

Toda impresión del presente documento será considerada como COPIA NO CONTROLADA

1	CAMBIO DE RAZÓN SOCIAL	01/09/2022	NS	JCP	NET
0	EMISIÓN INICIAL	26/05/2022	DEP	JCP	RC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ

LISTA DE REVISIONES

UNIDAD DE EJECUCIÓN DE GASODUCTOS

ENARSA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICIÓN DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACIÓN ESCRITA.



ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

TÍTULO:

ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES

ESPECIALIDAD: DUCTO

NUMERO INTERNO ENARSA: GEG-AX-282

NÚMERO DE ELABORADO ENARSA:

ENARSA-00-L-ET-0040

Archivo: ENARSA-00-L-ET-0040_0.doc

ESCALA

S/E

HOJA N°

1 de 23

REVISIÓN

1

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	Identificación ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 2
	ESPECIFICACIÓN	Revisión 1	de 25

1. OBJETO.....	4
2. ALCANCE	4
3. NORMAS Y CÓDIGOS	4
4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	5
4.1. Requerimientos Generales	5
4.2. Requerimientos particulares.....	6
4.2.1. Unidades de medida	6
4.3. Materiales - Generalidades	6
4.4. Condiciones de Diseño	7
4.5. Temperatura de Diseño.....	7
4.6. Mazos de Tubos.....	8
4.7. Cabezales	9
4.8. Tubos.....	10
4.9. Conexiones Roscadas	11
4.10. Bridas	11
4.11. Estructura y Cubierta	12
4.12. Ventiladores.....	13
4.13. Motor	14
4.14. Persianas	16
4.15. Malla antigranizo.....	17
4.16. Transmisiones y accionamientos	17
4.17. Elementos de izaje motor	18
4.18. Elementos de izaje para carga y descarga	18
5. PINTURA	18
6. SOLDADURAS	18
7. RADIOGRAFIADO	18

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	Identificación ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 3
	ESPECIFICACIÓN	Revisión 1	de 25

8.	INSPECCIÓN Y ENSAYOS	19
8.1.	GENERALIDADES.....	19
8.2.	PRUEBA DE LOS EQUIPOS DE ACCIONAMIENTO.....	19
8.3.	PRUEBA HIDRÁULICA.....	20
9.	IDENTIFICACIÓN	20
10.	REPUESTOS	20
11.	REQUERIMIENTOS DE DOCUMENTACIÓN.....	20
11.1.	DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR POR EL OFERENTE.....	20
11.2.	DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR POR EL ADJUDICATARIO	21
11.3.	DOCUMENTACIÓN CONFORME A OBRA.....	23
12.	EMBALAJE Y TRANSPORTE	23

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	<i>Identificación</i> ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 4
	ESPECIFICACIÓN	<i>Revisión</i> 1	de 25

1. OBJETO

El objeto de esta especificación técnica es establecer los requerimientos mínimos que debe cumplir el proveedor de los equipos aeroenfriadores, respecto al diseño, fabricación, suministros y ensayo.

2. ALCANCE

Esta especificación comprende a aeroenfriadores para el servicio de enfriamiento y condensación que sean montados en instalaciones de ENARSA.

El cumplimiento de las reglas y recomendaciones dadas en esta Especificación no eximen parcial ni totalmente a los Diseñadores, tanto térmico como mecánico y, a el Proveedor del Aeroenfriador de sus respectivas responsabilidades y garantías o cualquier otra obligación contractual.

3. NORMAS Y CÓDIGOS

El diseño mecánico, la fabricación, prueba e inspección de los aeroenfriadores se efectuará de acuerdo con la última edición de los siguientes códigos y normas:

API 661	"Air-Cooled Heat Exchangers for General Refinery Service"
ASME VIII Div.1	"ASME Boilers and Pressure Vessels Code"
TEMA	"Tubular Exchanger Manufacturers Association" - Sección 6 y Sección 7.
AWS	"American Welding Society"
ISO 13706	"Petroleum and natural gas industries, Air-cooled heat exchangers"
ISO 1940-1	"Mechanical vibrations - Quality requirements for the balancing of rigid rotors. Part 1: Determination of acceptable residual unbalance"
ISO 2372	"Mechanical vibrations of machinery having a rotation frequency in the range between 10 S-1 and 200 S-1"
ASME II SA 450	"Specification for general requirements for carbon, ferritic alloy and austenitic alloy steel tubes"
ASME 9	Load rating and Fatigue Ball Bearings
ASME 11	Load rating and Fatigue Roller Bearings
API 540	Electrical Installations in Petroleum Processing Plants Chpt. 6.
UL 674	Electrical Motors and Generators for Use in Division 1 Hazardous (Classified) Locations.
UL 1036	Proposed First Edition of the Standard for Electric Motors for Use in Class I, División 2 and Class II, División 2 Hazardous (Classified) Locations.
IEEE 112	Test Procedures for Polyphase Induction Motors and Generators

Los aeroenfriadores deben cumplir con los requisitos del "Manual de Construcciones de Acero" (AISC).

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	<i>Identificación</i> ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 5
	ESPECIFICACIÓN	<i>Revisión</i> 1	de 25

Las siguientes Especificaciones Técnicas de ENARSA serán de aplicación, en los puntos correspondientes:

ENARSA-00-G-ET-0007	Normas y Especificaciones Técnicas
ENARSA-00-L-ET-0005	Soldaduras
ENARSA-00-L-ET-0016	Recipientes de Presión no sometidos a fuego directo
ENARSA-00-G-ET-0001	Pintura
ENARSA-00-L-ET-0011	Radiografiado

Los siguientes Procedimientos de ENARSA serán de aplicación, en los puntos correspondientes:

ENARSA-00-G-PT-0017	Control de planos y documentos de ingeniería
ENARSA-00-G-PT-0018	Elaboración de documentos de ingeniería

Los equipos que son objeto de esta Especificación deberán cumplir, además, con los requisitos de diseño impuestos por las diferentes normativas oficiales existentes en el lugar de instalación.

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

4.1. Requerimientos Generales

La provisión total y el correcto funcionamiento del conjunto será responsabilidad del proveedor. Se incluyen en esta responsabilidad, todos aquellos elementos componentes del conjunto que sean suministrados por terceros.

