
NORMA CUBANA

NC

ISO 2555: 2012
(Publicada por la ISO en 1989)

PLÁSTICO — RESINAS EN ESTADO LÍQUIDO O EN EMULSIÓN O DISPERSIÓN — DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD APARENTE POR EL MÉTODO DE ENSAYO BROOKFIELD. (ISO 2555: 1989, IDT)

Plastic — Resins in the liquid state or as emulsions or dispersions — Determination of apparent viscosity by the Brookfield test method

ICS: 83.080

1. Edición Diciembre 2012
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.
Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio
Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

NC-ISO 2555: 2012

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC) es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 84 de Calzado, integrado por los representantes de las instituciones siguientes:

Ministerio de la Industria Ligera	Corporación CUBALSE
Ministerio de la Fuerzas Armadas Revolucionarias	Corporación TRD Caribe
Ministerio de la Agricultura	Servicios al Comercio Exterior
Unión de Cuero y Calzado	Oficina Nacional de Normalización
Aduana General de la República	Ministerio del Comercio Interior
Ministerio de la Industria Básica	Ministerio del Interior
Instituto Nacional de Deportes, Educación Física y Recreación	

- Es una adopción idéntica de la Norma Internacional *ISO 2555: 1989 Plastic — Resins in the liquid state or as emulsions or dispersions — Determination of apparent viscosity by the Brookfield test method*
- Sustituye a la Norma Cubana NC 41-19:1983 Cuero. Adhesivos. Determinación de la viscosidad Brookfield RV.
- Fue consultada con el CTN 82 de Plásticos.
- Incluye los Anexos A y B normativos.

© NC, 2012

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba.

**PLÁSTICO — RESINAS EN ESTADO LÍQUIDO O EN EMULSIÓN O DISPERSIÓN —
DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD APARENTE POR EL MÉTODO DE ENSAYO
BROOKFIELD**

1 Objeto y campo de aplicación

Esta Norma Cubana especifica un método para determinar la viscosidad aparente por el método de ensayo Brookfield¹ en resinas en estado líquido o similar, empleando uno de los tipos de viscosímetros rotativos descritos en esta norma.

La aplicación de este método a productos específicos viene detallada en el anexo A.

Los viscosímetros de los tipos A, B y C, permiten realizar mediciones de la viscosidad desde 0,02 Pa·s (20 cP) hasta 60 000 Pa·s (60 x 10⁶ cP).

2 Principio del método

Un cuerpo de revolución (vástago), de forma cilíndrica o similar (disco), gira a una frecuencia de rotación constante en el producto que se está estudiando.

La resistencia ejercida por el fluido sobre el vástago, que depende de la viscosidad del producto, produce una torsión que se indica por un aparato de medición adecuado. Esta medición puede estar basada en la tensión de un resorte espiral en función de la torsión, indicada por el movimiento de una aguja sobre un dial.

La viscosidad aparente por el método de ensayo Brookfield se obtiene multiplicando esta lectura del dial por un coeficiente que depende de la frecuencia de rotación y de las características del vástago.

Los productos a los que es aplicable esta Norma Cubana son generalmente no newtonianos y la viscosidad medida depende del gradiente de velocidad al que están sujetos los productos durante la medición.

En estos tipos de viscosímetros, el gradiente de velocidad no es el mismo en cada punto del vástago. Por ello, para un fluido no newtoniano, el resultado no es estrictamente la verdadera "viscosidad a un gradiente de velocidad conocido" y, en consecuencia, se denomina convencionalmente viscosidad aparente.

3 Aparatos

3.1. Viscosímetro tipo Brookfield, tipo A, B o C, elegido de acuerdo al producto a ensayar y a la precisión deseada.

El principio de trabajo detallado de este aparato, su descripción y los tres tipos existentes vienen dados en el anexo B.

¹ El modelo de ensayo Brookfield puede llevarse a cabo empleando un equipo de ensayo suministrado por gran número de fabricantes.

