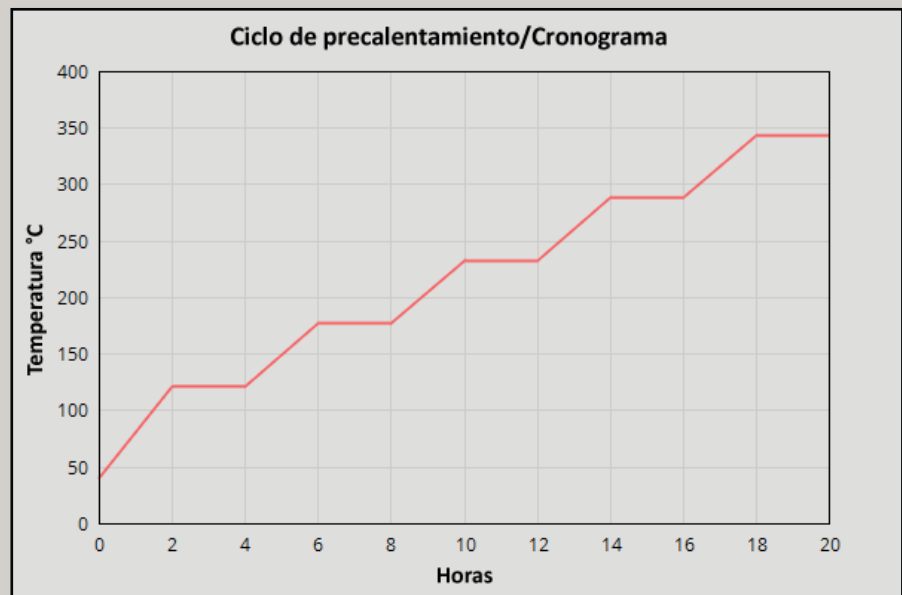


RECOMENDACIONES DE PRECALENTAMIENTO PARA REVESTIMIENTOS REFRACTARIOS

**Incluyendo crisoles,
cucharas, canales vertedores
y mesas de colada**



Número de parte 991,
Revisión B
abril de 2016

Para servicio técnico
y nuevos pedidos
comuníquese con el centro
de servicio Pyrotek más
cercano.

www.pyrotek.info/locations

DECLARACIÓN DE NUESTRA MISIÓN

Pyrotek es una compañía internacional líder que ofrece a los clientes productos técnicos para la mejora del rendimiento, sistemas integrados y servicios de consultoría en todo el mundo. Nuestra misión es brindar soluciones innovadoras a las necesidades de los clientes mediante nuestros recursos globales. Estamos comprometidos con:

- Satisfacción del cliente.
- Desarrollo del empleado.
- Crecimiento rentable.
- Integridad.
- Fiabilidad, calidad y servicio.
- Conciencia ambiental.
- Asociaciones con clientes y proveedores.

DEDICACIÓN PUESTA EN USTED

Nuestro compromiso con el servicio de atención al cliente comenzó junto al nacimiento de la compañía en 1956. Hoy, usted puede contar con Pyrotek para que le brinde soluciones innovadoras a su necesidad de materiales que soporten altas temperaturas.

HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD

Puede solicitar las hojas de datos de seguridad de los materiales a su especialista técnico de Pyrotek o por correo electrónico a SDS@pyrotek-inc.com.

PATENTES

Ningún texto incluido en el presente documento se debe interpretar como una autorización a poner en práctica un invento patentado sin tener licencia.

DERECHOS DE AUTOR

Este documento incluye información confidencial y no se puede reproducir sin el permiso por escrito de Pyrotek, Incorporated.

USO DEL DOCUMENTO

La información incluida en este documento carece de garantía, explícita o implícita, salvo por el hecho de que es verdadera según el saber y entender de Pyrotek. Pyrotek Incorporated no asume ninguna responsabilidad legal por el uso o la confianza depositada por un tercero en cualquier información incluida en este documento.

DESIGNACIONES DE SEGURIDAD

Las siguientes marcas se utilizan en el manual como llamadas para enfocarse en determinados temas o actividades:

NOTA: Destaca información importante o especial.

PRECAUCIÓN: Posibles daños al equipo—
proporciona información para evitar daños al equipo.

ADVERTENCIA: Peligro para el personal—
alerta sobre situaciones a evitar que tengan el potencial de causar lesiones físicas graves o la muerte.

