



Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Junio de 2007

## SEPARADOR HIDRÁULICO DE TOLVA Y TORNILLO SINFIN

Carlos E. Oliveros-Tascón\*; Juan R. Sanz-Uribe; César A. Ramírez-Gómez; Claudia A. Mejía-González.

La calidad del café pergamino seco obtenida durante el proceso de beneficio está relacionada estrechamente con la materia prima utilizada, la tecnología empleada en cada etapa del beneficio, la

operación (calibración) y el mantenimiento de los equipos, y la destreza del operario.

En la materia prima, es decir, la masa de café cereza cosechada, se encuentran además de frutos en diversos estados de maduración, frutos afectados por enfermedades y frutos vanos, secos y 'brocados', entre otros, los cuales deben ser retirados previamente al proceso de despulpado, para mejorar las condiciones del producto y el desempeño de la máquina despulpadora. La separación de este material contribuye al cumplimiento de las recomendaciones de las Buenas Prácticas Agrícolas para el café (7) y con los criterios unificados entre los miembros del Servicio de Extensión y los Investigadores de Cenicafé (1).

\* Investigador Principal, Investigador Científico II, Investigador Científico I, Profesional, respectivamente. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.



Además de presentar diferentes calidades de café, la masa cosechada que llega al beneficiadero contiene impurezas livianas y algunas veces objetos duros, más densos que el agua, como piedras y partes metálicas, que si no se separan ocasionan daños a la despulpadora (camisa y/o pechero) (Figura 1).

La magnitud de los daños puede obligar a detener la máquina para reemplazar las partes dañadas, y prolongar así el proceso de despulpado hasta altas horas de la noche o hasta el día siguiente, con graves perjuicios para la calidad del café (granos manchados y posibles defectos en taza, entre otros). A lo anterior debe agregarse el recargo nocturno para los trabajadores y el costo del cambio de las partes afectadas, que en el caso de una camisa puede variar entre \$80.000 y \$150.000, y entre \$180.000 y \$250.000 para el pechero, dependiendo de la capacidad y el tamaño de la máquina.

Para retirar los frutos de café con una densidad menor que la del agua, así como las impurezas livianas y los objetos duros, en las fincas colombianas de mediana y



**Figura 1.** Daños en la camisa de una despulpadora ocasionados por objetos duros.

de gran producción se utiliza un dispositivo conocido como tanque sifón, el cual consta de un tanque de sección cuadrada o rectangular y una sección de pirámide invertida, llenos de agua, con tubos en su interior que por el efecto sifón succionan el café que cae al fondo del tanque. Márquez (2), evaluó el desempeño del tanque sifón en la clasificación de frutos de café y la separación de objetos duros, con diferencia de nivel de 0,70 m entre la salida y la entrada a la despulpadora, y un diámetro del tubo sifón de 114 mm (4”), con el que obtuvo los siguientes resultados:

- Relación agua-frutos óptima, igual a 0,94 L/kg de café cereza (4,7 L/kg cps) (con recirculación de agua).
- Capacidad máxima de transporte de 6,1 t/h de frutos.
- Porcentajes de eficacia de clasificación de 88,9% de flotes, 90,3% de material extraño liviano y 49,3% del material extraño pesado.

Con el fin de aportar una tecnología para la separación de flotes, impurezas livianas y objetos duros presentes en el café en cereza que llegan al beneficiadero, se diseñó un dispositivo en el cual se combinan en forma eficiente las ventajas de la separación hidráulica y el transporte con tornillo sinfín, con bajo consumo específico de agua, bajo requerimiento de potencia, adaptable a las condiciones de los beneficiaderos (disponibilidad de espacio especialmente) en un amplio rango de necesidades de procesamiento (desde 300 kg cereza/h) y de relativo bajo costo. El nuevo equipo se denominó Separador Hidráulico de Tolva y Tornillo Sinfín (SHTS).

## Descripción del Separador Hidráulico de Tolva y Tornillo Sinfín – SHTS

El SHTS (Figura 2), consta de una tolva de precipitación y un transportador de tornillo sinfín inclinado y ubicado en la base para extraer del fondo de la tolva el material decantado. La tolva de precipitación se llena con agua limpia, la cual al ser alimentada con una masa heterogénea de frutos de café e impurezas (tal como llega de la recolección), permite que los objetos menos densos floten, mientras que los de mayor densidad se precipitan hasta el fondo de la tolva. Los frutos e impurezas que se identifican como de menor densidad son principalmente frutos secos, ‘vanos’, ‘brocados’, hojas y palos. Los objetos de mayor densidad más comunes, diferentes a los frutos, son las piedras y las puntillas, entre otros.

