ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
CÁMARA DE COMBUSTIÓN Y MEZCLA PARA PUESTA EN MARCHA Y GENERACIÓN DE GAS DE FLUIDIZACIÓN PARA PIRÓLISIS

IN/PY-21/0557-ESP-200/00
Marzo, 2022

CÁMARA DE COMBUSTIÓN Y MEZCLA PARA PUESTA EN MARCHA Y GENERACIÓN DE GAS DE FLUIDIZACIÓN PARA PIRÓLISIS

ÍNDICE

Página

1. OBJETO 1

2. NORMATIVA APLICABLE 3

3. ALCANCE DE SUMINISTRO 5
3.1 General 5

4. ESPECIFICACIONES PARTICULARES 8
4.1 Diseño y Fabricación 8
4.1.1 General 8
4.1.2 Condiciones Ambientales 9
4.1.3 Clasificación de Áreas 9
4.1.4 Límites de Emisión 9
4.1.5 Requisitos de proceso 10
4.1.6 Requisitos mecánicos 12
4.2 Materiales 13
4.2.1 General 13
4.2.2 Chapas 13
4.2.3 Juntas, espárragos y tuercas 14
4.2.4 Materiales Refractarios 14
4.2.5 Tuberías 15
4.3 Fabricación 16
4.3.1 Trazado de Chapas 16
4.3.2 Soldadura 16
4.3.3 Procedimientos de Aplicación de Materiales Refractarios 16
4.4 Elementos Auxiliares 17
4.4.1 Elementos de Seguridad y Rampa de Gas para el quemador piloto y Gas Natural 17
4.4.2 Cuadro de Control 18
4.4.3 Instrumentos y Componentes Electrónicos 20
4.5 Servicios de PrecomisionadO, Comisionado y Puesta en Marcha 23
4.5.1 Precomisionado 23
4.5.2 Comisionado 24
4.5.3 Puesta en marcha 24

5. INSPECCIONES Y PRUEBAS 26
5.1 Inspecciones 26
5.1.1 Controles con Líquidos Penetrantes 26
5.1.2 Ensayos sobre hormigones refractados 27

5.1.3 Pruebas FAT Armario de Control 27

6. RECEPCIÓN Y TRANSPORTE 28
6.1 Recepción 28
6.2 Transporte 28

7. DOCUMENTACIÓN A APORTAR 31

8. GARANTÍAS 36
8.1 Garantías Mecanicas 36
8.2 Garantías de Prestaciones 36

9. PLAZO DE EJECUCIÓN 37

CÁMARA DE COMBUSTIÓN Y MEZCLA PARA PUESTA EN MARCHA Y GENERACIÓN DE GAS DE FLUIDIZACIÓN PARA PIRÓLISIS

1. OBJETO

El objeto del presente documento es el de definir los requisitos mínimos que ha de cumplir la **nueva Cámara de Combustión y Mezcla para Puesta en Marcha y Generación de Gas de Fluidización para Pirólisis**. Esta actuación se encuadra dentro de los trabajos a realizar de Ingeniería de Detalle del Paso a Pirólisis de la Unidad de Gasificación de Biomasa del BIO2C de CENER en Aoiz (Navarra).

CENER se encuentra actualizando sus instalaciones del BIO2C de Aoiz y, entre las modificaciones a acometer, se desea tener la posibilidad de operar el **gasificador existente en modo pirólisis**, para lo que se ha planteado la instalación de una nueva cámara de combustión que genere gas que se empleará como agente fluidizante en el proceso de pirólisis. Puesto que el modo pirólisis requiere que la concentración de oxígeno en los gases de fluidización sea mínima, se solicita una cámara de combustión en la que será necesario **reducir al mínimo el exceso de aire con el que opera**, de forma que las condiciones de trabajo en modo pirólisis en el reactor aguas abajo de la cámara (ausencia de oxígeno) se cumplan en la medida de lo posible.

Este sistema estará compuesto, como se expone con más detalle en puntos siguientes, por una nueva cámara de combustión refractada interiormente que empleará gas natural, así como el cuadro de control para la citada cámara y los elementos auxiliares asociados. Se deberá considerar además el espacio requerido para la atemperación con vapor hasta la temperatura requerida, así como el control de la misma.

El ofertante será responsable de todos los aspectos de diseño mecánico, suministro de materiales y fabricación, inspecciones, pruebas, expedición y transporte, quedando fuera de su responsabilidad el montaje de los mismos. No obstante, deberá ofrecer la información y asistencia necesaria para que esta tarea sea correctamente ejecutada por otros.

Esta especificación no sustituye los códigos y normas de referencia indicados en el epígrafe siguiente; únicamente la complementan con condiciones particulares para este proyecto.

Nada de lo señalado en esta especificación descargará al suministrador de realizar, además de lo aquí especificado, aquellos análisis, pruebas, inspecciones u otras actividades que considere necesarios, para asegurar que el diseño, los materiales y la mano de obra son satisfactorios para el fin deseado, o corresponden a la buena práctica habitual.

El ofertante incluirá en sus precios y asumirá la responsabilidad sobre el diseño completo y cálculos justificativos. También estarán incluidos en el precio la elaboración de todos los planos y documentos adicionales que sean necesarios para la correcta definición e instalación de los suministros bajo su alcance.

Toda modificación o desviación propuesta por el fabricante deberá ser comunicada a CENER, quien deberá dar su aprobación por escrito.

2. NORMATIVA APLICABLE

Se cumplirá con toda la Normativa y Reglamentación nacional y local, aplicable en el diseño y ejecución de este tipo de instalaciones industriales y que se encuentre en vigor. Igualmente. De forma no limitante se cumplirá la siguiente reglamentación:

- Real Decreto 919/2006, de 28 de julio por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.
- Real Decreto 709/2015, de 24 de julio, por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de los equipos a presión.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 144/2016, de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- Directiva 2014/30/UE de compatibilidad electromagnética.
- Norma UNE-EN 746 (Partes 1 y 2). Equipos de tratamiento térmico industrial.
- Norma UNE-EN 298. Sistemas automáticos de control para quemadores y aparatos que utilizan combustibles gaseosos o líquido.
- Otras normas UNE y/o normativa internacional aplicable a los equipos incluidos en el alcance de la presente especificación.

Normas DIN

Serán de especial aplicación las siguientes normas:

- DIN 2448/81 Dimensiones de tubos de acero sin soldadura
- DIN 2501 Dimensiones y taladros de bridas
- DIN 2573, 2502, 2503 Bridas planas
- DIN 2527 Bridas ciegas
- DIN 931 Tornillos
- DIN 934 Tuercas
- DIN 267 Calidad tornillería
- DIN 2690 Juntas para bridas
- DIN 125 Arandelas planas

No obstante, será de aplicación cualquier otra norma DIN que afecte al diseño de los equipos.

Otras Normas y Códigos indicados en las hojas de datos.

El suministrador será totalmente responsable de todos los aspectos del diseño mecánico, suministro de materiales, fabricación, inspección y pruebas, así como de cualquier eventual reparación de los equipos y/o materiales.

Especificaciones particulares

El diseño y construcción de los elementos deberá hacerse conforme a lo indicado en las siguientes especificaciones, anexas al presente documento:

- Especificación técnica para pinturas industriales IN/PY-10/0668-ESP-101 (Anexo II).

El uso de las normas especificadas anteriormente, no excluye la aplicación de cualquier otra norma no indicada y que resulte exigible por la legislación vigente o la práctica común aplicable en razón del fluido a transportar, el tipo de operación o las condiciones de operación necesarias.

En caso de discrepancia o conflicto entre documentos incluidos en la presente Requisición de Suministro, se seguirá el siguiente orden de prioridad:

- Legislación aplicable.
- Hoja de datos adjunta en esta Requisición.
- Esta Requisición y sus anexos.
- Códigos internacionales.

Será responsabilidad del suministrador comunicar por escrito cualquier discrepancia existente entre estos documentos y otros documentos. El suministrador será responsable de resolver dichas discrepancias.

3. ALCANCE DE SUMINISTRO

3.1 GENERAL

La presente especificación contempla los trabajos y servicios siguientes, que deberán ser tenidos en cuenta por el ofertante:

- Diseño, cálculo, fabricación y suministro de **una Unidad Paquete de un Sistema de Cámara de Combustión y Mezcla, así como los elementos auxiliares requeridos**, de acuerdo a la presente requisición, hoja de datos anexa y experiencia del suministrador en este sector. Se incluirán los accesorios descritos en la presente especificación, y cualquier otro que el ofertante considere necesario para el correcto funcionamiento del sistema.

  La cámara de combustión será una **cámara en acero al carbono refractada interiormente** de dimensiones adecuadas para el caso más desfavorable de los indicados en la hoja de datos anexa. El conjunto **se considerará como un equipo no a presión (Pdis<0,5kg/cm^2)**.

- Definición del correcto control de la unidad para la aplicación requerida, para un funcionamiento óptimo y seguro de la misma.

- Nueva válvula de control para venteo del aire de combustión excedente. Esta válvula se entregará suelta (Loose Supply), siendo montada y conectada por un tercero.

- Rampa de vapor para atemperación con vapor de manera automática, así como, los inyectores de vapor para la atemperación, y el volumen requerido para la mezcla en la nueva cámara. La rampa de vapor vendrá premontada con todos sus elementos, incluyendo los elementos de soportación necesarios.

- Suministro de la instrumentación necesaria para el correcto y seguro funcionamiento de la cámara de combustión. Queda excluido montaje de los mismos, a realizar por un tercero.

- Cálculos y planos totalmente terminados. Si el ofertante no dispone de oficina técnica para la realización de estos trabajos, deberá reflejarlo expresamente como exclusión. Como mínimo, deberán incluirse los cálculos mecánicos del equipo, incluyendo tubuladuras, elementos anclaje y elementos de izado, así como los cálculos térmicos tanto de pérdidas máximas (mínima temperatura ambiente) como de máxima temperatura exterior (máxima temperatura ambiente).

- Además de los cálculos normales del equipo, el fabricante ejecutará cualquier otro tipo de cálculos que a juicio de INERCO/CENER sean necesarios realizar para justificación de alguna parte del diseño que haya quedado fuera de los cálculos generales.

- Todos los equipos mecánicos, recipientes a presión, tuberías, etc., deberán tener su placa característica, sello y marca, resistentes a la corrosión y fijadas a los mismos. **La**

nueva Cámara deberá entregarse con Marcado CE y Declaración de Conformidad de acuerdo a las Directivas de Seguridad que le sean de aplicación.

- El ofertante incluirá en su oferta el diseño, fabricación y suministro del armario de control de la cámara de combustión, incluyendo las seguridades de la misma. No formará parte del alcance el cableado desde el citado cuadro a cada uno de los elementos finales ni la comunicación de dicho armario con el sistema de control de la planta, aunque de existir cableado especial (ej.: cables de ignición u otros), este será suministrado por el ofertante para su montaje por otros, debiendo indicarse la distancia máxima posible para dichos cables.

- En el armario de control se integrará un BMS (Burner Management System) para control y seguridades de los quemadores de gas natural y fuel gas. Este sistema puede ser sustituido por PLC de seguridad, con certificación SIL adecuada, para garantizar la seguridad del sistema.

- Cuadro general de baja tensión para los distintos equipos de la cámara. En dicho cuadro se integrarán todas las protecciones para los elementos de la Unidad Paquete, incluida la alimentación no segura del cuadro de control.

- Los sistemas eléctricos, sistemas de instrumentación y control, cableado, etc., deben estar correctamente etiquetados y marcados para su identificación.

- Pintura de las partes expuestas de acuerdo a la especificación IN/PY-10/0668-ESP-101 (Anexo II).

- Aislamiento acústico necesario para que el nivel máximo de ruido sea inferior a 80 dB(A) a una distancia de 1 metro de la superficie del equipo y medido a una altura de 1,5 metros por encima del suelo o la superficie de paso cuando se opera en su modo de operación normal.

- Inspecciones, ensayos y pruebas tanto en fábrica como en campo, de acuerdo a la presente especificación y según la normativa y códigos de aplicación.

- Control de calidad de materiales.

- Limpieza y acondicionamiento del equipo y accesorios para su transporte.

- Embalaje y transporte DDP, según Incoterms, hasta el lugar de la obra.

- Asistencia de un técnico para comisionado y puesta en marcha del sistema. Asimismo, el ofertante tendrá presente los ajustes finales en los equipos, debiendo contar con personal cualificado para ello e incluirlo dentro de esta partida.

- El Suministrador garantizará la completa resistencia a la corrosión en elementos de soporte estructural además de ser necesario aplicar sistemas de revestimiento para adaptar y preparar las superficies a las condiciones externas de acuerdo a la ubicación y localización del emplazamiento.

- Documentación según el punto 8.

- Garantías y responsabilidades.

- Lista de repuestos para la puesta en marcha, valorada, que debe formar parte del principal de la oferta.

- Lista de repuestos para dos años de operación (16.000 horas equivalentes). Esta lista será entregada valorada como documento independiente de la oferta.

El montaje del sistema queda fuera del alcance; no obstante, el fabricante dará las recomendaciones necesarias para el montaje del mismo, de forma que dicha tarea pueda ser realizada satisfactoriamente por otros.

De ser necesaria obra civil, el fabricante dará las recomendaciones necesarias para la ejecución de la misma, de forma que dicha tarea pueda ser realizada satisfactoriamente por otros.

Además de lo recogido de forma explícita, el Ofertante deberá incluir en su suministro todos aquellos elementos que considere necesarios para una correcta y segura operación del equipo objeto de esta especificación según la buena práctica habitual.

Los ofertantes deberán considerar lo indicado en la presente requisición como alcance mínimo, pudiendo realizar propuestas técnicas que, a su juicio, pudieran suponer mejoras operativas o de seguridad en la instalación.

4. ESPECIFICACIONES PARTICULARES

4.1 DISEÑO Y FABRICACIÓN

4.1.1 General

Con los datos que se exponen en la presente requisición, el Ofertante deberá confirmar que los equipos ofertados funcionarán de forma segura, con bajo mantenimiento y fiable a las condiciones de operación requeridas.

La nueva Cámara de Combustión y Mezcla, que consistirá en una cámara de combustión horizontal refractada interiormente, se instalará en una planta de pirólisis de biomasa (actualmente de gasificación).

La Cámara de Combustión será instalada en el interior de una estructura metálica cerrada lateralmente en tres de sus cuatro caras, así como en su cubierta.

Se deberán poder hacer labores básicas de mantenimiento en el equipo durante su estado de “marcha”. Para dichas laborales únicamente se requerirá la actuación del personal de la propiedad no especializado, pero con una formación mínima en ese campo, de manera que sólo se requiera la actuación de personal cualificado para situaciones accidentales o revisiones exhaustivas que requieran la parada de la instalación.

El equipo objeto de suministro operará a alta temperatura, de modo que interiormente será refractado con materiales refractarios aptos para su uso en estas condiciones de modo que la temperatura en la cara exterior metálica de la calderería de los equipos sea, como máximo, de 65ºC para la temperatura máxima ambiente y viento a 1,5 m/s. En caso de que no sea viable alcanzar estas condiciones, el ofertante indicará e incluirá en su alcance los elementos de protección adicionales que considere adecuados para evitar el contacto con la cámara.

Por otro lado, dado que el equipo se diseña para aportar calor a otro sistema, es deseable minimizar las pérdidas de calor, debiendo calcularse y reflejarse las mismas en la oferta para la temperatura mínima ambiente y viento a 1,5 m/s.

Asimismo, deberá tenerse presente que la instalación proyectada debe considerarse como instalación de demostración, con los siguientes condicionantes particulares:

- Factor de uso limitado de la instalación de 2.000 horas/año.

- Será necesario tener presente en el diseño de los equipos y sistemas la necesidad de un mínimo de 20 pruebas al año, con sus correspondientes períodos de puesta en marcha y parada. Cada una de ellas contará con una duración máxima de 100 horas de funcionamiento continuo.

Según lo recogido en la normativa vigente en materia de Seguridad e Higiene en el trabajo, todos aquellos elementos que puedan dar lugar a posibilidades de peligro para el personal, deberán estar dotados de las oportunas señalizaciones, protecciones y dispositivos de seguridad.

El nivel máximo de ruido permitido en campo no excederá de 80 dB (A) a una distancia de 1 metro de la superficie del equipo y medido a una altura de 1,5 metros por encima del suelo o la superficie de paso cuando se opera en su modo de operación normal.

El Suministrador deberá suministrar e instalar en taller todos los elementos soldados y atornillados que conformen cada uno de los equipos (orejetas, tomas de tierra, soportes de aislamiento, refuerzos de conexiones si es necesario, etc.); de este modo, el equipo y sus elementos auxiliares deberán suministrarse con los medios adecuados (tales como, orejetas de suspensión, elementos de soporte, tornillos extractores, etc.) para facilitar el posterior montaje de los elementos y eventual desmontaje.