PREFACIO

Este manual describe el funcionamiento de equipos específicos. La información de este manual es importante para su funcionamiento correcto y seguro. Asimismo, verifique que el lugar de trabajo esté adecuadamente iluminado y limpio, y que sea seguro.

MARCAS COMERCIALES

Las siguientes marcas comerciales se mencionan en este manual.

- ISOMAG® y RFM® son marcas comerciales registradas de Pyrotek.
- PROMALIGHT® es una marca comercial registrada de Promat, una compañía Etex.

REVISIONES DEL DOCUMENTO

Por favor proporcione al Departamento de Marketing Corporativo de Pyrotek cualquier sugerencia que tenga o cualquier cambio que pueda mejorar el contenido de este documento.

Revisión	Fecha	Motivo
A	10 de septiembre de 2015	Publicación inicial.
B	19 de abril de 2016	Se quitaron copias de las hojas de datos. Actualizaciones menores para aclarar el texto.

TEXTOS PRELIMINARES

Declaración de nuestra misión
Dedicación puesta en usted
Hojas de datos de seguridad
Patentes
Derechos de reproducción
Uso del documento
Designaciones de seguridad
Prefacio
Marcas comerciales
Revisiones del documento

SECCIÓN 1—CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Información general.....	1-1
Ciclo de precalentamiento	1-1
Definición del periodo de impregnación térmica.....	1-1
Sistema de control de impregnación térmica.....	1-1
Productos especiales.....	1-1
RFM	
Contornos singulares	
Requisito sobre el material aislante de respaldo	1-1
Material moldeable aislante Wollite.....	1-2
Materiales aislantes secos	1-2
Revestimiento refractario colado en el lugar	1-2
Pautas de seguridad	1-2
Protección de la humedad	1-2
Interrupción del ciclo de precalentamiento.....	1-2
Pautas para la manipulación de materiales	1-2

ÍNDICE

SECCIÓN 2—PREPARACIÓN Y PRECALENTAMIENTO

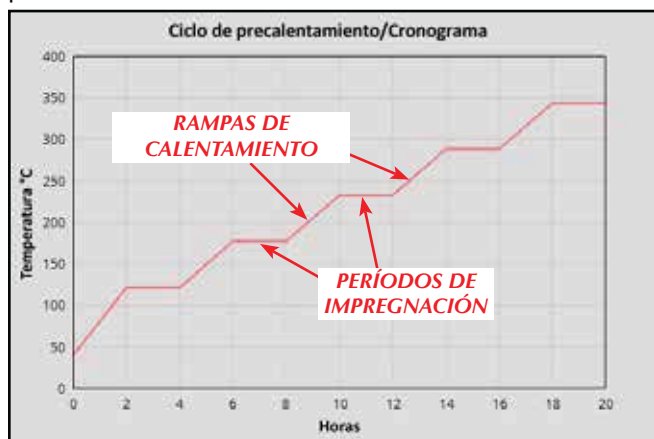
Introducción	2-1
Objetivos del precalentamiento	2-1
Temperatura de precalentamiento	2-1
Sensor del termopar	2-1
Tipos de precalentadores	2-2
Sistema de precalentamiento ZEN.....	2-2
Precalentadores integrados	2-2
Colocación de la boquilla.....	2-3
Aislamiento del material refractario	2-3
Lista de verificación del proceso de precalentamiento	2-3
Pautas para el ciclo de precalentamiento estándar	2-4
Aire forzado, termopar, sin control de impregnación térmica del material refractario 343 C (650 F)	2-4
Tabla de los ciclos de precalentamiento.....	2-4
Sistema integrado o controlado, termopar, control de impregnación térmica del material refractario, 649 C (1200 F).....	2-5
Tabla de los ciclos de precalentamiento.....	2-5
Mechero, sin termopar, sin control de impregnación térmica del material refractario, 649 C (1200 F)	2-6
Tabla de los ciclos de precalentamiento.....	2-6

DESCRIPCIÓN GENERAL

Este manual proporciona pautas para apoyar el precalentamiento de diferentes productos refractarios de Pyrotek. Los crisoles, cucharas, canales vertedores, vasos (cajas) de filtros y refractarios de mesa son productos que se pueden precalentar usando estas recomendaciones. Estas pautas se basan en el espesor del refractario, junto con el diseño físico del producto.

Ciclo de precalentamiento

La siguiente gráfica muestra un ciclo de precalentamiento, que también se conoce como cronograma de precalentamiento. Muestra la relación de tiempo/temperatura de un aumento de temperatura por un periodo de tiempo. El ciclo de precalentamiento contiene "rampas de calentamiento", periodos cuando aumenta la temperatura, y "períodos de impregnación (remojo)", cuando la temperatura permanece constante.



