



## MOLINO MEZCLADOR MM 400

El multitalento en el laboratorio

**El molino mezclador MM 400 es un auténtico multit talento, diseñado para la molienda por vía seca, húmeda y criogénica de pequeños volúmenes de hasta 2 x 20 ml. Mezcla y homogeneiza polvos y suspensiones con una frecuencia de 30 Hz en cuestión de segundos: insuperablemente rápido y fácil de manejar.**

Este aparato compacto de sobremesa es adecuado para procesos de homogeneización clásicos, así como para la ruptura de células biológicas para la extracción de ADN/ARN y proteína. Los largos tiempos de procesamiento de hasta 99 horas hacen que el MM 400 sea ideal para aplicaciones de investigación, por ejemplo, en el campo de la mecanoquímica.

En cuanto a su rendimiento y flexibilidad, no existe ningún otro aparato con tecnología equivalente en el mercado.

También podrían interesarle los modelos de molino mezclador MM 500 nano y MM 500 vario que trabajan con el mismo principio de funcionamiento a una frecuencia de 35 Hz, pero proporcionan un rendimiento sustancialmente superior. Para aplicaciones que requieren enfriar o calentar la muestra, el molino mezclador MM 500 control es la opción perfecta. Cada molino mezclador RETSCH se centra en aplicaciones específicas.

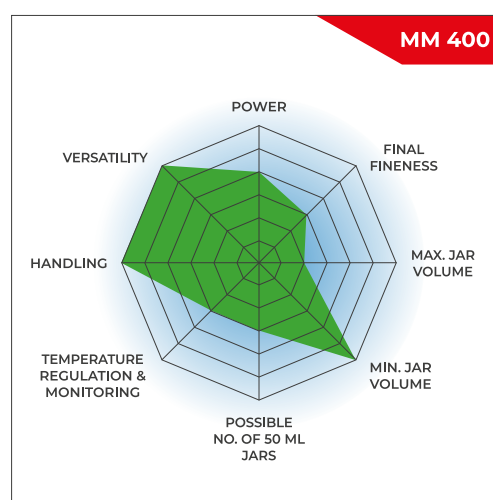


[Haga clic para mirar el video](#)

### Vídeo del producto

### EL TODOTERRENO MÁS VERSÁTIL ENTRE LOS MOLINOS DE BOLAS

- | Velocidad máx. 30 Hz
- | La oscilación horizontal provoca fuertes efectos de impacto para un procesamiento eficaz de las muestras
- | Granulometría inicial de hasta 8 mm y granulometría final de 5 µm
- | 2 puestos de molienda para recipientes de mín. 2 ml y máx. 50 ml, adaptador para 10 tubos desechables de 2 ml y 4 tubos de centrifugación cónicos de 50 ml
- | Los recipientes de molienda de acero pueden preenfriarse manualmente en nitrógeno líquido



- | Velocidad y tiempo calibrados, modelo pequeño de sobremesa, rutinas SOP y programas de ciclo almacenables, 7 materiales de recipiente diferentes

## RENDIMIENTO Y DISEÑO

- | Potente molienda por impacto y fricción con hasta 30 Hz
- | Equipado con dos estaciones de molienda para un máximo de 20 muestras por proceso
- | Memoria para 12 rutinas SOP y 6 ciclos de programa
- | Cómoda pantalla táctil, reducción significativa del ruido

## VERSATILIDAD SIN IGUAL

- | 3 modos de molienda diferentes: en seco, en húmedo y criogénico
- | Mezcla de la muestra pulverizada y el aglutinante en un recipiente de plástico para preparar el prensado de la tableta, por ejemplo, para el análisis de FRX
- | Idóneo para aplicaciones de investigación en el campo de la mecanoquímica o para la ruptura de células biológicas mediante el método *bead beating*
- | Extracción de pesticidas (QuEChERS) e ingredientes herbales



## MOLINO MEZCLADOR MM 400

# LA CALIBRACIÓN GARANTIZA RESULTADOS REPRODUCIBLES.

La reproducibilidad es fundamental en la cadena del proceso, desde el muestreo hasta el análisis. Los equipos de laboratorio que pueden calibrarse garantizan resultados reproducibles con una desviación estándar mínima en todo momento. Esto es especialmente útil cuando se comparan resultados obtenidos en diferentes lugares.

El MM 400 es el primer molino de laboratorio que puede calibrarse. RETSCH calibra inicialmente el tiempo y la frecuencia del molino y ofrece un servicio de calibración regular para garantizar procesos de molienda reproducibles.

Esta funcionalidad es especialmente adecuada para

- | Laboratorios de ensayo con diferentes ubicaciones
- | Laboratorios acreditados que aplican las normas ISO/IEC 17025 o ISO 9000 y siguientes
- | Productos farmacéuticos



## MOLINO MEZCLADOR MM 400

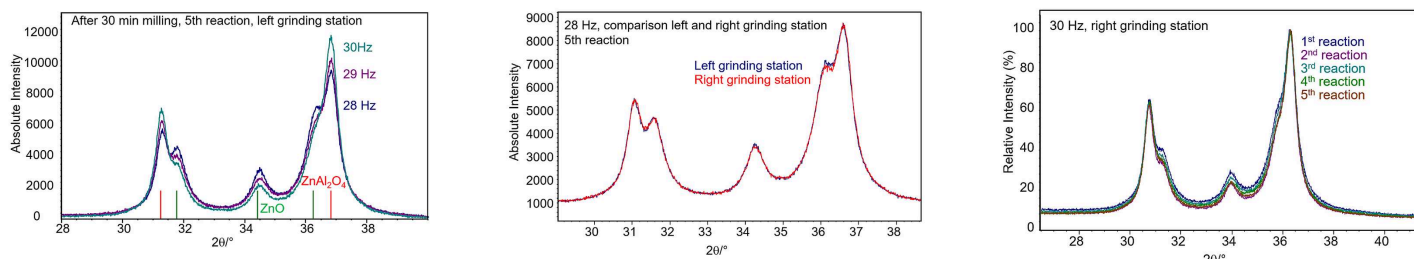
# REPRODUCIBILIDAD DE LAS REACCIONES MECANOQUÍMICAS EN EL MOLINO MEZCLADOR MM 400

La reproducibilidad es un principio fundamental de la investigación científica y es esencial para garantizar la credibilidad y fiabilidad de los resultados científicos. Se investigó la reproducibilidad dentro de una reacción mecanoquímica en el molino mezclador MM 400, con el resultado de que se garantiza una excelente reproducibilidad para varias repeticiones, para ambas estaciones de molienda y también entre distintos dispositivos. [1]

Ligeros cambios en la frecuencia de 30 Hz a 29 Hz o 28 Hz influyen en el rendimiento de la reacción. Es importante que el molino mezclador mantenga constante un valor establecido, por ejemplo 30 Hz, y no se desvíe de él. El MM 400, que se suministra con certificado de calibración, cumple este requisito.