La descarga del transportador de tornillo sinfín está en un nivel más alto que la del agua en la tolva de precipitación, con el fin de permitir



**Figura 2.** Dibujo del Separador Hidráulico de Tornillo Sinfín SHTS.

que el líquido que acompaña los frutos transportados regrese por gravedad a la tolva. Para evitar que los objetos duros y pesados sean transportados con los frutos densos, la alimentación del transportador de tornillo sinfín inclinado se realiza 5 cm arriba de la base de la tolva, formando así un apéndice (Figura 3) o “trampa de piedras”, donde quedan atrapados estos objetos. Para que la tolva de precipitación y la “trampa de piedras” funcionen adecuadamente, los frutos de café deben alimentarse en forma dosificada sobre la cara posterior de la tolva de la tolva.

En fincas con bajas producciones la alimentación dosificada puede hacerse a mano; sin embargo, cuando la producción es mayor, la alimentación dosificada a mano

se vuelve engorrosa, lo que hace necesaria la implementación de un sistema de dosificación, como el que se observa en la Figura 3.

### Desarrollo del SHTS

El primer modelo de SHTS diseñado por Oliveros y González (4) se presenta en la Figura 4. El equipo está conformado por una tolva con volumen de 1 m<sup>3</sup>, un tornillo sinfín de 150 mm (6”) de diámetro, un paso de 100 mm (4”), inclinado 30° con relación a la horizontal, y un separador agua/café (recuperador) fabricado en lámina, con perforaciones oblongas. La tolva, el tornillo sinfín y el recuperador de agua se fabricaron en lámina de acero inoxidable AISI 304 calibre 18. Para facilitar la movilización del

equipo se montó sobre seis ruedas. El equipo se operó con un motor de 1 HP. Los resultados obtenidos en seis ensayos realizados en el beneficiadero de Ingeniería Agrícola de Cenicafé, con 600 kg de café cereza (cc) cada uno, indicaron su potencialidad: rendimiento de 2.380 kg/h a 3.520 kg/h de café cereza, eficacia de separación de flotes promedio de 98,4%, y consumo específico de agua en el rango de 0,14 a 0,17 L/kg de café pergamino seco (c.p.s.).

A partir del modelo anterior, Oliveros *et al.* (5) diseñaron un dispositivo denominado SHTS-600, con tolva en forma de tronco de pirámide invertida con menor volumen (70 litros), con tornillo sinfín de diámetro 105 mm y paso igual al diámetro, para procesar hasta 1.000 kg de frutos de café por