Definición del período de impregnación

El período de impregnación (remojo), que también se conoce como periodo de asentamiento, es el periodo isotérmico entre las rampas de calentamiento cuando se da tiempo a que el calor penetre y remoje el material refractario.

Sistema de control de impregnación

Un sistema de precalentamiento con la habilidad de controlar la rampa de calentamiento al monitorear la temperatura del material refractario se conoce como sistema de control de impregnación térmica.

Productos especiales

RFM

Los productos RFM® requieren de un proceso de precalentamiento aparte que no se cubre en este manual.

Contornos singulares

Si no está seguro acerca del ciclo de precalentamiento requerido para un contorno singular, o si se está considerando un método de precalentamiento inusual, consulte con la planta donde se fabricó el producto para obtener las recomendaciones de procesamiento.

El calor debe distribuirse uniformemente dentro del producto. Si el contorno del refractario o producto es grande y/o tiene varias cámaras o aberturas, es posible que se necesiten varios termopares para monitorear el producto y obtener una distribución uniforme del calor.

PRECAUCIÓN: Posibles daños al equipo— el producto debe precalentarse uniformemente y el calor debe distribuirse adecuadamente. De lo contrario, el producto puede ser susceptible al choque térmico que podría ocasionar un agrietamiento.

REQUISITO CON RESPECTO AL MATERIAL AISLANTE DE RESPALDO

Si el producto tiene un armazón de acero exterior y un revestimiento refractario prefabricado o colado en el sitio, se requiere un material aislante de respaldo que se deberá instalar entre ellos. El material aislante de respaldo proporciona un amortiguamiento y soporte físico al revestimiento refractario, y agrega valor al aislamiento general del producto.

El material aislante de respaldo, tal como el Wollite, debe hornearse para eliminar la humedad. Si se utiliza un material seco, el producto puede precalentarse directamente.

CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Material moldeable aislante Wollite

El material moldeable aislante Wollite de Pyrotek es un aislante de espuma mineral ligero que puede verterse. Este bicomponente es un producto que al inicio del mezclado fluye líquidamente, para luego expandir y endurecerse, en una reacción exotérmica, llenando los huecos vacíos detrás de los revestimientos simples o cavidades de contornos complejos.

Antes de que el producto pueda ponerse en producción, precalentarse y usarse para recibir el metal fundido, el Wollite debe hornearse para eliminar la humedad. Consulte la documentación del Wollite para información sobre la aplicación y procedimientos de horneado.

Materiales aislantes secos

Si cualquiera de los siguientes materiales secos se utilizan como material aislante de respaldo no se requiere horneado y el revestimiento refractario puede precalentarse inmediatamente para usarse.

- Papel de fiberseal, fieltros o mantas (cerámica o fibra cerámica no refractaria).
- Aislante estructural ISOMAG® 70.
- Placa aislante comprimible serie M.
- Aislante microporoso MT-29.
- Placa microporosa con lámina de polietileno PROMALIGHT® 320.
- Material aislante Pyroflow L&D.
- Placas aislantes Pyrotherm hechos de fibra cerámica o silicato de calcio.

REVESTIMIENTO REFRACTARIO COLADO EN EL LUGAR

Si un nuevo revestimiento refractario se ha colado en el lugar, debe encenderse por completo y hornearse para eliminar la humedad antes de que el producto pueda ponerse en producción, precalentarse y usarse para recibir el metal fundido. Las instrucciones para hornear refractarios son específicas al material utilizado y no se cubren en este manual.

PAUTAS DE SEGURIDAD

Reducir el choque térmico es el objetivo principal del precalentamiento de un refractario. Los ciclos de precalentamiento se basan en la cantidad de tiempo requerido para aumentar la temperatura del refractario y reducir el choque térmico al introducir el metal fundido.

Protección de la humedad

Guarde el producto en un lugar seco, lejos de la humedad. Cualquier humedad que absorba el refractario debe eliminarse durante el proceso de precalentamiento.

ADVERTENCIA: Peligro para el personal— si ocurre un vapor forzado durante el proceso de precalentamiento, la temperatura debe mantenerse hasta que haya disminuido el vapor. No hacerlo puede resultar en un desconchamiento por vapor en el refractario, pudiendo provocar una falla del refractario, así como lesiones personales o la muerte.