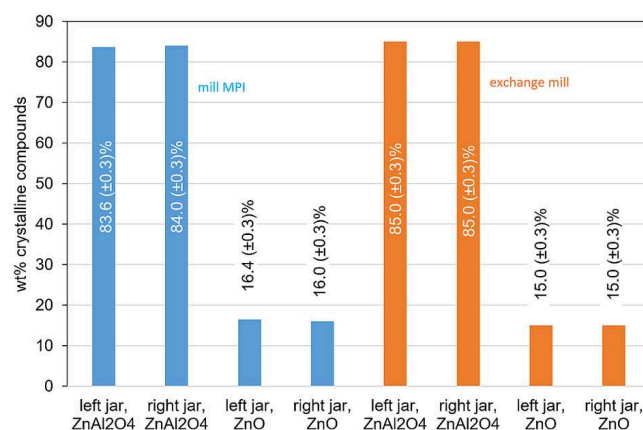
La reacción mecanoquímica  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnAl}_2\text{O}_4$  se realizó cinco veces durante 30 minutos utilizando recipientes de molienda de 25 ml, bolas de molienda de 2 x 15 mm, 1 g de reactivos, a 28 Hz, 29 Hz y 30 Hz. La comparación entre la estación de molienda izquierda y derecha mostró una alta reproducibilidad, al igual que

la comparación entre los 5 ensayos.



Patrones de DRX tras la reacción mecanoquímica  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnAl}_2\text{O}_4$ . Izquierda: Molienda a 28 Hz, 29 Hz y 30 Hz, resultados tras la quinta reacción. Centro: Comparación de la estación de molienda izquierda y derecha, quinta reacción a 28 Hz cada uno. Derecha: Reacción 1 a 5 a 30 Hz, estación de molienda derecha. Resultados presentados por el grupo de Claudia Weidenthaler. [8]

Los ensayos se repitieron utilizando otro molino mezclador MM 400 para comparar los resultados entre los dos molinos. Una vez más, se comprobó la excelente reproducibilidad para las 5 reacciones a 30 Hz, tanto para la estación de molienda izquierda como para la derecha.



En otro dispositivo MM 400, la reproducibilidad y los resultados (porcentaje en peso de los reactivos y del producto) son casi idénticos. Resultados presentados por el grupo de Claudia Weidenthaler. [1]

MOLINO MEZCLADOR MM 400

## SOLUCIONES PARA APLICACIONES BIOLÓGICAS Y LA RUPTURA CELULAR

Los molinos mezcladores se utilizan a menudo para la homogeneización de muestras biológicas. El método llamado bead beating con pequeñas perlas de vidrio es un método establecido para la ruptura celular de levaduras, microalgas o bacterias. La muestra solo se calienta moderadamente durante el proceso, pudiéndose reducir al mínimo mediante un enfriamiento previo.

El MM 400 permite una eficiente ruptura celular de hasta 240 ml de suspensión celular para la extracción de ADN/ARN y proteína. Para el diagnóstico exacto de infecciones, es posible aislar bacterias intactas de tejido en 8 frascos de 30 ml o 10 viales de 5 ml mediante el uso de adaptadores.

El MM 400 puede funcionar con una gama de adaptadores para viales de un solo uso con los siguientes volúmenes:

20 x 0.2 ml / 20 x 1.5 or 2 ml / 10 x 5 ml / 8 x 30 ml / 8 x 50 ml

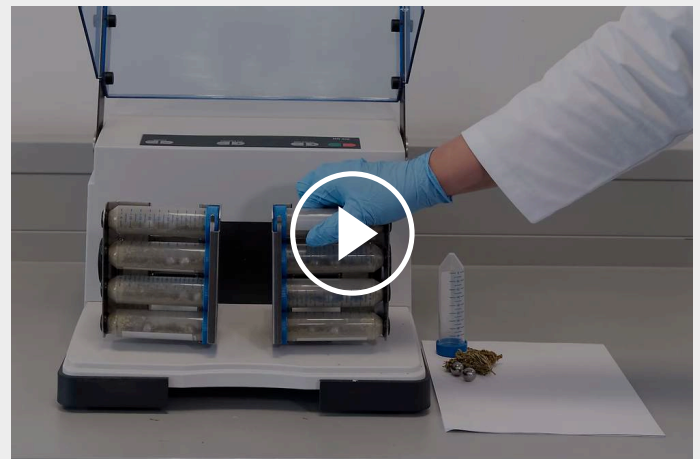
Para la pulverización de 25 a 30 g de material vegetal, como la flor de cannabis, los tubos de centrifugación cónicos son los más adecuados. También se pueden homogeneizar hasta 8 muestras de tejido, como hígado fresco en una solución amortiguadora, en estos tubos de 50 ml utilizando bolas de acero u óxido de circonio. Para mantener la tensión mecánica en los tubos lo más baja posible, se recomienda utilizar una frecuencia reducida y un nivel de llenado alto, por ejemplo, con solución amortiguadora y muestra.



[Haga clic para mirar el video](#)

Molino Mezclador MM 400 - Ruptura celular de levadura\*

\*El vídeo muestra el modelo anterior con el mismo principio de funcionamiento.