Será responsabilidad del Proveedor realizar todos los cálculos de procesos / mecánico, necesarios para garantizar el funcionamiento del equipo. En este caso todos los cálculos se basarán en los parámetros de operación y propiedades de los fluidos proporcionados por ENARSA en las bases de diseño.

El equipo deberá proveerse con toda la instrumentación necesaria para su correcto funcionamiento, bajo el concepto de “Equipo Paquetizado”.

El proveedor deberá verificar el diseño indicado por ENARSA en la Hoja de Datos del equipo, y será responsable de su diseño térmico / mecánico, para lo cual deberá presentar en la etapa de oferta la Hoja de Datos según API 661, realizado con un software reconocido, demostrando que su diseño cumple con las condiciones de diseño indicadas en la Hoja de Datos y en esta especificación.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	<i>Identificación</i> ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 6
	ESPECIFICACIÓN	<i>Revisión</i> 1	de 25

La superficie lisa de intercambio de calor y el coeficiente liso estarán referidos a la superficie exterior efectiva de los tubos, mientras que, la superficie aleteada y el coeficiente aleteado estarán referidos a la superficie extendida. No se incluye como superficie efectiva la parte de tubo dentro la placa tubular y la inaccesible al aire de enfriamiento por causa de los soportes de los tubos.

Los Aeroenfriadores serán de tiro forzado. En los casos en que circunstancias especiales pudieran aconsejar tiro inducido, se podrá instalar previa aprobación por escrito de ENARSA.

Para tener en cuenta la disminución del coeficiente de transferencia de calor debida al ensuciamiento de los tubos, el diseño de los Aeroenfriadores considerará la existencia de unas resistencias al paso del calor originadas por este ensuciamiento. El ensuciamiento de los tubos se considerará para el lado interior y para el lado exterior del mismo.

Los valores de estas resistencias se indicarán en la Hoja de Datos de cada Aeroenfriador y en ningún caso serán inferiores a los indicados en las normas TEMA.

Cuando se especifiquen condiciones de operación alternativas, los Aeroenfriadores se diseñarán para su funcionamiento en todas ellas sin sobrepasar en ningún caso los límites de pérdida de carga, velocidades de fluidos, niveles de ruido, etc. según lo establecido en las Hojas de Datos y en las especificaciones de ENARSA.

Cuando el suministro incluya diversos Aeroenfriadores, se procurará que exista la máxima intercambiabilidad entre los elementos que los componen, siempre que ello resulte de utilidad.

4.2. Requerimientos particulares

4.2.1. Unidades de medida

Las unidades de medida serán las del Sistema Métrico Internacional (SI), si bien para conexiones se podrán utilizar pulgadas para el diámetro y libras para el rating.

Asimismo, se admitirán presiones en Kg/cm²M.

4.3. Materiales - Generalidades

La calidad mínima de los materiales a utilizar será la siguiente:

Cabezales (placas, tapas y fondos)	SA-515 Gr 70 / SA-516 Gr 70 (ver nota 1)
Cuellos	SA-53 Gr. B / SA-106 Gr. B (ver nota 2)
Bridas	SA-105
Cuplas	SA-105
Chapas y Perfiles	SA-36
Bulones	SA-307 Gr A – Zincado

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	Identificación ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 7
	ESPECIFICACIÓN	Revisión 1	de 25

Tubos	SA-179 (Sin Costura)
Aletado	Aluminio
Tapones	SA-105
Juntas de tapones	Acero al carbono. HB ≤ 120
Persianas	Chapa de Acero Carbono, Galvanizada en Caliente.

Nota 1:

La calidad de las chapas de acero se deberá soportar por su respectivo certificado de calidad y siempre se deberá indicar en la documentación (planos, memorias, etc.) cualquier reducción de espesor surgida por el conformado de dichos materiales.

Nota 2:

Los caños utilizados para el cuello de conexiones serán sin soldadura. No obstante, los cuellos de las conexiones de diámetro nominal (DN) 14" y mayores podrán fabricarse de la misma chapa que la envolvente soldada a tope por ambos lados.

Esta costura deberá ser radiografiada al 100%. Previa aprobación por parte de ENARSA.

De considerarlo conveniente y con la debida justificación técnica, el Oferente podrá someter a la aprobación de ENARSA materiales y/o componentes alternativos. ENARSA evaluará la propuesta y la aceptará o rechazará.

4.4. Condiciones de Diseño

La presión de diseño será la indicada en la Hoja de Datos correspondiente al equipo solicitado.

En cualquier caso, para todos los haces tubulares sometidos a presión interna, la presión de diseño será igual a la máxima presión esperada de operación, tanto en condiciones normales como anormales, incrementada como mínimo el valor que resulte mayor de los siguientes:

- 10% de dicha presión
- 1,75 kg/cm²

Si la presión de diseño así calculada fuera inferior a 3,5 kg/cm² se tomará este último valor como presión de diseño.

Los cabezales de los haces tubulares que operen a vacío se diseñarán además para la condición de vacío absoluto.

4.5. Temperatura de Diseño

La temperatura de diseño será la indicada en la Hoja de datos respectiva del equipo.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	Identificación ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 8
	ESPECIFICACIÓN	Revisión 1	de 25

Deberá ser como mínimo igual a la temperatura máxima de operación esperada más 30° C.

Todos los materiales indicados en la documentación deben ser los adecuados para trabajar en la combinación de diseño más adversa que se pudiese generar en el equipo.

4.6. Mazos de Tubos

MAZO DE TUBOS: Conjunto de dos cabezales, tubos y marcos.

Se diseñará cada mazo como un conjunto rígido autosoportado que pueda manipularse sin daño durante el montaje y el mantenimiento.

El haz tubular deberá ser desmontable, sin desarmar ni las campanas de distribución de aire (plenos) ni las plataformas de acceso.

Se mantendrán los tubos en posición entre los cabezales por medio de espaciadores y por apoyos integrales con el bastidor.

La disposición de los tubos debe ser al tresbolillo.

Donde se requiera, se usarán cierres de aire (espesor mínimo 3,17 mm. (1/8")) para hacer mínimo el escape y la recirculación del aire.