Interrupción del ciclo de precalentamiento

Si un ciclo de precalentamiento se interrumpe debido a un apagón o falla del equipo, reinicie el ciclo desde el principio para asegurar que se realice un precalentamiento correcto.

Pautas para la manipulación de materiales

ADVERTENCIA: Peligros para el personal— al usar materiales peligrosos como mantas cerámicas, papel de fibra cerámica refractaria, etc., consulte la hoja de datos de seguridad del material para conocer los requisitos del equipo de protección personal y de manipulación segura.

INTRODUCCIÓN

La duración de tiempo para el precalentamiento y los ajustes de la temperatura dependen del espesor del material refractario y del tamaño y contorno del producto a calentar.

La finalidad del precalentamiento es reducir el choque térmico al material refractario cuando se introduce el metal fundido.

El objetivo de cualquier actividad de precalentamiento es calentar el material refractario a una temperatura predeterminada sin provocar ningún daño al mismo.

NOTA: El material aislante de respaldo debe hornearse antes del precalentamiento. El precalentamiento del material refractario no sustituye al proceso de horneado.

Objetivos del precalentamiento

Los motivos para precalentar un material refractario incluyen los siguientes:

- Eliminar la humedad superficial del material refractario.
- Reducir el choque térmico del material refractario cuando se introduce metal líquido.
- Precargar el refractario con calor a fin de que, dependiendo de la temperatura de precalentamiento, el metal líquido introducido conserve su temperatura.

TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO

Cada producto debe alcanzar la temperatura requerida durante el proceso de precalentamiento. La temperatura depende, en parte, del tipo de material refractario y del uso final del producto. Los siguientes son requisitos generales de la temperatura de precalentamiento.

NOTA: Si se requiere una temperatura de precalentamiento diferente, el ciclo de precalentamiento puede detenerse en cualquier temperatura seleccionada.

- 343 °C (650 °F) es la temperatura de precalentamiento procurada para un material refractario que tiene poca reacción adversa al choque térmico. Un ejemplo es una mesa de colada de tochos (cilindros) con alimentadores cruzados diseñados para resistir un choque térmico limitado a medida que se transfiere el metal fundido desde el horno.
- 650 °C (1200 °F) es una temperatura de precalentamiento que se aproxima más a la temperatura del metal fundido. Un ejemplo sería un crisol o cuchara que se calentaría para permitir que el metal fundido introducido conserve su temperatura.

SENSOR DEL TERMOPAR

Un termopar incrustado en el material refractario es el método recomendado para monitorear la temperatura. El termopar proporciona al sistema de precalentamiento una retroalimentación precisa de la temperatura del material refractario. El mejor lugar para colocar el termopar es en la parte inferior del producto, lejos de la fuente de calor. Si no se incrusta, el termopar puede colocarse en un lugar estratégico para monitorear una temperatura que puede estar alejada de la fuente de calor.

PREPARACIÓN Y PRECALENTAMIENTO

TIPOS DE PRECALENTADORES

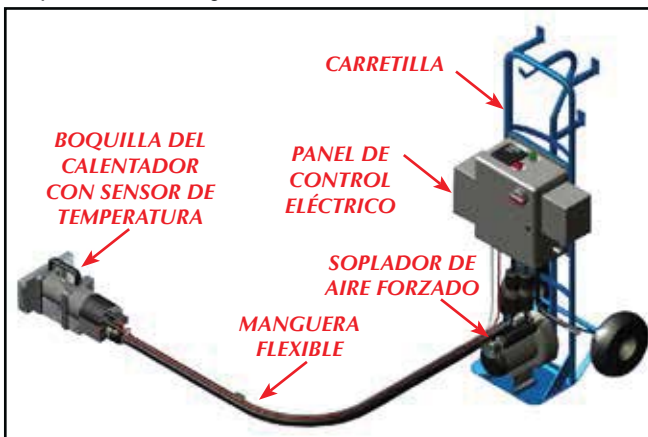
Hay varios tipos de precalentadores eléctricos y de gas disponibles. La disponibilidad de la planta de tener un suministro eléctrico o de gas puede limitar esta selección. Los siguientes aspectos deben considerarse al seleccionar un precalentador.

Nota: Un sistema debe tener suficiente producción de calor para realizar la tarea de precalentamiento.