El suministro e instalación de los pernos para fijación de los equipos y sus auxiliares a la cimentación será realizado por otros. Sin embargo, el Suministrador deberá realizar el diseño de los mismos, incluyéndolos en los planos.

Los motores completos deberán ser equilibrados estática y dinámicamente.

4.1.2 Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales del lugar del emplazamiento son las siguientes:

- Humedad relativa máxima / media: 90,4 / 70,9 %
- Temperatura media anual: 12,4 ºC
- Temperatura máx. diaria media (agosto): 28,6 ºC
- Temperatura mín. diaria media (enero): 1 ºC
- Temperatura máxima: 40 ºC
- Temperatura mínima: -10,6 ºC

4.1.3 Clasificación de Áreas

El suministrador deberá tener presente que los elementos a instalar lo harán en AREA NO CLASIFICADA por otros elementos distintos a los propios de su suministro, debiendo indicarse en la oferta la clasificación contemplada. En este sentido, el suministrador deberá en su caso aportar las medidas de protección adecuadas para los elementos ofertados.

4.1.4 Límites de Emisión

Los quemadores deberán ser adecuados para el combustible y las condiciones especificadas.

Dadas las particularidades de la combustión con la cámara trabajando como generadora de gas fluidizante para pirólisis, y a que estos gases serán conducidos posteriormente a un reactor, no se exigirá el cumplimiento de unos valores de emisión determinados en este modo de operación. No obstante, el ofertante deberá proponer unos valores tanto de CO como de NOx que

sirvan de referencia durante la operación de la misma, valores que podrían ser contrastados por CENER durante la puesta en marcha del sistema.

4.1.5 Requisitos de proceso

Tal y como se detalla en la hoja de datos anexa, la **nueva Cámara de Combustión y Mezcla** a instalar en la Unidad de Gasificación del BIO2C de CENER en Aoiz (Navarra), forma parte de las actuaciones a acometer para el paso a pirólisis de la instalación actual.

Las características operativas de la instalación existente son las siguientes:

- La operación de pirólisis se realizará en el reactor existente que actualmente se emplea para el proceso de gasificación, el cual será adecuado mediante las modificaciones necesarias para una operación óptima de pirólisis.

- Tal y como se indica anteriormente, como agente fluidizante se considerará la **mezcla de gas de combustión** con muy bajo exceso de oxígeno, puesto que se requiere una atmósfera inerte, **con vapor**, que se empleará para atemperar el gas de combustión hasta la temperatura requerida por la operación de pirólisis.

  El vapor disponible para la atemperación es vapor saturado a 10 barg, que será laminado a la presión de operación del gas de combustión. Actualmente existe en la planta una válvula de control cuya capacidad ha sido validada para esta aplicación. No obstante, y de cara a que el paquetista defina el correcto control de la unidad para la aplicación requerida, se incluye dentro del alcance de este suministro una nueva válvula de control para la laminación del vapor.

  La rampa de vapor deberá contener al menos la válvula de control y bypass del mismo, incluyendo bloqueos para la válvula de control, así como drenajes aguas arriba y aguas abajo, que serán conducidor (por otros) a purgadores automáticos para evitar la acumulación de condensado.

  Con objeto de evitar la necesidad de elementos adecuados para áreas clasificadas, el ofertante propondrá las medidas necesarias de distanciamiento entre la rampa de gas/quemador de gas y los elementos de la rampa de vapor, sugiriéndose que, por implantación, se situe cada rampa a un lado de la cámara.

- La instalación actual cuenta con una soplante de tiro forzado que se empleará para proporcionar el caudal de aire requerido por la nueva cámara. Esta soplante cuenta con variador de frecuencia. La soplante, actualmente sobredimensionada para la nueva aplicación que se requiere, trabajará en un punto fijo, y se venteará el aire excedente. Al igual que en el caso del vapor, queda dentro del alcance del paquetista la definición del correcto control de la unidad para la aplicación requerida, así como el suministro de dicha válvula de control (loose supply).

  El control de esta válvula estará dentro del alcance de la oferta, siendo el caudal de aire una medida externa existente actualmente (1100-FT-004) y estando el venteo donde se situa la válvula de control aguas arriba de dicho caudalímetro, por lo que el

caudalímetro siempre verá el caudal que llega a la cámara de combustión, siendo la acción del lazo directa.

La válvula de control incorporará solenoide y será a fallo cierra, de forma que, ante fallos en el sistema la válvula cierre automáticamente quedando todo el aire disponible para el barrido de la cámara de combustión.

Las condiciones de operación de la cámara son las descritas en la correspondiente Hoja de Datos incluida en el Anexo I, y que se resumen en la siguiente tabla:

	Caso mínimo	**Caso base**	**Caso máximo**
Combustible	Gas Natural		
Potencia requerida	150 kW	220 kW	289 kW
Temperatura Gas Salida	≈ 1800 ºC		
Caudal estimado de aire para combustión	140 Nm^3/h	192 Nm^3/h	260 Nm^3/h

Para el dimensionamiento de la nueva cámara se aplicará un factor de sobredimensionamiento de un 15% sobre la potencia requerida para el caso máximo, **resultando 333 kW**.

Debido a que el gas resultante será empleado para la fluidización en el proceso de pirólisis, **la concentración máxima de oxígeno a la salida de la combustión debe ser de un 3% v/v, y a la salida de la atemperación de máximo un 1% v/v.**

El ofertante deberá tener en cuenta el rango de potencias indicado en el diseño del sistema, seleccionando equipos que permitan dicha rangeabilidad e indicando las limitaciones a la misma en su propuesta.

Asimismo, se requiere que la nueva cámara de combustión sea válida para la puesta en marcha de la instalación, ya que es necesario precalentar el inerte contenido en el reactor para iniciar su operación, y **se desea poder prescindir de la cámara para puesta en marcha actual, y emplear únicamente la nueva cámara de combustión** y mezcla para la operación completa.

Para la puesta en marcha se requieren las siguientes condiciones:

Condición de Operación	**Máxima**
Potencia Térmica (kW)	230
Temperatura Gas Salida Requerida (ºC)	
Normal	650
Máxima	680
Contrapresión Estática Salida (mbar)	300
Caudal de Aire alimentado (Nm^3/h)	600

En el caso de operación de la nueva cámara para puesta en marcha, no se dará atemperación con vapor, ajustándose la temperatura de salida requerida para los gases mediante la regulación del caudal de gas natural, mientras que el caudal de aire alimentado será fijo.

Los condicionantes de proceso básicos a tener en cuenta en la selección del equipo serán los siguientes:

- El combustible auxiliar disponible en la Unidad de Gasificación del BIO2C de CENER en Aoiz (Navarra) será Gas Natural a una presión máxima de 0,4-0,8 barg.

- En el área donde se instalará la cámara de combustión no existirán zonas clasificadas con riesgo de explosión distintas a las que pudiese dar lugar la propia rampa de gas natural y sus conexiones de proceso. En este sentido, y con objeto de no requerir equipos con especiales características, se atenderá a lo especificado en el punto 4.1.3 de la presente especificación.

- No se aplicará más factor de sobrediseño sobre la potencia térmica a entregar que el ya indicado, seleccionando el ofertante el quemador que mejor se ajuste al propósito.

- El quemador irá provisto de un piloto de encendido a gas, capaz de funcionar bajo cualquier circunstancia operativa, cuya llama será claramente visible en todo momento.

- Las seguridades de la cámara serán garantizadas dentro del suministro, sin depender de variables externas a este sistema, por lo que el suministrador deberá aportar la instrumentación y elementos de seguridad necesarios.

  En este sentido, se debe atender a lo indicado en la UNE-EN 746 en lo referente a las rampas de gas y seguridades asociadas.

- El diseño mecánico de la cámara se realizará mediante código de reconocido prestigio, teniendo presente las acciones a considerar.

- Se mantendrá un encendido del piloto continuo y con llama estable. El piloto incluirá un venturi para mezcla de combustible-aire que evite el retroceso de llama.

Para más información, ver hoja de datos adjunta en el Anexo I.

4.1.6 Requisitos mecánicos

En diseño mecánico del sistema atenderá a los siguientes requisitos generales:

Temperatura de Diseño

- La temperatura máxima de operación de la cámara (antes de la atemperación con vapor) se establece en 1.940ºC (en función del contenido en oxígeno en los gases de combustión). Todos los materiales y diseños deberán atender a esta temperatura máxima de operación más un margen de 30ºC, **por lo que la temperatura de diseño se establece en 1.970ºC.**

- El cálculo mecánico de la cámara se realizará con la temperatura de pared metálica más desfavorable, basada en el cálculo térmico que se realice.

Presión de Diseño

- El cálculo que a realizar deberá considerar las siguientes presiones máximas:

  Presión de diseño: 0,49barg.

- Asimismo, la cámara deberá diseñarse para un vacío máximo de -10 mbarg sin afectar a ninguno de los elementos del sistema. Se deberán hacer las provisiones necesarias (elementos de seguridad) en caso de que la cámara pueda sufrir daños por los vacíos indicados.

El ofertante deberá tener en cuenta posible cargas en las tubuladuras de proceso (entrada de gas/salida de gases de combustión) que pudieran requerir refuerzos locales en las mismas, lo que será analizado en fase de ingeniería.

4.2 MATERIALES

4.2.1 General

Los materiales serán especificados por el Suministrador según normas DIN, a menos que se indique lo contrario. Serán adecuados al fluido y a las condiciones de funcionamiento y de servicio del equipo. El ofertante debe proporcionar en su oferta la metalurgia de los componentes principales, debiendo cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Los materiales para el quemador, válvulas, bridas y demás materiales serán acordes al servicio especificado y experiencia del suministrador.

- Para los materiales refractarios, se deberán presentar a nivel de oferta los cálculos térmicos, ficha de los materiales y procedimiento de montaje, así como procedimiento de secado en caso de emplearse hormigones.

- Los suplementos usados bajo los soportes del equipo para su nivelación y/o alineamiento, serán de material anticorrosivo.

- Se desea la máxima estandarización para reducir al mínimo el inventario de piezas de repuesto.

En cualquier caso, los materiales serán sometidos a aprobación por CENER/INERCO.

4.2.2 Chapas

La calidad de las chapas para la envolvente deberá ser como mínimo S 275JR ó similar.

4.2.3 Juntas, espárragos y tuercas

Los espárragos y tuercas serán del diámetro adecuado al rating y diámetro de bridas.

Para las juntas se cumplirán los siguientes requisitos adicionales:

- El material será compatible con el fluido y con el material de asiento de las bridas.
- Siempre que sea posible, se utilizarán del tipo espirometálicas, metaloplásticas, metal sólido plana o de anillo octogonal.
- El relleno de las espirometálicas y metaloplásticas, será grafito, fibra cerámica o teflón.

En ningún caso, podrán contener amianto/asbestos.

4.2.4 Materiales Refractarios

El material de revestimiento podrá ser hormigón refractario, ladrillos refractarios o fibra cerámica, en función de las características solicitadas al revestimiento y facilidad de colocación. Asimismo, se permite el empleo de revestimientos multicapa para alcanzar los objetivos propuestos tanto de duración de cara expuesta como de temperatura de cara exterior.

No obstante lo anterior, y para minimizar los tiempos de arranque y precalentamiento del sistema, se prefiere fabricación con fibras cerámicas, con protección mediante proyectado en el caso de que se considere necesario, debiendo el ofertante justificar la selección del sistema refractario seleccionado de acuerdo a las bases de diseño y calidad del gas esperada.

En el caso de los materiales refractarios se fijan los siguientes requisitos mínimos:

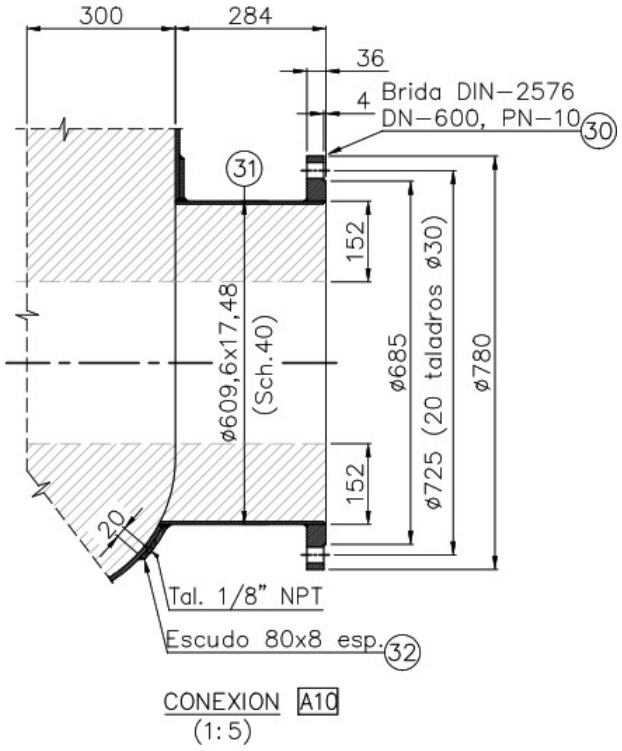
- De no existir indicación diferente, el diseño del revestimiento se realizará teniendo en cuenta que la temperatura de la superficie exterior de los equipos y conductos no será superior a 65ºC, considerando una temperatura ambiente de 28,6ºC y viento a 1,5 m/s. En caso de superarse dicha temperatura, el ofertante deberá indicar en su oferta esta desviación y la distancia mínima de seguridad a mantener con el cuerpo del equipo.
- El Suministrador confirmará con sus cálculos que los materiales y espesores definidos están de acuerdo con lo indicado en esta especificación, y con los requisitos de máxima pérdida de calor, o temperatura de pared establecidos.
- El aislamiento deberá estar provisto de medios de absorción de las dilataciones térmicas para evitar el riesgo de agrietamiento, separación o desplazamiento del material empleado.
- En las zonas en que se requiera la colocación de anclajes, injertos para instrumentos, o cualquier otro accesorio, estos elementos, o cualquier otro que vaya a ser rodeado directamente por el refractario, serán de acero inoxidable 18/8, salvo indicación en contra. El material de los anclajes para sujeción de fibra cerámica será seleccionado en función de la temperatura.

4.2.5 Tuberías

Para diámetros nominales de hasta DN400 inclusive, los tubos utilizados para las tubuladuras, serán sin soldadura y de acuerdo con las siguientes especificaciones:

- Para recipientes de acero al carbono y acero al carbono calmado: A-106, Grado B.

- La tubuladura de salida de gases principal de la cámara será del mismo diámetro y espesor que el de entrada al gasificador existente (ver detalle a continuación de la conexión), debiéndose indicar expresamente el diámetro necesario si el de entrada al gasificador no se encontrara adecuado para el caudal de gases resultante. Deberá verificarse la exigencia de temperatura en pared metálica para esta tubuladura.



- Debido al diámetro estimado para la cámara (en torno a un metro) se requiere que la cámara sea partida, con una brida de unión en el lado frío, para acceso al interior del equipo en operaciones de mantenimiento.

- Se deberán incluir en la valoración, aparte de las tubuladuras necesarias para todos los elementos propios del sistema, al menos tres (3) tubuladuras de reserva de DN100 para otros elementos/instrumentos que pudiera ser necesario instalar.

- La proyección mínima de las tubuladuras para diámetros hasta DN250 será de 150mm, incrementándose la misma en caso de que sea necesario protección personal exterior debiendo definirse la proyección adecuada para las de mayor diámetro.

4.3 FABRICACIÓN

4.3.1 Trazado de Chapas

Las chapas de la envolvente serán trazadas de forma que tengan un mínimo de soldaduras.

Las costuras de la envolvente se dispondrán de forma que no interfieran con conexiones, soportes ni con cualquier otro elemento soldado. La distancia mínima a respetar entre soldaduras será tres veces el espesor de la pared, pero nunca menos de 50 mm.

Las soldaduras circunferenciales se dispondrán de modo que se pueda efectuar inspección visual con los internos instalados. Asimismo, las soldaduras longitudinales sólo podrán verse afectadas por soldaduras circunferenciales totales.

4.3.2 Soldadura

Los recipientes se fabricarán por medio de soldadura de fusión por arco, empleando soldadores y procedimientos debidamente homologados y aprobados por CENER/INERCO.

La especificación del procedimiento de soldadura (PQR), la homologación del procedimiento (WPS) y las homologaciones de los soldadores (WPQ) deben ser enviados para aprobación a CENER/INERCO.

El fabricante no comenzará la fabricación en tanto no haya obtenido la aprobación de dichos procedimientos. El fabricante enviará para aprobación junto a los documentos anteriores un mapa de soldaduras (WELD MAP).

La soldadura de simple pasada por arco sumergido no será aceptable si se realiza por un solo lado.

Todos los bordes de chapas, preparados por oxicorte o plasma serán esmerilados hasta metal blanco. No se permite la preparación de bordes por medio de arco-aire.

Si se utiliza arco-aire para el saneado de raíz, se esmerilará y se inspeccionará por medio de líquidos penetrantes la zona saneada.