El máximo largo de tubo aletado no soportado será de 1500 mm y deberán ser instalados de tal manera que queden fijados en su posición. El diseño se debe verificar específicamente para evitar / disminuir cualquier vibración que se pudiese ocasionar posibles daños mecánicos en el Aeroenfriador.

El diseño de estos soportes debe disponer de una distribución, que no genere la eliminación de aletas del tubo para colocarlos. Estos soportes serán material compatible a los tubos.

Los mazos tubulares se diseñarán para una flecha máxima de 9,5 mm (3/8") en servicio.

Se diseñarán los mazos para que se expandan libremente independientemente de la estructura.

En los condensadores de un paso y fluidos sin cambio de fase, los tubos deben tener una pendiente mínima de 5 mm/m hacia el cabezal de salida, para drenaje.

Para tubos aletados no se usará una disposición con distancia entre los mismos menor que el diámetro exterior de las aletas.

La longitud y la separación de las barras de posicionamiento del tubo con aletas no debe exceder los 2 m.

Se diseñarán los mazos para permitir el fácil reemplazo de cualquier tubo.

Se instalarán cáncamos de izaje en cada sección montada para poderlo elevar en una sola maniobra en el primer envío. En el caso de que haya piezas simples de más de 50 Kg.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	Identificación ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 9
	ESPECIFICACIÓN	Revisión 1	de 25

deberán estar provistas con cáncamos de izaje. El fabricante suministrará un accesorio para elevación de las secciones del Aeroenfriador. Este accesorio se ofertará como un ítem por separado.

4.7. Cabezales

Los cabezales serán del tipo tapón salvo que se especifique de otra forma en las hojas de datos particulares.

Los cabezales serán con tapa desmontable en los casos de:

- Servicios con alto factor de ensuciamiento (mayor de 0.0004 h m² °C/ kcal).
- Servicios que el fluido de proceso pueda solidificarse.
- Cabezales con cladding.

Se diseñarán los pasos de los cabezales y la disposición de las bocas para hacer mínimos los tramos de cañerías de vinculación de cabezales. Se distribuirán los cabezales y las bocas de conexión como para permitir la inspección y la limpieza mecánica de los tubos sin desmantelamiento de cañerías o partes del enfriador que no sean los tapones de acceso a los tubos.

Se proveerá un espesor mínimo de la placa de 25,4 mm (1"); el margen de corrosión se considerará en cada uno de los lados de las placas de partición y rigidizadores internos de los cabezales. El sobreespesor por corrosión será indicado en la hoja de datos particular del equipo.

Se podrán usar baffles de acero aleado, en cabezales de acero al carbono para evitar divisiones excesivamente gruesas, como lo exigiría la tolerancia por corrosión, sujeto a la aprobación de ENARSA.

Los baffles de los cabezales se soldarán en posición en toda su longitud.

Se seleccionarán los diámetros de agujeros para tubos, tolerancias, ranurado y terminación conforme a las exigencias de TEMA Clase R para intercambiadores de calor.

Se prolongarán los tubos aproximadamente 3mm más allá de la cara de la placa. Se mandrilarán los tubos en unos 3 mm, menos que el espesor de la placa, pero no más allá de la cara del lado del aire de la misma. Para placas gruesas la porción mandrilada no excederá de 60 mm.

En ningún caso la parte de tubo expandida se extenderá más allá de la cara exterior de la placa tubular. Ver Anexo I, el cual es una referencia típica.

Todos los agujeros para alojamiento de tubos a mandrilar serán ranurados.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	Identificación ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 10
	ESPECIFICACIÓN	Revisión 1	de 25

Después del mandrilado no se realizará soldaduras de sello salvo con aprobación por escrito de ENARSA.

El área mínima de las interconexiones entre sucesivos pasos en cabezales será como mínimo 10% mayor que el área de flujo de los tubos.

Se proveerán cabezales divididos entre pasos de cabezal para servicio de enfriamiento que excedan los 121°C (250°F) de diferencia de temperatura entre entrada y salida. El espesor mínimo de las particiones será de 10 mm (incluido el margen de corrosión). Cada partición deberá contar con un orificio de drenaje de 10 mm de diámetro.

Se utilizará cabezales tipo tapón, para lo cual se proveerán agujeros con tapón para acceso a los tubos frente al extremo de cada uno de ellos. Se seleccionarán los agujeros de acceso a los tubos de un tamaño adecuado para inspección, limpieza y pasaje del expansor de tubos.

Se proveerán tapones de acceso del tipo resalto y guarnición con vástago cilíndrico roscado. Para el diseño de roscas se usará la norma ANSI B1.1 de Roscas Unificadas, UNC, serie de Roscas Ordinarias.

Se instalarán todos los tapones de tal modo que tapen completamente las roscas del cabezal.

El uso de acero y hierro fundidos está prohibido para circuitos de presión ≥ 4 kg/cm².

Se usarán juntas de acero al carbono para los tapones de acceso.

Las juntas deben ser sólidas hechas de hierro blando con un espesor mínimo de 3 mm. Sus dimensiones (ID y OD) deben ser tales que permitan un perfecto centrado en la inserción mecanizada en la placa de tubos para este propósito.

Las caras de las bridas de los tapones deben ser completamente planas y libres de defectos de mecanizado.

4.8. Tubos

Se utilizarán tubos sin costura del diámetro, disposición en tresbolillo y espesor indicado en hoja de datos, con aletas *embedded* de aluminio envueltas mecánicamente bajo tensión y encajadas en una ranura cortada en espiral del lado exterior de los tubos (de aproximadamente 0,2 mm. de profundidad), este método de fijación está relacionado con el coeficiente de transferencia de calor y los riesgos de corrosión externa, los cuales deberán ser tenidos en cuenta en el diseño.,

Esta clase aleta se aplicará hasta una temperatura de diseño máxima de 350°C. Las aletas de aluminio deberán tener un espesor mínimo de 0,4 mm. (0,016").

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	Identificación ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 11
	ESPECIFICACIÓN	Revisión 1	de 25

Si el oferente lo desea podrá proponer otro tipo de aleta indicando las mejoras en la unidad, siguiendo los siguientes lineamientos:

Los tubos utilizados deben cumplir con: ASME II SA 450 – *Specification for general requirements for carbon, ferritic alloy and austenitic alloy steel tubes*.