- Un calentador de velocidad, o de aire forzado, contiene un soplador que desplaza el aire calentado a la fuerza.
- Hay sistemas eléctricos o de gas disponibles. La elección depende de la disponibilidad y la preferencia.
 - El gas está disponible como un mechero de flama baja o "suave" o como un calentador de aire forzado.
 - Los calentadores eléctricos están disponibles únicamente en diseños de aire forzado.
- Un sistema de precalentamiento integrado (integrado en el producto) generalmente tiene la habilidad de monitorear la temperatura del material refractario y aumentar la temperatura de acuerdo con una curva de calentamiento preseleccionada.

Sistema de precalentamiento ZEN

La siguiente ilustración muestra un modelo del precalentador ZEN. Dependiendo de los requisitos de precalentamiento individuales, hay diseños personalizados con diferentes funciones y opciones disponibles en Pyrotek.



SISTEMA DE PRECALENTAMIENTO DE AIRE FORZADO ZEN

Es posible el precalentamiento por aire forzado

utilizando el ZEN (el sistema precalentador de Pyrotek). Las características de diseño del precalentador ZEN, lo colocan como sistema preferido para calentar mesas de colada, canales vertedores y vasos (cajas) de filtro. Hay diferentes modelos de sistemas de precalentamiento ZEN, disponibles con diferentes niveles de monitoreo y control. Algunos modelos contienen un termopar en la salida del soplador de aire para monitorear constantemente la temperatura del aire. También contienen un control lógico programable electrónico para todo el proceso de precalentamiento, regulando la rampa e impregnación calórica del proceso. Consulte la documentación específica del precalentador ZEN para la operación.

Precalentadores integrados

Algunos canales vertedores, mesas de colada de tochos (cilindros) y vasos (cajas) de filtros tienen precalentadores integrados que se incluyen en el ensamble. Para operar estos sistemas, consulte la documentación individual del producto.



SISTEMA DE CANALES VERTEDORES CALENTADOS Y CUBIERTOS



PRECALENTADORES CON ALIMENTADORES CRUZADOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR

PREPARACIÓN Y PRECALENTAMIENTO

COLOCACIÓN DE LA BOQUILLA



**PUERTO DE SALIDA
PRECONFORMADO**

El punto de entrada al precalentador puede equiparse con una boquilla refractaria prefabricada para que sea igual al perfil del canal vertedor a calentar.

El montaje de precalentador puede ser tan simple como una flama baja o "suave" suspendida o aislada de la superficie del material refractario usando una placa o manta cerámica.



PRECALENTADOR DE MECHERO

Si se coloca un mechero de gas en un canal vertedor, este se debe dirigir a lo largo en el canal vertedor y colocarse sobre una manta aislante que se prolongue delante del mismo (la longitud de la flama), para evitar que la flama directa impacte el refractario circundante. Una flama baja generalmente es suficiente para este precalentamiento.

Un aspecto muy importante a considerar cuando se diseña el punto de entrada para el calor es no aplicar el calor directamente sobre el material refractario.

PRECAUCIÓN: Posible daño al equipo—tenga cuidado para evitar cualquier aplicación de la flama directa de precalentamiento sobre la superficie del material refractario. Esto puede provocar daños permanentes en el material refractario, los aditivos refractarios o el recubrimiento del refractario. También tenga cuidado al precalentar los filtros de partículas adheridas, tales como en un vaso (caja) de filtro, pues el impacto o el sobrecalentamiento pueden provocar que estos filtros se ablanden y degraden.

ASLAMIENTO DEL MATERIAL REFRACTARIO



CUBIERTA AISLADA EN LA MESA DE COLADA DE TOCHOS (CILINDROS)

El refractario debe cubrirse con un material aislante para retener y encapsular el calor. Pueden usarse una manta cerámica, placa aislante, tejido de papel o vidrio. Si el área es larga o contiene una T o un ángulo que puede inhibir el flujo de aire, tal como el caso de una mesa de colada, debe haber un puerto de escape de aire opuesto al calentador para permitir que el aire calentado fluya por toda la superficie del material refractario.

PRECAUCIÓN: Posibles daños al equipo— el producto debe precalentarse uniformemente con el calor distribuido adecuadamente. De lo contrario, el producto puede ser susceptible al choque térmico que podría ocasionar un agrietamiento.

Si el refractario es un crisol o una cuchara, una cubierta de manta aislante debe ser suficiente para mantener el calor en el interior del recipiente.

LISTA DE VERIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRECALENTAMIENTO

El refractario está listo para precalentarse si se han llevado a cabo todas las acciones preliminares, incluyendo las siguientes.