Los materiales consumibles utilizados en la especificación del procedimiento de soldadura (PQR) serán del mismo tipo y composición que los que se utilicen en la fabricación del equipo.

4.3.3 Procedimientos de Aplicación de Materiales Refractarios

El material de revestimiento expuesto a utilizar podrá ser seleccionado por el ofertante, pudiendo emplearse fibras cerámicas, hormigones ó refractarios conformados, debiendo en cualquier caso justificarse técnicamente la solución empleada, debiendo los materiales seleccionados ser adecuados para poder soportar la temperatura máxima del equipo y las condiciones del gas de combustión generado, considerando como tal la de la combustión del gas más desfavorable en las condiciones de diseño.

El procedimiento de ejecución del revestimiento será definido por el ofertante y especificado en fase de ingeniería, debiendo ser aprobado por INERCO.

En el caso de optar el ofertante por una solución hormigonada, deberá entregarse asimismo el procedimiento de curado y secado del hormigón.

En cualquier caso, todos los materiales y medios para el correcto recubrimiento del equipo correrán por cuenta del ofertante, incluyendo consumibles en caso de requerirse realizar alguna operación en el lugar de implantación**, prefiriéndose en cualquier caso soluciones en las que el equipo llegue completamente terminado (curado y secado en taller)** y listo para su montaje en planta.

4.4 ELEMENTOS AUXILIARES

4.4.1 Elementos de Seguridad y Rampa de Gas para el quemador piloto y Gas Natural

La Cámara de Combustión y Mezcla dispondrá al menos, de los siguientes elementos de seguridad en la propia cámara y componentes de la rampa de gas para el quemador piloto:

- Se deberá instalar un visor de llama accesible para la observación directa de la misma.

- El sistema de encendido de pilotos será electrónico y deberá contar con chequeo de estado de los pilotos, chequeo de estanqueidades, reencendido automático, encendido manual. Cada piloto debe tener controles de encendido y chequeo independientes. El piloto debe de incluir una bujía de ignición que asegure el encendido de la mezcla aire-combustible.

- El tren de alimentación de gas de aporte y pilotos cumplirá con la ITC-ICG07: Instalaciones Receptoras de Combustibles Gaseosos y con lo descrito en la norma UNE 746 e incluirá al menos, los elementos requeridos por la misma.

- Dichas rampas de gas se montarán separadas del equipo (quemador) por cuestiones de implantación, debiendo suministrarse premontada con todos sus elementos, pero independiente del cuerpo del quemador, que deberá suministrase premontado en el cuerpo de la cámara.

- La alimentación de aire para el quemador y para el piloto deberán tener fuentes separadas, siendo para el piloto preferentemente Aire de Instrumentos. Durante la puesta en marcha se procederá a la regulación de la posición de las mismas, quedando enclavadas mecánicamente posteriormente para evitar una manipulación no deseada durante la operación.

- El Ofertante propondrá un sistema para evitar el retroceso de llama adecuado a las características del gas y de la instalación.

4.4.2 Cuadro de Control

Este cuadro recibirá una única acometida de alimentación eléctrica a 230 V y 50Hz desde el cuadro de baja tensión general de la planta. En caso de requerirse alimentación segura para alguno de los elementos, el ofertante deberá definir la potencia de dicha alimentación para comprobar la disponibilidad de la misma en el UPS existente o necesidad de ampliación del mismo.

El cuadro podrá ser de tipo mural y contará con un grado de protección IP41 o superior. Sus dimensiones y RAL deben ser aprobadas por INERCO y se ubicará en el interior de la Sala de Control, situada a una distancia máxima de 50 metros del lugar de instalación de la nueva cámara.

Independientemente de la solución que se adopte de las alternativas que se muestran a continuación, el cuadro deberá tener las siguientes funcionalidades:

- Selección Operación Local/Remoto.

- En el caso de operación local, debe poder activarse la operación de la cámara desde el frontal del cuadro a través del HMI, así como disponer de la información de proceso mínima y poder introducir los parámetros de operación.

  En este modo de operación, sólo será posible la operación de la cámara en Modo Puesta en marcha como generador de aire caliente.

- En el caso de operación en remoto, debe poder activarse la operación de la cámara desde el SCADA actual.

- Estar preparado para recibir todas las señales de la instrumentación asociada al sistema mediante bornero de conexión punto a punto. Adicionalmente, se dispondrá de bornero para conexión con otros sistemas de la planta para las variables principales/alarmas del proceso.

- Todas las señales, tanto de entrada como de salida, en el cuadro de control de la cámara de combustión, emplearán una tensión de 24 Vcc, incluso las asociadas a la apertura y cierre de solenoides.

- Será necesario disponer, como mínimo, de bornero de conexión para rescatar al menos las siguientes señales a Sala de Control.

  En el caso de que, para el control del sistema, se estime necesaria información adicional (caudal de aire, caudal de vapor u otros), el ofertante deberá incluirlo en su alcance, trasladando a CENER/INERCO dichas necesidades para hacer la previsión de señales necesarias

Señal	I/O	Tipo
Temperatura de Consigna	I	4-20mA
Temperatura Cámara (Combustión)	O	4-20mA
Temperatura Salida Cámara (Mezcla)	O	4-20mA
Potencia Térmica Modo Pirólisis	I	4-20mA
Consigna Exceso Oxígeno Modo Pirólisis	I	4-20mA
Oxígeno en gases	O	4-20mA
% Apertura válvula control aire	O	4-20mA
% Apertura válvula control vapor	O	4-20mA
% Apertura válvula gas natural	O	4-20mA
Modo Operación (PEM/Pirólsis)	I	Relé 24vcc
Alarma General (1)	O	Cont. Libre Potencial
Cámara en Remoto	O	Libre Potencial
Cámara Encendida	O	Libre Potencial
Permiso Puesta en Marcha	I	Relé 24vcc
Orden de Marcha	I	Relé 24vcc
Alimentación EV (2)	O	24Vcc 10W

(1) Cualquier alarma de seguridad que se dé en el proceso deberá ser indicada en panel local y reenviada como alarma general en la cámara al Sistema Control.
(2) Reserva alimentación de electroválvulas.

La seguridad del quemador será garantizada mediante un PLC de seguridad tipo “Fail Safe”. Dado que el PLC asistirá a un único quemador, y para aprovechar la potencialidad del mismo, todas las señales del sistema pasarán a través de él, pudiendo emplearse tarjetas “no seguras” para aquellas señales que no afecten a la seguridad del quemador.

Como alternativa, se podría plantar que las seguridades del sistema estuviesen alojadas en un BMS, de forma que se reduzca la exigencia para el PLC de control, no requiriéndose en este caso que sea “Fail Safe”.

Las funcionalidades descritas podrán cumplirse mediante panel táctil de tamaño adecuado en el frontal del cuadro.

Asimismo, deberá entregarse con el Manual de Fabricación, Instalación, Operación y Mantenimiento toda la programación instalada en el PLC, con el listado de programación comentado en castellano, así como los guiones para recuperación del sistema desde cero.

- El autómata deberá ser SIEMENS S7-300 o superior, con el número necesario de entradas/salidas y reserva de un 20% de señales.

- El armario deberá disponer en en frontal de pantalla táctil TFT de 12”, con esquema de funcionamiento general y pantallas auxiliares asociados a cada sistema que integra la Unidad Paquete. El HMI deberá tener funcionalidad de operación abierta y de modificación de parámetros mediante contraseña.

- Deberá entregarse con el Manual de Fabricación, Instalación, Operación y Mantenimiento toda la programación instalada en el PLC, con el listado de programación comentado en castellano, así como los guiones para recuperación del sistema desde cero.

- El HMI deberá disponer de sistema de almacenamiento de datos con capacidad al menos para dos (2) días de servicio continuo de la instalación, autoborrable, debiendo permitir la descarga de datos del sistema mediante conexión ethernet o similar con el sistema en operación.

- El sistema deberá disponer de tarjeta de comunicación PROFIBUS DP para comunicación de datos del sistema a almacenamiento externo.

4.4.3 Instrumentos y Componentes Electrónicos

Instrumentación y control

Tal y como se detalla en la hoja de datos anexa, los parámetros propuestos para regular para la operación de la Cámara de Combustión y Mezcla serían las siguientes:

Modo Cámara de Puesta en Marcha

- Temperatura requerida de gases de combustión: Se propone que la regulación sea, para un caudal de aire fijo, a través de la regulación del quemador de gas (caudal de gas) para una determinada temperatura de salida de gases.

- En este modo de operación, no es necesario regulación con vapor.

Modo Generador Gas Fluidizante para Pirólisis

- Temperatura requerida para el gas de fluidización a la entrada del reactor: Se propone regular el caudal de vapor para atemperación a partir de la temperatura de consigna necesaria.

- Calor o potencia requerida por el proceso de pirólisis: En función de la potencia requerida se propone ajustar el caudal de gas natural aportado.

- Exceso de oxígeno en los gases de fluidización: En función del caudal de gas natural aportado a la cámara, se regulará el caudal de aire, ajustando el necesario en base de la relación estequiométrica requerida para un determinado exceso de oxígeno. El aire se aportará con el ventilador existente trabajando en un punto de operación fijo, dentro del rango de operación óptimo del mismo, y venteando el excedente.

El control detallado anteriormente es tan solo una propuesta que el suministrador deberá validar o comentar en la oferta solicitada, de acuerdo a los requisitos planteados y su experiencia en este tipo de suministros. En caso de no encontrarla adecuada, el suministrador deberá proponer el modo de control de la unidad para una operación óptima que cumpla con los datos operativos requeridos.

La instrumentación mínima necesaria para la cámara de oxidación, además de la ya mencionada tanto anteriormente, como en el apartado correspondiente a la rampa de gas, será, como mínimo:

- Transmisor de temperatura de combustión duplicado.
- Transmisor de temperatura de mezcla (gas de combustión y vapor).
- Un detector de llama para el piloto con alarma de fallo y enclavamiento por fallo de llama.
- Presostatos de baja presión en la línea de alimentación de aire de combustión.
- Transmisor de medida de oxígeno en línea a la salida de los gases de fluidización. En el caso de que la medida de oxígeno se emplee para el control de la combustión, se deberá incorporar una segunda medida que estará asignada exclusivamente a la seguridad del sistema.

El suministrador instalará la instrumentación adicional que considere necesaria para el funcionamiento correcto del equipo, justificándola adecuadamente.

Todas las comunicaciones de la instrumentación de campo con el sistema de control de la planta se realizarán mediante comunicación punto a punto (4-20 mA para las señales analógicas y 24Vcc para las digitales).

En los casos en que los propios instrumentos o el cableado se encuentren en zonas clasificadas, deberán cumplir con los requisitos necesarios para ser instalados en las mismas.

Todos los instrumentos y válvulas contarán con una placa con su correspondiente tag identificativo. La codificación será la indicada por CENER/INERCO.

Junto con cada uno de los elementos se suministrará la documentación técnica asociada al mismo, los manuales de puesta en marcha y operación.

El suministro de los instrumentos y válvulas incluirá todos los elementos accesorios necesarios para la correcta instalación y funcionamiento del mismo.

Toda la instrumentación deberá ser adecuada para su instalación según la clasificación de áreas del área de proceso en la que se instale, además deberá contar con un grado de protección adecuado a las características de la misma.

Los instrumentos y elementos asociados deben estar fabricados de modo que sean capaces de soportar las condiciones ambientales de la instalación, mínimo IP 54, así como las condiciones de diseño de los equipos o tuberías en los que se encuentren instalados sin sufrir ningún tipo de daño que merme su correcto funcionamiento.

La instrumentación mecánica para indicación en campo, como es el caso de manómetros, termómetros, etc., se seleccionará de modo que el punto de funcionamiento en las condiciones normales de operación este incluido entre ¼ y ¾ del fondo de escala del

instrumento. En el caso de indicadores de nivel de tubo de vidrio o similares el fondo de escala del mismo deberá ser al menos un 10% mayor que la máxima altura a medir.

Los interruptores, independientemente de la variable medida (presión, temperatura, …), proporcionarán su señalización mediante contactos SPDT libres de potencial, adecuados y se conectarán al cuadro de control a una tensión de 24 Vcc.

Las partes de la instrumentación en contacto con el proceso estarán fabricadas, salvo excepciones justificadas en AISI 316.

Como norma general los instrumentos emplearan las unidades del sistema internacional, excepto para la presión que se medirá empleando el bar.

El diseño de las características y situación de la instrumentación, se efectuará teniendo en cuenta el espacio requerido para su montaje y desmontaje y satisfaciendo como mínimo los siguientes requisitos:

- Precisión de la medida.
- Buena accesibilidad.
- Visibilidad de los instrumentos indicadores locales.
- Reducción al mínimo de los tramos calientes.
- Uniformidad de la instalación.

No entorpecer el acceso a la manipulación de otros elementos de la instalación como válvulas manuales o cualquier otro equipo que requiera acceso para mantenimiento u operación de la planta.

En la medida de lo posible la posición de los equipos deberá permitir el fácil acceso a los mismos para la realización de operación de mantenimiento o reemplazo desde el suelo, plataformas, escaleras o zonas de paso.

En el caso de los equipos para la indicación en campo se instalarán de modo que sean visibles y preferentemente a una altura de 1,5 metros sobre el nivel del suelo o de alguna plataforma accesible.

No se ubicarán instrumentos en aquellos puntos en que pudieran sufrir daños por situaciones tales como descargas de válvulas de seguridad, tuberías calientes próximas, drenajes, lugares sometidos a vibración o posibles fenómenos de dilatación, etc. En caso de necesidad se les dotará de algún elemento que realice una protección efectiva del instrumento.

Componentes electrónicos

La tensión de línea nominal de alimentación a la nueva instalación será de 230 Vca y frecuencia 50 Hz.

Todos los componentes a montar en el Cuadro deberán ser adecuados para trabajar correctamente bajo las siguientes condiciones:

- Variaciones de tensión: +/- 5%.
- Variaciones de frecuencia: +/- 5%.

- El Cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar el calentamiento y los esfuerzos resultantes de la corriente simétrica y del valor de pico de la corriente asimétrica de cortocircuito. La resistencia térmica será suficientemente grande para soportar la corriente de cortocircuito durante 1 segundo sin que el equipo sufra ningún desperfecto.

- El Cuadro será adecuado para soportar continuamente la intensidad de plena carga a la tensión nominal bajo las condiciones de servicio especificadas sin que exceda el calentamiento permisible de sus componentes. Los embarrados se dimensionarán específicamente de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico Español.

En cabecera del Cuadro se ubicará un interruptor automático general con protección magnética y térmica. Además, el cuadro dispondrá de una protección diferencial de todos sus componentes del tipo “superinmunizada”.

4.5 SERVICIOS DE PRECOMISIONADO, COMISIONADO Y PUESTA EN MARCHA

Se considera incluido dentro del Alcance Básico de los trabajos, la asistencia durante el precomisionado tras el montaje.

Con objeto de minimizar el posible impacto económico de estas tareas, se propone el siguiente esquema para realización de las mismas, a confirmar por los ofertantes:

- **Precomisionado: Asistencia de un (1) técnico** para verificación del correcto montaje e instalación de todos los elementos del sistema. Estas tareas serán realizadas en un máximo de **dos (2) jornadas** de forma previa e independiente a las de comisionado/puesta en marcha.

- **Comisionado/Puesta en Marcha: Asistencia de, al menos, un (1) técnico** para la realización de las tareas de comisionado y puesta en marcha indicadas a continuación. Deberá valorarse **al menos cinco (5) jornadas completas** para la realización de estas tareas, pudiendo el ofertante proponer plazos/recursos mayores en caso de considerarlo necesario.

Para las tareas de comisionado y puesta en marcha, **se contará con la asistencia y soporte del personal de CENER**, debiendo impartirse durante la realización de la misma, el curso de formación necesario para la operación del nuevo sistema.

4.5.1 Precomisionado

Se considera dentro del alcance del precomisionado los siguientes puntos. El ofertante deberá **valorar la asistencia de personal propio a estas comprobaciones, siendo**

responsabilidad de un tercero el realizar los cambios y ajustes necesarios que puedan ser encontrados y que quedarán reflejados en la lista de faltas correspondiente.

- Inspección exhaustiva de todos los equipos.
- Inspección exhaustiva de todas las tuberías y válvulas.
- Inspección exhaustiva de instrumentos y válvulas de seguridad.
- Comprobación de aislamientos.
- Limpieza externa de toda la planta.
- Comprobación de equipos de seguridad, tales como detectores de gases inflamables o explosivos, equipos de primeros auxilios, etc.
- Comprobación de servicios auxiliares en el límite de batería de la planta.
- Pruebas de presión hidráulica y / o neumática de los equipos, llevando a cabo la comprobación de estanqueidad y corrección detección de fugas.