Si se llegara a proponer tubos de acero inoxidable austenítico, sólo serán aceptables las calidades de bajo contenido en carbono ASME SA-213 (TP 304L, 316L) o las estabilizadas ASME SA-213 (TP 321, TP 347) en los casos siguientes:

- Tubos en U.
- Tubos soldados a placas tubulares.

4.9. Conexiones Roscadas

Se preverán conexiones para venteo y drenaje de acuerdo con lo indicado en la norma API Standard 661, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

En cada cabezal se proveerán conexiones de venteo y de drenaje de 19,05 mm. (Øn 3/4") para todos los puntos altos y bajos respectivamente, para garantizar un adecuado drenaje y venteo de los compartimientos de paso y drenajes en las divisiones horizontales.

Las conexiones de venteo y drenaje serán realizadas con media cuplas serie 6000# NPT, y se entregarán provistas de tapones de acero forjado 6000#.

Por cada mazo deberá instalarse al menos en una de las conexiones de entrada y en el de salida una conexión media cuplas 6000# NPT, de 19.05 mm (Øn 3/4") para tomas de presión, provistas de válvula de bloqueo y tapón.

La instalación de conexiones para limpieza química y su colocación en los cabezales estará sujeta a la aprobación por ingeniería de ENARSA.

4.10. Bridas

Las dimensiones, las caras de apoyo y el perforado de las bridas estarán de acuerdo con la norma ANSI B 16.5.

Los cuellos de conexiones bridadas solidarias al equipo se harán con niples de caño sin costura fijada a bridas de acero forjado con cuello de soldar.

Las bridas con cuello de soldar tendrán el agujero coincidente con el cuello de la boca.

El espesor mínimo de los cuellos para bocas de acero al carbono será schedule 80 para tamaños de 203,2 mm (8") y menores y como mínimo 12,7 mm. (½") de espesor de pared nominal para tamaños de 254 mm (10") y mayores.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	Identificación ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 12
	ESPECIFICACIÓN	Revisión 1	de 25

Los agujeros para los espárragos de las bridas deberán estar ubicados a horcajadas de los ejes principales del equipo.

La cara de apoyo de las bridas de acero al carbono y de acero aleado será:

- a) Con resalto – para bridas, serie ANSI 600# y menores.
- b) Con junta de anillo - para bridas ANSI 900#. No se deberán usar bridas con cara plana.

Las conexiones de los Aeroenfriadores deberán estar diseñadas, y en caso necesario reforzadas (incrementar localmente los espesores de la carcasa y / o conexión), para soportar en la condición de corrosión máxima y sin sobrepasar las tensiones permitidas aplicables a los materiales del cabezal y de la conexión, las fuerzas y momentos transmitidos por las cañerías que se indican como máximas en la norma API Standard 661 / ISO 13706.

Solo se podrá realizar refuerzos con pad en las conexiones previo aprobación de ENARSA.

Nota: Se deberá tener en cuenta que la sección a estudiar es rectangular.

4.11. Estructura y Cubierta

Las estructuras se diseñarán con la rigidez adecuada para soportar las vibraciones inducidas por los grupos motor-ventiladores. La estructura deberá diseñarse de manera que no sea resonante con las frecuencias predominantes del ventilador.

La estructura será diseñada considerando una fabricación de módulos agujereados en taller y montaje atornillado rápido en planta. No se permitirán soldaduras en campo salvo previa aprobación de ENARSA.

Cuando se especifica a la estructura con fireproofing, las mismas deberán ser diseñadas para aceptar las cargas que genere el fireproofing a la altura especificada.

Se proveerán plataformas (ancho mínimo 750 mm) y escaleras para mantenimiento de todos los motores, ventiladores y transmisiones y acceso a las conexiones de entrada y salida de los cabezales. Las pasarelas deberán estar ubicadas a una altura tal que permitan el fácil y cómodo acceso a los tapones de los cabezales y a las conexiones, para la realización de tareas de control y mantenimiento. En todos los casos las plataformas y escaleras estarán soportadas en la estructura del Aeroenfriador y formarán parte del suministro.

Asimismo, se proveerá la estructura necesaria para facilitar las labores de montaje/desmontaje del ventilador, accionamiento y transmisión, para su eventual mantenimiento.

En los Aeroenfriadores con cabezales de tapa desmontable las plataformas de acceso a los cabezales deberán calcularse con resistencia suficiente para soportar el peso de esta tapa cuando se desmonte para mantenimiento.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	Identificación ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 13
	ESPECIFICACIÓN	Revisión 1	de 25

Los paneles de chapa para cámaras de pleno serán de un espesor mínimo de 2 mm. (14 USG) si son lisas y de 1,6 mm. (16 USG) si son con nervaduras, y se diseñarán de modo que formen parte integral de la estructura.

Se usará como mínimo chapa de 2,7 mm. (12 USG) para las chapas superiores sobre los cuales se deba caminar.

Se proveerá de cierre en cada ventilador para impedir la recirculación de aire cuando solamente esté funcionando un ventilador.

Para la protección del personal en unidades de tiro forzado, se proveerá de defensas a los ventiladores con una altura libre bajo las defensas de 2,3 m y en unidades de tiro inducido, una protección contra granizo de alambre tejido capaz de soportar un hombre (110 kg) para proteger las palas del ventilador.

Los bastidores soporte de los motores - ventiladores han de:

- Permitir el trabajo de calibración del sistema de poleas y nivelación de motor.
- Disponer de tornillos de tensionado y destensionado de las correas.
- Disponer de tornillos de alineación del motor dentro del bastidor.
- Proveer una estructura que brinde la seguridad sobre la posible caída del bastidor en caso de rotura del método de sujeción lo unen al resto de la estructura.

El Proveedor facilitará toda la información necesaria sobre cargas y dimensiones de las bases de las columnas para que puedan diseñarse las fundaciones.

4.12. Ventiladores

Los Aeroenfriadores se diseñarán para dos condiciones de funcionamiento, verano e invierno.

La temperatura de diseño del aire en invierno y en verano se especificará en la Hoja de Datos. Si no se indica la temperatura de diseño de verano en la Hoja de Datos, se seguirá la recomendación del API Standard 661.