Cada viscosímetro consta de:

- El cuerpo del viscosímetro,
- Siete vástagos intercambiables numerados del 1 al 7 (siendo el más grande el número 1); estos vástagos llevan una marca que indica el nivel de inmersión en el líquido; son los mismos para los tres tipos de viscosímetros; no deben utilizarse vástagos que muestren signos de corrosión o de excentricidad;
- Un estribo de protección desmontable (únicamente para el tipo A).

Las frecuencias de rotación disponibles en los diferentes tipos de viscosímetros Brookfield vienen dadas en la tabla 1.

NOTA En el caso del aparato Brookfield, la relación entre los modelos y frecuencias disponibles y los tipos de viscosímetros A, B y C vienen dados en la tabla 1. Pueden elegirse otras frecuencias de rotación dentro de los límites indicados.

Tabla 1 — Frecuencias de rotación disponibles para los tres tipos de viscosímetro

Tipo de viscosímetro	Modelo	Frecuencia de rotación, min ⁻¹							
		0,5	1	2,5	5	10	20	50	100
A	RVF			2	4	10	20		
	RVF 100					10	20	50	100
	RVT	0,5	1	2,5	5	10	20	50	100
B	HAF		1	2	5	10			
	HAT	0,5	1	2,5	5	10	20	50	100
C	HBF		1	2	5	10			
	HBT	0,5	1	2,5	5	10	20	50	100

Las formas y tamaños de los vástagos son tales que las viscosidades correspondientes a un valor máximo de torsión indicado por el medidor, para las distintas frecuencias de rotación, son las indicadas en la tabla 2.

El ajuste y la calibración de estos viscosímetros se llevan a cabo, normalmente, por el fabricante del aparato.

Se recomienda verificar el ajuste y la calibración de vez en cuando por medio de líquidos newtonianos de viscosidad conocida, bien en los laboratorios del usuario o en laboratorios metrológicos oficiales.

3.2 Baño líquido termorregulado, para mantener el producto que se está ensayando a la temperatura de ensayo con una exactitud de $\pm 0,2$ °C.

Las temperaturas de ensayo recomendadas son: 23 °C, 25 °C, 40 °C, 55 °C, 70 °C, 85 °C y 100 °C.

NOTA Si el ensayo debe realizarse a temperaturas más elevadas es recomendable utilizar un eje de prolongación entre el vástago y el aparato.

3.3 Aparatos adicionales

3.3.1. Soporte, que sujeta el viscosímetro y lo desplace en un plano vertical.

3.3.2. Vaso de precipitados de 90 mm a 92 mm de diámetro y de 115 mm a 160 mm de altura.

3.3.3. Termómetro, graduado a intervalos de 0,1 °C, para medir la temperatura del producto que se está ensayando.

Tabla 2 — Valor máximo de viscosidad (Pa·s)* en función del tipo de viscosímetro, de la frecuencia de rotación y del vástago.

Tipo de viscosímetro	Frecuencia de rotación min ⁻¹	Número de vástago						
		1	2	3	4	5	6	7
A	100	0,1	0,4	1	2	4	10	40
	50	0,2	0,8	2	4	8	20	80
	20	0,5	2	5	10	20	50	200
	10	1	4	10	20	40	100	400
	5	2	8	20	40	80	200	800
	4	2,5	10	25	50	100	250	1 000
	2,5	4	16	40	80	160	400	1 600
	2	5	20	50	100	200	500	2 000
	1	10	40	100	200	400	1 000	4 000
0,5	20	80	200	400	800	2 000	8 000	
B	100	0,2	0,8	2	4	8	20	80
	50	0,4	1,6	4	8	16	40	160
	20	1	4	10	20	40	100	400
	10	2	8	20	40	80	200	800
	5	4	16	40	80	160	400	1 600
	2,5	8	32	80	160	320	800	3 200
	2	10	40	100	200	400	1 000	4 000
	1	20	80	200	400	800	2 000	8 000
0,5	40	160	400	800	1 600	4 000	16 000	
C	100	0,8	3,2	8	16	32	80	320
	50	1,6	6,4	16	32	64	60	640
	20	4	16	40	80	160	400	1 600
	10	8	32	80	160	320	800	3 200
	5	16	64	160	320	640	1 600	6 400
	2,5	32	128	320	640	1 280	3 200	12 800
	2	40	160	400	800	1 600	4 000	16 000
	1	80	320	800	1 600	3 200	8 000	32 000
	0,5	160	640	1 600	3 200	6 400	16 000	64 000