[Haga clic para mirar el video](#)

Molino mezclador MM 400 - Homogeneización del cannabis\*



MOLINO MEZCLADOR MM 400

## SOLUCIONES PARA LA MOLIENDA CRIOGÉNICA

El kit criogénico es una solución económica para el procesamiento criogénico de muestras con el molino mezclador MM 400. El juego consta de dos recipientes aislantes, dos pinzas y gafas protectoras.

La muestra que se va a fragilizar y la bola de molienda se introducen en el recipiente de molienda de acero inoxidable, que se enrosca firmemente. La fragilización indirecta se efectúa enfriando previamente el recipiente en un baño de nitrógeno líquido. Transcurridos aprox. 2 minutos, la muestra está suficientemente enfriada para su procesamiento criogénico.

Si debe evitarse el contacto directo con nitrógeno líquido, el CryoMill o el molino mezclador MM 500 control son las opciones más adecuadas. Para la molienda criogénica, ambos molinos pueden funcionar con recipientes de un material distinto del acero.



[Haga clic para mirar el video](#)

Molino Mezclador MM 400 - Molienda Criogénica\*



## MOLINO MEZCLADOR MM 400

# APLICACIONES EN LA MECANOQUÍMICA

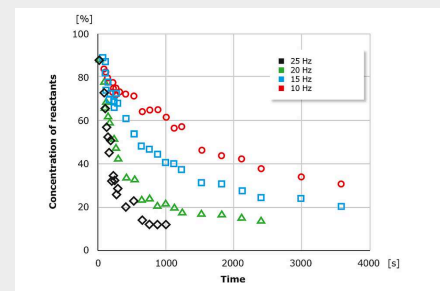
La mecanoquímica permite reacciones rápidas de sustancias en un entorno sin disolventes. Algunas reacciones químicas requieren las fuerzas de fricción de un molino planetario de bolas, mientras que otros tipos de reacción necesitan un aporte de energía a través del impacto: ahí es donde entra en juego el molino mezclador MM 400.

Los volúmenes de muestra disponibles para aplicaciones de investigación son a menudo muy bajos. Esto hace que los recipientes de molienda de pequeño tamaño, de hasta 50 ml, como los disponibles para el MM 400, resulten muy útiles. Debido a los tiempos de reacción frecuentemente largos, la posibilidad de programar tiempos de proceso de varias horas es otro aspecto a destacar.

Los molinos mezcladores ofrecen una ventaja única sobre los molinos planetarios de bolas en aplicaciones mecanoquímicas: el uso de recipientes transparentes en combinación con el típico movimiento horizontal de los recipientes permite la espectroscopia RAMAN in situ. Esto permite supervisar en tiempo real el proceso de reacción para identificar el momento óptimo para obtener el máximo rendimiento y evitar un procesamiento prolongado.

El MM 400 ofrece muchas ventajas para aplicaciones mecanoquímicas:

- | Tiempos de procesamiento de hasta 99 h
- | Varios tamaños y materiales de recipientes de molienda
- | Los recipientes de molienda de PMMA transparente permiten la espectroscopia RAMAN in situ
- | Frecuencia y tiempos de pausa programables
- | Adaptador para 4 recipientes de molienda de acero inoxidable de 5 ml que permite hasta 8 reacciones simultáneas



Evolución temporal de la reacción de Knoevenagel entre vainillina y ácido barbitúrico en condiciones mecanoquímicas utilizando 2 recipientes de óxido de circonio de 10 mm bolas de molienda en un recipiente de PMMA de 19 ml a 30 Hz. reacción en curso durante 30 minutos con el progreso visible indicado por el cambio de color.

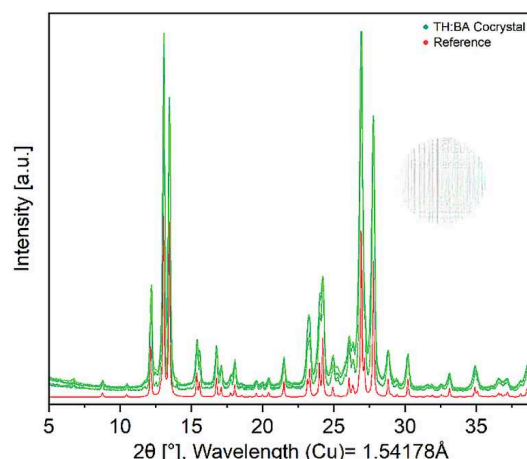
Por cortesía del Dr. Sven Grätz, Universidad del Ruhr de Bochum, Facultad de Química y Bioquímica, AG Prof. Borchardt.

## CRIBADO DE COCRISTALES CON EL MM 400

El cribado de cocristales se puede llevar a cabo de forma eficaz en molinos vibratorios. En un estudio [9] realizado con el MM 400, se utilizaron tubos de acero de 2 ml y el adaptador de PTFE correspondiente para cocrystalizar teofilina y benzoamida en una proporción de 1:1 en las siguientes condiciones:

- | 60 min de molienda
- | 30 Hz de frecuencia
- | Una bola de acero de 6 mm por tubo
- | Cuatro ensayos sin disolvente y cuatro con 20 µl de etanol

Los patrones de difracción de rayos X en polvo de las ocho muestras resultantes (mostrados en verde) coinciden en gran medida con el patrón de referencia simulado del cocrystal objetivo. Todas las señales observadas corresponden al producto deseado, sin que se produzcan señales adicionales significativas, lo que indica una cocrystalización exitosa y reproducible. El MM 400 con tubos de acero de 2 ml proporciona resultados consistentes, y esta compatibilidad se extiende a la serie MM 500, que también puede alojar tubos de acero de 2 ml.