En operación a baja temperatura ambiente se tomarán las precauciones necesarias para cada condición diseño del proceso o del equipo, para evitar dificultades en el caudal de proceso o el vacío en condiciones de baja columna de presión debida al sobre-enfriamiento.

Se limitará la velocidad en el extremo de la pala a < 60 m/seg (12000 fpm), debiendo adaptarse en cada caso a las limitaciones que puedan incluir los criterios de nivel de ruido máximo, el cual será 85 dB medidos a una altura de 1.5 m por encima de la pasarela y directamente debajo del anillo del ventilador o si son del tipo forzado y 1,5 m por encima de la pasarela si son del tipo Inducido. Debiendo adoptar el criterio más conservador entre la legislación local y las especificaciones de ENARSA.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	<i>Identificación</i> ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 14
	ESPECIFICACIÓN	<i>Revisión</i> 1	de 25

El punto de diseño de los ventiladores será seleccionado considerando la HD particular del proyecto y el caudal de aire requerido en las condiciones de máxima temperatura del aire, pérdida de carga del aire a través de los haces tubulares.

En caso de que no se indiquen métodos de control y pudieran requerirse algunos específicos, (recirculación de aire cuando el fluido de proceso tenga una viscosidad elevada o una temperatura de fluidez alta), el Proveedor propondrá los tipos de control necesarios, o las modificaciones que considere oportunas, para que se pueda realizar el proceso de enfriamiento en las condiciones más seguras.

Se balanceará dinámicamente el rotor del ventilador.

Se deberán equilibrar las palas del ventilador con una pala maestra para asegurar la intercambiabilidad y la dirección de rotación debe estar claramente marcada y visible en todo momento.

En los ventiladores suspendidos o apoyados en la estructura, el diseño debe comprobarse específicamente para evitar que se produzcan vibraciones en las palas.

En los ventiladores suspendidos o apoyados en la estructura, el diseño debe comprobarse específicamente para evitar que se produzcan vibraciones en las palas.

Se usará un número suficiente de ventiladores para asegurar una adecuada flexibilidad para variadas condiciones de operación. En general se proveerá un (1) ventilador por cada 40 m² de superficie de incidencia, y se adoptaran todas las recomendaciones según indicación del apartado 7.2.3 API 661 y/o sus aclaraciones correspondientes a cualquier desvío a las mismas.

Todos los ventiladores serán de paso regulable por lo menos manualmente.

En aquellos casos que se especifique ventiladores de paso regulable automático, la regulación se hará con un cilindro neumático con accionador, apto para recibir una señal de control neumático de 0,2 Kg/cm² a 1 Kg/cm².

Se diseñará todo el conjunto del ventilador para hacer mínimo el mantenimiento de la lubricación. Se usarán cojinetes no lubricados, cubos sellados o instalaciones de lubricación remotas.

Los rodamientos del eje deben estar calculados para una vida como mínimo de 50.000 hs. de funcionamiento a la máxima carga y velocidad, tal como está definido en ISO281 o ISO76.

No se aceptarán paletas de madera o de madera laminada.

4.13. Motor

El proveedor entregará el motor listo para funcionamiento.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	Identificación ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 15
	ESPECIFICACIÓN	Revisión 1	de 25

Constituye parte integrante del suministro lo siguiente:

- Motores
- Pruebas en los talleres del fabricante
- Supervisión del montaje y pruebas finales de funcionamiento (cuando sea requerido)
- Documentación completa del motor y protocolos de pruebas

Para participar en la adjudicación del pedido, los fabricantes deberán acreditar experiencia de fabricación de motores certificados bajo normas.

Salvo indicación en Hoja de Datos del proyecto el motor será asíncrono, de inducción con rotor en jaula de ardilla.

Los motores serán apropiados para régimen de servicio continuo (S1) a potencia nominal.

A menos que se indique expresamente algo diferente en la hoja de datos, los motores deberán ser totalmente cerrados (TEFC), aptos para trabajar de forma continua en ambientes de alta contaminación con presencia de partículas de polvo en suspensión y sustancias corrosivas.

Los motores deberán ser adecuados para uso exterior y aptos para ser instalados en sitios con las condiciones de temperatura, humedad, altitud, etc que se indiquen en la Hoja de Datos particular.

El diseño de cada motor debe permitir una operación continua por largos períodos de tiempo.

Los motores deberán operar satisfactoriamente a carga nominal bajo las condiciones de voltaje y frecuencia definidas en la norma NEMA MG-1.

La tensión y frecuencia nominales serán:

- a) Motores hasta 100 HP 380 V, 3 fases, 50 Hz.
- b) Motores de más de 100 HP 2300 V, 3 fases, 50 Hz

El factor de servicio de motores de AC, totalmente cerrados, operando a tensión y frecuencia nominal y elevaciones de temperatura según IEEE 841, será 1.0.

Sin excepción, todos los motores de baja tensión de hasta 500 HP, deben ser de alta eficiencia según definición de la norma NEMA MG-1 sección 12.60. En caso de motores fabricados bajo norma IEC, se deberá cumplir con características equivalentes o superiores a las definidas por las normas americanas.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	Identificación ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 16
	ESPECIFICACIÓN	Revisión 1	de 25

Las pérdidas y eficiencia de los motores se determinarán de acuerdo con el Método B definido en la sección 6.4 de la norma IEEE Std. 112 (*Standard test procedure for polyphase induction motors and generators*).

Todos los motores deber ser suministrados con cajas de conexiones, con cerramiento mínimo NEMA 4 o IP 55 y tendrán juntas de neopreno.

A su vez, deberán disponer de terminal de puesta a tierra del tipo soldado, localizado en el interior según lo definido en la norma MG-1, parte 4.

La protección mecánica exigible a los motores de diseño para motores dentro de tamaño NEMA serán TEFC (totalmente cerrados con refrigeración por ventilador).

Todos los motores tendrán como mínimo la protección mecánica de la carcasa IP 55. En los casos, en que el polvo puede ser conductor de la electricidad, la protección mecánica de la carcasa será como mínimo IP 65.

En lo que respecta a la protección contra riesgo de explosiones de seguirse las normas americanas se aplicará la NEC, artículo 500 y subsiguientes, UL 674 B y API RP 541.

