

# programa técnico

## ► *Instalaciones de cristalización*

*Las instalaciones de pie  
de cocida BMA,  
los tachos discontinuos,  
los tachos continuos (VKT)  
y cristalizadores enfriadores  
se utilizan en todo el mundo  
para cristalizar azúcar  
de forma económica  
y óptima en azucareras  
de remolacha y  
de caña, así  
como en refinerías.*



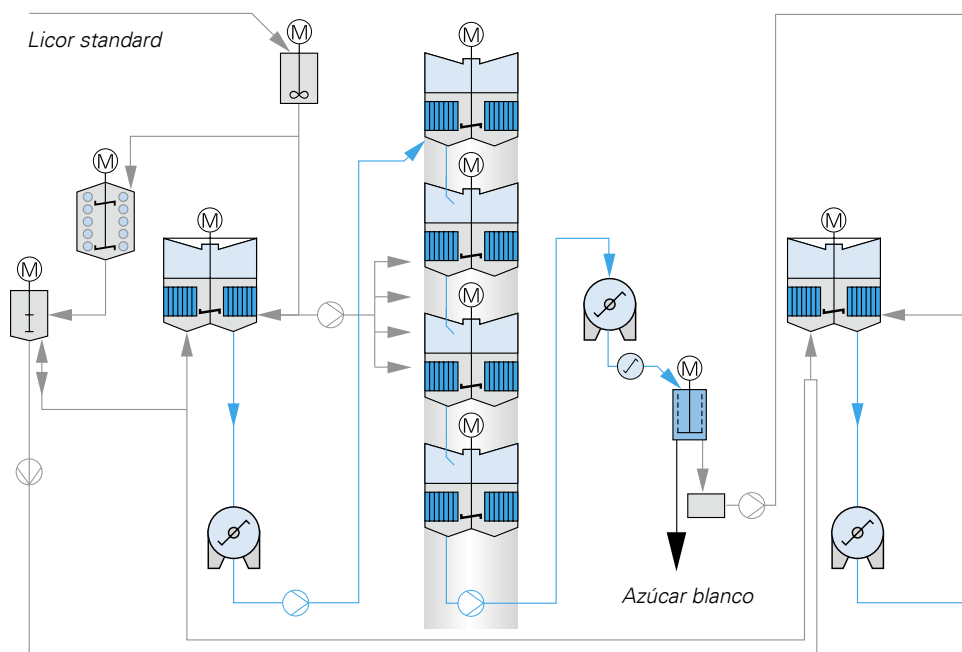
**BMA** 

# Avance tecnológico gracias al know-how

"L'Art de Rafiner le Sucre" es el título de un libro de texto de M. Duhamel du Monceau sobre la refinación y la cristalización de azúcar del año 1764.

Desde hace ya más de 100 años, BMA domina este "arte" y durante todo este tiempo ha contribuido de forma decisiva a desarrollar e introducir nuevos aparatos y tecnologías de cristalización. Hoy en día, BMA se sitúa entre las empresas líderes en

producir instalaciones para la cristalización de azúcar por evaporación o por enfriamiento. Así, la torre de cristalización por evaporación continua (VKT) es actualmente la única instalación a nivel mundial que permite la cristalización continua sin problemas de azúcar blanco 1 (azúcar refinado).



Pie de cocida 1

Azúcar blanco

# Cristalización de azúcar

## Conceptos básicos

La cristalización del azúcar es la fase tecnológica decisiva de la extracción de la sacarosa disuelta en el jarabe. La desacarificación de una solución técnicamente posible durante una etapa de cristalización está limitada por el contenido de cristales de la masa cocida. Por ello, son necesarias varias etapas de cristalización. El rendimiento de azúcar es determinado de forma significativa por la pureza de la melaza alcanzada. Esta pureza depende ante todo de la calidad de la cristalización, particularmente durante la última etapa, y de las condiciones de saturación.

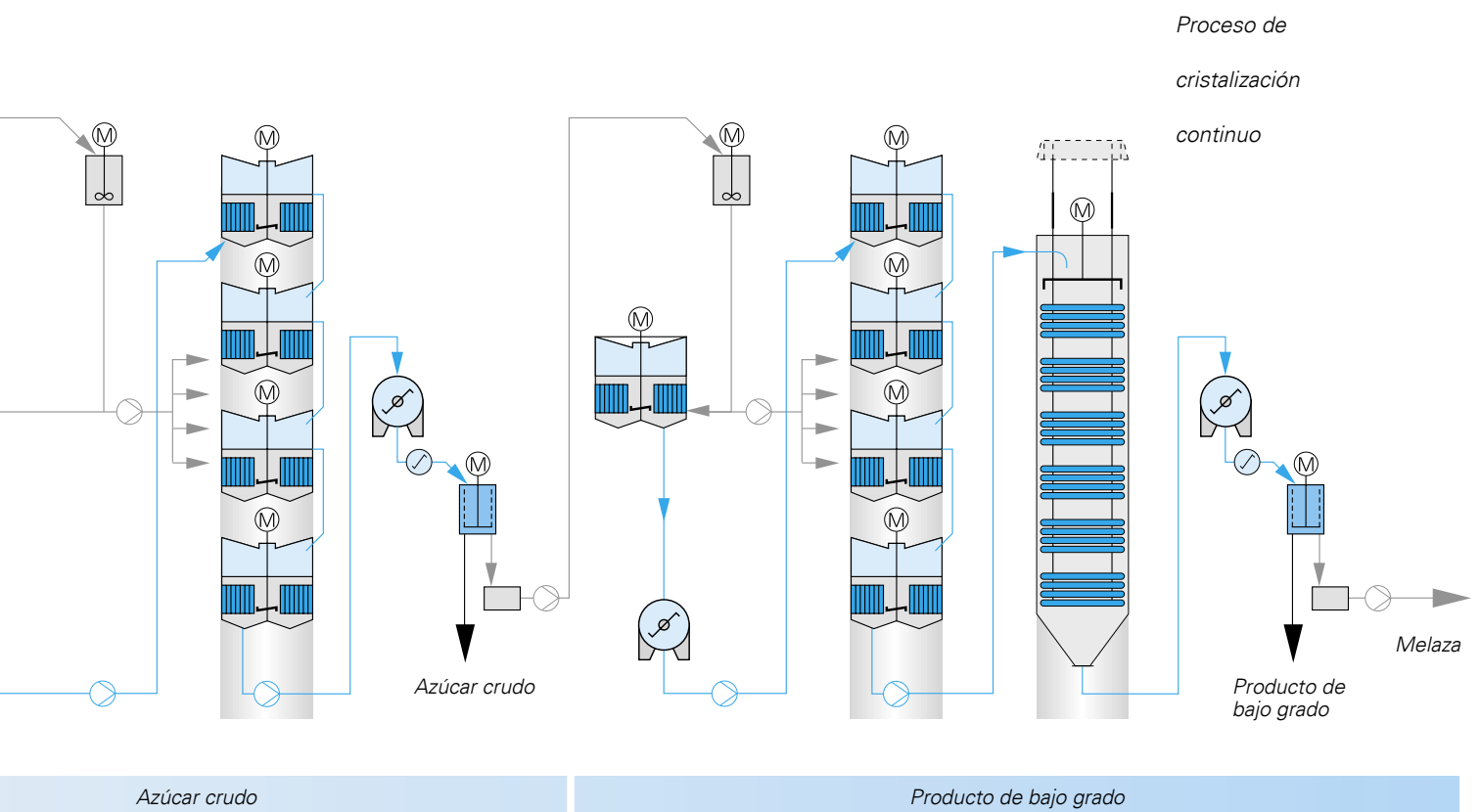
El proceso físico de la cristalización permite alcanzar una separación excelente del azúcar de los no-azúcares. Para ello se precisa de un proceso de cristalización bien controlado durante el que se produce una masa cristalina con un contenido reducido de conglomerados y granos falsos, lo que permite asegurar un alto rendimiento durante todas las etapas de cristalización. Hasta los años 80 del siglo XX, la cristalización por evaporación del azúcar se realizaba casi exclusivamente en aparatos de funcionamiento discontinuo.