Patrones de XRD tras la formación de cocristales de teofilina y benzamida tras 60 minutos de molienda en el MM 400 frente a una referencia simulada. Resultados presentados por los experimentos de Dominik Al-Sabbagh. [2]

## QUÍMICA EN LA FÁBRICA: RECICLAJE DE TEFLÓN (PTFE) MEDIANTE ENERGÍA MECÁNICA

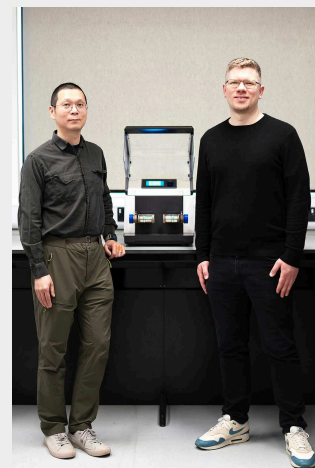
### RECICLAJE MECÁNICO-QUÍMICO DEL PTFE (TEFLÓN)

Las reacciones mecanoquímicas también pueden llevarse a cabo de forma especialmente eficaz con el MM 400. Investigaciones recientes muestran cómo el PTFE (teflón) puede descomponerse en el MM 400 mediante una reacción con sodio, utilizando energía mecánica. El intenso movimiento de las bolas de molienda proporciona la energía necesaria para romper los estables enlaces carbono-flúor, sin necesidad de calor ni presión adicionales. De este modo, grandes cantidades del material pueden transformarse en fluoruro de sodio y carbono, un enfoque prometedor para futuros procesos de reciclaje.

Imagen de la derecha: La Dra. Erli Lu y el Dr. Dominik Kubicki junto al molino mezclador MM 400, que se utilizó para descomponer los PFA. [4]

El proceso con el MM 400 formó parte del reconocido programa científico «Forschung aktuell» de Deutschlandfunk. ¡No se lo pierda!

**El programa de radio solo está disponible en alemán.**



## FUNCIONALIZACIÓN DE LA BIOMASA PARA APLICACIONES FARMACÉUTICAS MEDIANTE MECANOQUÍMICA

La mecanoquímica está transformando la forma en que se fabrican los biomateriales funcionales, y la celulosa catiónica es un ejemplo claro de ello. Mediante un proceso sin disolventes, las fibras de algodón se combinan con una base catalítica y un aditivo mínimo, y luego se muelen junto con el reactivo catiónico para activar la reacción utilizando el molino mezclador MM 400. Este enfoque en estado sólido elimina el agua y los disolventes a granel, lo que reduce drásticamente el uso de productos químicos y los residuos en comparación con los métodos convencionales. Después de la molienda, una breve etapa de envejecimiento completa la reacción, lo que da como resultado fibras de celulosa altamente cargadas con un rendimiento excepcional. [3]

Condiciones óptimas de reacción: Las fibras de algodón se molieron en un recipiente de acero inoxidable de 50 ml con bolas de 3 x 10 mm durante 5 minutos a 25 Hz, luego se añadió EPTMAC y la mezcla se molió durante 30 minutos más. El posterior envejecimiento de la mezcla de reacción a 50 °C durante 24 h, seguido de la extracción Soxhlet (48 h) y la liofilización, dio como resultado el aislamiento de material cCF puro.

### ¿Por qué es esto interesante para la industria farmacéutica?

Estas fibras catiónicas muestran una fuerte unión electrostática con los virus, lo que permite la eliminación eficaz de patógenos del agua y de los flujos de proceso, algo fundamental para la fabricación estéril y las aplicaciones de agua limpia. Más allá de la filtración, el material ofrece potencial en la administración de fármacos, superficies antimicrobianas y ayudas para bioprocesos. El proceso alcanza unos parámetros de sostenibilidad excepcionales, en consonancia con los principios de la química verde y los objetivos de la industria. También permite un control preciso de la densidad de carga para obtener un rendimiento personalizado. Esta innovación demuestra cómo la mecanoquímica puede ofrecer soluciones de alto valor y respetuosas con el medio ambiente para la producción farmacéutica, combinando seguridad, eficiencia y sostenibilidad en un enfoque revolucionario.

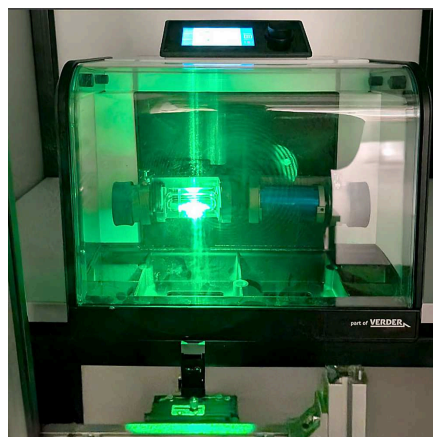
### MOLINO MEZCLADOR MM 400

## ESPECTROSCOPIA RAMAN IN SITU

La espectroscopia Raman *in situ* es una técnica analítica potente que permite monitorizar y analizar materiales en su entorno natural o de proceso. Este método se basa en la dispersión Raman, un fenómeno en el que la luz interactúa con las vibraciones moleculares, lo que a su vez cambia la longitud de onda de la luz dispersada. Estos cambios proporcionan una huella espectral única en el

material analizado y de esta manera ofrecen información sobre su composición química o su estructura molecular.

El aspecto "*in situ*" se refiere a la capacidad de observar y medir estas características directamente durante un proceso que está en curso, como la observación de cambios en presencia de varias reacciones químicas, lo que se conoce como mecanoquímica. La mecanoquímica implica el uso de procesos de impacto, cizallamiento o fricción para inducir cambios químicos en los sólidos. Este enfoque es cada vez más popular al no tener que emplearse disolventes, por lo que se abre una vía más respetuosa con el medio ambiente y energéticamente eficiente en la síntesis química. Con la espectroscopia Raman se obtiene información muy valiosa sobre el mecanismo de la reacción, su cinética, las transformaciones de fase, la reacción o la optimización de las condiciones de esa reacción.



El MM 400 es compatible con Raman y permite retirar fácilmente el inserto de la placa inferior. La placa inferior tiene unas aberturas para colocar la sonda Raman debajo del molino y hacer las mediciones de manera uniforme en el fondo de los recipientes de molienda. Entonces, esta sonda se coloca debajo de los recipientes, donde la interacción de las partículas es más intensa, para garantizar la obtención de datos precisos. Los recipientes de molienda de PMMA de Retsch mejoran los datos espectrales sin contaminación gracias a su transparencia y resistencia química. La forma plana en el exterior de los recipientes mejora aún más los datos espectroscópicos. Estos ajustes de diseño optimizan el flujo de trabajo experimental. Como resultado, la espectroscopia Raman *in-situ* puede realizarse con mayor facilidad y precisión, lo que abre nuevas posibilidades para el análisis exhaustivo de materiales.