El nivel de vibración de los motores menores a 500 HP deberá ser probado con el motor desacoplado y fijado a una base rígida plana de conformidad con lo descrito en la norma IEEE 841.

Para motores eléctricos de diseño convencional, operando a tensión y frecuencia nominal y desacoplado, los valores límite de vibración aceptados serán los siguientes:

RPM Motor	Velocidad de Vibración Pico (mm/s)
3600 / 1800 / 1200	2.03
900	1.52

Las condiciones de la medición se realizarán de acuerdo con lo dispuesto en la norma NEMA MG-1 parte 7.

4.14. Persianas

En aquellos casos que se especifique, se podrá usar persianas (registros) para el control automático de la temperatura de salida, las que serán adecuadas para resistir granizo.

El Proveedor podrá indicar si considera necesaria su instalación como sistema de control para asegurar la operación continuada del Aeroenfriador en todas las condiciones previstas de temperatura ambiente.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	Identificación ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 17
	ESPECIFICACIÓN	Revisión 1	de 25

Las longitudes máximas sin soportar de las hojas, flechas máximas de hojas y bastidores, separaciones, recorridos mínimos, etc. cumplirán con lo indicado en la norma API Standard 661 / ISO 13706.

4.15. Malla antigranizo

En todos los casos deberá proveerse malla antigranizo, la cual será galvanizada adecuadamente soportada para resistir la fuerza del viento y el ambiente industrial.

Asimismo, deberá contemplarse un diseño que resista el transporte de elemento al sitio de emplazamiento.

4.16. Transmisiones y accionamientos

El Proveedor suministrará todo el equipo de mando.

Los motores deben dimensionarse para proporcionar la mayor flexibilidad operativa, reducción del consumo y para la mayor de las siguientes condiciones:

- Proporcionar un caudal de aire superior en un 10% al de diseño, con la pérdida de carga correspondiente a este caudal a través del Aeroenfriador, sin que se sobrepase la potencia nominal del motor.
- Para arranque en frío bajo las condiciones de diseño de invierno, con el conjunto de palas del ventilador suministrando el caudal de aire requerido a la temperatura de diseño del aire de verano, sin que se sobrepase la potencia nominal del motor.

Cuando se seleccione en la transmisión el sistema de correas en V, se debe tener en cuenta que el cálculo de RPM es teórico dado que la eficiencia de este sistema no es superior al 85%.

- La potencia del motor será por lo menos un 10% mayor que la potencia al freno del ventilador.

Se usarán reductores de mando en ángulo recto para motores eléctricos a partir de potencias superiores a 35 HP.

Los reductores de mando no se deben suspender de la estructura.

Se proveerán reductores del tipo helicoidal con un factor de servicio de 2, dado por la norma AGMA 6013-A06.

Se proveerán conexiones de lubricación remota para permitir la lubricación del equipo sin parar el servicio.

Las conexiones deberán ubicarse en posiciones accesibles y evitar todo riesgo al personal de atención del equipo rotativo.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	<i>Identificación</i> ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 18
	ESPECIFICACIÓN	<i>Revisión</i> 1	de 25

Donde sea posible los acoplamientos serán flexibles no lubricados y con discos de acero inoxidable.

Las transmisiones deberán ser diseñadas según lo indicado en el apartado 7.8.2.2 de la normativa API 661.

- a) Correas trapezoidales: se utilizarán poleas acanaladas, con correas de sección trapezoidal (perfil en V dentado). Deberán ser 2 correas como mínimo.
- b) Correas síncronas: se utilizarán poleas dentadas, con correas dentadas (perfil HTD). Deberán ser 2 correas como mínimo.

Se deberá seleccionar material y clase de correa, teniendo en cuenta el efecto de la temperatura en la vida operativa de las mismas, a su vez se deberá presentar para aprobación la ficha técnica de la correa.

Las transmisiones por poleas en sistemas de tiro inducido, o con recirculación de aire, no estarán expuestas en ningún caso a temperaturas del aire superiores a 60 °C. Ver apartado 7.2.8.2.13 de la normativa API 661.

4.17. Elementos de izaje motor

Se deberá proveer un perfil metálico que permita retirar o reemplazar elementos del motor y su transmisión.

El motor deberá contar con un cáncamo de izaje tal que permita su movimiento horizontal o vertical, de modo sea efectivo para cualquier maniobra de montaje y/o desmontaje

4.18. Elementos de izaje para carga y descarga

El fabricante deberá proveer todos los elementos de izaje necesarios (perchas, etc.) tanto para la carga como para la descarga en sitio, los cuales entregará junto al manual de izaje e instalación el cual será despachado con los equipos.

5. PINTURA

Ver Especificación Técnica ENARSA-00-G-ET-0001.

6. SOLDADURAS

Ver Especificación Técnica ENARSA-00-L-ET-0005.

7. RADIOGRAFIADO

Se efectuará el radiografiado o gammagrafiado del 100 % de las costuras soldadas a tope, sean longitudinales o circunferenciales, siendo el nivel de aceptación el indicado en el Código ASME Sec. VIII Div.1. Se seguirán los lineamientos de la Especificación ENARSA-00-L-ET-0011.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	Identificación ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 19
	ESPECIFICACIÓN	Revisión 1	de 25

8. INSPECCIÓN Y ENSAYOS

8.1. GENERALIDADES

ENARSA inspeccionará por sí o por terceros la construcción de los equipos, quedando facultado también, para inspeccionar a los proveedores del Contratista principal, los cuales deberán ser aprobados por ENARSA.

ENARSA tiene la facultad de inspeccionar cada una de las partes de los Aeroenfriadores (intercambiador, ventiladores, sistemas de accionamiento, sistemas de control, persianas y estructuras, etc.) deberá ser inspeccionada por separado, previamente a su ensamblaje. El equipo deberá ser comprobado de acuerdo con el manual de instalación y los planos del fabricante.

Serán exigibles a opción de la Inspección todos los requerimientos detallados en la presente Especificación Técnica y las características declaradas en la información certificada del proveedor, previamente aprobada por ENARSA, quien requerirá también los certificados de procedencia de los materiales empleados.

Los materiales a incorporar por el Proveedor podrán ser inspeccionados previamente por ENARSA, ya sea a través de su Inspección o por terceros a los que ella derive tal requisito.