Los primeros perfeccionamientos tanto en cuanto a la calidad del azúcar como al ahorro de la energía gastada durante la cristalización se lograron empleando agitadores mecánicos en los tachos discontinuos. No obstante, durante el proceso de cristalización se atraviesa una multitud de diferentes estados de proceso. Durante la fase de formación de los cristales se precisa un tacho con una superficie pequeña de calefacción, ya que en esta fase de proceso la capacidad evaporadora debe adaptarse a la baja capacidad de cristalización. Con frecuencia, al final del proceso, la superficie de calefacción no es suficiente para alcanzar la capacidad evaporadora deseada. Un aparato discontinuo, en cambio, se diseña para un estado de marcha medio.

La introducción del trabajo con pie de cocida,

realizada en instalaciones de pie de cocida especiales, aportó el avance decisivo para producir una masa cristalina regular con un contenido bajo en conglomerados. La fase de formación de cristales se separaba del proceso normal y se concentraba en la producción del pie de cocida.

Pero el perfeccionamiento tecnológico decisivo de la cristalización de azúcar fue la introducción de la cristalización por evaporación continua. Sólo gracias a este procedimiento fue posible realizar nuevos conceptos en cuanto a la termodinámica y a la técnica de instalaciones y equipos en el cuarto de azúcar que llevaron consigo una reducción importante del consumo de energía primaria.



## Tamaños de construcción estándares de tachos discontinuos

Diámetro	mm	3.200	3.600	4.000	4.400	4.800	5.200	5.600	6.000
Volumen útil	m <sup>3</sup>	25,6	32,7	40,9	49,9	60	70,9	82,9	96,2
Superficie de calefacción	m <sup>2</sup>	193	247	319	385	468	546	636	745

La experiencia adquirida durante más de 100 años de construcción y fabricación de tachos discontinuos, así como los amplios conocimientos en el campo de los tachos continuos (VKT) de BMA, se reflejan en el diseño actual de los tachos continuos de BMA.

### Ventajas y características:

- Tubo de circulación central
- Tubos de calefacción soldados con un puente entre tubos inferior a 10 mm (posibilidad de instalar superficies de calefacción mayores)
- Desgasificación de la cámara de calefacción y evacuación de los condensados óptimas
- Agitadores mecánicos adaptados tanto a la cámara de calefacción, al tubo central, a la forma del fondo del aparato como a cada campo de aplicación
- Fondo de salida favorable a la salida (sin zonas muertas)

- Volumen inicial de cocción inferior a un 30%
- Bajo nivel de masa cocida por encima de la cámara de calefacción
- Buena calidad de cristales incluso en instalaciones grandes (valor CV de un 25 a un 30%)
- Separación eficaz del jugo contenido en los vapores

Hoy en día, BMA produce tachos discontinuos para todos los productos de cristalización de la industria azucarera de remolacha y caña, así como para refinerías. Los aparatos son de acero ordinario o acero inoxidable, sea parcial o totalmente.

Aunque en la industria azucarera el azúcar se cristalice cada vez más por tachos continuos, se sigue precisando aparatos discontinuos, por ejemplo para la producción del pie de cocida.

*Tachos discontinuos  
para azúcar  
blanco 1 y 2*



# Instalaciones de pie de cocida

La exigencia tecnológica y económica de obtener una masa cristalina pobre en conglomerados y libre de cristales finos no puede satisfacerse al utilizar slurry como producto de sembrado para la cristalización por evaporación. Debido a la superficie total demasiado pequeña de los cristales de slurry, durante la fase de formación de cristales la sobresaturación crece de forma indeseada, sobrepasando el límite de la zona metaestable, ya que el crecimiento de los cristales en esta fase no se desarrolla conforme al aumento de la concentración de la solución.

La formación de gérmenes secundarios, y ante todo la de conglomerados, afectan a la calidad del producto.

Además, gran parte de los cristales de slurry añadidos se disuelven debido al perfil irregular de sobresaturación dentro de un tacho convencional. Sin embargo, esta fase de sembrado problemática en cuanto a la técnica de cristalización es de vital importancia para la calidad del producto final. Para poder controlar mejor esta fase, el principio de separarla tanto temporal como localmente del proceso de cristalización por evaporación ha dado buenos resultados.