* 1 Pa·s = 10³ cP

4 Elección de la frecuencia de rotación del vástago

La combinación frecuencia de rotación–vástago se elige teniendo en cuenta el valor de la viscosidad a medir, la precisión deseada y el gradiente de velocidad. Es necesario realizar esta elección de tal manera que ninguna medición corresponda a menos del 20% o más del 95% de la desviación del fondo de la escala. Pero para mejorar la precisión es aconsejable limitarse a un intervalo entre el 45% y el 95% del fondo de la escala.

Si se desea una comparación entre las viscosidades de productos no newtonianos, es necesario utilizar la misma combinación de frecuencia de rotación–vástago para todas las mediciones incluso si la precisión de una de las mediciones se ve disminuida.

La elección de la frecuencia de rotación lleva consigo la elección de uno o más tipos de viscosímetros. En este contexto se recomienda que, si es posible, se utilice una frecuencia de rotación de 10 min^{-1} .

La combinación de frecuencia de rotación–vástago a utilizar debe ser especificada en el documento que recomienda la medición (véase el anexo A, capítulo A.1). La elección puede realizarse en términos de viscosidad anunciada o esperada, empleando la tabla 2 y anotando que el intervalo más adecuado se encuentra entre el 45% y el 95% del fondo de escala.

5 Procedimiento operatorio

Se monta el viscosímetro con su estribo de protección, si es aplicable (véase el apartado B.3.3 del anexo B), sobre su soporte. Se llena el vaso de precipitados (3.3.2) con el producto a ensayar, teniendo cuidado de no introducir burbujas de aire, después se coloca en el baño (3.2) durante el tiempo suficiente para que alcance la temperatura deseada. Si el producto contiene materias volátiles o es higroscópico, debe tenerse cuidado de cerrar herméticamente el vaso de precipitado durante esta operación.

Con el vaso todavía en el baño, se mantiene el vástago en un ángulo de aproximadamente 45° con respecto a la superficie del producto y se sumerge en el producto. Se orienta el vástago verticalmente y se conecta al eje del aparato.

Se verifica que el vástago está vertical, empleando el nivel de burbuja, que el extremo inferior del vástago está a más de 10 mm del fondo del vaso y que el vástago esté sumergido hasta la parte inferior de la marca de su eje. Se sumerge el termómetro (3.3.3) en el producto.

Se espera hasta que la temperatura del producto se encuentre entre los límites especificados. Se pone en marcha el motor y se selecciona la frecuencia de rotación deseada, teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante.

Debe permitirse que el instrumento gire y se lea el medidor de torsión con una aproximación del 0,25 % de la indicación del valor máximo, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, cuando se haya alcanzado un valor estable en el medidor. Se bloquea la aguja y se detiene el motor para anotar la lectura.

NOTAS

- 1 Si la lectura del medidor de torsión cambia lentamente, esto puede indicar que el producto es tixotrópico o reopéctico. El documento que recomienda la medición (véase el anexo A, capítulo A.1) debería indicar si la lectura del medidor de torsión debería tomarse después de un tiempo definido o tan pronto como se estabilice en un valor constante. Es también posible dibujar la curva de viscosidad en función del período de rotación.
- 2 Los líquidos diferentes pueden tener una reología diferente. Para los líquidos con comportamiento tixotrópico o reopéctico, el período de rotación debería fijarse por ejemplo a 1 min (se recomienda emplear únicamente¹ período ya que la lectura del medidor de torsión puede depender del tiempo).