Los mismos deberán ser nuevos, de la mejor calidad y se ajustarán estrictamente a las normas de aplicación y deberán contar con los respectivos Certificados de Garantía de Calidad.

ENARSA rechazará todos aquellos materiales que, a su exclusivo juicio, no reúnan las condiciones necesarias y/o no se ajusten a las especificaciones y normas del presente Concurso y a los documentos de ingeniería que integran el mismo.

Cada una de las partes de los equipos (intercambiador, ventiladores, sistemas de accionamiento, sistemas de control y estructuras, etc.) deberá ser inspeccionada por separado, previamente a su ensamblaje. El equipo deberá ser comprobado de acuerdo con el manual de instalación y los planos del fabricante

8.2. PRUEBA DE LOS EQUIPOS DE ACCIONAMIENTO

Además de las pruebas que se pidan a cada equipo en su correspondiente Especificación, todos los conjuntos de accionamiento, incluidos motores, reductores, dispositivos de transmisión, variadores del ángulo de las palas, actuadores de las persianas, etc. deberán someterse a una prueba de funcionamiento en vacío en los talleres del Proveedor.

Para equipos de grandes dimensiones cuyo ensamblaje deba ser realizado en el lugar de instalación, el Proveedor deberá de proponer en fase de oferta las pruebas a realizar en su taller previo al despacho del equipo.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	Identificación ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 20
	ESPECIFICACIÓN	Revisión 1	de 25

8.3. PRUEBA HIDRÁULICA

Se realizará de acuerdo con lo establecido en la Especificación Técnica ENARSA-00-L-ET-0016 “Recipientes de Presión no sometidos a Fuego Directo”.

9. IDENTIFICACIÓN

A cada Aeroenfriador se le fijará una placa de identificación de acero inoxidable. Esta se ubicará en un lugar accesible.

La placa de identificación contendrá la siguiente información:

- Equipo (se colocará el TAG)
- Servicio
- Construido para: ENARSA
- Orden de Compra
- Fabricante
- Número de Serie
- Año de Fabricación
- Código
- Caudal de Diseño (SMCD)
- Presión de Diseño (Kg/cm²)
- Temperatura de diseño para el aire exterior (°C)
- Temperatura de diseño (°C)
- Máxima Presión Admitida de Trabajo (Kg/cm²)
- Mínima Temperatura de Diseño del Metal (°C)
- Radiografiado
- Eficiencia de Junta
- Tratamiento Térmico
- Presión de Prueba Hidráulica (Kg/cm²)
- Sobreespesor por Corrosión
- Materiales de cabezales
- Material de tubos
- Número diámetro y longitud de tubos
- Superficie de intercambio (m²)

10. REPUESTOS

Ver Listado de Repuestos solicitado en punto 11.1.

11. REQUERIMIENTOS DE DOCUMENTACIÓN

11.1. DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR POR EL OFERENTE

Los oferentes deberán incluir en su propuesta:

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	<i>Identificación</i> ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 21
	ESPECIFICACIÓN	<i>Revisión</i> 1	de 25

- Croquis o plano con dimensiones aproximadas de los equipos.
- Listado de materiales (incluyendo calidad de los mismos)
- Marca y Modelo del Ventilador
- N° de paletas del ventilador, RPM y ángulo
- Curva de performance del ventilador, indicando punto de funcionamiento
- Sistema de Transmisión, según corresponda:
- Caja de reducción a engranajes – Indicar AGMA (hp), Relación
- Poleas y Correas – Indicar cantidad y dimensiones, Relación
- Hoja de Datos Térmica y Mecánica con la información requerida como a completar por el proveedor

Además, el Oferente deberá presentar un listado de repuestos valorizado de aquellos elementos que considere sean necesarios tener en Planta, para permitir la operación y mantenimiento del equipo durante un período de 1 (un) año.

11.2. DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR POR EL ADJUDICATARIO

La firma adjudicataria presentará a los siete (7) días corridos de recibida la orden de compra un plan de inspección donde se definirán puntos de control. Este documento será aprobado por ENARSA.

Para facilitar su seguimiento y control, el adjudicatario presentará un plano conteniendo la totalidad de las costuras soldadas, donde se indicará sobre cada una de ellas, como mínimo, número de soldadura, cuño del soldador interviniente, número del informe radiológico / partículas magnéticas.

Además, el adjudicatario deberá presentar una hoja final de datos certificados y planos generales y de detalle por cada Aeroenfriador antes de iniciar la construcción de los equipos.

Esta documentación deberá contar con la aprobación de ENARSA antes de comenzar la construcción del equipo. La misma deberá ser presentada en un término de 30 días corridos a partir de la emisión de la Orden de Compra. La documentación deberá presentarse en juegos de (3) copias cada uno o subidos al portal de ENARSA, requiriéndose en este caso previamente la autorización de ENARSA.

- Planos constructivos, en escala, con todos sus elementos acotados y lista completa de materiales.
- Memorias de cálculo según el Código ASME VIII División 1, de todas las partes constitutivas del equipo.
- Memoria de Calculo Térmico (Caso Verano / Invierno).
- Especificaciones técnicas complementarias no incluidas en el código utilizado.
- Valores máximos admisibles de fuerzas y momentos en bridas de conexión de Entrada y Salida del Aeroenfriador.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	<i>Identificación</i> ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 22
	ESPECIFICACIÓN	<i>Revisión</i> 1	de 25

- Especificaciones de procedimientos de soldadura.
- Calificación de los procedimientos de soldadura.
- Procedimiento de radiografiado o gammagrafiado y Procedimiento de partículas magnéticas.
- Plano conteniendo la totalidad de las costuras soldadas, donde se indicará sobre cada una de ellas, como mínimo, número de soldadura, cuño del soldador interviniente, número del informe radiológico / partículas magnéticas.
- Especificación del procedimiento específico a realizar con partículas magnetizables, firmado por personal que deberá acreditar la certificación en vigencia del Nivel II o III de la Norma IRAM-ISO 9712. No se admitirán procedimientos de carácter genérico ni con fechas previas a la Orden de Compra.
- Certificado en vigencia de Nivel II como mínimo, del personal que realizará y evaluará los ensayos con partículas magnetizables.
- Calificación de los soldadores con su validez según ASME.
- Procedimientos de izaje para la correcta descarga y montaje del equipo.
- Documentos de pruebas de precomisionado, comisionado y puesta en marcha.

