

Muestreo de biocombustibles sólidos

Luis F. Vilches, AICIA

Especificaciones técnicas

- ♦ UNE-CEN/TS 14778-1:EX Biocombustibles sólidos-Muestreo Parte 1: Métodos de muestreo
- ♦ UNE-CEN/TS 14778-2:EX Biocombustibles sólidos-Muestreo Parte 2: Métodos para el muestreo de material en partículas transportado en camiones
- ♦ UNE-CEN/TS 14779:EX Biocombustibles sólidos-Muestreo Métodos para la preparación de planes y certificados de muestreo
- ♦ UNE-CEN/TS 14780:EX Biocombustibles sólidos Métodos para la preparación de la muestra

Muestreo para ensayar diversos parámetros

- ♦ Densidad aparente
- ♦ Durabilidad
- ♦ Distribución granulométrica
- ♦ Contenido en humedad
- ♦ Contenido en cenizas
- ♦ Comportamiento de fusión de cenizas
- ♦ Poder calorífico
- ♦ Composición química
- ♦ Impurezas de las muestras

Importancia del muestreo

Desviación de los resultados de los análisis con respecto al valor real:

- Muestreo: 80%
- Preparación de la muestra: 15%
- Análisis: 5%

Propósito del Muestreo



Obtener una muestra representativa a partir del total del lote

Principio del muestreo correcto

Cada partícula del lote o sublote debe estar representada en la muestra con la misma probabilidad con la que se encuentra en el lote

Cuando este principio no puede aplicarse en la práctica, el muestreador debe anotar las limitaciones en el plan de muestreo

Terminología – Muestreo y preparación de la muestra

PHYDADES
EACI

- ♦ **Lote:** Cantidad definida de combustible del cual se va a determinar su calidad
- ♦ **Sublote:** Parte de un lote de la que se requiere un resultado de ensayo
- ♦ **Ejemplo de los términos lote y sub-lote:** Considerar una planta de generación que recibe 20 camiones de astillas al día. Se ensaya el contenido de humedad de la carga de cada camión. Se selecciona aleatoriamente uno de los 20 camiones para otros ensayos. En este ejemplo, el lote podría ser la cantidad de combustible recibida en un día (20) y el sublote podría ser la carga de un sólo camión.
- ♦ **Incremento:** Porción de combustible extraído en una sola operación del aparato de muestreo

Terminología – Muestreo y preparación de la muestra

PHYDADES
EACI

- ♦ **Muestra:** Cantidad de material, representativa de una cantidad mayor, de la cual se va a determinar su calidad.
- ♦ **Submuestra:** Porción de la muestra.
- ♦ **Muestra combinada:** Muestra consistente en todos los incrementos tomados de un lote o sublote.
- ♦ **Muestra de laboratorio:** Muestra combinada, o submuestra de muestra combinada, o un incremento, o una submuestra de un incremento, enviada al laboratorio.
- ♦ **Muestra para el análisis de tamaño:** Muestra tomada específicamente con el propósito de determinar la distribución granulométrica.
- ♦ **Tamaño nominal máximo:** Tamaño de apertura del tamiz para determinar la distribución granulométrica de los biocombustibles sólidos, a través del cual pasa al menos el 95% de la masa de material.

Terminología – Muestreo y preparación de la muestra

PHYDADES
EACI

- ♦ **Muestra de análisis general:** Sub-muestra de una muestra de laboratorio con un tamaño nominal máximo de 1 mm o menos que se usa para un número de análisis físicos y químicos.
- ♦ **Muestra común:** Muestra recogida para más de un posible uso.
- ♦ **Muestra para el análisis de humedad:** Muestra tomada específicamente con el propósito de determinar la humedad total.
- ♦ **Reducción de masa:** Reducción de la masa de una muestra o de una submuestra.
- ♦ **Reducción de tamaño:** Reducción del tamaño máximo nominal de una muestra o una sub-muestra.
- ♦ **Porción de ensayo:** Submuestra de una muestra de laboratorio consistente en la cantidad de material necesario para la realización de un método de ensayo.