- El material aislante de respaldo se ha horneado.
- Todos los termopares se han colocado y conectado.
- El precalentador fue ubicado a fin de evitar daños (impactos/choques) al material refractario.
- Los materiales aislantes están colocados para contener y controlar el flujo del calor.
- El ciclo, tiempo y temperatura de precalentamiento se han definido. (Consulte los ciclos de precalentamiento en las siguientes páginas).

PREPARACIÓN Y PRECALENTAMIENTO

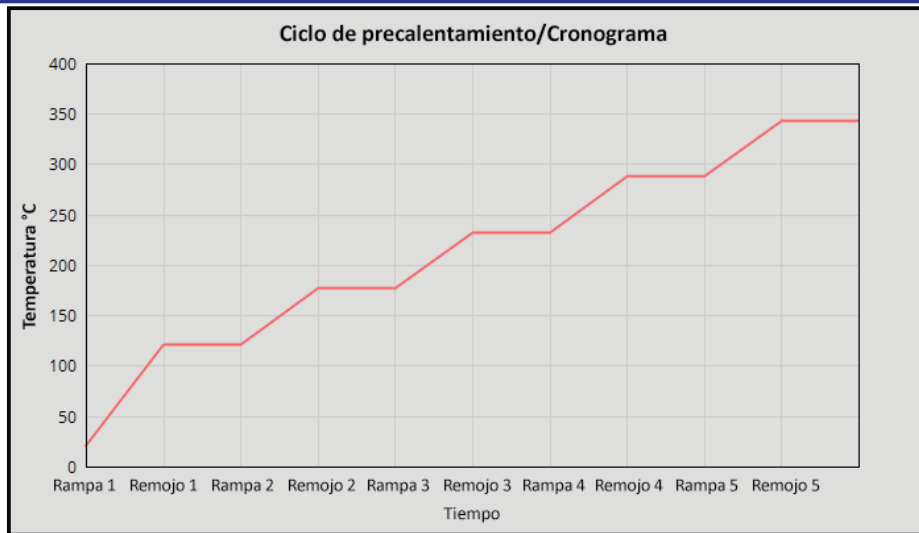
PAUTAS PARA EL CICLO DE PRECALENTAMIENTO ESTÁNDAR

Si no está seguro cuál pauta (curva) a seguir para precalentar un refractario específico, o si tiene un producto con un contorno singular, un cambio de 50 °C (90 °F) por hora para la rampa de calentamiento es una recomendación segura y estándar a seguir.

CICLO DE PRECALENTAMIENTO PARA AIRE FORZADO, TERMOPAR, SIN CONTROL DE IMPREGNACIÓN TÉRMICA DEL MATERIAL REFRACTARIO, 343 °C (650 °F)

Si el sistema de calentamiento es de aire forzado o mechero con un control de termopar, tal como un sistema de precalentamiento ZEN, se recomienda el siguiente ciclo. Al final de este ciclo se podrá introducir el metal fundido en el refractario de manera segura.

NOTA: Este ciclo de precalentamiento deja el refractario más frío que el metal fundido introducido.



REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SIGUIENTE "TABLA DE CICLOS DE PRECALENTAMIENTO"

Tabla de ciclos de precalentamiento

Número de paso	Temperatura inicial	Temperatura final	Cambio de temperatura por hora (rampa)	Duración de la rampa	Duración de la impregnación térmica ¹				
					2.5 cm (1 pulg)	5.1 cm (2 pulg)	7.6 cm (3 pulg)	10.1 cm (4 pulg)	12.7 cm (5 pulg)
1	21 °C (70 °F) ²	121 °C (250 °F)	50 °C (90 °F)	2 horas	2 horas ³	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas
2	121 °C (250 °F)	177 °C (350 °F)	50 °C (90 °F)	1 hora, 7 minutos	2 horas ³	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas
3	177 °C (350 °F)	232 °C (450 °F)	50 °C (90 °F)	1 hora, 6 minutos	2 horas ³	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas
4	232 °C (450 °F)	288 °C (550 °F)	50 °C (90 °F)	1 hora, 7 minutos	2 horas ³	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas
5	288 °C (550 °F)	343 °C (650 °F)	50 °C (90 °F)	1 hora, 6 minutos	2 horas ³	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas

¹ Para productos de mayor espesor, calcule 1.0 horas por cada 25 milímetros (1 pulgada) de espesor del revestimiento principal más el espesor del material aislante de respaldo.

² Este ciclo de precalentamiento comienza con una temperatura ambiente de 21 °C (70 °F).