4.5.2 Comisionado

Es la fase posterior al precomisionado, se incluye las verificaciones y pruebas de equipos con el sistema ya en condición operativa, tanto desde el punto de vista eléctrico como de los fluidos de proceso, hasta llevar a la planta a su condición inmediata a puesta en marcha.

Esta fase está compuesta por los siguientes puntos:

- Entrada y circulación de servicios auxiliares dentro de la planta.
- Encendido fuera de línea de los equipos que así lo permitan.
- Prueba de actuación de válvulas todo / nada.
- Pruebas de válvulas de control.
- Calibrado y prueba de instrumentación.
- Pruebas de alarmas y enclavamientos.
- Comprobación de equipos dinámicos.
- Comprobación y pruebas de otros motores.

4.5.3 Puesta en marcha

Tras la correcta comprobación de todos los puntos que componen el comisionado, se procederá a realizar la puesta en marcha de la instalación, la cual contará con los siguientes puntos:

- Arranque de equipos en línea.
- Prueba de los lazos de control.
- Ajuste de las condiciones de operación a baja carga.
- Subida de carga hasta valores de diseño.
- Pruebas funcionales.

Durante la realización de los trabajos de Puesta en Marcha, se deberá impartir un **curso de formación a los operadores de CENER designados de al menos cuatro horas de duración**, con objeto de que adquieran los conocimientos básicos de la operación del sistema.

Se realizará, asimismo, una **prueba de al menos 8h de operación continua del sistema trabajando en línea con el reactor de pirólisis**, realizando los ajustes necesarios para la correcta operación del sistema, debiendo cumplirse los parámetros garantizados en la presente requisición.

5. INSPECCIONES Y PRUEBAS

El fabricante enviará para aprobación, programa de puntos de inspección (PPI), para los distintos componentes de la cámara de oxidación. Asimismo, está obligado a comunicar a CENER, con la suficiente antelación, las fechas programadas para la realización de cada uno de los controles y pruebas.

La aprobación del trabajo o aceptación provisional de los materiales por parte de CENER, no prejuzgará su posterior comportamiento ni su rechazo en campo, durante o después del montaje, por lo que de ninguna manera liberará al fabricante de su responsabilidad de cumplir con los requisitos establecidos en el Pedido, durante el período fijado como garantía.

Independientemente de que se realicen o no inspecciones durante la fabricación, el Fabricante deberá mantener su garantía y responsabilidad de enviar los materiales objeto de esta especificación en las debidas condiciones, cumpliendo los reglamentos y normas de aplicación. Las pruebas a presión podrán ser presenciadas por los inspectores de CENER salvo que se notifique lo contrario; el Suministrador deberá notificar la realización de las pruebas con diez días de antelación al menos.

Todos los ensayos y pruebas a realizar serán acreditados por un Organismo de Control Autorizado. En el caso de las pruebas oficiales, éstas deberán realizarse en presencia de los representantes de CENER, realizándose las correspondientes actas, cuyas copias deberán enviarse a CENER. No obstante, todos los informes de taller estarán disponibles para la lectura.

El Suministrador deberá entregar los certificados de materiales y dosieres de calidad.

La propiedad se reserva el derecho de inspeccionar los equipos durante su fabricación y antes del envío, por lo que el suministrador tiene la obligación de facilitar el acceso a sus instalaciones y talleres de fabricación.

Antes de la inspección final y de la realización de las pruebas, el suministrador limpiará los equipos quitando los restos de electrodos, varillas, flux, escoria, proyecciones de soldadura y cualquier otro tipo de suciedad para que la inspección pueda ser realizada en las mejores condiciones. También se eliminarán los accesorios temporales y sus soldaduras.

Todos los gastos derivados de las pruebas correrán a cargo del Ofertante, así como la reposición, en caso de deterioro, de las partes o materiales dañados como consecuencia de las mismas.

5.1 INSPECCIONES

5.1.1 Controles con Líquidos Penetrantes

Se realizará una inspección con L.P. al 100% de los cordones de soldadura. El ofertante propondrá asimismo en el PPI los END que considere adicionales a los indicados.

5.1.2 Ensayos sobre hormigones refractados

En caso de ejecución mediante hormigonado, no se exigirán pruebas específicas sobre los materiales refractarios. Sin embargo, será necesario separar tres muestras para construir las probetas de prueba, con indicación clara del día de trabajo y zona de colocación.

Las probetas para realizar las pruebas se curarán con agua y deberá ser de las siguientes dimensiones: 50 x 50 x 230 mm.

De cada probeta se deberá guardar al menos una, debiendo entregarse las otras dos a CENER para su custodia durante el período de garantía del equipo.

5.1.3 Pruebas FAT Armario de Control

Dado el carácter del sistema, deberá incluirse dentro del alcance la realización de las correspondientes pruebas FAT del Armario de Control, debiendo comunicar el ofertante la realización de las mismas con antelación suficiente, pudiendo declinar CENER la asistencia a las mismas.

El protocolo para realización de dichas pruebas será elaborado por el ofertante, debiendo incluirse al menos la comprobación de todas las seguridades y enclavamientos del sistema.

Independientemente de la asistencia de CENER, el ofertante viene obligado a realizar un Acta de Realización de Pruebas, con indicación de todas las comprobaciones realizadas.

6. RECEPCIÓN Y TRANSPORTE

6.1 RECEPCIÓN

El Ofertante deberá informar a CENER de la expedición de los equipos con una antelación de al menos 15 días, siendo responsabilidad del Ofertante todo lo relativo a la expedición de su producto.

CENER, en función del avance de obra, podrá solicitar un retraso en la entrega de los equipos de hasta cuatro (4) semanas, debiendo el ofertante asumir durante este tiempo el almacenamiento temporal del equipo, sin perjuicio de los hitos facturables contractuales.

El Ofertante deberá entregar a CENER un documento final (packing list) en el que se debe incluir la relación de equipos, materiales y servicios suministrados.

CENER se reserva el derecho de rechazar cualquier parte defectuosa del suministro que no sea adecuada para el objetivo a que se destina y/o incumpla lo establecido en la especificación. En tal caso, las correcciones necesarias correrán a cargo del fabricante, así como los gastos derivados de las mismas.

Los equipos o en su caso las piezas parciales para su posterior desembalaje en campo serán recepcionados provisionalmente una vez puestos en obra, tras haber pasado satisfactoriamente todas las pruebas y exigencias de la presente especificación. La recepción final del equipo se realizará una vez puesto en marcha y recibida toda la documentación a aportar, mediante una Acta de Entrega que se levantará en presencia de CENER y el fabricante.

6.2 TRANSPORTE

El Suministrador será el responsable de la carga de los equipos en su taller y del transporte DDP, según Incoterms, del mismo hasta las instalaciones de CENER, en Aoiz (Navarra). La descarga de los equipos en las instalaciones de CENER será realizada por otros.

El Suministrador deberá embalar y cargar cada parte de los equipos, de manera que se evite cualquier clase de daño durante su traslado.

La preparación del equipo para el transporte se hará como sigue:

- Las conexiones bridadas para tuberías deberán protegerse contra la corrosión, tapándolas después con un disco de madera o chapa de acero, atornillada con objeto de proteger las caras durante el transporte.

- Aquellas conexiones equipadas con bridas ciegas permanentes o tapas, se montarán ya con las juntas y tornillos listos para el servicio. Junto con la expedición del equipo se incluirán juegos de repuesto de juntas.

- Deberán embalarse por separado el material correspondiente para repuestos marcándolo de forma clara con la palabra “REPUESTOS”.

- El fabricante deberá embalar y cargar cada parte del equipo, de manera que se evite cualquier clase de daño durante su traslado.

- Los equipos y piezas refractadas, se sujetarán de forma que las posibles distorsiones originadas en el transporte, no afecten a la colocación e integridad del refractario.

7. DOCUMENTACIÓN A APORTAR

La documentación a presentar por el fabricante a lo largo del proceso de fabricación de los equipos y a incluir en el dossier de calidad a la finalización del trabajo, deberá estar acorde a lo indicado a continuación.

La documentación a aportar, se presenta en la tabla siguiente, indicando las fechas de entrega:

ITEM	DESCRIPCION	OFERTA	PEDIDO		FINAL	
		APLICA	APLICA	FECHA	APLICA	FECHA
1.	Lista de referencias	SI				
2.	Planning de fabricación	SI	SI	A/E	SI	G
3.	Lista de código y normas aplicadas en fabricación y pruebas	SI	SI	A/E	SI	H
4.	Hojas de Datos	SI	SI	B/E	SI	H
5.	Diagramas de flujo y balances de materia y energía		SI	B/E	SI	H
6.	Curvas características de los equipos		SI	B/E	SI	H
7.	P&IDs de proceso, control de capacidad y protecciones de equipos		SI	B/E	SI	H
8.	Planos mecánicos de detalle		SI	C/E	SI	H
9.	Catálogos técnicos del Fabricante	SI				
10.	Diagramas de cargas		SI	B/E	SI	H
11.	Planos dimensionales	SI	SI	B/E	SI	H
12.	Planos de equipos auxiliares		SI	C/E	SI	H
13.	Lista de consumo de servicios auxiliares	SI	SI	A/E	SI	H
14.	Hojas de datos de Instrumentos y válvulas. (5)		SI	C/E	SI	H
15.	Lista de señales (6)		SI	C/E	SI	H
16.	Planos de conexionado eléctrico y control		SI	C/E	SI	H
17.	Esquema Unifilar		SI	B/E	SI	H

18.	Diagramas de control lógico y filosofía de control		SI	C/E	SI	H
19.	Copia fotostática de la placa característica (4)				SI	H
20.	Marcado CE y Certificados de Conformidad y/o cumplimiento de Normas (2)				SI	H
21.	Manual de fabricación, instalación, operación y mantenimiento (3)		SI	D/E	SI	H
22.	Plan de fabricación, de puntos de inspección y de pruebas		SI	C/E	SI	H
23.	Dossier de pruebas realizadas en fábrica				SI	H
24.	Listado de repuestos para puesta en marcha y 2 años de operación	SI	SI	C/E	SI	H

NOTAS:

1. Las fechas reflejadas se considerarán como fechas límite para la entrega de la documentación correspondiente. Los códigos empleados son los siguientes:

   OT: Oferta Técnica.
   OE: Oferta Económica.
   A: Dos (2) semanas después del pedido.
   B: Cuatro (4) semanas después del pedido.
   C: Ocho (8) semanas después del pedido.
   D: Catorce (14) semanas después del pedido.
   E: Dos (2) semanas después de aprobación o comentarios sobre el documento.
   F: Un (1) mes antes de la fecha contractual de entrega del equipo.
   G: Actualización mensual hasta la entrega del equipo.
   H: Una (1) semana después de la emisión de la autorización de envío.

   El paquete de documentación de ingeniería se refiere a los documentos marcados como A/E.

2. Se deberá adjuntar declaración “CE” de conformidad.

   Tanto el manual de instrucciones como la declaración CE de conformidad deben suministrarse en versión original en una de las lenguas comunitarias y traducidas, al menos, en castellano, si la máquina se ha fabricado en el extranjero.

   Se deberá adjuntar certificación “CE” de aparatos a presión, así como del resto de equipos y elementos que lo requieren (botellón, sello, válvula seguridad, bombas, cuadro de control, etc.).

3. El manual de construcción, en castellano, incluirá como mínimo:
   - Planos y documentación “As-Built”.
   - Certificado de materiales.
   - Certificados de ensayos destructivos y no destructivos.

- Certificado control dimensional.
- Procedimiento de soldadura y certificado de homologación. Homologación de soldadores.
- Certificados de pruebas de equipos.
- Manual de mantenimiento e instrucciones de operación, incluyendo manuales y certificados de equipos auxiliares suministrados por el fabricante.
- Listado comentado de la programación y guiones de recuperación (si procede).

4 El equipo llevará fija una placa de características hecha de material resistente a la intemperie. En la placa se inscribirá de forma indeleble la siguiente información:

- Servicio.
- Número de identificación del equipo en planta.
- Nombre del fabricante y año de construcción.
- Número de serie del fabricante.
- Código de diseño.
- Presión y Temperatura de diseño.

5 Deben incluir toda la información necesaria para la perfecta definición de los equipos, incluyendo materiales, condiciones de funcionamiento, accesorios, dimensiones relevantes, etc.

6 Incluirá las señales comunicadas entre el Cuadro de Control, campo y el PLC principal de la instalación. Se debe indicar el tipo de señal, el rango de la misma y en el caso de las señales digitales el significado de los estados 0/1 y el punto de disparo.

El suministrador se comprometerá a entregar la documentación indicada, tanto en su contenido como en los plazos indicada en la misma. Una vez se realice el pedido CENER controlará el cumplimiento de la entrega de esta documentación en los plazos establecidos.

El dossier final será un solo documento en PDF, con índices indexados, incluyéndose todos los apartados descritos en la anterior Especificación. Los planos de enviaran en DWG en revisión final con el Dossier.

Del Dossier Final y Manual de Operación y Mantenimiento de deberá entregar al final de los trabajos una copia en papel para custodia y consulta en caso necesario.

8. GARANTÍAS

8.1 GARANTÍAS MECANICAS

El Ofertante tiene la responsabilidad final de suministrar un equipo cuyo diseño y construcción sean los adecuados para las condiciones especificadas, así como garantizar su seguridad en condiciones normales de operación.

El Ofertante deberá garantizar su equipo contra todo defecto de diseño, fabricación o funcionamiento por **24 meses desde la puesta en marcha**. En el caso de que la garantía del suministro no cubra los requisitos de la presente especificación, el ofertante deberá valorar una extensión de garantía a incluir como alcance opcional.

Esta garantía cubre todos los gastos necesarios para la sustitución y reparación de los materiales defectuosos, incluidos los de desplazamiento, estancia y mano de obra. Todas las reparaciones efectuadas en periodo de garantía tendrán un nuevo periodo de garantía de 24 meses, revalidándose para cada aceptación.

Quedan excluidas de la garantía, todas aquellas averías originadas, como consecuencia de un mantenimiento incorrecto.

8.2 GARANTÍAS DE PRESTACIONES

La instalación cumplirá con las prestaciones requeridas siempre que no se superen los valores máximos indicados en la siguiente tabla trabajando en las condiciones nominales del equipo y a plena carga. En caso de no cumplirse, el ofertante deberá proponer las medidas correctoras oportunas a su costa.

Los parámetros garantizables exigidos para el sistema son los siguientes:

- Potencia máxima cámara: 333kWt
- Rangeabilidad mínima quemador: 3:1
- Contenido máximo oxígeno: 3%v/v (Previo a Mezcla con Vapor)
- Contenido máximo oxígeno: 1%v/v (Previo a Reactor)

9. PLAZO DE EJECUCIÓN

En la oferta se indicará el mejor plazo de ejecución garantizado. Una vez realizada la adjudicación del suministro, el fabricante presentará un programa de acopio, construcción, pruebas e inspecciones.

Se quiere indicar que para CENER el plazo de suministro es clave para la realización del proyecto, por lo que será especialmente tenido en cuenta en la cualificación de los ofertantes. En este sentido, el **plazo máximo** para la entrega del equipo en planta será de **30 semanas**, no valorándose ofertas que no cumplan con este requisito.

ANEXOS

ANEXO I

HOJA DE DATOS

1. OBJETO

El objeto del presente documento es establecer los requisitos mínimos que deberá cumplir la **nueva Cámara de Combustión y Mezcla para Puesta en Marcha y Generación de Gas de Fluidización para Pirólisis** a instalar en la Unidad de Gasificación de Biomasa del BIO2C de CENER en Aoiz (Navarra).

2. GENERAL

CENER se encuentra actualizando sus instalaciones del BIO2C de Aoiz y, entre las modificaciones a acometer, se desea tener la posibilidad de operar el gasificador existente en modo pirólisis, para lo que se ha planteado la instalación de una **nueva cámara de combustión que genere gas que se empleará como agente fluidizante en el proceso de pirólisis**. Puesto que el modo pirólisis requiere que la concentración de oxígeno en los gases de fluidización sea mínima, se solicita una cámara de combustión en la que será necesario **reducir al mínimo el exceso de aire con el que opera**, de forma que las condiciones de trabajo en modo pirólisis en el reactor aguas abajo de la cámara (ausencia de oxígeno) se cumplan en la medida de lo posible.

Las características operativas de la instalación existente son las siguientes:

- La operación de pirólisis se realizará en el reactor existente, que actualmente se emplea para el proceso de gasificación, el cual será adecuado mediante las modificaciones necesarias para una operación óptima de pirólisis.

- Tal y como se indica anteriormente, como agente gasificante se considerará la mezcla de gas de combustión, puesto que se requiere una atmósfera inerte, con vapor, que se empleará para atemperar el gas de combustión hasta la temperatura requerida por la operación de pirólisis.