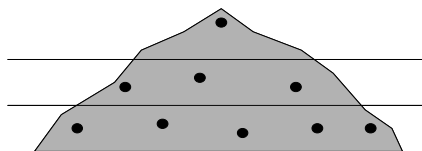
Muestreo de cargas de camiones (pilas)

PHYDADES
EACI



Muestreo de una pila. Ubicación de los puntos de muestreo

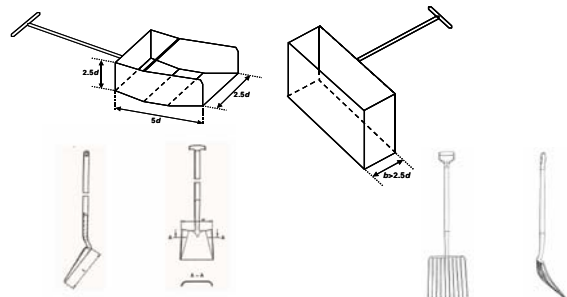
PHYDADES
EACI



- ♦ No se deben tomar incrementos de los 300 mm inferiores

Muestreo de materiales en partículas. Aparatos para el muestreo (cazos y horcas)

PHYDADES
EACI



d = tamaño nominal máximo, mm

Cazos - 2.5 x tamaño nominal máximo del biocombustible

PHYDADES
EACI



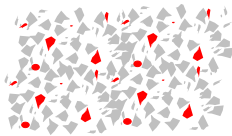
Los contaminantes pueden causar errores

PHYDADES
EACI

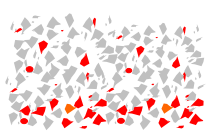


Segregación de finos durante el transporte

PHYDADES
EACI



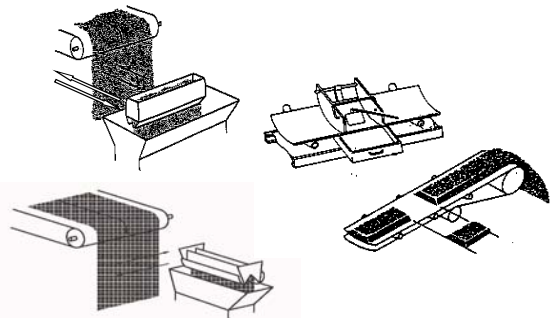
Original



Después transporte

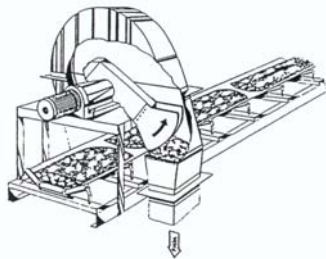
Muestreo de materiales en partículas. Aparatos para el muestreo (muestreros en corrientes)

PHYDADES
EACI



Muestreo de materiales en partículas. Aparatos para el muestreo (muestreros en cinta transversal)

PHYDADES
EACI



Muestreando desde cinta transportadora

PHYDADES
EACI



Ejemplo de tubo muestreador

PHYDADES
EACI



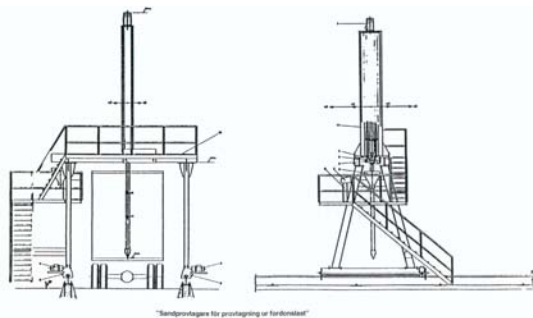
Muestreador mecánico

PHYDADES
EACI



Ejemplo de sonda mecánica

PHYDADES
EACI



Número de incrementos

PHYDADES
EACI

Clasificación de los materiales según su heterogeneidad

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Biocombustible homogéneo Tamaño nominal < 10 mm	Biocombustible homogéneo Tamaño nominal > 10 mm	Biocombustible heterogéneo
Por ejemplo: Virutas Serrín	Por ejemplo Astillas de madera Pélets de madera Cáscaras de frutos secos	Por ejemplo Residuos de corta Cortezas

El número mínimo de incrementos que se toman de un lote o sublote depende de la heterogeneidad del material muestreado

Mínimo número de incrementos

PHYDADES
EACI

Para situaciones de muestreo estacionario

$$n = 5 + 0,025 \cdot M_{\text{lote}} \quad \text{para Grupo 1}$$

$$n = 5 + 0,040 \cdot M_{\text{lote}} \quad \text{para Grupo 2}$$

$$n = 20 + 0,060 \cdot M_{\text{lote}} \quad \text{para Grupo 3}$$

(Estas fórmulas se aplican para grandes pilas)

Para muestrear material en movimiento

$$n = 3 + 0,025 \cdot M_{\text{lote}} \quad \text{para Grupo 1}$$

$$n = 5 + 0,040 \cdot M_{\text{lote}} \quad \text{para Grupo 2}$$

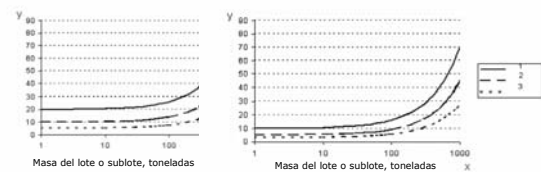
$$n = 10 + 0,060 \cdot M_{\text{lote}} \quad \text{para Grupo 3}$$

donde
n: número mínimo de incrementos, redondeado al entero más próximo
 M_{lote} : masa del lote o sublote, en toneladas