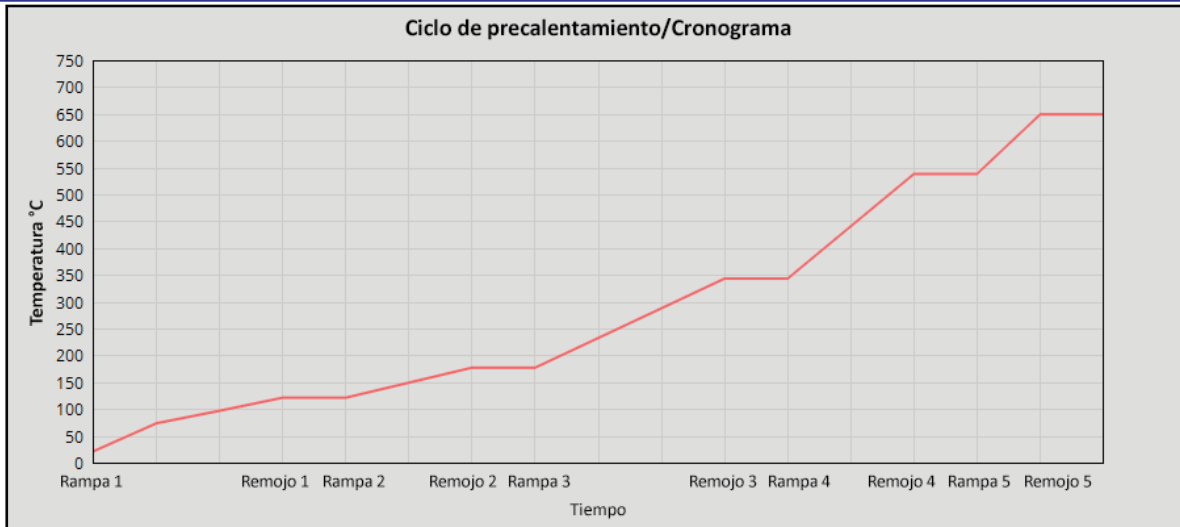
³ Se recomienda una "duración de la impregnación térmica" de precalentamiento mínima de 2.0 horas para todos los revestimientos refractarios.

PREPARACIÓN Y PRECALENTAMIENTO

SISTEMA INTEGRADO O CONTROLADO, TERMOPAR, CONTROL DE IMPREGNACIÓN TÉRMICA DEL MATERIAL REFRACTARIO, 649 °C (1200 °F)

La siguiente tabla muestra un sistema de precalentamiento integrado o un sistema de precalentamiento con mechero o aire forzado controlado que usa un termopar para monitorear la temperatura del refractario. El sistema de monitoreo debe ser capaz de controlar la rampa de calentamiento de acuerdo con los valores enumerados en la tabla.

NOTA: Después de terminar este ciclo de precalentamiento, la superficie del material refractario tendrá la misma temperatura que el metal fundido introducido.



REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SIGUIENTE "TABLA DE CICLOS DE PRECALENTAMIENTO"

Tabla de ciclos de precalentamiento

Número de paso	Temperatura inicial	Temperatura final	Cambio de temperatura por hora (rampa)	Duración de la rampa	Duración de la impregnación térmica ¹				
					2.5 cm (1 pulg)	5.1 cm (2 pulg)	7.6 cm (3 pulg)	10.1 cm (4 pulg)	12.7 cm (5 pulg)
1	21 C (70 F) ²	121 C (250 F)	28 C (50 F)	3 horas, 34 minutos	1 hora ³	1 hora	1.5 horas	2 horas	2.5 horas
2	121 C (250 F)	177 C (350 F)	28 C (50 F)	2 horas	1 hora ³	1 hora	1.5 horas	2 horas	2.5 horas
3	177 C (350 F)	343 C (650 F)	55 C (100 F)	3 horas	1 hora ³	1 hora	1.5 horas	2 horas	2.5 horas
4	343 C (650 F)	538 C (1000 F)	50 C (90 F)	2 horas, 20 minutos	1 hora ³	1 hora	1.5 horas	2 horas	2.5 horas
5	538 C (1000 F)	649 C (1200 F)	83 C (150 F)	1 hora, 20 minutos	1 hora ³	1 hora	1.5 horas	2 horas	2.5 horas

¹ Para producto de mayor espesor, calcule 0.5 horas por cada 25 milímetros (1 pulgada) de espesor del revestimiento principal más el espesor del material aislante de respaldo.

² Este ciclo de precalentamiento comienza con una temperatura ambiente de 21 °C (70 °F).