- La instalación actual dispone de una cámara de combustión para puesta en marcha. No obstante, puesto que se requiere una atmósfera inerte, la combustión debe llevarse a cabo con el mínimo exceso de oxígeno factible y, por tanto, los gases de combustión alcanzarán temperaturas muy elevadas, en torno a los 1800ºC (al no diluir la corriente con aire en exceso). Por ello, la cámara de combustión de puesta en marcha no es válida para la aplicación que se baraja (además de estar diseñada para una potencia inferior**). Se requiere que la nueva cámara objeto de esta requisición sea válida también para la puesta en marcha de la instalación, de manera que no sea necesario el uso de la cámara de combustión para puesta en marcha, y emplear así una única cámara para la operación completa**.

- El vapor disponible para la atemperación es vapor saturado a 10 barg, que será laminado a la presión de operación del gas de combustión. Actualmente existe en la planta una válvula de control cuya capacidad ha sido validada para esta aplicación. No obstante, y de cara a que el paquetista defina el correcto control de la unidad para la aplicación requerida, se incluye dentro del alcance de este suministro una nueva válvula de control para la laminación del vapor.

- La instalación actual cuenta con una soplante de tiro forzado que se empleará para proporcionar el caudal de aire requerido por la nueva cámara. Esta soplante cuenta con un variador de frecuencia. La soplante, actualmente sobredimensionada para la nueva aplicación que se requiere, trabajará en un punto fijo, y se venteará el aire excedente. Al igual que en el caso del vapor, queda dentro del alcance del paquetista la definición del correcto control de la unidad para la aplicación requerida.

3. BASES DE DISEÑO

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS SERVICIOS AUXILIARES DISPONIBLES

3.1.1 GAS NATURAL

A continuación, se presentan las características principales del gas natural disponible en la instalación:

DATOS GAS NATURAL

Descripción	Gas natural
PCI (kJ/kg)	46190
Densidad (kg/Nm^3)	0,84051
Presión máxima (barg)	0,4-0,8
Composición: (% vol.)	
N_2	0÷0,23
CO_2	0,2÷1,4
CH_4	85,65÷96,6
C_2H_6	3,2÷8,5
C_3H_8	0÷3
C_4H_{10}	0÷0,7

3.1.2 SOPLANTE EXISTENTE

Tal y como se indica anteriormente, el aire requerido para la combustión será aportado por la soplante existente, 1100-F-01, que es la que actualmente proporciona el aire para la cámara de combustión de puesta en marcha existente. A continuación, se muestra la estimación realizada para el cálculo del caudal requerido de aire, teniendo en cuenta que la concentración máxima de oxígeno a la salida de la combustión debe ser de un 3% vol, y a la salida de la atemperación con vapor, de máximo un 1% vol:

DATOS EXISTENTES/REQUERIDOS VENTILADOR EXISTENTE 1100-F-01

Parámetro	Diseño existente	Nuevo punto de operación requerido
Caudal Mínimo aire	600 Nm^3/h	140 Nm^3/h
Caudal Máximo aire	700 Nm^3/h	259 Nm^3/h
Temperatura Aspiración	AMB	AMB
Diferencia de presión	350 mbar	350 mbar

Se adjunta asimismo la documentación existente de la soplante en el Anexo I. Tal y como se puede observar, este equipo queda sobredimensionado para la aplicación requerida en modo pirólisis, y trabajaría, tanto para el caudal máximo como mínimo, en un punto cercano a la mínima frecuencia de regulación, que es de 35 Hz.

Es por ello que se propone que la soplante trabaje en un punto fijo, y que se ventee el aire excedente. **Queda dentro del alcance del paquetista la definición del correcto control de la unidad para la aplicación requerida, así como el suministro de la válvula de control para ello.**

3.1.3 VAPOR

Este sistema está constituido por una planta de tratamiento de agua, PU-02, y una caldera para la producción de vapor, B-01, utilizando como combustible gas natural. Actualmente, el vapor es suministrado a la isla de gasificación a través de una red para ser utilizado como agente gasificante, (así como para otros consumidores del ICTS).

Las condiciones del vapor son las siguientes:

DATOS VAPOR DISPONIBLE

Caudal Diseño Caldera	800 kg/h
Presión de vapor	10 barg (vapor saturado)
Presión de diseño	15 barg
Potencia térmica	560 kWt
Temperatura de trabajo	185 ºC

Tal y como se indica anteriormente, actualmente existe en la planta una válvula de control cuya capacidad ha sido validada para esta aplicación. No obstante, y de cara a que el paquetista defina el correcto control de la unidad para la aplicación requerida, **se incluye dentro del alcance de este suministro una nueva válvula de control para la laminación del vapor**, por lo que la conexión con la instalación existente se realizará aguas arriba de la válvula de control existente, donde las características del vapor son las indicadas anteriormente.

3.2 CONDICIONES DE PUESTA EN MARCHA

En caso de operar la nueva cámara para la puesta en marcha de la instalación se requieren las siguientes condiciones:

RANGO OPERACIÓN PUESTA EN MARCHA

Condición de Operación	Máxima
Potencia Térmica (kW)	230
Temperatura Gas Salida Requerida (ºC)	
Normal	650
Máxima	680
Contrapresión Estática Salida (mbar)	300
Caudal de Aire alimentado (Nm^3/h)	600

En el caso de operación de la nueva cámara para puesta en marcha, no se dará atemperación con vapor, ajustándose la temperatura de salida requerida para los gases mediante la regulación del caudal de gas natural, mientras que el caudal de aire alimentado será fijo.

3.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN NORMAL

A continuación, se presentan los rangos de caudal y potencia requeridas para la nueva cámara de combustión:

RANGO OPERACIÓN NUEVA CÁMARA COMBUSTIÓN

	Caso mínimo	Caso base	Caso máximo
Combustible	Gas Natural		
Potencia requerida	150 kW	220 kW	289 kW
Temperatura Gas Salida	≈ 1800 ºC		
Caudal estimado de aire para combustión	140 Nm^3/h	192 Nm^3/h	260 Nm^3/h

Para el dimensionamiento de la nueva cámara se aplicará un factor de sobredimensionamiento de un 15% sobre la potencia requerida para el caso máximo, **resultando 333 kW**. Por otro lado, **la concentración máxima de oxígeno a la salida de la combustión debe ser de un 3% vol.**

El gas de combustión generado en la cámara (que tendrá una temperatura en torno a los 1.800ºC) será atemperado a continuación hasta la óptima temperatura requerida por el proceso de pirólisis para el gas fluidizante, que a su vez dependerá de diversos parámetros. El rango requerido para la temperatura del gas fluidizante podrá ser desde 580ºC hasta 920ºC. Se ha planteado la dilución de los gases de combustión con vapor saturado a 10 barg laminado hasta la presión de operación de los gases de combustión, por ser un servicio auxiliar disponible en planta.

A continuación, se muestra el rango de caudales estimado en función de los diferentes casos de operación posibles:

DATOS ESTIMADOS GAS FLUIDIZANTE

Parámetro	Caso Mínimo con máxima temperatura	Caso Mínimo	Caso Base	Caso máximo
Temperatura requerida fluidizante	≈ 920ºC	≈ 580ºC	≈ 710ºC	≈ 910ºC
Densidad fluidizante	0,32 kg/m^3	0,40 kg/m^3	0,36 kg/m^3	0,32 kg/m^3
Caudal másico fluidizante	413,5 kg/h	602,6 kg/h	623,4 kg/h	657,7 kg/h
Caudal de gas de combustión	223,5 kg/h	196,1 kg/h	263,9 kg/h	351,9 kg/h
Caudal de vapor (gas diluyente)	189,5 kg/h	406,5 kg/h	359,5 kg/h	305,8 kg/h
Caudal volumétrico fluidizante	1.292,1 m^3/h	1.506,5 m^3/h	1.731,7 m^3/h	2.055 m^3/h

La concentración máxima de oxígeno a la salida de la atemperación y, por tanto, de entrada al proceso de pirólisis debe ser de un 1% vol.

Está dentro del alcance del suministro la rampa de vapor para atemperación con vapor de manera automática, así como, los inyectores de vapor para la misma, y el espacio requerido para la mezcla en la nueva cámara.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

4.1 PROCESO PROPUESTO PARA PUESTA EN MARCHA

Además de la operación normal, se requiere que la nueva cámara de combustión sea válida para la puesta en marcha de la instalación, ya que es necesario precalentar el inerte contenido en el reactor para iniciar su operación. Una vez se ha alcanzado una temperatura en el lecho lo suficientemente alta, se comenzará a alimentar biomasa. En primer lugar, y de manera similar a la gasificación, se dará la combustión de la misma, de manera que el nivel térmico que se alcanza será superior, y ayudará al calentamiento de la instalación aguas abajo del reactor hasta la temperatura requerida.

A continuación, para el paso a modo pirólisis, se dejará de alimentar biomasa momentáneamente, y se comenzará a disminuir el contenido en oxígeno en los gases de combustión aportados.

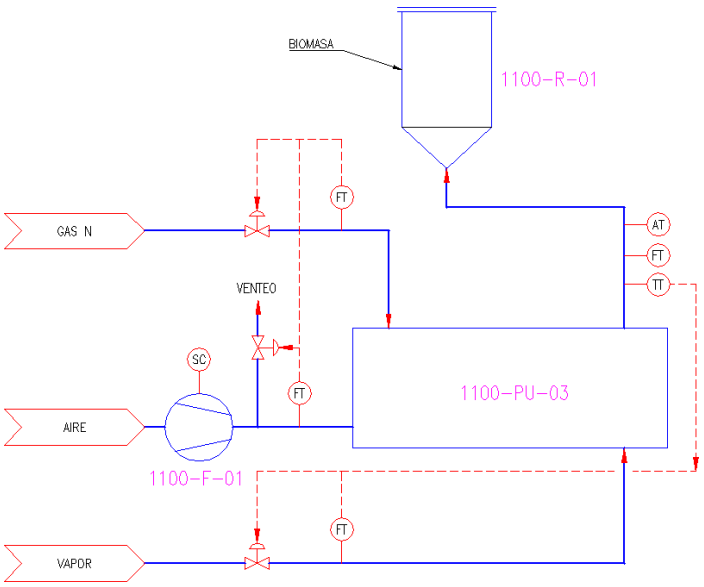
Como consecuencia, la temperatura de los gases de combustión comenzará a aumentar. En paralelo, se comenzará a atemperar los gases a la temperatura requerida para la pirólisis mediante la adición de vapor.

Es por ello que se propone regular el caudal de aire requerido en función de la relación estequiométrica necesaria para un determinado exceso de oxígeno y en función del caudal de gas natural aportado a la cámara. Esta regulación se hará operando la soplante en un punto de operación fijo, dentro del rango de operación óptimo del mismo, y venteando el excedente.

Finalmente se alcanzará un régimen de operación estable, en el que se aportará el gas fluidizante con la temperatura y caudal necesarios en función del caudal de alimentación de biomasa, para proporcionar la potencia requerida por el proceso de pirólisis, y con un contenido máximo de oxígeno de 1% en volumen, con objeto de asegurar una atmósfera inerte.

4.2 PROCESO PROPUESTO PARA LA OPERACIÓN DE PIRÓLISIS

A continuación, se presenta un esquema del control propuesto para la operación de pirólisis con la nueva cámara de combustión.



Los parámetros propuestos para regular para la operación de pirólisis, con respecto al gas de fluidización, serían los siguientes:

- Temperatura requerida para el gas de fluidización a la entrada del reactor: Se propone regular el caudal de vapor para atemperación.

- Calor o potencia requerida por el proceso de pirólisis: En función de la potencia requerida se propone ajustar el caudal de gas natural aportado.

- Exceso de oxígeno en los gases de fluidización: En función del caudal de gas natural aportado a la cámara, se regulará el caudal de aire, ajustando el necesario en base de la relación estequiométrica requerida para un determinado exceso de oxígeno. El aire se aportará con el ventilador existente trabajando en un punto de operación fijo, dentro del rango de operación óptimo del mismo, y venteando el excedente.

Por otro lado, se han incluido medidas adicionales, como caudal de gas de fluidización (fuera del alcance de este suministro), temperatura del gas de combustión o concentración de oxígeno en gases de combustión y de fluidización, que se han considerado relevantes, sobre todo desde el punto de vista de la seguridad de la operación, dentro del alcance del suministro, a menos que se consideren necesarios para una operación óptima y segura.

El control detallado anteriormente es tan solo una propuesta que el suministrador deberá validar o comentar en la oferta solicitada, de acuerdo a los requisitos planteados y su experiencia en este tipo de suministros. En caso de no encontrarla adecuada, el suministrador deberá proponer el modo de control de la unidad para una operación óptima que cumpla con los datos operativos requeridos.

5. LÍMITE DE SUMINISTRO

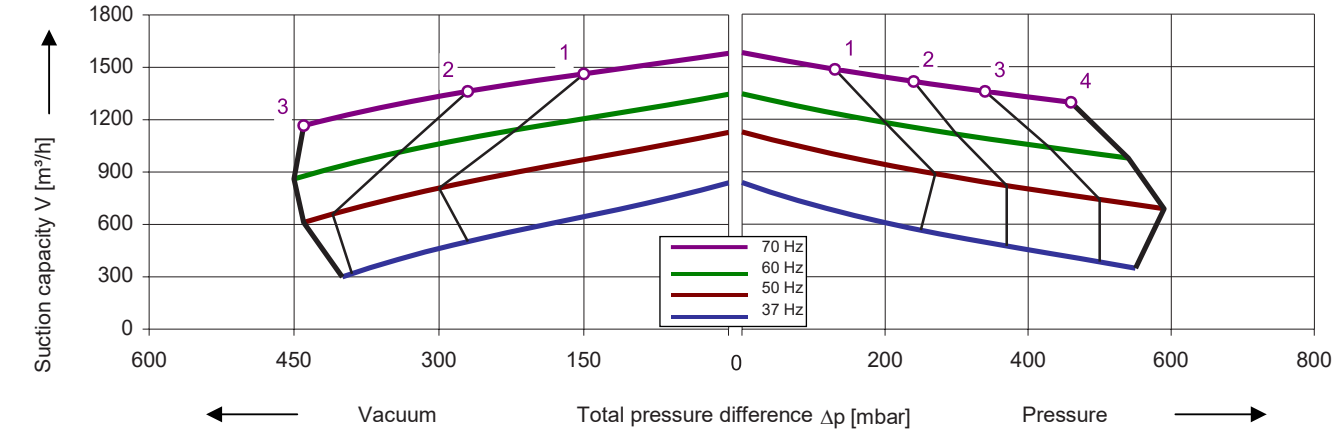
Los límites de suministro para la nueva cámara de combustión serán los indicados a continuación:

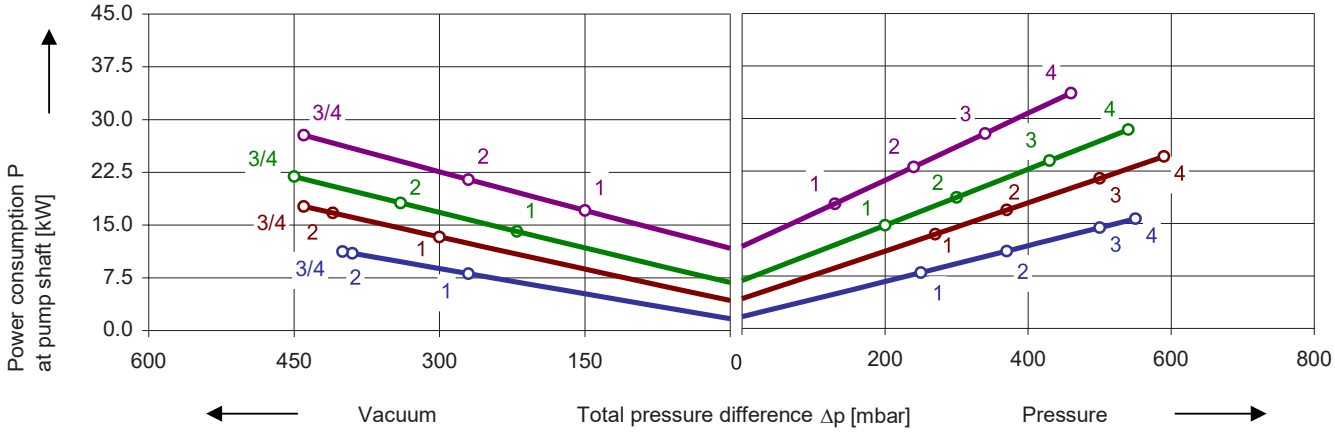
- Suministro de aire de combustión, empleando la soplante existente, 1100-F-01.
- Suministro de gas natural. Brida de conexión de la rampa de gas.
- Suministro de vapor. Procedente de la instalación existente.
- Brida de salida de gases de fluidización. Se tendrá en cuenta que deberá incorporarse una segunda brida para venteo de gases en caso de fallo de la cámara/sistema.
- Servicios auxiliares (IA, N): Para cualquier servicio auxiliar que requiera la unidad, se establecerá el límite de batería en una brida ubicada en el límite físico de la unidad paquete.
- Queda excluida cualquier tipo de obra civil. El ofertante deberá facilitar plano de implantación y cargas para definición por otros.
- Suministro eléctrico: CGBT. La definición del cableado hasta los consumidores finales será responsabilidad del ofertante.
- Sistema instrumentación y control: Cajas de conexionado en el límite físico de la unidad paquete (incluido dentro del presente alcance). Será responsabilidad del ofertante la definición del cableado punto a punto desde los instrumentos y válvulas hasta las cajas de conexionado.
- El montaje de la Unidad Paquete será realizado por otros. No obstante, el ofertante deberá entregar toda la documentación necesaria para la correcta ejecución de estos trabajos.