## Tamaños de construcción estándares de los cristalizadores-enfriadores de pie de cocida

Volumen útil	m <sup>3</sup>	2,1	4,2	5,0	6,8	10,0	15,0
Diámetro	m	1,4	1,8	2,0	2,0	2,4	2,6
Altura total máx.*	m	4,4	5,3	6,0	6,0	6,3	7,2
Superficie de enfriamiento	m <sup>2</sup>	11,3	19,0	21,0	27,0	44,0	61,0

\* agitador inclusive

### Producción del pie de cocida 1

La primera fase del trabajo con pie de cocida se realiza dentro de un cristalizador-enfriador dotado de un agitador diseñado especialmente para un gradiente elevado de cizallamiento. El nivel de temperatura bajo y la sobresaturación claramente definida aseguran un crecimiento regular de los cristales de slurry introducidos sin formación de conglomerados.

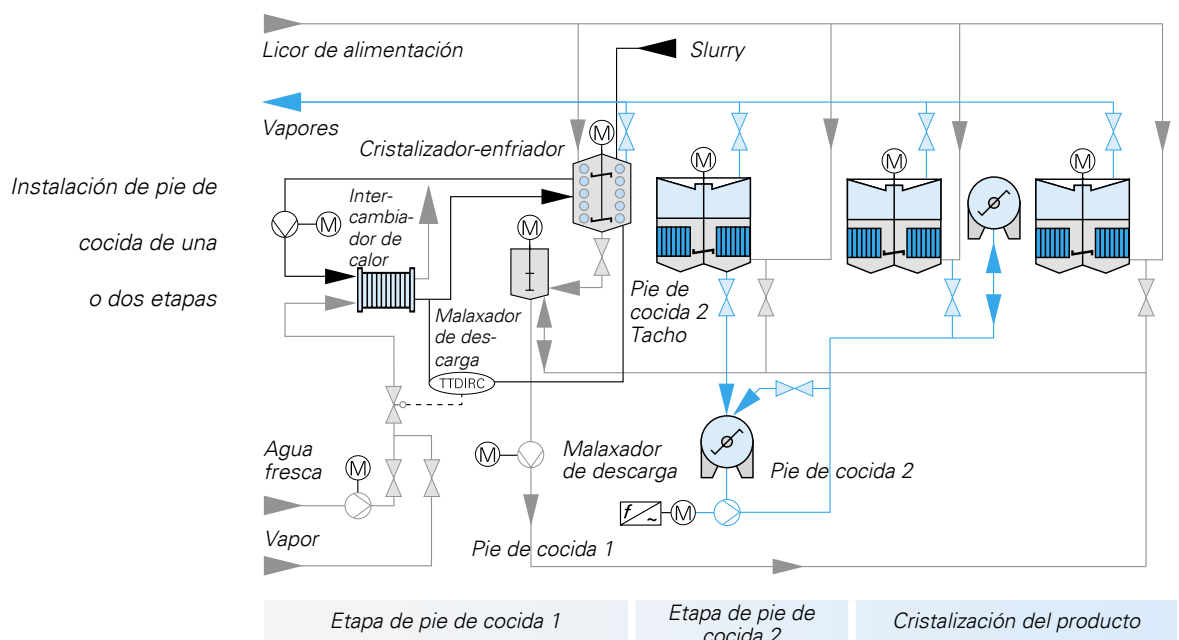
El licor empleado en la primera fase (preferentemente jarabe) se concentra por evaporación en un cristalizador-enfriador hasta alcanzar el contenido deseado de materia seca. A continuación se enfría el licor concentrado. Al alcanzar una sobresaturación de 1,1, se introduce la cantidad de slurry necesaria. Después le sigue otro enfriamiento lento de la suspensión hasta alcanzar aprox. 30 °C. Mediante la diferencia de temperatura entre la masa cocida y el agua de enfriamiento se regula el gradiente

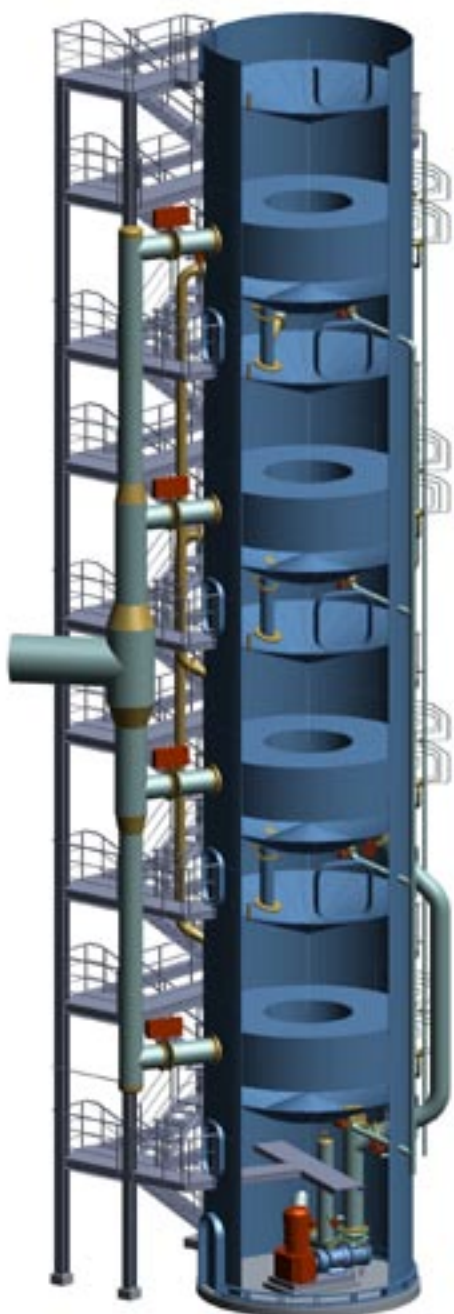
de enfriamiento, adaptando así la sobresaturación que se ha de observar durante el proceso de cristalización por enfriamiento.

Una vez alcanzado un tamaño medio de los cristales de aprox. 0,08 a 0,11 mm (según las exigencias) al fin del enfriamiento, con un contenido de cristales de aprox. un 20%, el pie de cocida 1 listo es descargado en el malaxador.

Si la cristalización se hace de manera discontinua, el pie de cocida 1 puede emplearse directamente como pie de cocida en los aparatos de los productos de hasta un tamaño medio de cristales del producto de aprox. 0,5 mm.

Con tamaños medios de cristales de más de 0,5 mm y por lo general en caso de la cristalización continua, en una segunda fase se produce el pie de cocida 2 en tachos discontinuos.