Mínimo número de incrementos

PHYDADES
EACI

Materiales estacionarios Materiales en movimiento



Grupo 1 homogéneo, tamaño nominal <10 mm
Grupo 2 homogéneo, tamaño nominal >10 mm
Grupo 3 heterogéneo

Tamaño de los incrementos PHYDADES
EACI

La herramienta de muestreo debe tener una capacidad no menor de:

$$V_{\min} = 0,5 \quad \text{para } d < 10$$

$$V_{\min} = 0,05 \cdot d \quad \text{para } d > 10$$

donde

V_{\min} es la capacidad mínima de la herramienta de muestreo, litros
 d es el tamaño nominal, mm

Ejemplo del número de incrementos a tomar de los camiones para determinar la humedad (2% error absoluto) PHYDADES
EACI

Tipo de combustible	Carga < 30 ton	Carga 120 ton	Carga > 240 ton
Homogéneo 1 (< 10 mm)	6	8	20
Homogéneo 2 (> 10 mm)	11	15	30
Heterogéneo 3	22	27	50

Ejemplo del número de incrementos a tomar para la determinación del contenido en cenizas (error 0,3% absoluto) PHYDADES
EACI

Tipo de combustible	Carga < 30 ton	Carga 120 ton	Carga > 240 ton
Homogéneo 1 (< 10 mm)	6	8	20
Homogéneo 2 (> 10 mm)	11	15	30
Heterogéneo 3	22	27	50

Reducción de las muestras. Principios generales PHYDADES
EACI

- La composición de la muestra tal y como se toma en el sitio no debe ser modificada durante ninguna de las etapas de la preparación de la muestra. Cada submuestra debe ser representativa de la muestra original
- Todas las partículas de la muestra antes de su reducción en masa deben tener la misma probabilidad de ser incluidas en la submuestra retenida después de la reducción de masa
- Hay que tener cuidado para evitar la pérdida de partículas finas durante la molienda y otras operaciones

Procedimiento de reducción de muestras PHYDADES
EACI

```

    graph TD
      A[Muestra combinada] --> B[Capítulo 8  
División de muestra. Muestra combinada]
      B --> C[Apartado 9.1  
División de muestra inicial]
      C --> D[Apartado 9.2  
Pasaje de la muestra]
      D --> E[Apartado 9.3  
Pesado de la muestra si es necesario,  
y se deja en el laboratorio durante al menos 24 horas]
      E --> F[Apartado 9.4  
Reducción de tamaño hasta < 30 mm  
mediante triturado]
      F --> G[Apartado 9.5  
Reducción de la masa mediante un método  
adecuado para el material]
      G --> H[Apartado 9.6  
Reducción de tamaño hasta < 1 mm  
utilizando una trituración de coque]
      H --> I[Apartado 9.7  
Toma de la muestra de análisis general]
      I --> J[Apartado 9.8  
Reducción de tamaño a < 0,25 mm  
utilizando una trituración de coque]
      D --> D1[Submuestras para la determinación de la  
densidad aparente, durabilidad al golpe, etc.]
      E --> E1[Submuestra para la determinación de la  
distribución granulométrica]
      F --> F1[Submuestra para la determinación del  
contenido de humedad total]
      I --> I1[Porción de ensayo para la determinación de  
cenizas, poder calorífico, análisis químico, etc.]
      J --> J1[Porción de ensayo para análisis cuando se  
requiera < 0,25 mm]
  
```

Aparatos para la reducción de masa PHYDADES
EACI

- Caja con ranuras
- Divisores de muestra rotatorios
- Palas y cazos

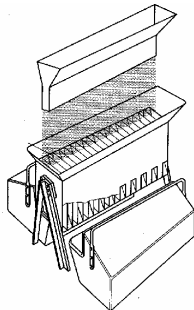
Las masas mínimas que se han de retener durante las etapas de reducción de masa deben respetar los valores indicados en la norma

Aparato para la reducción de masa

PHYDADES
EACI

♦ Caja con ranuras

Una caja con ranuras debe tener al menos 16 ranuras, con ranuras adyacentes que reparten el material en distintas submuestras, y el ancho de las ranuras debe ser por lo menos 2,5 veces el tamaño nominal máximo del material a reducir

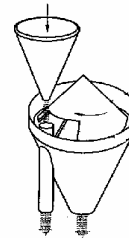


Aparatos para la reducción de masa

PHYDADES
EACI

♦ Divisores de muestra rotatorios

Un divisor de muestra rotatorio debe tener un dispositivo de alimentación ajustado de forma que el divisor rote al menos 20 veces mientras la muestra está siendo dividida