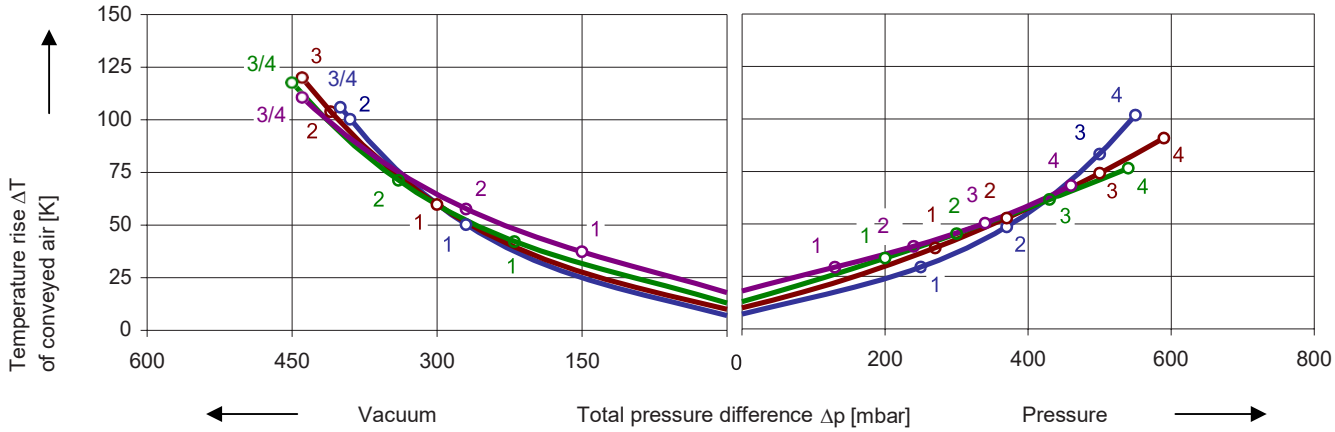
Side channel blower with Frequency Converter

Performance curves

Vacuum operation | **Compressor operation**







The performance curves are based on air at a temperature of 15 °C and an atmospheric pressure of 1013 mbar with a tolerance of ± 10 %. The total pressure differences are valid for suction and ambient temperature up to 25 °C. For other conditions please get in touch wit h us.

The performance curves are based on frequency converter operation and a pulse frequency of 4 kHz minimum. Rated voltage/frequency set point is 380 V / 86 Hz and delta connection of motor. Frequency converters must be connected to a mains voltage of 400 V.

ANEXO II

ESPECIFICACIÓN DE PINTURAS

CENER

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
PARA PINTURAS INDUSTRIALES

DOCUMENTO IN/PY-10/0668-ESP-101/00 **MARZO, 2022**

INERCO

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
PARA PINTURAS INDUSTRIALES

INDICE

Páginas

1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN 1

2. NORMATIVA APLICABLE 2

3. ALCANCE DE SUMINISTROS 3
- 3.1 Generalidades 3
- 3.2 Recepción de pinturas 5
- 3.3 Preparación de superficies 5
- 3.4 Aplicación del sistema anticorrosivo 6

4. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN SUPERFICIAL 9
- 4.1 Estructura de acero 9
- 4.2 Tuberías y equipos sin aislamiento 10
- 4.3 Tuberías y equipos con aislamiento 11
- 4.4 Tanques de almacenamiento 12
  - 4.4.1 Exterior de tanques de almacenamiento 12
  - 4.4.2 Interior de tanques de almacenamiento 13

5. COLORES DE ACABADO Y SEÑALIZACIÓN 15
- 5.1 Criterios generales 15
- 5.2 Colores de acabado 16
  - 5.2.1 Tuberías 17
  - 5.2.2 Equipos 18
  - 5.2.3 Estructuras 18
  - 5.2.4 Cerramientos de chapa metálica 18
- 5.3 Señalización 19
  - 5.3.1 Franjas / bandas de identificación de tuberías 19
  - 5.3.2 Identificación nombre completo de servicio / producto de tuberías 19
  - 5.3.3 Flecha sentido de flujo de tuberías 21
  - 5.3.4 Rotulación de la denominación de tanques y equipos 22
  - 5.3.5 Señalización en tuberías y recipientes que contienen o puedan contener sustancias y preparados peligrosos 22

Páginas

6. INSPECCIONES Y PRUEBAS 24
6.1 Certificados del fabricante de la pintura 25

7. GARANTÍAS 26

ANEXO I. Temperaturas de punto de rocío

SUMINISTRO "LLAVE EN MANO" DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD DE GASIFICACIÓN DEL ICTS DE BIOCOMBUSTIBLES DE 2ª GENERACIÓN EN AOIZ (NAVARRA)

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PARA PINTURAS INDUSTRIALES

1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Esta especificación tiene por objeto definir los criterios a seguir en la elección del sistema de protección anticorrosiva más adecuado, al tipo y condiciones operativas/ambientales del elemento o equipo a proteger, así como a las consideraciones a tener en cuenta en su aplicación y control de calidad para la Unidad de Gasificación de INERCO en el ICTS de Biocombustibles de CENER en Aoiz (Navarra).

Esta especificación no sustituye los códigos y normas de referencia indicadas en el epígrafe correspondiente, únicamente las complementa con condiciones particulares para este proyecto.

Esta Especificación contempla los sistemas de protección aplicables a la totalidad de las superficies metálicas nuevas a aplicar en trabajos de taller y campo y a los casos más frecuentes de repintado por mantenimiento.

La preparación y eventual protección de superficies metálicas en casos especiales (ebonitado, protección antiácida, protección pasiva frente al fuego, etc.) no entran en el ámbito de esta Especificación.

Toda modificación o desviación propuesta por el Contratista deberá ser comunicada a INERCO, quien deberá dar su aprobación por escrito.

2. NORMATIVA APLICABLE

La normativa general del proyecto se indica en la especificación OXC-00-ESP-00-01002 (Especificación de Normativa de obligado Cumplimento).

Además de las prescripciones contenidas en esta especificación, serán de aplicación los Código y Normas que a continuación se indican, siempre de acuerdo con su última edición.

- Normas UNE, y en particular:

  · UNE 48293, “Imprimación de silicito de etilo, rico en zinc.”
  · UNE 48277, “Imprimación epoxi rico en zinc.”
  · UNE 48295, “Pintura epoxi modificada con hierro micáceo.”
  · UNE 48274, “Pintura de Poliuretano alifático de acabado brillante.”
  · UNE 48271, “Imprimación de epoxi anticorrosiva libre de plomo y cromatos.”
  · UNE 48621, “Pintura epoxi modificada de aluminio y alto espesor.”
  · UNE-EN-ISO 11126, “Preparación de substratos de acero Especificación de abrasivos no metálicos.”
  · UNE-EN-ISO 12944, “Protección de estructuras de acero frente a la corrosión.”

- Normas ISO, y en particular:

  · ISO 8501

- Normas INTA

- Normas MIL

- Normas CLH

Todos los trabajos que se desarrollen deberán cumplir en todo momento las disposiciones indicadas en la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción, así como el Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Finalmente, en el caso que se modifiquen las normas y reglamentos de aplicación a lo largo de la duración del proyecto, o en el caso que en la presente especificación no se haya contemplado alguna norma de obligado cumplimiento, esta especificación no supondrá una desvinculación sobre la responsabilidad de no haber aplicado dichas normas y/o reglamentos.

3. ALCANCE DE SUMINISTROS

Quedan dentro del alcance de esta especificación los sistemas de protección anticorrosiva aplicables a cada superficie metálica (equipo, tanque, soporte, estructura, tuberías, etc.). Los procedimientos de preparación superficial y de aplicación en taller u obra, la homologación de productos empleados y los controles e inspecciones a realizar en las distintas fases de la ejecución de los mismos.

El alcance del trabajo incluirá el suministro, transporte, almacenaje, preparación de los materiales y limpieza diaria del área de trabajo. Se incluirá de igual forma, la aportación de todos los elementos que se requieran para la realización de los trabajos como andamios, equipos, etc.

3.1 GENERALIDADES

Los equipos nuevos como válvulas, bombas, maquinaria, motores eléctricos, equipo eléctrico, instrumentos, etc., serán imprimados y acabados en taller de acuerdo con las normas del fabricante que los suministra.

Las superficies que se van a tratar debes ser accesibles en condiciones de seguridad y estar bien iluminadas y ventiladas. En caso de no existir adecuada ventilación, los operarios de realizar dichos trabajos dispondrán de quipos de respiración autónomos.

Todos los equipos fabricados en taller como estructuras, depósitos, etc. excepto tuberías que vayan a ser pintados en obra, se recibirán en ese lugar con la capa de imprimación ya aplicada en taller.

Todos los daños ocasionados en superficies tratadas en taller debido al transporte, carga, descarga, instalación, etc. serán reparados antes de la aplicación de las siguientes capas por el suministrador de dichos elementos.

Las capas de imprimación, intermedias y acabados deberán ser de productos compatibles entre si. Es responsabilidad del Contratista el cumplimiento de este requisito, teniendo que proceder a la reparación de las superficies deterioradas por incompatibilidad de dichos productos.

La aplicación de la capa de imprimación se realizará el mismo día en el que realice la limpieza mecánica de dicha superficie. En caso de chorreado comercial, este periodo se reducirá a las siguientes 4-6 horas. Si el tipo de chorreado es a metal blanco, la imprimación se deberá realizar dentro de la hora siguiente a la aplicación de dicho tratamiento.

Las superficies metálicas que se vayan a unir con tornillos de alta resistencia no se pintarán, exceptuando que la imprimación especificada sea rica en zinc, en cuyo caso solo se aplicará dicha imprimación.

Los equipos y tuberías de presión no se pintarán hasta la finalización de los tratamientos térmicos, ensayos destructivos, inspecciones de soldaduras y pruebas de estanqueidad.

Se utilizarán exclusivamente diluyentes recomendados por el fabricante.

Las siguientes superficies NO se pintarán a menos que específicamente se indique lo contrario:

- Inoxidable y metales no férreos.
- Fábrica de ladrillo y hormigón vistos.
- Recubrimiento exterior de líneas aisladas tanto de aluminio, acero galvanizado o acero inoxidable, excepto lo indicado en esta especificación.
- Hormigón y mortero ignífugo a menos que se halle en un área de productos químicos muy agresivos.
- Superficies mecanizadas y superficies de contacto con las juntas.
- Todos los equipos adquiridos que hayan sido imprimados y acabados por el propio fabricante (instrumentos, motores, etc.) Ese tipo de equipos no se tocará a menos que se requiera a fin de reparar daños en la pintura o para conseguir un color de acabado determinado.
- Las placas de características o cualquier tipo de instrucciones especiales incluidas como parte del equipo.
- Vástagos de válvulas, órganos móviles de equipo, órganos de engrase, ejes de bombas y compresores y, en general, cualquier superficie o equipo que normalmente vaya lubricado o tenga unas tolerancias de trabajo muy ajustadas.

Todas las superficies de acero que vayan a ser aisladas térmicamente deberán llevar la superficie tratada y/o imprimada de taller.

Se considerará a todos los efectos que la temperatura de los soportes (faldones, patas, cunas, etc.) no excede de 60°C a menos que se indique expresamente lo contrario.

Estará incluido el pintado de todos los volantes de válvulas, tanto si éstas van aisladas como pintadas.

Se medirá el espesor de película seca de cada capa de pintura por medio de un medidor de espesores o micrómetro. Esta medición quedará registrada en la correspondiente hoja de control.

3.2 RECEPCIÓN DE PINTURAS

El Contratista almacenará en el emplazamiento que se designe las pinturas de forma que se satisfaga la legislación aplicable y las Normas de Seguridad de INERCO en donde queden debidamente depositadas y resguardadas.

Cuando el Contratista requiera el uso de cualquier tipo de disolvente por considerar necesario su empleo, solicitará la aprobación de INERCO, pormenorizando detalles sobre recepción, lugar de almacenaje y uso.

En caso de no conformidad, por parte de INERCO con la calidad de las pinturas aportadas por el Contratista será por cuenta de éste proceder a su sustitución.

3.3 PREPARACIÓN DE SUPERFICIES

Antes del comienzo de los trabajos se pondrá en conocimiento de INERCO cualquier defecto de fabricación que se detecte en las superficies a tratar.

De manera resumida, las acciones a realizar antes de la operación de chorreo, consiste en:

- Eliminar el óxido, contaminantes, sales, grasas, suciedad, etc.
- Eliminar la cascarilla de laminación (calamina).
- Eliminar todas las proyecciones y escorias de soldadura.
- Subsanar defectos de construcción como cantos vivos, grietas, exfoliaciones, cordones irregulares de soldadura, etc.

En algunas ocasiones, puede no ser necesario chorrear, preparándose las superficies con herramientas mecánicas, siempre previa consulta a INERCO.

La operación de chorreado deberá realizarse cuando las superficies metálicas sometidas a limpieza estén, al menos, 3 ºC por encima del punto de rocío (ver anexo I) y la humedad relativa del aire no sea superior al 75%.

En el chorreado y cuando sea posible su recuperación, se empleará granalla metálica de granulometría adecuada para llegar obtener en la mayoría de los casos en el acero una rugosidad BN 10a del RUGOTEST nº 3.

Cuando no sea posible el uso de granalla metálica, se podrá usar arena lavada, limpia y seca (según UNE-EN-ISO 11126-3).

Tras el chorreado, se eliminarán de la superficie, preferentemente con aire comprimido limpio y seco, los restos de polvo, abrasivo y los productos eliminados.

Cuando sea necesario el repintado de capas una vez sobrepasado el tiempo máximo de repintado, se realizará un chorreado al grado barrido, de forma que se realice un picado general de las superficies sin profundizar, aplicándose a continuación la capa o capas previstas.

Todo lo relativo al tipo y preparación de superficies previa a la aplicación de pinturas, se hará de acuerdo con lo especificado en la Norma UNE-EN-ISO 12944 y con las normas que en ella se hacen referencia, de forma especial la norma ISO 8501.

3.4 APLICACIÓN DEL SISTEMA ANTICORROSIVO

La aplicación de las distintas capas protectoras, tanto en taller como en campo, se efectuarán de acuerdo con lo especificado en la norma UNE-EN-ISO 12944-7, las instrucciones del fabricante de cada uno de los productos a aplicar especificados en las hojas de características, y esta especificación.

No se comenzará ningún trabajo de aplicación o se interrumpirá si hubiese comenzado, sin cargo alguno para INERCO en los siguientes casos:

- Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C, con la excepción de las pinturas que sequen por evaporación de un disolvente, pinturas estas que se pueden aplicar incluso con temperatura ambiente de 2°C. Sin embargo no se aplicará la pintura en ningún caso, si se prevé que la temperatura ambiente va a caer por debajo de 0°C antes de que la pintura se haya secado totalmente.

- No se aplicará pintura sobre una superficie de acero cuya temperatura sea inferior en 3°C al punto de rocío (ver Anexo I), o que se encuentre a menos de 2°C.

- Tampoco se aplicará pintura sobre acero, a una temperatura superior a 60°C; a menos que se trate de una pintura específicamente indicada para ello. No se aplicará pintura alguna sobre acero que se halle a una temperatura tal que ocasione burbujas o porosidades y otro tipo de fenómeno cualquiera que vaya en detrimento de la vida de la pintura.

- Cuando llueva, nieve, haya niebla, vientos racheados con proyección de arena o cuando la humedad relativa sea mayor del 85%. Tampoco se aplicará sobre superficies húmedas o mojadas, ni sobre superficies con capa de hielo. La existencia de agua o hielo en estas superficies deberá ser adecuadamente constatada para evitar el pintado en tales condiciones.

En caso de que se deba aplicar pintura en tiempo húmedo o frío, se tendrá que pintar cubriendo o protegiendo adecuadamente la superficie a pintar.

Las zonas dañadas por heladas, humedad excesiva, nieve o condensaciones serán reparadas eliminando la pintura, preparando nuevamente la superficie y repintando con el mismo número de capas y pintura análoga al resto de las superficies.

En la medida de lo posible, las capas de pintura se aplicarán de modo que quede una capa continua y uniforme en espesor y libre de poros, gotitas o áreas de mala aplicación.