Tacho continuo

VKT

**Producción de pie de cocida 2**

En la segunda fase de producción del pie de cocida se produce en tachos discontinuos una masa cristalina de un tamaño medio de los cristales de aprox. 0,3 a 0,5 mm. Para un diseño óptimo de la instalación se emplea un agitador que puede generar un elevado gradiente de cizallamiento. Los tachos discontinuos modernos se diseñan de forma óptima para la producción de pie de cocida 2.

El licor de alimentación se concentra hasta alcanzar el punto de sembrado con una sobresaturación de aprox. 1,1 y el pie de cocida 1 se aspira lo más rápidamente posible. Después de una fase de homogeneización con compensación de temperatura, la fase de crecimiento de los cristales con aspiración simultánea de licor de alimentación puede iniciarse inmediatamente. Después del fin de la fase de crecimiento de los cristales, se descarga el pie de cocida 2 con un contenido de cristales de aprox. un 45 a 50% en el malaxador de descarga. En el caso de una cristalización discontinua del producto el pie de cocida 2 se bombea en un segundo malaxador de espera que se encuentra en una posición alta.

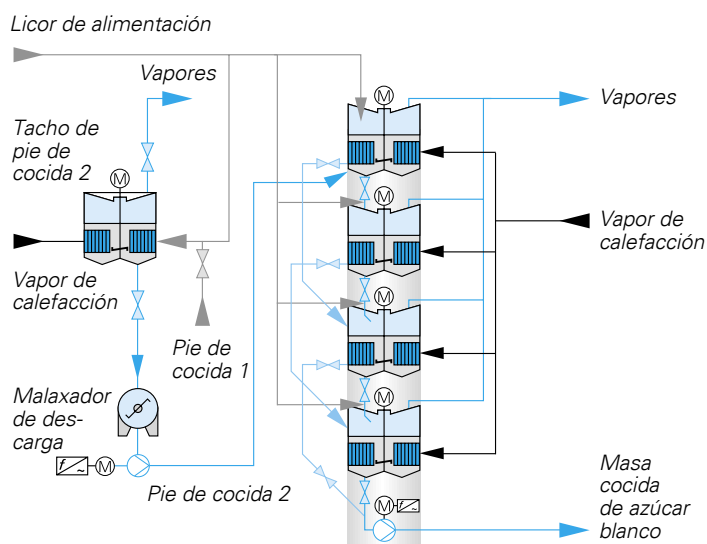
De esta forma, la cantidad necesaria de pie de cocida 2 puede aspirarse rápidamente en los aparatos de producto. Si se emplean tachos continuos, éstos son alimentados con la cantidad necesaria de pie de cocida 2.

Mediante el ajuste correspondiente de las cantidades de slurry y de pie de cocida es posible variar el tamaño medio de los cristales del azúcar blanco entre 0,5 y aprox. 1 mm según se desee. Para el azúcar crudo, en general se aspira obtener un tamaño de 0,4 a 0,5 en el producto, para el producto de bajo grado aprox. entre 0,3 y 0,35 mm.

**Ventajas:**

- Buen control del proceso gracias a un trabajo de cristalización limitado a las fases de crecimiento de los cristales y de concentración.
- Excelente calidad de los cristales del producto unida a una buena centrifugabilidad de la masa cocida
- Utilización de licores de alimentación con un contenido alto de materia seca sin aspiración de agua, incluso en soluciones de alta pureza
- Empleo óptimo del lavado con licor y reducción de la cantidad de agua de lavado en las centrifugas
- Reducción de la demanda de vapor en el cuarto de azúcar gracias a las ventajas arriba mencionadas
- Posibilidades flexibles de emplazamiento de la instalación de pie de cocida 1
- Adaptación óptima a las exigencias del producto

Esquema: Tacho continuo VKT de azúcar blanco, con producción de pie de cocida



Etapa de pie de cocida 2 Tacho continuo VKT de azúcar blanco

# Cristalización por evaporación continua

El tacho continuo VKT de BMA (tacho continuo tipo torre) se basa en el principio de construcción probado de la cámara de cristalización cilíndrica vertical de los tachos discontinuos. Esta construcción permite, entre otros, utilizar agitadores mecánicos para garantizar una circulación y un mezclado sobresalientes de la masa cocida. El tacho VKT consta de cámaras de cristalización sobrepuestas: se trata de una cascada de calderas con agitadores en la que, gracias a la gravitación, el flujo de masa cocida es guiado desde la cámara superior a la cámara inferior. El método de circulación forzada junto con los niveles constantemente bajos de masa cocida permite utilizar vapor de calefacción de muy baja tensión, ya que la presión hidrostática de la columna de masa cocida dentro del aparato de funcionamiento continuo es considerablemente inferior a la de un tacho convencional.

## Tipos de construcción

La versión preferida de un tacho VKT es un aparato con cuatro cámaras superpuestas. Puede emplearse para todo tipo de azúcar como azúcar blanco 1 y 2 (azúcar refinado y de calidad básica), azúcar crudo y producto de bajo grado, y eso tanto en azucareras de remolacha y caña como en refinерías. En los aparatos para azúcar blanco y azúcar crudo, conductos de by-pass instalados permiten desviar diferentes cámaras durante su limpieza. El tacho de cuatro cámaras puede ser ejecutado de manera que es posible realizar una ampliación ulterior con una

quinta cámara para aumentar su capacidad. Los tachos VKT para producto de bajo grado y para azúcar crudo están dotados de un sistema exterior de rebose.

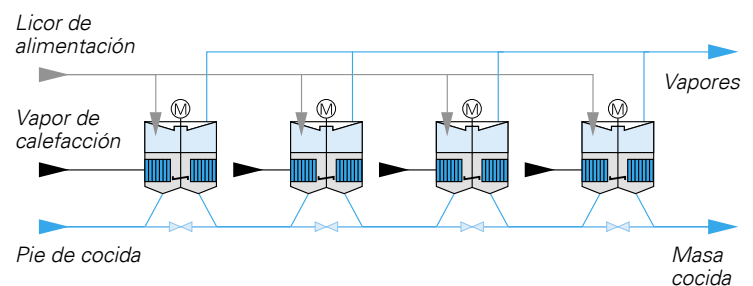
Se proyecta utilizar una estación existente con tachos de funcionamiento discontinuo bien conservados para el funcionamiento continuo, también es posible realizar una disposición horizontal en cascada (VKH). Todos los tachos empleados deberían ser de construcción similar y disponer además de un agitador.