Se vuelve a poner el motor en marcha y se realiza otra medición.

Se continúa tomando mediciones hasta obtener dos valores consecutivos que no se diferencien en más del 3 % uno de otro (a no ser que se especifique lo contrario en los documentos mencionados en el anexo A, capítulo A.1)

Se toma el promedio de estos dos valores.

Después de cada determinación, se desmonta el vástago del aparato y se lava a fondo con un disolvente adecuado.

6 Cálculo y expresión de los resultados

La viscosidad aparente del producto ensayado, en Pa·s, se calcula empleando la fórmula

$$\frac{A \times k \times l}{1\,000}$$

donde

- A* es un coeficiente que depende del tiempo del aparato, cuyo valor es 1 para el tipo A, 2 para el tipo B y 8 para el tipo C;
- k* es un coeficiente que depende de la combinación utilizada de frecuencia de rotación–vástago, en el caso de un aparato tal como se especifica en el anexo B, capítulo B.3, los valores de *k* son los que se encuentran en la tabla 3;
- l* es la media de los dos valores leídos en la escala.

Tabla 3—Coeficiente k (escala 0 hasta 100 por cada combinación¹⁾ de referencia de rotación—vástago

Frecuencia de rotación min ⁻¹	Coeficiente k para el número de vástago						
	1 (el más grande)	2	3	4	5	6	7 (el más pequeño)
100	1	4	10	20	40	100	400
50	2	8	20	40	80	200	800
20	5	20	50	100	200	500	2000
10	10	40	100	200	400	1 000	4 000
5	20	80	200	400	800	2 000	8 000
4	25	100	250	500	1 000	2 500	10 000
2,5	40	160	400	800	1 600	4 000	16 000
2	50	200	500	1 000	2 000	5 000	20 000
1	100	400	1 000	2 000	4 000	10 000	40 000
0,5	200	800	2 000	4 000	8 000	20 000	80 000

1) Puede ser necesario calibrar cada vástago con líquidos de viscosidad conocida y adoptar valores ligeramente diferentes de k (véase capítulo B.4 del anexo B)

Los resultados se expresan con tres cifras identificativas, indicando el tipo de viscosímetro (A, B o C), el número del vástago y la frecuencia de rotación, como en el siguiente ejemplo:

$$\text{Viscosidad Brookfield (A/3/20)} = 4,25 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$(1 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 10^3 \text{ cP})$$

NOTA Si la medición se ha realizado en las condiciones descritas en las notas del capítulo 5 (productos tixotrópicos y reopécticos), deben seguirse las instrucciones especiales del documento mencionado en el anexo A, capítulo A.1.

7 Informe del ensayo

El informe del ensayo debe incluir los siguientes datos:

- una referencia a esta Norma Cubana,
- la designación del producto ensayado,
- la temperatura de ensayo,
- el modelo de viscosímetro utilizado;
- el valor de la viscosidad aparente calculado de acuerdo con las indicaciones del capítulo 6.

Anexo A (normativo)

Aplicación general a resinas en estado líquido, emulsiones y dispersiones

A.1 Campo de aplicación

Este anexo debe utilizarse para determinar la viscosidad aparente en resinas en estado líquido, a no ser que se indique lo contrario.

Debe utilizarse siempre que una norma o un contrato comercial referente al producto recomiende el empleo de la NC-ISO 2555 y su anexo A.

A.2 Elección de las condiciones de ensayo

A.2.1 Frecuencia de rotación

Debido al comportamiento generalmente no newtoniano de los productos cubiertos por este anexo, los resultados obtenidos con diferentes frecuencias de rotación no pueden ser comparados teóricamente.