PARA PROCESOS DE MOLIENDA CRIOGÉNICA EFECTIVOS Y SEGUROS

## **ACCESORIOS PARA EL MM 400**



#### RECIPIENTES DE MOLIENDA DE 7 MATERIALES DIFERENTES

El volumen nominal de los recipientes enroscables se encuentra entre 1,5 ml y 50 ml; los materiales disponibles son acero endurecido, acero inoxidable, ágata, carburo de tungsteno, óxido de circonio y PTFE, lo que garantiza una preparación de las muestras sin contaminación.

Los recipientes de molienda de PMMA transparente se utilizan para la espectroscopia RAMAN in situ, pero también permiten aplicaciones con reacciones fotoquímicas. Además, son resistentes a varios productos químicos. Los recipientes pueden utilizarse con el modelo anterior del MM 400, al igual que los modelos de recipientes más antiguos son compatibles con el



#### TUBOS DE 2 ML PARA MOLIENDA CRIOGÉNICA

Los tubos pequeños de acero de 2 ml se utilizan para aplicaciones criogénicas. Se pueden sujetar hasta 20 de estos tubos en el MM 400 utilizando un adaptador. La ventaja: soportan bajas temperaturas y esfuerzos mecánicos y no se rompen como los recipientes desechables. Ideales para las cantidades de muestra más pequeñas en el rango criogénico.



#### ADAPTADORES PARA VIALES DE UN SOLO USO

En el MM 400 se pueden utilizar adaptadores para viales de un solo uso de 0,5 / 1,5 / 2 / 5 ml. Para cantidades mayores de muestra, por ejemplo, para la extracción de proteínas, hay disponibles adaptadores para tubos de centrifugación cónicos de 50 ml o frascos de boca ancha de 30 ml.



#### ADAPTADORES PARA UN MAYOR RENDIMIENTO DE LAS MUESTRAS

El MM 400 puede equiparse con adaptadores que alojan cuatro recipientes de molienda de acero inoxidable de 5 ml cada uno, lo que permite pulverizar simultáneamente un máximo de 8 muestras. Este mayor rendimiento es especialmente beneficioso para aplicaciones mecanoquímicas.

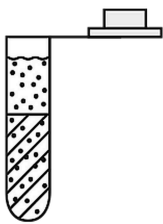


último modelo de  
molino mezclador.

## VIALES, FRASCOS Y TUBOS DISPONIBLES PARA EL MM 400

### 1,5 o 2 ml

bloqueo de seguridad  
viales de un solo uso  
máx. 2 x 10 viales



- | Ruptura celular para obtener proteínas/metabolitos de ADN/ARN
- | Molienda criogénica de muestras blandas (tejido, plantas, pellets celulares, insectos)
- | Homogeneización en seco o húmedo de muestras blandas (tejido, insectos)

### 5 ml

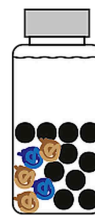
bloqueo de seguridad  
viales de un solo uso  
máx. 2 x 5 viales



- | Ruptura celular para obtener proteínas/metabolitos de ADN/ARN
- | Molienda criogénica de muestras blandas (tejido, plantas, pellets celulares, insectos)
- | Homogeneización en seco o húmedo de muestras blandas (tejido, insectos)

### 30 ml

frascos desechables  
de boca ancha  
máx. 2 x 4 frascos



- | Ruptura celular para obtener proteínas/metabolitos de ADN/ARN
- | Homogeneización en seco o húmedo de muestras blandas (tejido, insectos)
- | Molienda en seco de muestras duras (arena de cuarzo)

### 50 ml

tubos de centrifugación  
cónicos  
desechables  
máx. 2 x 4 tubos



- | Ruptura celular para obtener proteínas/metabolitos de ADN/ARN
- | Homogeneización en seco o húmedo de muestras blandas (tejido, insectos)
- | Extracción de pesticidas de alimentos/plantas (QuEChERS)
- | Mezcla de polvo y cera para prensar pellets para el análisis de XRF

## MOLINO MEZCLADOR MM 400

### LLENADOS RECOMENDADOS DE LOS RECIPIENTES DE MOLIENDA

El tamaño del recipiente debe adaptarse al volumen de la muestra para garantizar unos resultados óptimos. En condiciones ideales, las bolas de molienda tienen 3 veces el tamaño de la pieza de muestra más grande. El número y el tamaño de las bolas que figuran en la tabla siguiente aplican esta regla empírica. Para pulverizar, por ejemplo, 20 ml de una muestra compuesta por partículas con un tamaño de 8 mm, se recomienda utilizar un recipiente de 50 ml y bolas de 25 mm. Según la tabla, se necesita una bola de molienda. En cambio, 20 ml de una muestra con partículas de 5 mm pueden homogeneizarse con cuatro bolas de 15 mm.

| Recipiente<br>Volumen<br>nominal | Cantidad<br>de<br>muestra | Granulometría<br>inicial máx. | Números recomendados de bolas |           |            |            |            |            |            |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                  |                           |                               | Ø 5<br>mm                     | Ø 7<br>mm | Ø 10<br>mm | Ø 12<br>mm | Ø 15<br>mm | Ø 20<br>mm | Ø 25<br>mm |
| 1.5 ml                           | 0.2 – 0.5<br>ml           | 1 mm                          | 1 – 2                         | -         | -          | -          | -          | -          | -          |
| 5 ml                             | 0.5 – 2<br>ml             | 2 mm                          | -                             | 1 – 2     | -          | -          | -          | -          | -          |
| 10 ml                            | 2 – 4 ml                  | 4 mm                          | -                             | 5 – 7     | 1 – 2      | 1 – 2      | -          | -          | -          |
| 25 ml                            | 4 – 10 ml                 | 6 mm                          | -                             | -         | 5 – 6      | 2 – 4      | 1 – 2      | -          | -          |
| 35 ml                            | 6 – 15 ml                 | 6 mm                          | -                             | -         | 6 – 9      | 4 – 6      | 2 – 3      | 1          | -          |
| 50 ml                            | 8 – 20 ml                 | 8 mm                          | -                             | -         | 12 – 14    | 6 – 8      | 3 – 4      | 1          | 1          |

La tabla muestra los números recomendados de bolas de molienda de diferentes tamaños en relación con el volumen del recipiente de molienda, la cantidad de muestra y la granulometría inicial máxima.