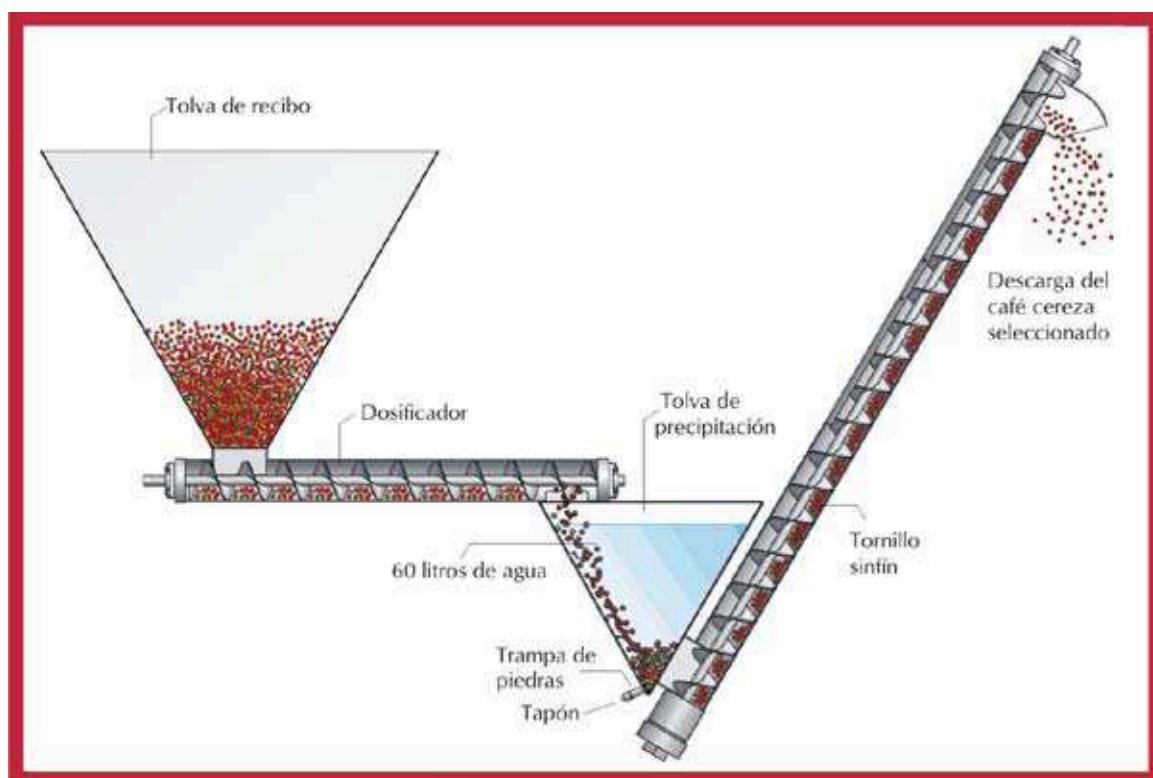


Figura 3. Esquema de la trampa para piedras del SHTS y alimentación dosificada sobre la cara posterior de la tolva de precipitación.





**Figura 4.** Separador Hidráulico de Tornillo Sinfín diseñado por Oliveros y González (4).

hora. En este modelo, por el ángulo de inclinación ( $60^\circ$ ), se observó que no era necesario utilizar un separador de agua adicional como en el modelo inicial, debido a que prácticamente la totalidad del agua transportada con el café por el tornillo sinfín retornaba a la tolva por gravedad, por el espacio libre entre la hélice y la carcasa. Para el accionamiento del nuevo modelo se utilizó el mismo motor de la despulpadora a través de una transmisión sencilla y de bajo costo,

con poleas, correas y dos juntas universales (cardánicas) para lograr la transmisión de potencia entre los ejes que están a una inclinación máxima de  $60^\circ$ . En la Figura 5 se presentan detalles del nuevo dispositivo.

### Desempeño del SHTS-600

Con el modelo SHTS-600 se realizaron evaluaciones en Cenicafé

y se obtuvo un promedio de eficacia de separación de material liviano y de objetos duros de 99,8 y 100%, respectivamente. Los resultados indican, descriptivamente, una reducción notoria en el porcentaje de pulpa en el café despulpado, menor porcentaje de flotes y mejores valores de factor de rendimiento en trilla para el café procesado con el SHTS-600 (Tabla 1). En la Figura 6 se presenta una fotografía del café pergamino seco obtenido utilizando el SHTS-600.

En la Tabla 2 se presentan valores de la capacidad de transporte del



**Figura 6.** Café seco obtenido con el SHTS-600.



a.



b.

**Figura 5.** a) Vista general del separador hidráulico (SHTS-600), diseñado y construido en Cenicafé por Oliveros *et al.* (2004); b) Material separado.

**Tabla 1.** Desempeño del Separador Hidráulico de Tolva y Tornillo Sinfín - SHTS-600.

Con el Separador Hidráulico de Tornillo Sinfín SHTS						
Ensayo N°	Despulpado		Café lavado			FRT
	Pulpa (%)	FSD (%)	Flotes (%)	Pulpa (%)	FSD (%)	
1	2,5	1,2	2,3	0,4	1,0	85,4
2	0,8	0,9	2,4	0,3	0,4	86,0
3	0,7	1,0	2,6	0,2	0,4	86,1
4	0,9	0,8	3,3	0,1	0,3	86,0
Sin separar flotes antes del despulpado						
Ensayo N°	Despulpado		Café lavado			FRT
	Pulpa (%)	FSD (%)	Flotes (%)	Pulpa (%)	FSD (%)	
1	6,3	9,4	5,3	1,4	3,0	88,3
2	1,2	1,6	3,4	0,2	0,1	87,6
3	0,9	1,0	7,0	0,5	0,3	85,7
4	1,1	1,2	7,4	0,6	0,1	86,2

FSD: Frutos sin despulpar

FRT: Factor de rendimiento en trilla expresado como la masa de café pergamino seco necesaria para obtener 70 kg de café trillado excelso.