La elección de la frecuencia depende del rango de viscosidad a medir. Ésta debe ser precisada para cada tipo de producto.

Es necesario establecer un diagrama que muestre el rango de viscosidad cubierto para el viscosímetro utilizado a la frecuencia especificada (véase la figura A.1 como ejemplo del diagrama para los viscosímetros A, B y C a una frecuencia de 10 min^{-1})

A.2.2 Vástago

Si el valor de la viscosidad aparente a medir es conocido aproximadamente, se elige el vástago con la ayuda de un diagrama (véase A.2.1), que muestre, para cada tipo de viscosímetro, el rango de viscosidad cubierto por cada vástago.

Para la comparación de los resultados es mejor utilizar el mismo vástago, incluso si uno debe utilizarlo dentro de un rango donde su uso está sólo "permitido", que trabajar con diferentes vástagos. En la práctica los resultados no siempre son los mismos entre vástagos sucesivos.

Si el valor de viscosidad a medir no es conocido, se realizan las mediciones con vástagos sucesivos, comenzando con el número 7, hasta que se cumplan los requisitos de la figura A.1.

A.2.3 Condiciones particulares recomendadas para ciertos productos

La tabla A.1 resume las condiciones particulares de ensayo recomendadas para un gran número de productos a la luz de la práctica internacional. El vástago debe elegirse de acuerdo con las recomendaciones del capítulo 4 de esta norma, teniendo en cuenta el valor de viscosidad.

Tabla A.1 — Condiciones de ensayo recomendadas

Producto	Tipo de viscosímetro	Frecuencia de rotación min ⁻¹	Temperatura °C	Observaciones especiales
Resinas fenólicas	A ⁻¹⁾	50	23	Leer después de 1 min.
Resinas de poliéster	A ⁻¹⁾	10	23	
Resinas epoxídicas	A ⁻¹⁾	10	23	
Adhesivos	A ⁻¹⁾	10 ó 20	23	
Dispersiones acuosas	A ⁻¹⁾	50	23	
Pastas de PVC	A ⁻¹⁾	20	23	

1) El uso de los tipos Bo C está permitido cuando la viscosidad del producto es mayor que el límite de viscosidad medible con el tipo A a la diferencia de rotación recomendada.

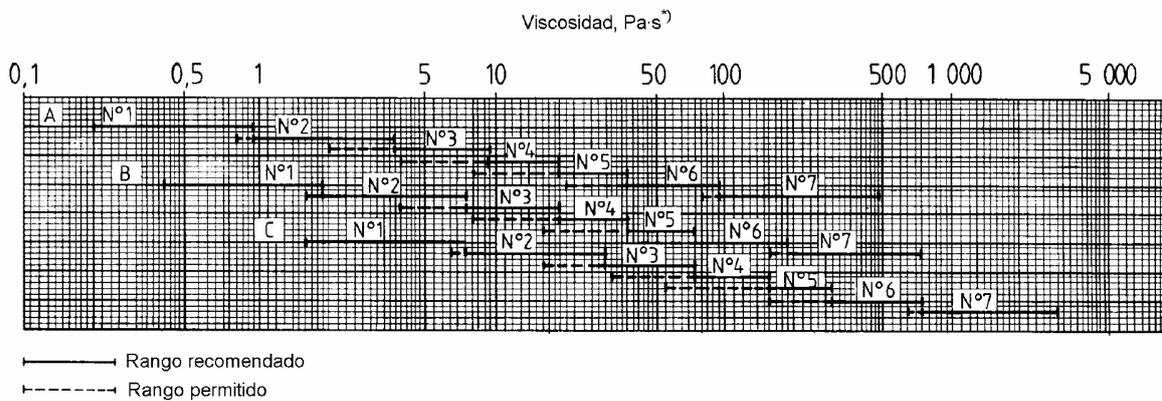
A.3 Procedimiento operatorio

Deben seguirse cuidadosamente las instrucciones dadas en el capítulo 5.