MOLINO MEZCLADOR MM 400

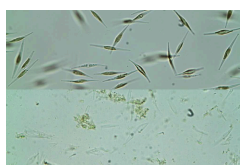
## MUESTRAS TÍPICAS

Los molinos mezcladores de RETSCH son auténticos multitalentos. Homogeneizan, por ejemplo, residuos, tierra, medicamentos, chatarra electrónica, minerales, grano, tela, vidrio, pelo, madera, cerámica, lodos de depuradora, huesos, carbón, coque, plásticos, aleaciones, minerales, papel, partes de plantas, paja, tabaco, tabletas, textiles, alimentos para mascotas, lana, productos químicos, semillas oleaginosas y muchos más.



### FIBROSO: PELO

30 ml de muestra  
recipiente de  
acero inoxidable  
de 50 ml  
1 bola de acero  
inoxidable de 25  
mm  
2 min. a 30 Hz



### RUPTURA CELULAR: MICROALGAS

30 ml de  
suspensión  
celular  
8 tubos de  
centrifugación  
cónicos de 50 ml  
(adaptador)  
con 25 ml de  
perlas de vidrio  
cada uno; 0,5-0,75  
mm  
30 seg. a 30 Hz



### ELÁSTICO Y LÍQUIDO: CÁPSULAS CON LÍQUIDO

15 ml de muestra  
recipiente de  
acero inoxidable  
de 50 ml  
1 bola de acero  
inoxidable de 25  
mm  
fragilización en  
LN<sub>2</sub> durante 3  
min.  
4 x 2 min. a 30 Hz  
con enfriamiento  
intermedio



### SEMIDURO/ FIBROSO: SUELO

20 ml de muestra  
recipiente de  
acero inoxidable  
de 50 ml  
1 bola de acero  
inoxidable de 25  
mm  
1 min. a 30 Hz



Haga clic para  
mirar el video

### PEREJIL



**DURO/FIBROSO:  
MADERA**

*5 ml de muestra  
recipiente de  
óxido de circonio  
de 10 ml  
2 bolas de óxido  
de circonio de 12  
mm  
3 min. a 30 Hz*



**ELÁSTICO Y  
TENAZ:  
PELLETS DE  
POLIURETANO**

*20 ml de muestra  
recipiente de  
acero inoxidable  
de 50 ml  
1 bola de acero  
inoxidable de 25  
mm  
fragilización en  
LN<sub>2</sub> durante 3  
min.  
4 x 2 min. a 30 Hz  
con enfriamiento  
intermedio*



**FIBROSO:  
CANNABIS**

*3 g de muestra  
recipiente de  
acero inoxidable  
de 50 ml  
1 bola de acero  
inoxidable de 25  
mm  
fragilización con  
LN<sub>2</sub> durante 2  
min.  
90 seg. a 30 Hz*



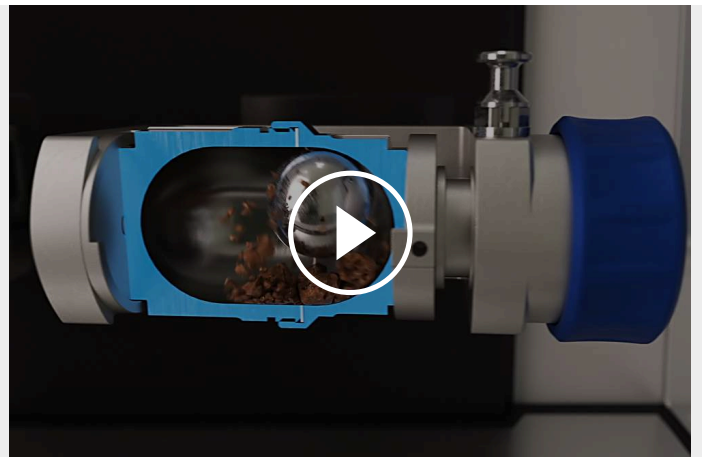
**DURO Y  
QUEBRADIZO:  
HORMIGÓN**

*10 ml de muestra  
recipiente de  
óxido de circonio  
de 25 ml  
2 bolas de óxido  
de circonio de 15  
mm  
2 min. a 30 Hz*

MOLINO MEZCLADOR MM 400

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los recipientes de molienda de MM 400, que están en posición horizontal, realizan un movimiento en forma de arco circular. Las bolas que se encuentran en su interior se mueven por inercia chocando con gran energía contra el material que se encuentra en las concavidades a ambos extremos del recipiente. El material es mezclado intensamente debido al movimiento de los recipientes y a la trayectoria de las bolas. El usuario puede aumentar todavía más la intensidad de la mezcla utilizando varias bolas pequeñas. Empleando muchas bolas pequeñas (p.ej. perlas de vidrio) puede realizarse también la rotura de células biológicas. El gran efecto de choque con fricción que se produce entre las bolas garantiza roturas celulares efectivas.



[Haga clic para mirar el video](#)