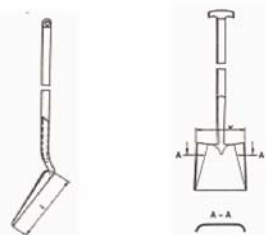
Nota: Divisor interior del sistema de alimentación $2.5 \times d$ (tamaño nominal máximo)

Aparatos para la reducción de masa

PHYDADES
EACI

♦ Palas y cazos

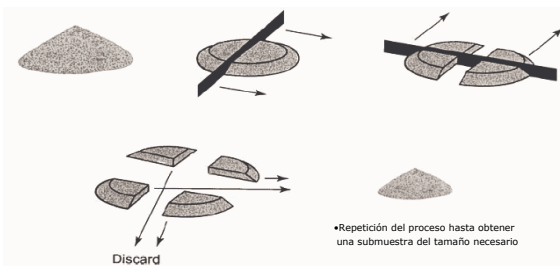
Una pala utilizada para la reducción de masa manual debe tener un fondo plano, bordes lo suficientemente altos como para evitar que las partículas se caigan y debe tener un ancho de, al menos, 2,5 veces el tamaño nominal máximo del material que se va a procesar.



Obtención de muestras de laboratorio Métodos de reducción de muestras combinadas – Cono y cuarteado

PHYDADES
EACI

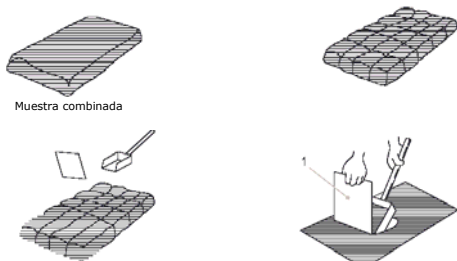
•Utilización para materiales como serrín y astillas de madera



Obtención de muestras de laboratorio Métodos de reducción de muestras combinadas – División de incremento manual

PHYDADES
EACI

•Utilización para materiales como serrín y otros biocombustibles con tamaño de partícula pequeño



Aparatos para la reducción de tamaño

PHYDADES
EACI

- ♦ Molino de corte grueso o triturador de madera
- ♦ Molino de cuchillas
- ♦ Tamiz
- ♦ Balanza

Molino para la reducción de tamaño

PHYDADES
EACI

- Bajo calentamiento
- Diferentes tamices
- Fácil de limpiar
- Resistente a las impurezas



Plan de muestreo; ejemplo

PHYDADES
EACI

Número de referencia del plan de muestreo		Fecha			
Número único de identificación de la muestra		Hora			
Nombre del muestreador		Teléfono			
Cuerpo electrónico		Embalaje de la muestra de laboratorio			
Número de identificación del lote o sublote		Recipiente hermético de plástico			
Producto		Otro			
Nombre comercial		Comentarios			
Proveedor del biocombustible					
Tamaño nominal máximo aproximado		mm			
Masa o volumen del sublote		ton o m ³			
Masa de la muestra de laboratorio y recipiente		kg			
estacionario:		carga de camión	pequeña pila	otro	
Tipo del sublote		En movimiento:	Cinta transportadora	silo	otro
Dirección del proveedor					
Dirección del transportista					
Dirección del muestreador					
Dirección del laboratorio					

Plan de muestreo ejemplo

PHYDADES
EACI

Número de referencia del plan de muestreo		Fecha		
Número único de identificación de la muestra		Equipo de muestreo		
Propósito de la muestra		Manual	Automático	
Propiedad		Caso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elasticidad		Pala	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Distribución granulométrica		Hora	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Densidad aparente		Pala de excavadora	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Densidad de partículas		Otro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dureza mecánica		Que hace específicos		
Cautín		Unidades del punto de muestreo		
Poder calorífico				
Azufre		Procedimiento para seleccionar sublotos de lotos de muestreo		
Nitrógeno				
Cloro		Requisitos según las Especificaciones Técnicas CEN EN 14778-1 y -2		
otro				
Masa total necesaria para los ensayos		Número mínimo de incrementos (n_{inc})		
Densidad aparente		Volumen mínimo, en incremento (V_{min}) litro		
Volumen total necesario para los ensayos (V_{tot})		Volumen de la muestra combinada (V_{com}) litro		
Si el volumen necesario (V_{com}) supera el volumen calculado de la muestra combinada (V_{com}), entonces se aumenta el número de incrementos.		Método de preparación de la muestra de laboratorio a partir de la muestra combinada		
Número real de incrementos (n_{inc}), mayor que V_{tot}/V_{com}				
Volumen real de la muestra combinada (V_{com})		Volumen de la muestra de laboratorio		