Los planos incluirán las dimensiones y la información general que comprenderá como mínimo lo siguiente:

- a) Disposición de los mazos.
- b) Pesos del Aeroenfriador vacío, lleno de agua y del haz de tubos.
- c) Exigencias del tratamiento término post-soldadura.
- d) Exigencias del examen radiográfico u otros.
- e) Mención del código empleado.

Toda esta documentación deberá ser aprobada por ENARSA antes de comenzar la construcción del equipo.

El Proveedor será responsable del diseño mecánico, térmico, fabricación, inspección, pruebas, registros, habilitaciones, etc.

Los equipos a instalarse deberán estar debidamente registrados y habilitados conforme a las normativas locales, provinciales y nacionales correspondientes. Especial énfasis en los Aparatos/Recipientes sometidos a presión con fuego (o fuego indirecto) y a presión sin fuego.

Toda la documentación que sea sometida para aprobación deberá estar debidamente firmada por el Representante Técnico debidamente registrado y habilitado.

Durante la puesta en marcha y pruebas de los equipos, el proveedor deberá disponer de los o las operarias necesarias debidamente capacitadas y habilitadas para la operación de los equipos.

	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	<i>Identificación</i> ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 23
	ESPECIFICACIÓN	<i>Revisión</i> 1	de 25

11.3. DOCUMENTACIÓN CONFORME A OBRA

Junto con el equipo se entregarán tres (3) copias del DATA BOOK, conteniendo al menos la siguiente documentación:

- Planos conforme a Obra (más un (1) archivo magnético de cada uno de los planos)
- Manuales de Operación y Mantenimiento
- Reportes de Ensayos no Destructivos
- Especificaciones de Procedimientos de Soldadura
- Calificaciones de Procedimientos de Soldadura
- Certificados de los materiales utilizados
- Procedimientos y/o recomendaciones para descarga y manipuleo.

12. EMBALAJE Y TRANSPORTE

Se prepararán los equipos para su traslado a obra, cuidando todos los detalles para evitar daños en sus accesorios o en los equipos mismos.

El Proveedor preverá el embalaje adecuado para el equipo, e indicará las instrucciones para diversas operaciones de manipulación y transporte y para la protección de los materiales durante el viaje, así como su almacenamiento a la intemperie durante un período de 6 meses.

Antes de proceder a embalar el equipo, se protegerán todas sus partes para evitar posibles daños durante el almacenaje y traslado a obra. Además, se taparán todas las bocas de tubos y cañerías para impedir el ingreso de cuerpos extraños.

Todos los elementos deberán estar limpios, desengrasados y libres de humedad, a excepción de las partes específicas que requieran lubricación.

Los equipos serán embalados adecuadamente para ser transportado en camión, considerando que pueden estar sometidos a vibraciones, golpes y expuestos a la intemperie.

Todas las piezas interiores móviles deberán ser inmovilizadas mediante cuñas o fijaciones si fuese necesario.

Estos elementos de inmovilización deberán ser claramente señalizados, así como las instrucciones para su retiro.

Con el haz se suministrarán barras de guía o tornillos y topes para evitar los movimientos durante el transporte y el montaje. Estas piezas deben ser claramente marcadas para ser retiradas después de la instalación.

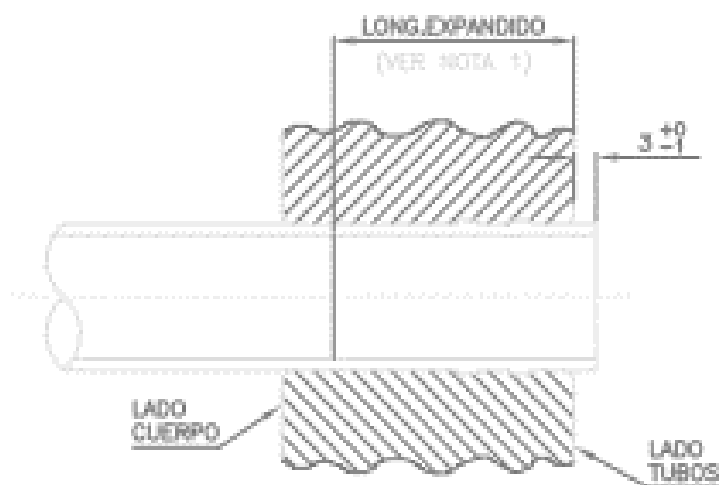
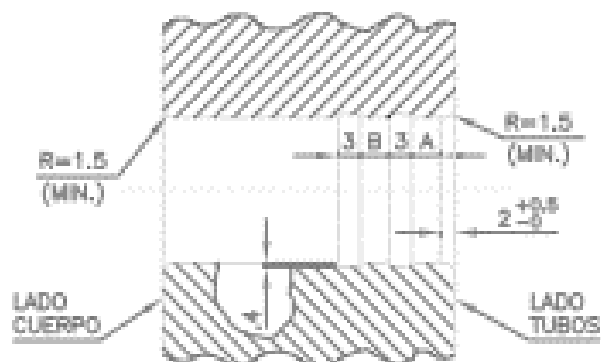
	ESPECIFICACION TECNICA AEROENFRIADORES	<i>Identificación</i> ENARSA-00-L-ET-0040	Pág. 24
	ESPECIFICACIÓN	<i>Revisión</i> 1	de 25

Además, se debe cumplir con lo indicado en el API 661 Standard / ISO 13706. El embalaje será aprobado por ENARSA.

Los repuestos, herramientas especiales, se empaquetarán por separado indicando la referencia del equipo que corresponda.

Los embalajes conteniendo piezas de repuesto, llevarán claramente indicado el rótulo:
"REPUESTOS NO DESTINADOS A CONSTRUCCIÓN"

Anexo I:

ESPECIFICACIÓN


ESPEJOR DE LA PLACA DE TUBOS (mm)	A (mm)	B (mm)
HASTA 19	4	5
DE 20 A 25	6	5
25 Y MAYORES	7	5

NOTAS:

1. LA LONGITUD DE EXPANSION SERA EL 90% DEL ESPESOR DE LA PLACA TUBULAR