## MOLINO MEZCLADOR MM 400

### DATOS TÉCNICOS

|                                                      |                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aplicación</b>                                    | tritución, mezcla, homogeneización, ruptura celular, molienda criogénica, mecanoquímica                                                                                                                |
| <b>Campos de aplicación</b>                          | agricultura, alimentos, biología, geología / metalurgia, ingeniería / electrónica, materiales de construcción, medicina / farmacia, medio ambiente / reciclaje, química / plásticos, vidrio / cerámica |
| <b>Tipo de material</b>                              | duro, semiduro, blando, frágil, elástico, fibroso                                                                                                                                                      |
| <b>Principio de molienda</b>                         | impacto, fricción                                                                                                                                                                                      |
| <b>Granulometría inicial*</b>                        | <= 8 mm                                                                                                                                                                                                |
| <b>Granulometría final*</b>                          | ~ 5 µm                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Carga / cant. material alimentado*</b>            | max. 2 x 20 ml                                                                                                                                                                                         |
| <b>Número de recipientes de molienda</b>             | 2                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Frecuencia de vibración</b>                       | 3 - 30 Hz (180 - 1800 min-1)                                                                                                                                                                           |
| <b>Duración típica de la molienda</b>                | 30 s - 2 min                                                                                                                                                                                           |
| <b>Max. grindig time</b>                             | 99 h                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Molienda por vía seca</b>                         | Sí                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Molienda por vía húmeda</b>                       | Sí                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Molienda criogénica</b>                           | Sí                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Rotura celular en tubos</b>                       | sí, hasta 20 x 2.0 ml                                                                                                                                                                                  |
| <b>Dispositivo de cierre rápido con autocentrado</b> | Sí                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Tipo de rcpte. de molienda</b>                    | diseño con tapa roscada                                                                                                                                                                                |
| <b>Material de las herramientas de molienda</b>      | acero templado, acero inoxidable, carburo de tungsteno, ágata, óxido de circonio, PTFE, PMMA                                                                                                           |
| <b>Vol. rcptes. de molienda</b>                      | 1.5 ml / 5 ml / 10 ml / 25 ml / 35 ml / 50ml                                                                                                                                                           |
| <b>Duración de la molienda</b>                       | digital, 10 s - 8 h                                                                                                                                                                                    |
| <b>Rutinas SOP</b>                                   | 12                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Programas de ciclos almacenables</b>              | 6                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Conexión eléctrica</b>                            | 100-240 V, 50/60 Hz                                                                                                                                                                                    |
| <b>Alimentación de red</b>                           | monofásica                                                                                                                                                                                             |
| <b>Tipo de protección</b>                            | IP 30                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Consumo de potencia</b>                           | 165W                                                                                                                                                                                                   |
| <b>A x H x F cerrado</b>                             | 385 x 350 x 470 mm                                                                                                                                                                                     |

|                  |           |
|------------------|-----------|
| <b>Peso neto</b> | ~ 27,5 kg |
|------------------|-----------|

|               |    |
|---------------|----|
| <b>Normas</b> | CE |
|---------------|----|

\*Dependiendo del material introducido y de la configuración/ajuste del equipo

## REFERENCIAS

[1] Esquema de la reacción y realización de los experimentos: Prof. Dr. Claudia Weidenthaler, Research Group Leader Heterogeneous Catalysis Powder Diffraction and Surface Spectroscopy, Instituto Max Planck de Investigación del Carbón, Mülheim an der Ruhr.

[2] Reaction scheme and performance of the experiments: Dominik Al-Sabbagh, Chemistry Laboratory Technician, Division 6.3 – Structure Analysis, Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM), Berlin.

[3] Tatsiana Nikonovich, Yao Yu, Mikko Korkiakoski, Chengji Yang, Iris Seitz, Daniel Langerreiter, Mauri A. Kostianen, Eduardo Anaya-Plaza, and Sandra Kaabel; Solid-State Synthesis of Cationic Cellulose Fibers from Low-Processed Cotton for Efficient Virus Capture; ACS Sustainable Chemistry & Engineering 2025 13 (42), DOI: 10.1021/acssuschemeng.5c07884

[4] With permission of Dr Erli Lu, Associate Professor in Mechanochemistry & Sustainable Synthesis School of Chemistry, University of Birmingham

[www.retsch.com/mm400](http://www.retsch.com/mm400)



## DATOS PARA PEDIDOS

### MOLINO MEZCLADOR MM 400

**Mezclador Molino MM 400 con abrazadera de liberación rápida**  
(pedir los vasos y las bolas de molienda por separado)

20.715.0001            MM 400      100–240 V, 50/60 Hz

### RECIPIENTES MM 400, CON TAPA ENROSCABLE

#### ACERO TEMPLADO

01.462.0237            25 ml

#### ACERO INOXIDABLE

01.462.0230            1,5 ml

01.462.0231            5 ml

01.462.0290      5 ml (para usar con el adaptador 02.706.0351)

01.462.0236            10 ml

01.462.0213            25 ml

01.462.0214            35 ml

01.462.0216            50 ml

#### CARBURO DE TUNGSTENO

01.462.0235            10 ml

01.462.0217



25 ml

#### ÁGATA

01.462.0232



5 ml

01.462.0233



10 ml

#### ÓXIDO DE CIRCONIO

01.462.0234



10 ml

01.462.0201



25 ml

01.462.0215



35 ml

#### PTFE

01.462.0238



25 ml

01.462.0244



35 ml

22.041.0004



Mixing beakers of polystyrene, 56 ml, 100 pcs.

#### PMMA, FRASCOS TRANSPARENTES PARA MECANOSÍNTESIS

01.462.0539



10 ml, 10 unidades

02.462.0539



10 ml, 2 unidades

#### ACCESSORIES FOR AERATION AND INCREASED PRESSURE

01.462.0548

Jar set incl. aeration jar 28 ml stainless steel, filter 10 µm, sealings and fittings 2 x 1/

8" for hose diameter 3 mm and 0.65 mm wall thickness (2x3 m hose included)

|             |                                                                                                                                       |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 22.050.0005 | Conversion kit including 2 connectors for the hoses on grinding arm, bottom plate for leading hoses out of the housing, counterweight |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## ACCESORIOS PARA RECIPIENTES DE MOLIENDA MM 400

|             |                                                                                     |                                                                             |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 22.486.0005 |    | Opening aid for grinding jars, 2 pcs.                                       |
| 02.706.0351 |    | Adapter for use of 2/4 grinding jars 5 ml (01.462.0550)                     |
| 22.085.0007 |    | Gasket for grinding jar 1.5 ml, 10 pcs.                                     |
| 22.085.0008 |    | Gasket for grinding jar 5 ml, 10 pcs. (for grinding jar 01.462.0231)        |
| 22.111.0001 |                                                                                     | Gasket for grinding jar 5 ml, 10 pcs. (for grinding jar 01.462.0550)        |
| 22.085.0009 |  | Gasket for grinding jar 10 ml, 10 pcs.                                      |
| 22.085.0006 |  | Gasket for grinding jar 25 ml hardened steel and stainless steel, 10 pcs.   |
| 22.085.0003 |  | Gasket for grinding jar 25 ml zirconium oxide and tungsten carbide, 10 pcs. |
| 22.085.0005 |  | Gasket for grinding jar 35 ml stainless steel, 10 pcs.                      |
| 22.085.0004 |  | Gasket for grinding jar 35 ml zirconium oxide, 10 pcs.                      |
| 22.085.0002 |  | Gasket for grinding jar 50 ml stainless steel, 10 pcs.                      |