**Tabla 2.** Capacidad de transporte de café cereza del tornillo sinfín de un SHTS con diferentes diámetros, velocidades de rotación (rpm) y ángulos de elevación (°). (6)

Diámetro nominal* mm (pulgadas)	rpm	Angulo de elevación	Capacidad transporte (kg/h de café cereza)
88 (3")	200	80°	285
	300		545
	400		588
	200	60°	316
	300		539
	400		493
	200	40°	435
	300		653
	400		1.005
114 (4")	200	80°	796
	300		1.036
	400		1.407

\* Se refiere al diámetro nominal del tubo que contiene el tornillo sinfín.

STHS, con diferentes diámetros del tornillo sinfín, ángulos de elevación y velocidades de rotación, obtenidos por Oliveros y Mejía (6). Esta información es útil para seleccionar el tornillo sinfín del SHTS y las condiciones de operación adecuadas para una aplicación determinada (capacidad, ángulo de elevación, entre otras). Como ejemplo de aplicación, se observa que con un tornillo sinfín de 88mm (3") de diámetro, con un ángulo de elevación de 60° y una velocidad de rotación de 200 rpm, se obtiene en promedio una capacidad de transporte 316 kg/h de café cereza, los que se necesitan para alimentar un módulo Becolsub 300.

## El SHTS y el módulo BECOLSUB

Hay dos defectos que con frecuencia se atribuyen al desmucilagador mecánico DESLIM, desarrollado en Cenicafé, el cual hace parte del módulo BECOLSUB: 1) que el café queda con restos de mucílago, lo cual puede causar defectos físicos como granos manchados y deterioro de la calidad en taza por granos con sabor a fermento, y 2) que el equipo causa daño mecánico al producto.

En la Disciplina de Ingeniería Agrícola se ha demostrado con numerosas evaluaciones que si el equipo DESLIM se construye y opera de acuerdo a las especificaciones dadas por Cenicafé, se debe obtener café pergamino lavado con más de 98% de remoción del mucílago y menos del 1,0% de daño mecánico (3). Sin embargo, debido a la dificultad para ajustar el rendimiento de las

despulpadoras que se utilizan en Colombia, el flujo de café que llega al desmucilagador con frecuencia no se encuentra en el rango indicado para cada modelo, por lo que se pueden presentar las anomalías mencionadas.

Cuando se usa el SHTS se tiene la posibilidad de suministrar con precisión la cantidad de café cereza que se requiere en la despulpadora para que el desmucilagador mecánico remueva más del 98% del mucílago que recubre el grano, sin causarle daño mecánico.

Otra característica que hace del SHTS un buen complemento del módulo BECOLSUB es el bajo consumo de agua, especialmente cuando se procesan grandes cantidades de café cereza en un día (Figura 7). Cuando se procesa una tonelada de café cereza en un día el consumo específico de agua es de 0,3 L/kg de c.p.s. que sumado al consumo específico en el desmucilagador DESLIM (0,7 L/kg de c.p.s.) mantiene el consumo total por debajo de 1,0 L/kg de c.p.s.

La Figura 8 muestra un módulo BECOLSUB 300 con un SHTS construido en acero inoxidable y materiales inocuos, para cumplir con las buenas prácticas de manufactura.

## Construcción de un SHTS-600

En la Figura 9 se presenta el plano para la construcción de un dispositivo SHTS-600

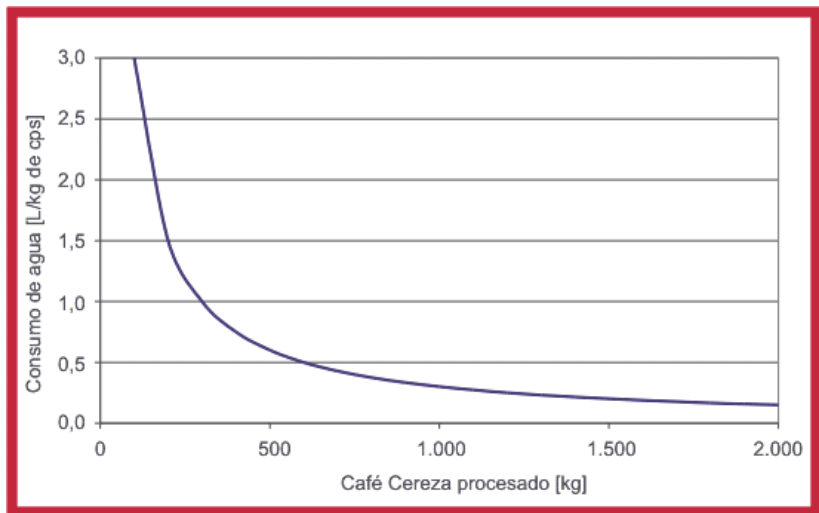


Figura 7. Consumo específico de agua con relación a la cantidad de café cereza procesada.



