantas de enfriamiento en corrientes de procesos. Operación con fluidos muy corrosivos, de cualquier viscosidad o con ensuciamiento medio. Para expansiones programadas.	Intercambio de calor en gases a altas temperaturas. Rehervidores. Condensadores. Bajas presiones (menos de 1.100 kPa). Opera con fluidos de cualquier viscosidad y fluidos muy sucios.