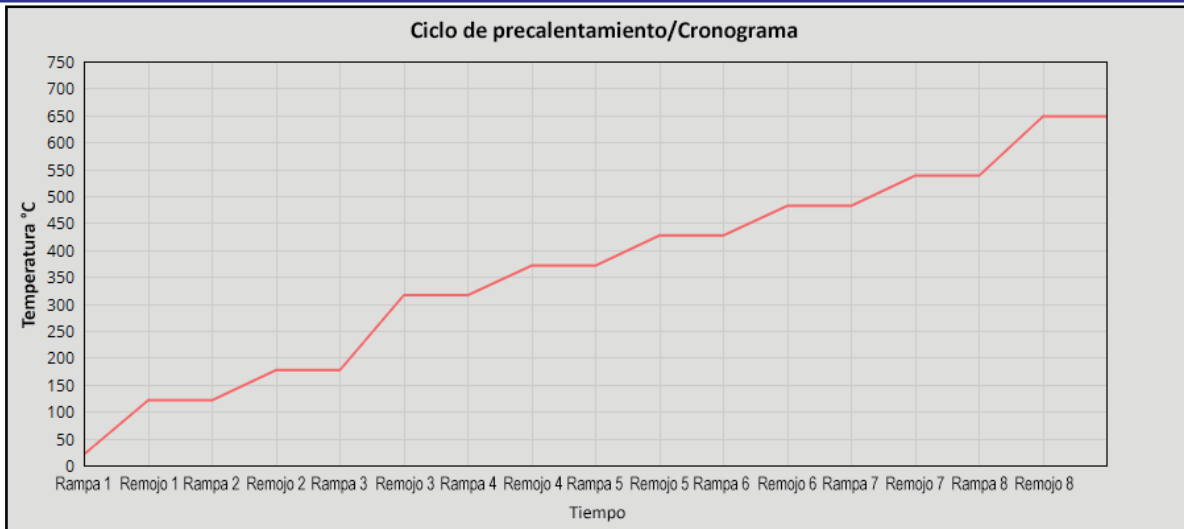
³ Se recomienda una "duración de la impregnación térmica" de precalentamiento mínima de 1.0 horas para todos los revestimientos refractarios.

PREPARACIÓN Y PRECALENTAMIENTO

MECHERO, SIN TERMOPAR, SIN CONTROL DE IMPREGNACIÓN TÉRMICA DEL MATERIAL REFRACTARIO, 649 °C (1200 °F)

Este ciclo es para un proceso de precalentamiento manual. Consulte esta tabla cuando use un termopar monitoreado y colocado manualmente, y sin control de impregnación electrónico o monitoreado.

NOTA: Después de terminar el ciclo de precalentamiento, la superficie del material refractario tendrá la misma temperatura que el metal fundido introducido. Si se requiere una temperatura de precalentamiento más baja, el proceso de precalentamiento puede detenerse en cualquier temperatura seleccionada.



REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SIGUIENTE "TABLA DE CICLOS DE PRECALENTAMIENTO"

Tabla de ciclos de precalentamiento

Número de paso	Temperatura inicial	Temperatura final	Cambio de temperatura por hora (rampa)	Duración de la impregnación térmica ¹				
				2.5 cm (1 pulg)	5.1 cm (2 pulg)	7.6 cm (3 pulg)	10.1 cm (4 pulg)	12.7 cm (5 pulg)
1	21 C (70 F) ²	121 C (250 F)	Tiempo no especificado	2 horas ³	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas
2	121 C (250 F)	177 C (350 F)		2 horas ³	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas
3	177 C (350 F)	316 C (600 F)		2 horas ³	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas
4	316 C (600 F)	371 C (700 F)		2 horas ³	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas
5	371 C (700 F)	427 C (800 F)		2 horas ³	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas
6	427 C (800 F)	482 C (900 F)		2 horas ³	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas
7	482 C (900 F)	538 C (1000 F)		2 horas ³	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas
8	538 C (1000 F)	648 C (1200 F)		2 horas ³	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas

¹ Para productos de mayor espesor, calcule 1.0 horas por cada 25 milímetros (1 pulgada) de espesor del revestimiento principal más el espesor del material aislante de respaldo.

² Este ciclo de precalentamiento comienza con una temperatura ambiente de 21 C (70 F).

³ Se recomienda una "duración de la impregnación térmica" de precalentamiento mínima de 2.0 horas para todos los revestimientos refractarios.