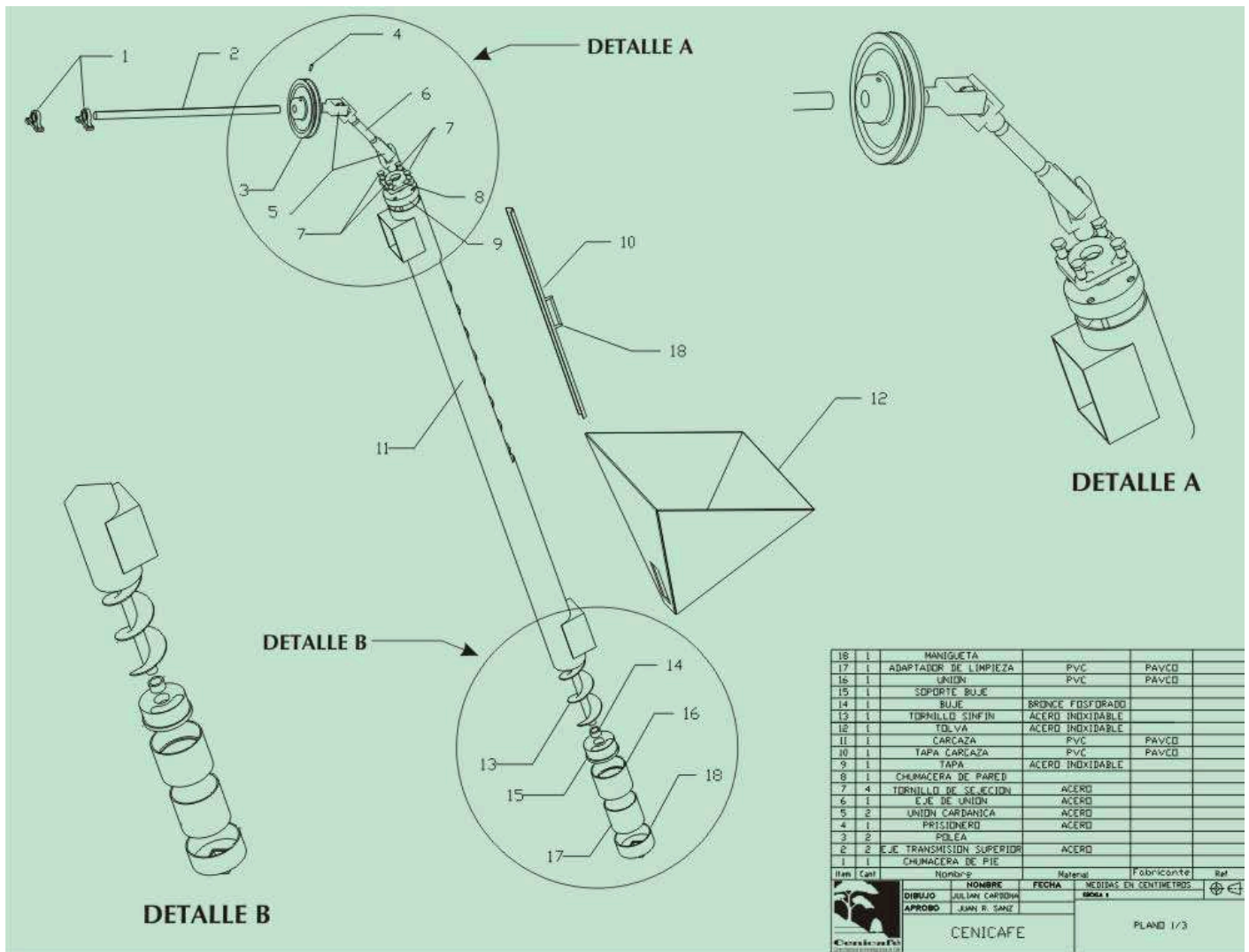
Figura 8. Módulo BECOLSUB 300 con un SHTS.