En pinturas bicomponentes no se permitirá la realización de mezclas parciales, debiéndose mezclar los envases completos preparados por el fabricante.

Cada preparación de mezcla quedará documentada en una hoja de control en que constará al menos la siguiente información: fecha, elemento a revestir, tipo pintura, numero de lote, hora de realización, método aplicación y firma del responsable.

Todas las capas de revestimiento (imprimación, intermedia y acabado) deberá tener un color diferente, de forma que pueda apreciarse el espesor de cada capa de pintura.

Las partes de acero que deban soldarse después de pintadas, se dejarán con un margen de 50 mm en los bordes de las zonas a soldar. Sin embargo, estas zonas deberán tener un tratamiento superficial y una limpieza análoga al resto de la superficie.

Las marcas o señales necesarias para la prefabricación y montaje se realizarán sobre las superficies pintadas.

La pintura utilizada para este propósito será compatible con la pintura de la capa de acabado y no deteriorará la vida útil de ésta.

Es obligación del Contratista cubrir adecuadamente los instrumentos, equipos, etc, que no han de pintarse, para evitar que les caiga pintura.

Los productos a emplear se recibirán en los envases originales del fabricante de pinturas, claramente identificados por el mismo con sus correspondientes fechas de fabricación y caducidad y número de lote. De cada diferente número de lote, se suministrarán los correspondientes certificados de calidad expedidos por el fabricante.

Las pinturas y disolventes serán almacenados a cubierto en caseta aparte, debidamente ventilada.

La preparación de pinturas y demás materiales protectores, se efectuará de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Siempre que se posible por los productos a emplear, la aplicación del revestimiento será por pulverización, dejando otros métodos de aplicación como puede ser a brocha para casos muy concretos como son áreas de difícil acceso o zonas muy pequeñas.

En la aplicación del recubrimiento sólo se utilizarán, en caso de ser necesario, los disolventes y diluyentes recomendados por el fabricante de la pintura, y en las cantidades por él especificadas.

Todos los elementos utilizados para la aplicación de pintura, se mantendrá limpios y en perfecto estado de funcionamiento, para garantizar la aplicación del revestimiento con todas las garantías.

Todas las capas de revestimiento, imprimaciones, intermedias y de acabado, deberán ser perfectamente compatibles para asegurar el funcionamiento del sistema.

Se tendrá especial cuidado en los casos en que el sistema de revestimiento tenga que soportar temperatura, siendo necesario en este caso que todas las capas del sistema soporten temperaturas por encima de la temperatura de operación.

En los casos en que el sistema de revestimiento esté en contacto con azufre o concentración de gases sulfurosos, ninguna capa del sistema de revestimiento tendrá componentes de zinc.

Todos los instrumentos a utilizar en el control de calidad, deberán estar homologados, tarados y en perfecto estado de utilización.

Al final del trabajo, el Contratista deberá adjuntar las hojas de identificación de los productos aplicados, su control de calidad y homologación por parte del fabricante.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN SUPERFICIAL

4.1 ESTRUCTURA DE ACERO

Tipo de estructura	Preparación de la superficie	Capa de Imprimación	Capa Intermedia	Capa de acabado
Estructuras aéreas en ambientes agresivos (1)	Chorreado hasta grado SA 21/2, según norma ISO 8501-1 Rugosidad BN10a de Rugotest nº3	1 Capa en taller de 75 µm de pintura epoxi pigmentada rica en zinc según norma UNE-48277.	1 Capa de 100 µm de pintura epoxi poliamida de alto espesor pigmentada con hierro micáceo según UNE-48295	2 Capas de 45 µm de pintura de poliuretano alifático, según UNE 48274
Estructuras aéreas en ambientes no agresivos (1)	Chorreado hasta grado SA 21/2, según norma ISO 8501-1 Rugosidad BN10a de Rugotest nº3	1 Capa en taller de 75 µm de pintura epoxi pigmentada rica en zinc según norma UNE-48277.	1 Capa de 100 µm de pintura epoxi poliamida de alto espesor pigmentada con hierro micáceo según UNE-48295	2 capas de 45µm de pintura acrílica modificada, según CLH-M-01-03
Estructuras ignifugadas	Chorreado hasta grado SA 21/2, según norma ISO 8501-1 Rugosidad BN10a de Rugotest nº3	1 Capa en taller de 75 µm de pintura epoxi pigmentada rica en zinc según norma UNE-48277.	-	-
Estructuras embebidas en hormigón	Chorreado hasta grado SA 21/2, según norma ISO 8501-1 Rugosidad BN10a de Rugotest nº3	1 Capa en taller de 75 µm de pintura epoxi pigmentada rica en zinc según norma UNE-48277.	-	-

NOTAS:

(1) Se considera ambiente agresivo a zonas de alta humedad (HR >85%), zonas costeras, ambiente químico.

Tipo de tubería o equipo	Preparación de la superficie	Capa de Imprimación	Capa Intermedia	Capa de acabado
Acero al carbono o aleado. Temperatura máxima T<120ºC	Chorreado hasta grado SA 21/2, según norma ISO 8501-1 Rugosidad BN10a de Rugotest nº3	1 Capa en taller de 75 µm de película seca de silicato inorgánico de zinc según norma UNE-48293.	1 Capa de 100 µm de pintura epoxi-poliamida pigmentada con hierro micáceo que resista 120ºC según UNE 48295	2 Capas de 45 µm de pintura de Poliuretano alifático según UNE 48274 que resista 120ºC
Acero al carbono o aleado. Temperatura 120ºC<T<400ºC	Chorreado hasta grado SA 21/2, según norma ISO 8501-1 Rugosidad BN10a de Rugotest nº3	1 Capa en taller de 75 µm de película seca de silicato inorgánico de zinc según norma UNE-48293.		2 Capas de 25 µm pintura a base de siliconas/aluminio que resista 400ºC
Acero galvanizado	Limpieza de grasas y aceites con detergente Eliminación de sales con agua dulce a presión	1 Capa en taller de 30 µm de pintura epoxi bicomponente para galvanizado según UNE 48271-2.	1 Capa de 125 µm de pintura epoxi bicomponente de alto espesor con aluminio según norma UNE-48261.	1 capa de 40µm de pintura acrílica modificada
Acero inoxidable (1)	Limpieza de grasas y aceites con detergente Limpieza mecánica manual según ISO 8501-1 Rugosidad BN9a de Rugotest nº 3	1 Capa en taller de 60 µm de pintura epoxi fosfato de zinc según norma UNE-48271-1.		1 capa de 40µm de pintura acrílica modificada

NOTAS:

(1) Se aplicará a equipos que por identificación/estética deban ser pintados. En el caso de tuberías se pintaran siempre con fran jas identificativas según el color/RAL de cada servicio, situados según lo recogido en esta especificación. Cuando la tubería sea suceptible de oxidación inducida por cloruros se pintará en su totalidad.

4.3 TUBERÍAS Y EQUIPOS CON AISLAMIENTO

Tipo de tubería o equipos	Preparación de la superficie	Capa de Imprimación	Capa Intermedia	Capa de acabado
Acero al carbono o aleado. Temperatura máxima T<120ºC	Chorreado hasta grado SA 21/2, según norma ISO 8501-1 Rugosidad BN10a de Rugotest nº3	1 Capa en taller de 75 µm de película seca de silicato inorgánico de zinc según norma UNE-48293.	1 Capa de 100 µm de pintura epoxi-poliamida pigmentada con hierro micáceo que resista 120ºC según UNE 48295	
Acero al carbono o aleado. Temperatura 120ºC<T<400ºC	Chorreado hasta grado SA 21/2, según norma ISO 8501-1 Rugosidad BN10a de Rugotest nº3	1 Capa en taller de 75 µm de película seca de silicato inorgánico de zinc según norma UNE-48293.		2 Capas de 25 µm de pintura a base de siliconas/aluminio que resista 400ºC

4.4 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

4.4.1 Exterior de tanques de almacenamiento

Tipo de tanque	Preparación de la superficie	Capa de Imprimación	Capa Intermedia	Capa de acabado
Tanques con aislamiento T<180ºC	Chorreado hasta grado SA 21/2, según norma ISO 8501-1 Rugosidad BN10a de Rugotest nº3	1 Capa en taller de 75 µm de película seca de silicato inorgánico de zinc según norma UNE-48293.	1 Capa de 100 µm de pintura epoxi-poliamida pigmentada con hierro micáceo que resista 180ºC según UNE 48295	
Tanques sin aislamiento	Chorreado hasta grado SA 21/2, según norma ISO 8501-1 Rugosidad BN10a de Rugotest nº3	1 Capa en taller de 75 µm de película seca de silicato inorgánico de zinc según norma UNE-48293.	2 Capas de 100 µm de pintura epoxi-poliamida pigmentada con hierro micáceo que resista 180ºC	2 Capas de 40 µm de poliuretano alifático según UNE 48274

4.4.2 Interior de tanques de almacenamiento

Tipo de tanque	Preparación de la superficie	Capa de Imprimación	Capa Intermedia	Capa de acabado
Tanques con fluidos tipo 1	Chorreado hasta grado SA 21/2, según norma ISO 8501-1 Rugosidad 75-100 µm	1 Capa de 25-40 µm de película seca de expoxi amina sin disolvente (1)	1 Capa de 100 µm de pintura expoxi fenólica sin disolvente y curado con amina (2)	1 Capa de 350 µm de pintura epoxi fenólica, sin disolvente y curado con amina
Tanques con fluidos tipo 2	Chorreado hasta grado SA 21/2, según norma ISO 8501-1 Rugosidad 75-100 µm	1 Capa de 100 µm de pintura expoxi fenólica bicomponente de capa gruesa y alto contenido en sólidos curada con aducto de amina (3)	1 Capa de 100 µm de pintura expoxi fenólica bicomponente de capa gruesa y alto contenido en sólidos curada con aducto de amina (3)	1 Capas de 100 µm de pintura expoxi fenólica bicomponente de capa gruesa y alto contenido en sólidos curada con aducto de amina (3)
Tanques con fluidos tipo 3	Chorreado hasta grado SA 21/2, según norma ISO 8501-1 Rugosidad 75-100 µm	1 Capa de 25-40 µm de película seca de expoxi amina sin disolvente (1)	1 Capa de 100 µm de pintura expoxi sin disolvente y curado con amina (1) (4)	1 Capa de 350 µm de pintura epoxi sin disolventes y curado con amina (4)

NOTAS:

(1) Se aplicará únicamente por proteger el chorreado cuando no sea posible tener una atmósfera controlada mediante diversos mecanismos como puede ser deshumificadores y calefactores.

(2) Esta capa sólo se aplicará en la unión perimetral de fondo y envolvente, en los solapes pronunciados de chapas y soldaduras, así como en lugares de difícil acceso.

(3) Se aplicará una capa extra de refuerzo en la unión perimetral del fondo y envolvente, en los solapes pronunciados de chapas y soldaduras, así como en lugares de difícil acceso.

(4) Esta pintura deberá cumplir con los Reales Decretos 2207/94 y 1752/98 del Ministerio de Sanidad.

Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Condensado	Gasolina sin plomo	Agua potable
Agua bruta	Biodiesel	
Agua de refrigeración	Agua desmineralizada	
Agua de incendios	Metanol	
Fuel-oil ≤70ºC	Disolventes agresivos	
Gas-oil	Fuel-oil >70ºC	
Keroseno	Crudo >70ºC	
Nafta		
Crudo ≤70ºC		
Slops		

En el caso de pintura interior de tanques de almacenamiento se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- En los tanques de crudo, slops, gasolinas, naftas y gasóleos llevarán pintado el fondo, el techo (incluido patas o soportes), la primera virola y la virola superior (última virola).

- El resto de tanques de almacenamiento se pintarán en su totalidad.

- Entre el chorreado y la aplicación de la imprimación, no deberá transcurrir un tiempo superior a 4 horas.

- En la preparación de superficies para los retoques y parcheo, cuando no sea necesario chorrear para preparar adecuadamente la superficie, se utilizará disco abrasivo. Cuando en la ejecución del trabajo exista peligro de explosión por chispa, se emplearán cepillos neumáticos con corona de púas de bronce, espátulas de bronce, etc.

- Una vez totalmente acabado el tanque, se sellará exteriormente la unión chapa de acero (tanque) - hormigón (anillo de cimentación), para evitar en lo posible filtraciones de agua o producto hacia el fondo del tanque en su contacto con el suelo. Se utilizarán masillas con buena adherencia acero-hormigón, muy flexibles, con alta resistencia química a los productos con los que puedan estar en contacto y buena resistencia a la intemperie. Se aplicará con un solape mínimo en el acero y en el hormigón de unos 200 mm. Todos estos productos se aplicarán previamente a una buena limpieza de la zona a aplicar y a una preparación de la superficie si fuese necesario.

5. COLORES DE ACABADO Y SEÑALIZACIÓN

5.1 CRITERIOS GENERALES

Las líneas y equipos no aislados de acero al carbono y aleado, así como las líneas de acero al carbono galvanizado, se pintarán en su totalidad de acuerdo con el sistema correspondiente y el color/RAL de acabado que se considera a continuación en esta especificación (según grupo).

Las líneas de acero inoxidable se pintarán con franjas identificativas del color/RAL de acabado que se considera a continuación en esta especificación (según grupo).

Las líneas aisladas se franjearán en color/RAL correspondiente (según grupo) sobre la chapa de protección.

Con el fin entre otros de diferenciar líneas que pertenezcan al mismo grupo y por tanto tengan el mismo RAL, se identificarán todas las tuberías mediante su nombre completo según lo descrito en esta especificación.

La franja identificativa se colocará en los siguientes lugares:

- A ambos lados de una válvula o fuelle.
- A ambos lados de un codo.
- A ambos lados de una Lira de expansión.
- A ambos lados de un juego de bridas.
- En los extremos de una te o injerto.
- A 30 cm del pavimento cuando la línea se entierre o entre/salga de un canal visitable, culvert, etc.
- Cada 50 m en tramos rectos sin accesorios. En el caso de ser la distancia entre dos franjas superior a 50 m e inferior a 100 m, se pintará sólo una franja intermedia equidistante de las otras.

El rótulo identificativo de cada servicio se colocará en los siguientes lugares:

- Entrada y salida de racks y canales visitables, culvert, etc., así como en los tramos aéreos previos al soterramiento de tuberías.

- En los límites de baterías de cada uno de los Contratistas implicados en el Proyecto.

- En las tuberías que entran y salen de la Planta.

- En las impulsiones de bombas, compresores, etc. En el caso de colectores de impulsión se pondrá en éstos.

- Cada 50 m en tramos rectos.

Cada uno de estos rótulos con los nombres de cada servicio debe ir acompañado de la correspondiente flecha de sentido de flujo, según las características recogidas en esta especificación.

Dicha flecha de sentido de flujo se situará también en todas las entradas y salidas de equipos y tanques, independientemente de que lleven rótulo identificativo de servicio.

En el exterior de tanques y equipos, una vez realizados los trabajos de acabado, se realizará la rotulación de la denominación de los mismos, según lo recogido en esta especificación.

Asimismo, se realizará la rotulación de imagen con la marca de CIUDEN en los casos que INERCO lo estime oportuno.

5.2 COLORES DE ACABADO

El color/RAL de acabado de las tuberías, equipos y estructuras que se indica en las siguientes tablas debe considerarse como orientativo, debiendo el adjudicatario obtener el visto bueno de INERCO en cada caso.