## ACCESORIOS PARA MEZCLAR Y ROMPER CÉLULAS MM 400

|             |                                                                                     |                                                                                                  |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 22.001.0020 |                                                                                     | Adaptador para 4 tubos de centrifuga cónicos (p. ej., tubos Falcon®), 2 unidades, incl. 20 tubos |
| 05.026.0001 |  | Tubos de centrifuga cónicos, 50 ml, 20 unidades                                                  |

22.001.0021  Adaptador para 4 botellas de boca ancha, 2 unidades, incl. 12 botellas de boca ancha, 30 ml

## ACCESORIOS PARA MOLIENDA CRIOGÉNICA MM 400

22.354.0001  Kit criogénico para enfriar los frascos de trituración con nitrógeno líquido (incluye 2 recipientes aislados (1 y 4 litros), 2 pares de pinzas para frascos de trituración, 1 par de gafas de seguridad)

## ACCESORIOS MM 400

99.200.0043 Documentación IQ/OQ para MM 400

## ACCESORIOS PARA LA RUPTURA CELULAR Y TISULAR

22.008.0010  Adaptador para 5 viales de reacción de 5,0 ml, fabricado en PTFE

22.008.0014 Adaptador para 10 viales de reacción de 1,5 y 2,0 ml, fabricado en PTFE o acero inoxidable

22.008.0005  Adaptador para 5 viales de reacción de 1,5 y 2,0 ml, de PTFE o acero inoxidable

22.008.0006  Gradilla adaptadora para 10 tubos de 0,2 ml, PTFE

22.749.0006 Viales de reacción de cierre seguro de 5,0 ml, 200 uds.

22.749.0001  Tubos "safe-lock" 2,0 ml, 1000 unid.

22.749.0002  Tubos "safe-lock" 1,5 ml, 1000 unid.

22.749.0004  Tubos "safe-lock" 0,2 ml, 1000 unid.

22.749.0008  Viales de reacción de acero inoxidable 316L, 2,0 ml, 10 uds.  
(para uso con adaptador 22.008.0014)

## BOLAS DE MOLIENDA

#### ACERO TEMPLADO

05.368.0029



5 mm Ø

05.368.0030



7 mm Ø

05.368.0059



10 mm Ø

05.368.0032



12 mm Ø

05.368.0108



15 mm Ø

#### ACERO INOXIDABLE

22.455.0010



2 mm Ø, 500 g (aprox. 110 ml)

22.455.0011



3 mm de Ø, 500 g (aprox. 120 ml)

22.455.0002



3 mm de Ø, 200 piezas (aprox. 6 ml)

22.455.0001



4 mm de Ø, 200 piezas (aprox. 14 ml)

22.455.0003



5 mm de Ø, 200 piezas (aprox. 25 ml)

05.368.0034



5 mm Ø

05.368.0035



7 mm Ø

05.368.0063



10 mm Ø

05.368.0037



12 mm Ø

|             |                                                                                   |         |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 05.368.0109 |  | 15 mm Ø |
| 05.368.0062 |  | 20 mm Ø |
| 05.368.0105 |  | 25 mm Ø |

#### CARBURO DE TUNGSTENO

|             |                                                                                     |                                      |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 22.455.0006 |    | 3 mm de Ø, 200 piezas (aprox. 6 ml)  |
| 22.455.0005 |    | 4 mm de Ø, 200 piezas (aprox. 14 ml) |
| 22.455.0004 |    | 5 mm de Ø, 200 piezas (aprox. 25 ml) |
| 05.368.0038 |   | 5 mm Ø                               |
| 05.368.0039 |  | 7 mm Ø                               |
| 05.368.0071 |  | 10 mm Ø                              |
| 05.368.0041 |  | 12 mm Ø                              |
| 05.368.0110 |  | 15 mm Ø                              |

#### ÁGATA

|             |                                                                                     |         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 05.368.0024 |  | 5 mm Ø  |
| 05.368.0025 |  | 7 mm Ø  |
| 05.368.0067 |  | 10 mm Ø |

05.368.0027



12 mm Ø

#### ÓXIDO DE CIRCONIO

05.368.0089



2 mm Ø, 0,5 kg (aprox. 135 ml)

05.368.0090



Ø 3 mm, 0,5 kg (aprox. 140 ml)

22.455.0007



3 mm de Ø, 200 piezas (aprox. 6 ml)

22.455.0009



5 mm de Ø, 200 piezas (aprox. 25 ml)

05.368.0146

7 mm Ø

05.368.0094



10 mm Ø

05.368.0096



12 mm Ø

05.368.0113



15 mm Ø

05.368.0093



20 mm Ø

05.368.0106



25 mm Ø

#### PTFE CON NÚCLEO DE ACERO

05.368.0045



10 mm Ø

05.368.0046



12 mm Ø

05.368.0114



15 mm Ø

05.368.0047



20 mm Ø

#### POLIAMIDA, PARA RECIPIENTES DE MEZCLA

05.368.0042  5 mm Ø

05.368.0043  7 mm Ø

05.368.0044  9 mm Ø

05.368.0003  12 mm Ø

#### CUENTAS DE VIDRIO

22.222.0001  0,10 - 0,25 mm de diámetro, 500 g (aprox. 320 ml)

22.222.0002  0,25 - 0,50 mm de diámetro, 500 g (aprox. 320 ml)

22.222.0003  0,50 - 0,75 mm de diámetro, 500 g (aprox. 320 ml)

22.222.0004  0,75 - 1,00 mm de diámetro, 500 g (aprox. 320 ml)

22.222.0005  1,00 - 1,50 mm de diámetro, 500 g (aprox. 320 ml)