## Funcionamiento

El pie de cocida, producido en una instalación de pie de cocida especial descrita anteriormente, se alimenta en la primera cámara de cristalización. Todas las cámaras son alimentadas continuamente con licor de alimentación. Se excluyen mezclas inversas entre las cámaras individuales. El contenido de materia seca y, consecuentemente el contenido de cristales, crece continuamente, cámara por cámara, hasta alcanzar, en la última cámara, el valor máximo. En la última cámara de un tacho VKT para producto de bajo grado, puede regularse la relación óptima entre no-azúcares y agua para la cristalización por enfriamiento que sigue.

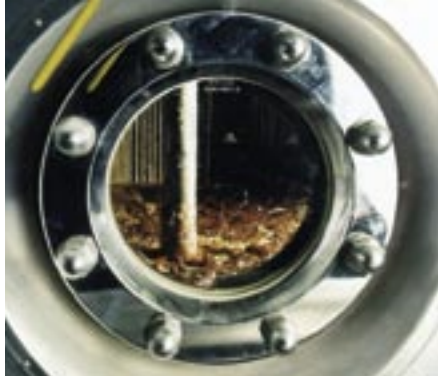
En un tacho VKT, el estado de marcha de cada cámara es regulado individualmente, asegurando así un funcionamiento continuo y seguro, lo que proporciona las siguientes ventajas:

- Toma uniforme de vapor de calefacción de la estación de evaporación
- Alimentación uniforme de licor de alimentación
- Producción de vapores y carga del condensador uniformes
- Producción de masa cocida uniforme



Sistema de cristalización

por evaporación horizontal (VKH)



Una cámara de un  
tacho VKT por dentro

Una cristalización eficiente se refleja especialmente en el rendimiento de las centrífugas, que depende estrechamente de la calidad de los cristales y del contenido de cristales obtenidos mediante el proceso de cristalización. Gracias a la circulación mecánica forzada de la masa cocida dentro de tachos de diseño reotécnico óptimo, se produce una masa cristalina que destaca por su bajo contenido de granos finos y de conglomerados. En la masa cocida de azúcar blanco se alcanzan contenidos de cristal de aprox. un 55%, alcanzándose rendimientos de centrifugación de alrededor de un 50%. Si falta la circulación mecánica forzada, estos valores ni siquiera pueden ser alcanzados por inyección de vapor, método aplicado en la práctica como ayuda de circulación.

Debido al comportamiento referente al tiempo de permanencia, al aplicar la cristalización continua en la zona de los cristales de tamaño más grande se manifiesta una ligera ampliación de la distribución granulométrica. Por eso, en la práctica los coeficientes de regularidad son un poco más altos que en el caso del proceso discontinuo comparable. Sin embargo, el factor decisivo que influye en la calidad del producto es la calidad y la cantidad de pie de cocida alimentada proporcionalmente al flujo del producto.

### Regulación

La regulación de un tacho continuo es mucho más sencilla que la de un aparato de funcionamiento discontinuo, porque sólo se trata de regulaciones por valores fijos. Los parámetros más importantes a controlar son:

- Presión del vapor de calefacción
- Presión de los vapores
- Estado de la masa cocida (contenido de materia seca)
- Flujo másico del licor de alimentación
- Relación licor de alimentación/pie de cocida
- Nivel de masa cocida (sólo en caso de azúcar blanco)

### Concepto de regulación de un tacho VKT para azúcar blanco

El estado de la masa cocida, es decir, su contenido de materia seca en las cuatro cámaras, es regulado por la aspiración de licor de alimentación.

Como sistema de medición se emplea sobre todo la medición por microondas. También se siguen utilizando mediciones radiométricas de densidad. El caudal volumétrico del licor de alimentación se mide con caudalímetros inductivos y se regula al valor de consigna, solicitado por el regulador del estado de la masa cocida (regulación en cascada).

En función de la suma de las cantidades medidas de licor de alimentación se determina la cantidad adecuada de pie de cocida a añadir.

La presión del vapor de calefacción y la presión de los vapores se regulan por separado en las cuatro cámaras, asegurando un servicio óptimo y el desacoplamiento de cada cámara del sistema para fines de limpieza. La capacidad de tratamiento del tacho VKT se regula solamente modificando los valores de consigna para la presión de los vapores de calefacción.

El nivel de masa cocida se mide en cada cámara y se mantiene constante regulando la descarga de masa cocida a través de las chapaletas de masa cocida de los conductos de traspaso y para la cámara 4 por la velocidad de la bomba de masa cocida.

### Concepto de regulación de un tacho VKT para azúcar crudo o producto de bajo grado

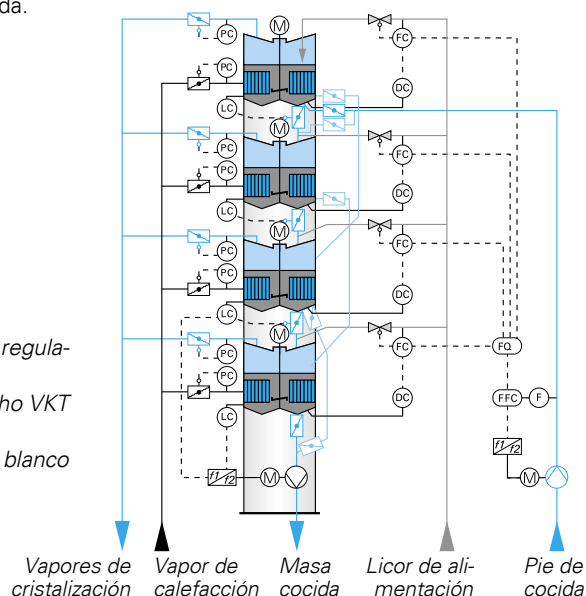
Dado que tienden menos a la formación de incrustaciones, las cámaras 1 a 3 de un tacho VKT para azúcar crudo o producto de bajo grado pueden trabajar con un rebosadero exterior de masa cocida. Esto permite suprimir los dispositivos de regulación de nivel.

Debido a la gran influencia que tiene la pureza sobre el aumento del punto de ebullición, al emplear un tacho VKT para producto de bajo grado es posible determinar el estado de la masa cocida mediante una medición de temperatura, siempre que se asegure un vacío estable regulado con exactitud y la pureza del licor de alimentación constante.