5.2.1 Tuberías

Grupo	Servicio	Color	
Agua	Agua bruta y de servicios Agua desmineralizada Agua desgasificada Agua de refrigeración Agua potable Agua de efluentes	Verde	RAL 6032
SCI	Agua del sistema contra incendios	Rojo	RAL 3000
Gases inertes	Aire de instrumentos Aire de servicios Dióxido de carbono	Azul	RAL 5012
Vapor y condensado	Vapor de alta Vapor de media Vapor de baja Vapor de muy baja Condensado de media Condensado de baja	Naranja	RAL 2010
Gases combustibles	Gas natural	Amarillo	RAL 1021
Productos químicos	Hidróxido Amónico Drenajes procesos químicos Dosificación química Lechada de yeso Lechada de caliza	Violeta	RAL 4001
Gases y Comburentes	Oxígeno Aire de combustión Gases de combustión Gases de combustión recirculados	Blanco	RAL 9010
Sólidos	Carbón Caliza Arena	Aluminio	RAL 9006

5.2.2 Equipos

Descripción	Color	
Tanques CO_2 y Gas Natural	Blanco	RAL 9010
Resto de Tanques	A decidir por INERCO	
Recipientes, torres reactores	Aluminio	RAL 9006
Hornos, calderas, intercambiadores	Aluminio	RAL 9006
Tolvas, silos	Aluminio	RAL 9006
Equipos de filtración	Aluminio	RAL 9006
Soportes de equipos	Aluminio	RAL 9006
Barandillas (Candeleros, pasamanos, intermedios y rodapié), escaleras de gato (Pilares, peldaño y jaula)	Amarillo	RAL 1028
Bombas	Verde	RAL 6017
Compresores, soplantes, ventiladores	Verde	RAL 6017
Motores eléctricos	Azul	RAL 5014
Generadores eléctricos	Azul	RAL 5014
Transformadores	Azul	RAL 5014
Válvulas	Aluminio	RAL 9006
Volantes de válvulas	Negro	RAL 9017
Equipos contra incendios	Rojo	RAL 3000
Puentes grúa, pescantes, polipastos	Amarillo	RAL 1028

5.2.3 Estructuras

Descripción	Color	
Estructuras en general, racks, soportes de tuberías y conductos	Verde	RAL 6002
Barandillas (Candeleros, pasamanos, intermedios y rodapié), escaleras de gato (Pilares, peldaño y jaula)	Amarillo	RAL 1012

5.2.4 Cerramientos de chapa metálica

Los cerramientos de las estructuras y edificios pertenecientes a la Planta estarán pintados según indica la siguiente tabla:

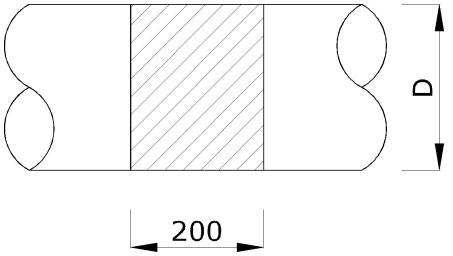
Descripción	Color	
Cerramiento de cubiertas	Gris	RAL 7044
Cerramientos laterales	Gris	RAL 7044
Remates perimetrales	Gris	RAL 7044
Puertas metálicas	Gris	RAL 7030

5.3 SEÑALIZACIÓN

5.3.1 Franjas / bandas de identificación de tuberías

Tendrán el color de acabado o RAL correspondiente según grupo (ver apartado 5.2.1).

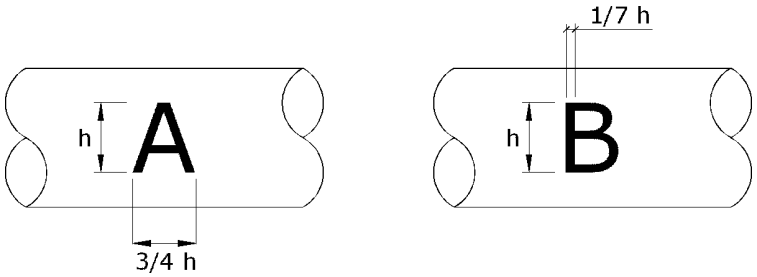
Las dimensiones de la banda corresponderán al siguiente esquema:



- Cotas en mm.
- El diámetro D en el caso de tuberías aisladas corresponde al diámetro exterior incluido el aislamiento.

5.3.2 Identificación nombre completo de servicio / producto de tuberías

Las letras se pintarán en negro RAL 9017 para los grupos: sólidos, gases y comburentes, gases combustibles y vapor y condensado. Para el resto se pintarán en blanco RAL 9010.



D	h
<1”	10
1” - 1 ½”	20
2” - 2 ½”	30
3”	40
4” - 6”	50
8”	70
10”	80
>10”	100

- Cotas en mm.

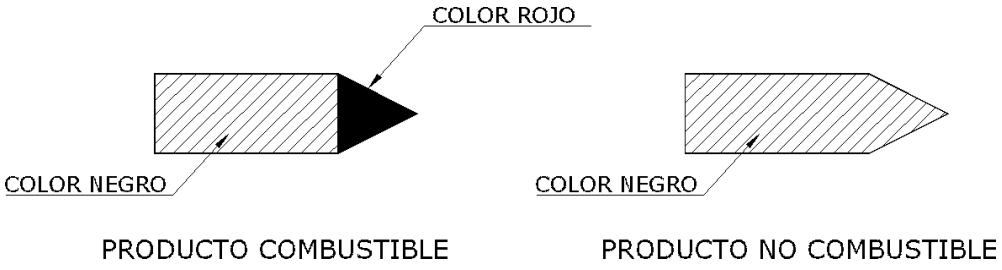
- El diámetro D en el caso de tuberías aisladas corresponde al diámetro exterior incluido el aislamiento.

5.3.3 Flecha sentido de flujo de tuberías

Las flechas se pintarán en negro RAL 9017 para los grupos: sólidos, gases y comburentes, gases combustibles y vapor y condensado. Para el resto se pintarán en blanco RAL 9010.

Para identificar la combustibilidad de los productos que circulan por las tuberías se pintarán las puntas de color rojo RAL 3000.

La posición del extremo de la flecha indicará el sentido de flujo.



Las flechas de sentido de flujo tendrán las siguientes dimensiones:

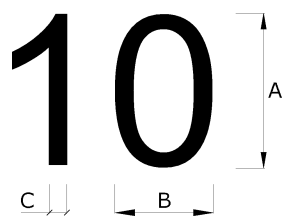


Diámetro tubería	B	A
≤2”	40	10
3” - 6”	60	20
8” y mayores	80	30

5.3.4 Rotulación de la denominación de tanques y equipos

La identificación de tanques y equipos se realizará en color negro RAL 9017.

El tamaño de las letras y ubicación dependerá de la capacidad de los equipos según el siguiente esquema:



Capacidad	A	B	C
≤100 m^3	200	150	30
100 - 500 m^3	300	225	40
≥500 m^3	400	300	60

- Cotas en mm.

En los equipos y tanques de capacidad inferior a 500 m^3 sólo se rotulará la denominación del mismo una vez a la mitad de su altura total.

Los equipos y tanques de capacidad superior o igual a 500 m^3 se rotularán dos veces a la mitad de su altura total.

5.3.5 Señalización en tuberías y recipientes que contienen o puedan contener sustancias y preparados peligrosos

Los recipientes y tuberías visibles que contengan o puedan contener sustancias o preparados peligrosos deberán ser etiquetados con la correspondiente señal de advertencia. Se podrán exceptuar los recipientes utilizados durante corto tiempo y aquellos cuyo contenido cambie a menudo, siempre que se tomen medidas alternativas adecuadas, fundamentalmente de formación e información, que garanticen un nivel de protección equivalente.

Estas señales se pegarán, fijarán o pintarán en sitios visibles en un número suficiente y siempre que exista puntos de especial riesgo, como válvulas o conexiones, en su proximidad. Además, deberán situarse junto a los rótulos identificativos de cada servicio según lo indicado en el apartado 5.1 de esta especificación.

Las características intrínsecas y condiciones de utilización de las señales a utilizar son las siguientes:

- Las señales serán de un material que resista lo mejor posible los golpes, las inclemencias del tiempo y las agresiones medioambientales.

- Las señales se instalarán preferentemente a una altura y en una posición apropiadas en relación al ángulo visual, teniendo en cuenta posibles obstáculos, en la proximidad inmediata del riesgo u objeto que deba señalizarse o, cuando se trate de un riesgo general, en el acceso a la zona de riesgo.

- El lugar de emplazamiento de la señal deberá estar bien iluminado, ser accesible y fácilmente visible. Si la iluminación general es insuficiente, se empleará una iluminación adicional o se utilizarán colores fosforescentes o materiales fluorescentes.

- A fin de evitar la disminución de la eficacia de la señalización no se utilizarán demasiadas señales próximas entre sí.
- Las señales deberán retirarse cuando deje de existir la situación que las justificaba.

Dependiendo de la naturaleza de la sustancia peligrosa que contenga o pueda contener las tuberías y los recipientes, las señales de advertencia a utilizar será alguna de las mostradas a continuación:


Materias inflamables


Materias explosivas


Materias tóxicas


Materias corrosivas


Materias radiactivas


Materias comburentes


Riesgo biológico


Baja temperatura


Materias nocivas
o irritantes



Zona con riesgos de
atmósferas explosivas

6. INSPECCIONES Y PRUEBAS

La ejecución del trabajo debe ser supervisada en todas sus etapas. La supervisión debe ser realizada por personal debidamente cualificado y experimentado. El Contratista debe ser responsable de llevar a cabo esta supervisión él mismo, como una garantía de que se está cumpliendo con lo especificado. También podrá existir una supervisión adicional por parte de INERCO.

En los casos en que la preparación de superficies y la capa de imprimación sean realizados en taller, y las sucesivas capas hasta acabar el sistema se realicen en campo por un Contratista distinto, este último realizará una inspección para determinar si el estado de la capa de imprimación aplicada en taller garantiza las sucesivas capas de pintura, o es necesario hacer alguna reparación previa. En este caso, se pondrá en conocimiento de INERCO.

INERCO podrá requerir al Contratista en cualquier fase de aplicación del sistema, los instrumentos necesarios, como pueden ser:

- Termómetros de máxima y mínima.
- Higrómetro.
- Psicrómetro.
- Medidor de rugosidad.
- Medidor de espesores (película húmeda y seca).
- Comprobador de adherencia.
- Productos para comprobar el curado.
- Detector de poros.
- Etc.

Con el fin de comprobar y verificar la correcta aplicación de lo especificado:

- Los espesores de película seca individuales de menos de un 80% de espesor nominal no son aceptables. Los valores individuales que se encuentren entre un 80% y un 100% del espesor nominal de película seca son aceptables, siempre que el promedio del conjunto (media) sea igual o mayor que el espesor nominal de película seca.

- Se debe tener cuidado en conseguir el espesor nominal de película seca y en evitar áreas de excesivo espesor. Se recomienda que el máximo de espesor de película seca no sea mayor que dos veces el espesor nominal. Para productos y sistemas que tengan un espesor de película seca máximo crítico (como por ejemplo el silicato de zinc, que puede cuartear cuando se le da sobreespesor) y otros casos especiales, deberá ser consultada la información dada en la ficha técnica del fabricante, no siendo válidos los anteriores criterios de aceptación.

- INERCO podrá solicitar al Contratista probetas del sistema en cualquiera de sus fases para la realización de los ensayos que se estimen convenientes.

- INERCO solicitará las pruebas y ensayos que estime oportunos de acuerdo con los artículos correspondientes de esta Especificación, los Códigos, Reglamentos y Normas de aplicación.

- INERCO podrá solicitar al Contratista durante la obra, los certificados oficiales de los materiales que acrediten la correspondiencia de éstos con las especificaciones técnicas, de los materiales ofertados. Estos certificados de conformidad, se incorporarán a la Documentación de Garantía de Calidad.

6.1 CERTIFICADOS DEL FABRICANTE DE LA PINTURA

Todas las pinturas deberán haber sido homologadas por una entidad independiente, que certifique su fabricación de acuerdo a la norma.

Esta certificación tendrá vigencia durante 5 (cinco) años, en tanto en cuanto no se modifiquen las composiciones, los procesos de fabricación o la norma correspondiente, y todos los ensayos realizados, con estos productos, en obras anteriores hayan resultados satisfactorios.

7. GARANTÍAS

El Contratista garantizará durante el tiempo que a tal efecto haga constar INERCO, el resultado de los trabajos que efectúe contra todo defecto, comprometiéndose, en este plazo, a reparar o volver a ejecutar libre de gastos para INERCO, cuantas deficiencias pudieran observarse y en las debidas condiciones técnicas.

INERCO considera que por necesidades de operación y mantenimiento, el período de garantía no debe ser inferior a 5 (cinco) años cuando la preparación de superficies sea con chorro abrasivo y de 3 (tres) años cuando la preparación de superficies sea manual.

Para protección de tanques (exterior / interior) y equipos esta garantía será de 10 (diez) años.

Se consideran requisitos de garantía de calidad como mínimo, los siguientes:

- Garantía de permanencia del sistema; que el acabado pueda dejar al descubierto más de un 5% del sistema de imprimación.

- Garantía de permanencia del color; que el color de la pintura sufra una degradación o cambio acentuado de la tonalidad según lo establecido en la norma UNE-EN-ISO 12944.

ANEXO I.

TEMPERATURAS DE PUNTO DE ROCÍO

ANEXO I.
TEMPERATURAS DE PUNTO DE ROCÍO

Humedad relativa %	Temperatura ambiente ºC												
	0	**5**	**10**	**12**	**14**	**16**	**18**	**20**	**22**	**24**	**26**	**28**	**30**
100	0	5	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
99	-0,1	4,8	9,8	11,8	13,8	15,8	17,8	19,8	21,8	23,8	25,8	27,8	29,8
98	-0,3	4,7	9,7	11,7	13,7	15,7	17,7	19,7	21,7	23,7	25,6	27,6	29,6
97	-0,4	4,5	9,5	11,5	13,5	15,5	17,5	19,5	21,5	23,5	25,5	27,5	29,5
96	-0,6	4,4	9,4	11,4	13,3	15,3	17,3	19,3	21,3	23,3	25,3	27,3	29,3
95	-0,7	4,2	9,2	11,2	13,2	15,2	17,2	19,1	21,1	23,1	25,1	27,1	29,1
94	-0,9	4,1	9,1	11,0	13,0	15,0	17,0	19,0	21,0	22,9	24,9	26,9	28,9
93	-1,0	3,9	8,9	10,9	12,8	14,8	16,8	18,8	20,8	22,8	24,7	26,7	28,7
92	-1,2	3,8	8,7	10,7	12,7	14,6	16,6	18,6	20,6	22,6	24,6	26,5	28,5
91	-1,4	3,6	8,5	10,5	12,5	14,5	16,4	18,4	20,4	22,4	24,4	26,3	28,3
90	-1,5	3,4	8,4	10,3	12,3	14,3	16,3	18,2	20,2	22,2	24,2	26,1	28,1
89	-1,7	3,3	8,2	10,2	12,1	14,1	16,1	18,1	20,0	22,0	24,0	26,0	27,9
88	-1,8	3,1	8,0	10,0	12,0	13,9	15,9	17,9	19,8	21,8	23,8	25,8	27,7
87	-2,0	2,9	7,8	9,8	11,8	13,7	15,7	17,7	19,7	21,6	23,6	25,6	27,5
86	-2,2	2,7	7,7	9,6	11,6	13,6	15,5	17,5	19,5	21,4	23,4	25,4	27,3
85	-2,3	2,6	7,5	9,5	11,4	13,4	15,3	17,3	19,3	21,2	23,2	25,2	27,1
84	-2,5	2,4	7,3	9,3	11,2	13,2	15,1	17,1	19,1	21,0	23,0	24,9	26,9
83	-2,7	2,2	7,1	9,0	11,0	13,0	15,0	16,9	18,9	20,8	22,8	24,7	26,7
82	-2,9	2,0	6,9	8,9	10,8	12,8	14,8	16,7	18,7	20,6	22,6	24,5	26,5
81	-3,0	1,9	6,7	8,7	10,7	12,6	14,6	16,5	18,5	20,4	22,4	24,3	26,3
80	-3,2	1,7	6,6	8,5	10,5	12,4	14,4	16,3	18,3	20,2	22,2	24,1	26,1
79	-3,4	1,5	6,4	8,3	10,3	12,2	14,2	16,1	18,0	20,0	21,9	23,9	25,8
78	-3,6	1,3	6,2	8,1	10,1	12,0	13,9	15,9	17,8	19,8	21,7	23,7	25,6
77	-3,8	1,1	6,0	7,9	9,9	11,8	13,7	15,7	17,6	19,6	21,5	23,4	25,4
76	-3,9	0,9	5,8	7,7	9,7	11,6	13,5	15,5	17,4	19,3	21,3	23,2	25,2
75	-4,1	0,7	5,6	7,5	9,5	11,4	13,3	15,3	17,2	19,1	21,1	23,0	24,9
74	-4,3	0,5	5,4	7,3	9,2	11,2	13,1	15,0	17,0	18,9	20,8	22,8	24,7
73	-4,5	0,3	5,2	7,1	9,0	11,0	12,9	14,8	16,7	18,7	20,6	22,5	24,5
72	-4,7	0,1	5,0	6,9	8,8	10,7	12,7	14,6	16,5	18,4	20,4	22,3	24,2
71	-4,9	-0,1	4,7	6,7	8,6	10,5	12,4	14,4	16,3	18,2	20,1	22,1	24,0
70	-5,1	-0,3	4,5	6,5	8,4	10,3	12,2	14,1	16,1	18,0	19,9	21,8	23,7
69	-5,3	-0,5	4,3	6,2	8,1	10,1	12,0	13,9	15,8	17,7	19,7	21,6	23,5
68	-5,5	-0,7	4,1	6,0	7,9	9,8	11,8	13,7	15,6	17,5	19,4	21,3	23,2
67	-5,7	-0,9	3,9	5,8	7,7	9,6	11,5	13,4	15,3	17,3	19,2	21,1	23,0
66	-5,9	-1,1	3,7	5,6	7,5	9,4	11,3	13,2	15,1	17,0	18,9	20,8	22,8
65	-6,1	-1,4	3,4	5,3	7,2	9,1	11,0	13,0	14,9	16,8	18,7	20,6	22,5