Debe tenerse cuidado especial de medir únicamente la viscosidad de productos completamente libre de burbujas.

Si es necesario, las burbujas pueden ser eliminadas aplicando vacío o por cualquier otro método apropiado.

En el caso de productos que son volátiles o tiene partes constituyentes volátiles, resulta ciertamente necesario utilizar recipientes cerrados.



Figura— A.1 Rango de viscosidad (escala logarítmica) para cada vástago de los Viscosímetros A, B y C a una frecuencia de rotación de 10 min⁻¹

Anexo B (normativo)

Principio, descripción y características de los viscosímetros A, B y C

B.1 Principio de operación

El viscosímetro comprende un motor síncrono que hace girar un eje vertical a través de una caja de cambios.

Este eje vertical mueve, a través de un resorte en espiral, un segundo eje más bajo, formando una extensión del primero. Un vástago desmontable está conectado a este segundo eje y está sumergido en el líquido de ensayo.

Estos dos ejes giran a la misma frecuencia pero, cuando el vástago está sumergido hay una desviación angular entre ambos que está en función de la resistencia del líquido a la rotación del vástago, es decir, la viscosidad del líquido.

Esta desviación se mide por una aguja horizontal fijada al eje del vástago que se desplaza sobre un dial horizontal fijado al primer eje (motor) y en consecuencia gira con este eje. Cuando el vástago está girando en el aire, la aguja corresponde a la graduación "0" del dial.

Debido a la dificultad de tomar lecturas mientras la aguja y el dial están girando a la vez, un dispositivo de bloqueo dial-aguja permite tomar la lectura después de que el motor se haya detenido.

B.2 Breve descripción

El cuerpo del viscosímetro está equipado con un interruptor eléctrico, motor síncrono, caja de cambios con su botón de cambio de frecuencia de rotación, resorte espiral, dial y aguja y sistema de bloqueo esfera-aguja.

Los vástagos intercambiables tienen la forma de cilindros o discos de metal pulido fijados sobre un eje. Estos pueden utilizarse en los tres tipos de viscosímetros.

El estribo de protección consta de una plancha de metal en forma de "U" para proteger los vástagos.

B.3 Características

B.3.1 Cuerpo del viscosímetro

B.3.1.1 Frecuencia de rotación de los vástagos. 4 u 8 frecuencias de rotación de acuerdo con el tipo del aparato; las frecuencias de rotación vienen dadas en la tabla 1.

B.3.1.2 Graduación del dial. De 0 hasta 100 en medias unidades.

B.3.1.3 Momento de par de torsión del resorte espiral. Para la desviación del fondo de escala:

718,7 $\mu\text{N}\cdot\text{m}$, para el tipo A

1437,4 $\mu\text{N}\cdot\text{m}$, para el tipo B

5749,6 $\mu\text{N}\cdot\text{m}$, para el tipo C

B.3.2 Vástagos intercambiables

Las formas y dimensiones vienen dadas en las figuras B.1, B.2 y B.3.

Los valores de estas dimensiones resultan de la conversión de valores expresados en pulgadas, y el número de cifras significativas no es necesariamente una indicación de la precisión de los valores originales.

B.3.3 Estribo de protección

La forma y dimensiones vienen dadas en la figura B.1.

Se asegura la protección del vástago y una distancia mínima de 10 mm entre el final del vástago y la base del vaso. Su uso es opcional.

B.4 Calibración del aparato

Es recomendable calibrar el aparato periódicamente midiendo la viscosidad de líquidos newtonianos puros y verificando las frecuencias de rotación de los vástagos.