### Limpieza

Una exigencia que debe cumplir un tacho continuo es estar disponible durante toda la campaña sin interrupciones de funcionamiento de toda la instalación. Se sabe que las incrustaciones, particularmente en el caso de masas cocidas de pureza elevada, nunca pueden evitarse completamente.

Esquema de regulación de un tacho VKT para azúcar blanco

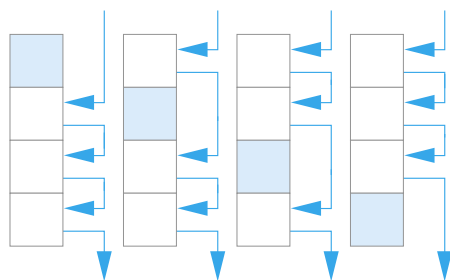




Se han desarrollado numerosos dispositivos para evitar incrustaciones, como por ejemplo revestimientos de las paredes en contacto con la masa cocida con membranas de finas chapas de acero inoxidable en los aparatos para productos de alta pureza. Las ligeras vibraciones de estas membranas repelen automáticamente las incrustaciones incipientes. Para limpiar las cámaras de cristalización se precisa un sistema que permite llevar a cabo la limpieza sin interrumpir el proceso de cristalización.

Gracias a la construcción tipo torre del tacho VKT, este requisito se cumple de forma ideal. Dado que existe la posibilidad de desviar una cámara, ésta puede sacarse del proceso para fines de limpieza mientras las otras siguen trabajando.

Por consiguiente, el tacho VKT queda disponible durante toda la campaña, incluso en el caso de productos que cuentan con una pureza de la masa cocida de más de un 94%. El tiempo de funcionamiento ininterrumpido de un tacho VKT con 4 cámaras sin necesidad de limpieza es de 15 a 20 días para aparatos de azúcar blanco, de 20 a 30 días para aparatos de azúcar crudo y de 45 a 60 días para aparatos de producto de bajo grado.



*El proceso de limpieza representado esquemáticamente*

*Un tacho VKT para producto de bajo grado*



### Ventajas y características:

- Apto para todas las etapas de cristalización de azucareras de remolacha y caña así como para refinerías de azúcar
- Circulación óptima de la masa cocida gracias a agitadores mecánicos en calderas cilíndricas verticales, basándose en el principio de los tachos discontinuos probados
- Servicio constante por la alimentación y la evacuación regulares de los flujos másicos
- Adaptación óptima de las cámaras individuales de cristalización y de los agitadores a los estados de marcha
- Servicio sin problemas y control de proceso fácil por regulación a valor fijo.
- Alto contenido en cristales, que se traduce en un alto rendimiento
- Baja tendencia a formar incrustaciones gracias al know-how especial en la construcción y fabricación de las cámaras de cristalización, largos períodos de servicio entre dos limpiezas, incluso en el caso de productos de alta pureza
- Disponibilidad ininterrumpida del tacho VKT durante toda la campaña gracias a una concepción especial de limpieza
- Utilización de vapor de calefacción de baja presión

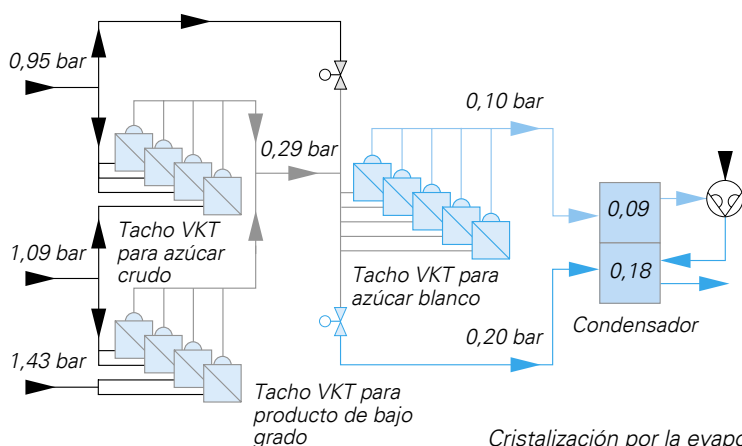
### Tamaños de construcción estándares de tachos continuos (VKT)

Diámetro	mm	3.200	3.600	4.000	4.400	4.800	5.200	5.600	6.000
Volumen útil (aprox.)	m <sup>3</sup>	62,1	79,7	101	124	150	178	208	243
Superficie de calefacción	m <sup>2</sup>	772	988	1.276	1.540	1.872	2.184	2.544	2.980

- Posibilidad de realizar configuraciones especiales ahorradoras de energía como la evaporación con doble utilización de vapores y la compresión de vapores en la cristalización
- Puesta en y fuera de servicio sin problemas
- Adaptación rápida y sin problemas de la capacidad de tratamiento a las variaciones de las condiciones de servicio de la fábrica
- Ninguna necesidad de vaciar las cámaras de la masa cocida, incluso en caso de tiempos de parada más largos y purezas elevadas
- Fácil ampliación de la capacidad gracias al montaje ulterior de una cámara de cristalización adicional
- Emplazamiento en el interior o al aire libre que ahorra espacio
- Fundamentos simples sin estructura de acero

### Conceptos energéticos modernos con tachos VKT

Gracias a la construcción especial de las cámaras de cristalización de un tacho VKT, al bajo nivel de masa cocida por encima de la cámara de calefacción y al empleo de agitadores mecánicos en cada cámara de cristalización, el tacho puede explotarse sin problemas con una diferencia de temperatura muy pequeña entre el vapor de calefacción y la masa cocida, y con presiones del vapor de calefacción netamente inferiores a 1 bar. Este hecho ofrece un gran número de posibilidades de realizar configuraciones ahorradoras de energía mediante el empleo óptimo de tachos VKT. Una de estas posibilidades consiste en la evaporación con doble utilización de los vapores en la cristalización que permite bajar la demanda de vapor en el cuarto de azúcar y, por consiguiente, en toda la fábrica en un 3 – 4% s.r. El principio de la evaporación con doble utilización de los vapores se basa en el aprovechamiento de una parte de los vapores de cristalización para calentar un tacho VKT, p. ej. para azúcar blanco, y en ahorrar el vapor de calefacción de la estación de evaporación que si no habría sido necesario. Gracias a la adaptación óptima de la condensación, todavía queda calor suficiente para precalentar el jugo crudo, que normalmente se realiza con una parte de los vapores de cristalización.