## Ventajas del empleo del SHTS

### Técnicas

- Bajo volumen de agua (60 litros) con relación a otros dispositivos utilizados en fincas (más de 300 litros), la cual se recircula por gravedad para procesar más de 1.000 kg de cereza.
- Bajo requerimiento de potencia. Puede utilizarse el motor de la despulpadora para su accionamiento.
- Mejor desempeño de la despulpadora por tener mejor materia prima. No se tienen ni frutos secos ni impurezas livianas,





**Figura 9.** Plano detallado para la construcción de un Separador Hidráulico de Tolva y Tornillo Sinfín para procesar 600 kg/h de cereza (SHTS-600).

que generan mayor fricción o atascamientos en la interacción cilindro pechero.

- Regulación del flujo de café a la despulpadora, lo que permite un mejor funcionamiento de la máquina y una dosificación más ajustada en los equipos DESLIM, y que a su vez permite obtener remociones de mucílago superiores al 98% y bajo daño mecánico.
- Separación de objetos duros que dañan las despulpadoras.

### Calidad

- La clasificación del café cereza que ingresa al proceso de beneficio permite la separación de frutos de inferior calidad y de flotes que generan defectos en taza.

### Económicas

- Minimiza los daños en las despulpadoras por objetos duros.

- Elimina el segundo piso en las nuevas construcciones, con impacto económico favorable (menor costo del beneficiadero).
- Menor costo del equipo comparado con otras opciones como la bomba sumergible y el tanque sifón.
- Aumento del ingreso por la venta de café con mejor factor de rendimiento en trilla.

## Ambientales

- Disminuye el impacto ambiental, ya que no se utilizan grandes volúmenes de agua para la clasificación del café cereza.

## Sociales

- Facilidad de carga del café, menor fatiga del operario por menor peso de la carga, y disminuyen los riesgos de lesiones de tipo músculo esqueléticas.



## LITERATURA CITADA

1. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA – FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Reunión para Unificación de Criterios en Beneficio Ecológico de Café. Chinchiná, Noviembre 23-26, 2004. Memorias.
2. MÁRQUEZ G., S.M. Evaluación y optimización de la operación del tanque sifón para el clasificado del café cereza. Medellín, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, 1987. 117 p. (Tesis: Ingeniero Agrícola).
3. MEJÍA G., C.A; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; MORENO C., E.; RODRÍGUEZ H., L.A. Evaluación del desempeño técnico y ambiental de un desmucilagador de café con rotor de varillas. Cenicafé (En prensa 2007).
4. OLIVEROS T., C.E.; GONZÁLEZ R. F.O. Separador hidráulico con recirculación para café cereza. In: CENTRO

NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe Anual de Actividades Disciplina de Ingeniería Agrícola 2002-2003. Chinchiná, Cenicafé, 2003.

5. OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; RAMÍREZ G., C.A.; BUENAVENTURA A. J.D. Evaluación de un separador hidráulico con tornillo sinfín y recuperador de agua para café cereza. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe Anual de Actividades Disciplina de Ingeniería Agrícola 2003-2004. Chinchiná, Cenicafé, 2004.
6. OLIVEROS T., C.E.; MEJÍA G., C.A. Avances en el experimento ING 1119 Evaluación de un separador hidráulico de tornillo sinfín con frutos de café. Chinchiná, Cenicafé, 2007. p. 1-3.
7. PUERTA Q., G. I. Buenas prácticas agrícolas para el café. Avances Técnicos Cenicafé No. 349: 1-12. 2006

## CAFICULTOR

Con el SHTS: Mejore la calidad de la materia prima de su beneficiadero, clasifique el café cereza en agua limpia antes del despulpado sin deteriorar el medio ambiente, proteja la despulpadora del daño ocasionado por objetos duros y cumpla con las Buenas Prácticas Agrícolas para Café.

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

**Cenicafé**

Centro Nacional de Investigaciones de Café

"Pedro Uribe Mejía"

Chinchiná, Caldas, Colombia

Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723

A.A. 2427 Manizales

[www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)

[cenicafe@cafedecolombia.com](mailto:cenicafe@cafedecolombia.com)

Edición: Sandra Milena Marín López  
Fotografía: Gonzalo Hoyos S.; César Ramírez; Hugo Andrés López F.  
Imágenes en computador: Julian Andrés Cardona Duque  
Diagramación: María del Rosario Rodríguez L.  
Impresión: Feriva S.A