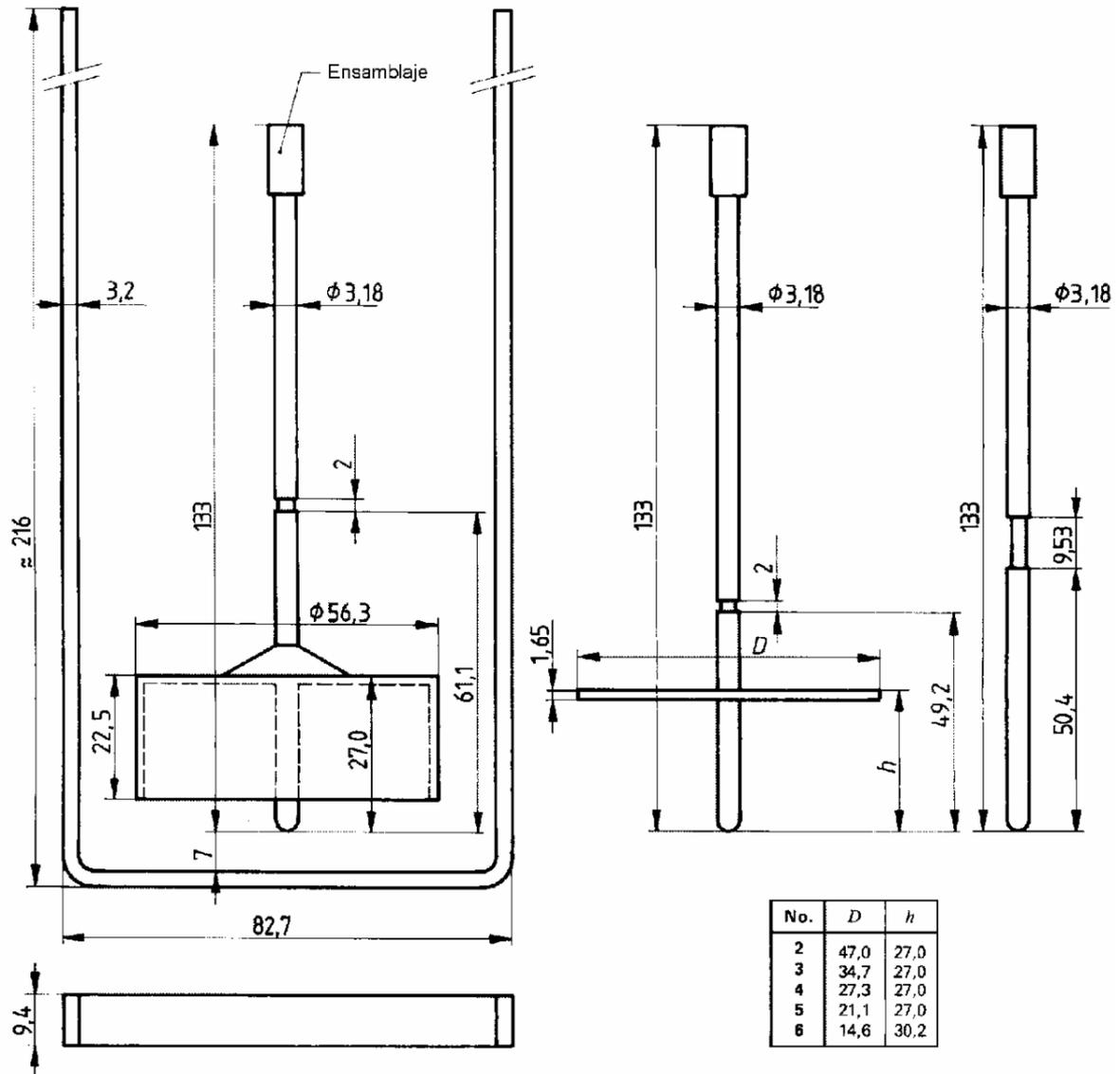


Figura B.1—Vástago No. 1 y estribo de protección

Figura B.2—Vástago No. de 2 a 6

Figura B.3— Vástago No.7