Cristalización por la evaporación con doble utilización de los vapores

*Cristalización por evaporación con doble utilización de los vapores: un moderno concepto de energía*

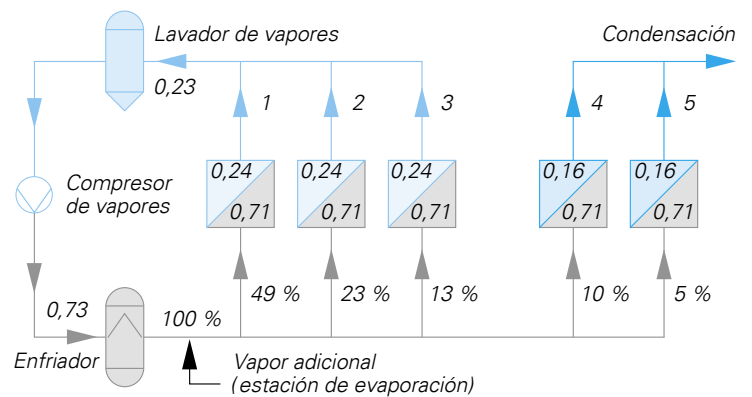


El empleo económico de compresores mecánicos de vapores para comprimir los vapores de cristalización también es posible si se trabaja con tachos VKT y vapor de calefacción de baja tensión. En la cristalización con tachos discontinuos convencionales, que exigen una alta presión del vapor de calefacción, es preciso emplear un compresor de vapores con una relación de compresión de 6:1 y una demanda de corriente correspondientemente alta. Al trabajar con un tacho VKT y presiones de vapor de calefacción y de vapores de 0,71 y 0,24 bar, basta una relación de compresión de 3:1 hasta 2,5:1, y, por tanto, un compresor de precio más económico.

Especialmente en refinerías, existe la posibilidad de comprimir térmicamente los vapores. Los vapores de cristalización provenientes de los tachos discontinuos se comprimen mediante un termocompresor de 0,2 bar a aprox. 0,3 bar.

Como vapor propulsor se puede utilizar vapor de escape de turbina de 3,0 bares. Los vapores comprimidos sirven de vapor de calefacción para un tacho VKT para azúcar refinado, que se explota con una presión de vapores de 0,1 bar.

*Servicio combinado de un tacho VKT y tachos discontinuos con compresión de los vapores*



- 1 Tacho VKT para azúcar blanco
- 2 Tacho VKT para azúcar crudo
- 3 Tacho para pie de cocida
- 4 Tacho VKT para producto de bajo grado
- 5 Tacho para pie de cocida para azúcar crudo y producto de bajo grado



# Cristalizador-enfriador vertical con haces tubulares oscilantes

La cristalización y con ello la desacarificación de la miel madre para el producto de bajo grado se realiza en dos fases de proceso consecutivas.

La primera fase es la cristalización por evaporación durante la que se alcanza una reducción de la pureza de la miel madre de aprox. 15 puntos y se produce aprox. el 85% de la masa cristalina de azúcar de producto de bajo grado. A continuación, se enfría la masa cocida de producto de bajo grado respetando una relación en su mayor parte constante de no-azúcares y agua.

El objetivo es de separar la mayor cantidad posible de sacarosa de la miel madre mediante la cristalización sucesiva de los cristales existentes. Dado que se trata de la última fase de desacarificación en el proceso de la producción de azúcar, la cristalización por enfriamiento es de gran importancia, ya que un error en la gestión del proceso provocaría de forma irreversible pérdidas del azúcar en la melaza.

El proceso de cristalización por enfriamiento ha de optimizarse en lo que concierne a los parámetros elegidos. La velocidad de cristalización con la que la sacarosa puede separarse por cristalización de la miel madre está determinada principalmente por la sobresaturación y la temperatura de la miel madre. Sin embargo, la cantidad de sacarosa separada por cristalización por cada unidad de tiempo es el resultado de la superficie de los cristales y de la velocidad de crecimiento de los cristales. La superficie de los cristales se determina por el contenido de cristales y de sus tamaños.

El contenido de cristales está limitado por la viscosidad máxima posible, y el tamaño de los cristales influye de forma significativa en el trabajo de las centrifugas. La desacarificación absoluta que puede alcanzarse a una temperatura final constante depende de las condiciones específicas de saturación. Aumenta con una relación más elevada de no-azúcares/agua y una sobresaturación residual descendiente. Sin embargo en la práctica, en caso de relaciones no azúcares/agua más elevadas, se debe contar con sobresaturaciones crecientes, si no se alarga el tiempo de permanencia simultáneamente.

La experiencia adquirida con estaciones modernas de producto de bajo grado y las investigaciones en la cátedra para la tecnología de los hidratos de carbono en el Instituto de la Química Técnica de la Universidad Técnica de Braunschweig (Instituto del Azúcar) han mostrado que para el tratamiento de remolachas, el margen óptimo del proceso de una relación no-azúcares/agua oscila entre 3,8 y 4,0. Pero bajo estas condiciones, las viscosidades ya aumentan tan rápidamente que es recomendable comprobar todos los equipos de la estación.

El desarrollo de temperatura, el tiempo de permanencia y la dispersión del tiempo de permanencia son parámetros que pueden influenciarse constructivamente. La velocidad con la que se reduce la temperatura de la masa cocida debe adaptarse a la velocidad de crecimiento de los cristales. En caso contrario, se corre el riesgo de que un aumento demasiado rápido de la sobresaturación de la miel madre provoque la formación de granos finos. En la práctica, un buen diseño se caracteriza por un valor de la velocidad de enfriamiento de aprox. 1 K/h.

## Tipos de construcción

A la hora de desarrollar sus cristalizadores-enfriadores para masas cocidas de bajo grado, BMA puso gran énfasis en las bases teóricas arriba mencionadas y, por consiguiente, desarrolló cristalizadores que permiten enfriar masas cocidas de alta viscosidad, incluso con relaciones no-azúcares/agua  $\geq 4$  hasta una temperatura final de 40 °C. Los cristalizadores-enfriadores de BMA se emplean con gran éxito tanto en la industria azucarera de remolacha como en la de caña. Hoy en día, los cristalizadores-enfriadores de BMA se ejecutan exclusivamente en construcción vertical.



La serie de fotos muestra el movimiento vertical de los tubos del



agua de enfriamiento en la superficie de masa cocida antes del enfriamiento (nivel rebajado)



*Un cristizador-  
enfriador con un  
volumen neto  
de 600 m<sup>3</sup>*



**Tamaños de construcción estándares de cristalizadores-enfriadores con tubos oscilantes de enfriamiento**

Volumen útil	m <sup>3</sup>	220	300	340	400	467	533	600	667
Altura cilíndrica	m	15,5	19,5	21,5	24,7	27,5	30,1	33,5	36,4
Superficie de enfriamiento mín.	m <sup>2</sup>	406	406	580	580	638	754	870	870
Superficie de enfriamiento máx.	m <sup>2</sup>	406	580	638	754	870	986	1.102	1.218

El éxito de este cristizador-enfriador se basa en el siguiente principio constructivo: el sistema de enfriamiento consta de elementos bloque de enfriamiento estandarizados, en los cuales el agua de enfriamiento circula por conducción forzada en contracorriente a la masa cocida. El sistema de enfriamiento completo oscila en sentido vertical en una distancia de 1 m. De esta forma y gracias a la disposición simétrica de los tubos de enfriamiento, están asegurados una distribución del tiempo de permanencia y el enfriamiento de la masa cocida óptimos. La velocidad de oscilación del sistema de enfriamiento puede variarse en dos niveles. El accionamiento se efectúa por seis cilindros hidráulicos repartidos simétricamente en la tapa del cristizador-enfriador.

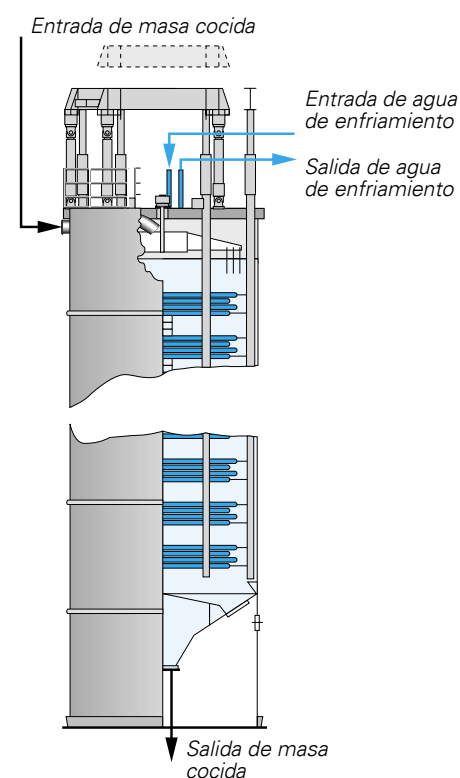
Los bloques de enfriamiento están divididos en dos partes que pueden conectarse y desconectarse independientemente. En los aparatos de este tipo de construcción, el flujo de masa cocida circula siempre desde arriba hacia abajo. Mediante un distribuidor en rotación lenta, la masa cocida entrante se reparte uniformemente sobre toda la sección del cristizador. Del lado de la masa cocida, el cristizador-enfriador no precisa ni de cojinetes deslizantes, ni de rodamientos, ni de prensaestopas. El agua de enfriamiento puede ser enfriada de retorno en un dispositivo de enfriamiento emplazado por separado. Pero también existe la posibilidad del enfriamiento de retorno en un refrigerador por aire que se monta sobre el sistema de oscilación y que sigue sus movimientos de oscilación. En este caso, puede suprimirse el circuito secundario de agua de enfriamiento.

**Ventajas y características:**

- Alto rendimiento gracias al comportamiento de tiempo de permanencia definido
- Excelente efecto autolimpiador en las superficies oscilantes de enfriamiento
- Empleo sin problemas incluso en caso de masas cocidas de alta viscosidad
- Posibilidad de realizar entidades de gran

tamaño, actualmente de hasta 1.000 t de contenido neto y 1.200 m<sup>2</sup> de superficie de enfriamiento

- Espacio ocupado reducido gracias al emplazamiento vertical, también al aire libre, suprimiendo costes de edificios
- Buena transmisión térmica entre masa cocida y agente de enfriamiento gracias al movimiento relativo regular de la masa cocida en todos los tubos de enfriamiento. Posibilidad de realizar una gran superficie de enfriamiento
- Accionamiento simple del sistema de enfriamiento vertical oscilante por cilindros hidráulicos
- Empleo de bombas hidráulicas de engranaje interior poco ruidosas con un rendimiento elevado y un desgaste mínimo
- Protección de la instalación contra sobrecarga mediante una válvula limitadora de presión hidráulica
- Potencia de accionamiento específica reducida



# Bombas de masa cocida

## **Bombas de masa cocida**

Las bombas de masa cocida de BMA son muy bien apropiadas para el transporte de masas cocidas de muy alta viscosidad. Con velocidades máximas hasta 40 r.p.m. pueden alcanzarse presiones de transporte hasta 10 bares. Gracias a estas velocidades reducidas se reduce el desgaste al nivel de las bombas. BMA fabrica los siguientes tipos:

<b>Tipo</b>	<b>Caudal m<sup>3</sup>/h</b>
F 150	1 - 10
F 350	5 - 25
F 500	25 - 40
F 800	30 - 65
F 1000	65 - 100

## **Ventajas y características:**

- Alta fiabilidad de servicio
- Alto caudal con velocidad del émbolo bajo
- Obturación por anillo deslizante sin pérdidas por derrame
- El espacio libre entre junta y cuerpo del rodamiento impide los daños de rodamiento y facilita el control
- Construcción de mantenimiento fácil
- Pérdida reducida de presión gracias a las grandes tubuladuras
- Transporte sin perturbaciones de masas cocidas de alta viscosidad
- Libre accesibilidad a los grupos constructivos de las bombas por alojamiento en voladizo del émbolo giratorio
- Buena relación calidad/precio

*Cristalizador-enfriador  
con haces tubulares  
oscilantes*



*Bomba de masa  
cocida F 1000 F*



© Braunschweigische  
Maschinenbauanstalt AG  
Postfach 32 25  
D-38022 Braunschweig  
Alemania  
Teléfono +49 531-804-0  
Fax +49 531-804-216  
[www.bma-de.com](http://www.bma-de.com)  
[sales@bma-de.com](mailto:sales@bma-de.com)

► Nos reservamos el derecho de realizar modificaciones técnicas 10/2005

