

**ESCUELA DE RECIBIDORES DE GRANOS DE  
BUENOS AIRES**

**CUADERNILLO DE ACTUALIZACION TECNICA  
CAPACIDAD DE ALMACENAJE**

**CUBICAJE**

**Ing. Agr. Armando Carlos Casalins**

**ASOCIACION CIVIL FOMENTO A LA CAPACITACION  
AGROPECUARIA**

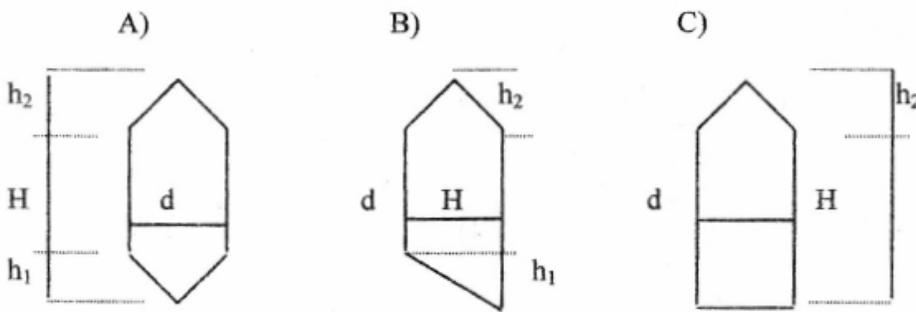
## CAPACIDAD DE ALMACENAJE

La determinación de la capacidad de almacenaje consiste en obtener el volumen del depósito y luego a este guarismo se lo ajusta por el peso hectolítrico. En el caso de capacidad de almacenaje se toma como valor estándar 80 kg/Hl.

Es necesario tomar un determinado valor de peso hectolítrico para poder hablar en un solo idioma que todos comprendan, por ejemplo cuando alguien dice que una determinada planta de acopio tiene 15.000 Ton. de capacidad, en realidad lo que está diciendo es que la planta tiene 18.750 m<sup>3</sup> de volumen y presupone que el grano con el que se lo va a llenar tiene un pH de 80 kg/Hl. entonces la capacidad es de 15.000 Ton. Lo mismo ocurre con los fabricantes de silos, cuando cotizan una instalación, ésta se da en toneladas, y también presupone un peso hectolítrico de 80 kg., independiente de lo que realmente entre en la instalación, de acuerdo al grano y peso hectolítrico real.

### Determinaciones de Capacidad de las instalaciones más usuales.

#### I. Silos:



Silo fondo cónico

Silo fondo inclinado

Silo fondo plano

## DETERMINACIÓN:

Tipo A) y b)

$$\text{Vol.} = \pi \cdot r^2 \cdot H + \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h_1}{3} + \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h_2}{3}$$

$$\text{Vol.} = \pi \cdot r^2 \left[ H + \frac{h_1}{3} + \frac{h_2}{3} \right] \quad (1)$$

## PASAJE DE UNIDADES PARA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE ALMACENAJE.

P.H. presupuesto para capacidad 80 Kg./Hl.

$$80 \text{ Kg./Hl.} = 0,08 \text{ Ton./} 1001 = 0,08 \text{ Ton./} 100 \text{ dm}^3 = 0,08 \text{ Ton./} 0,1 \text{ m}^3$$

$$= 0,8 \text{ Ton./m}^3 \quad (2)$$

Esto significa que en un metro cúbico de volumen del silo se almacenan 0,8 Ton.

En consecuencia el volumen determinado en (1) multiplicado por el factor (2) nos da la capacidad de toneladas del silo.

Tipo C)

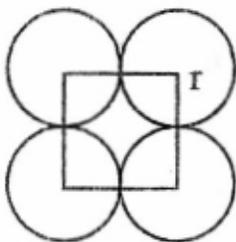
$$\text{Vol.} = \pi \cdot r^2 \cdot H + \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h_2}{3}$$

$$\text{Vol.} = \pi \cdot r^2 \left[ H + \frac{h_2}{3} \right] \quad (4)$$

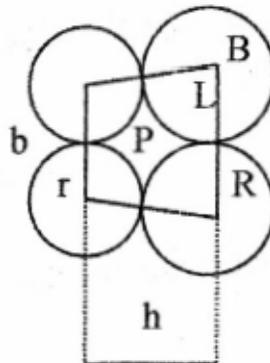
El valor determinado en (4) se lo multiplica por el factor (2) y se obtiene la capacidad del silo.

## II. Entresilos:

A) De silos iguales



B) De silos desiguales



### A) De silos iguales

Si se realiza un corte transversal de la batería de los cuatro silos y se unen los centros de las circunferencias así formadas quedará determinado un cuadrado cuyo lado tiene la distancia de dos radios, o sea el diámetro.

Sacando la superficie del cuadrado y restando las cuatro secciones circulares se obtiene la superficie del entresilo que multiplicado por la altura da el volumen.

$$\text{Sup. del cuadrado } 2r \cdot 2r = (2r)^2$$

$$\text{Sup. secciones circulares} = \frac{1}{4} \pi \cdot r^2 + \frac{1}{4} \pi \cdot r^2 + \frac{1}{4} \pi \cdot r^2 + \frac{1}{4} \pi \cdot r^2 = \pi \cdot r^2$$

$$\text{Sup. de entresilo} = (2r)^2 - \pi \cdot r^2$$

$$\text{Volumen de entresilo} = [(2r)^2 - \pi \cdot r^2] \cdot \text{altura}$$

$$\text{Capacidad de entresilo (Ton.)} = (\text{Volumen de entresilo (m}^3\text{)}) \cdot \text{factor (2)}$$

### B) De silos desiguales

Realizando un corte transversal de la batería compuesta por los 4 silos y uniendo los centros de las circunferencias así formadas, quedarán determinado un trapecio, la superficie del mismo menos las cuatro secciones circulares, permite obtener la superficie del entresilo, que multiplicada por la altura da el volumen del mismo.

$$\text{Superficie del trapecio} = \frac{\text{Base mayor} + \text{Base menor}}{2} \cdot h$$

$$= \frac{2R \text{ silo mayor} + 2r \text{ silo menor}}{2} \cdot h$$

$$\text{Superficie del sector circular} = \frac{\text{radio} \times \text{long. de arco}}{2}$$

$$\text{Longitud del arco} = \frac{\text{ángulo del arco}}{360^\circ} \times \frac{\text{long. de circunferencia}}{2\pi \cdot r}$$

$$\text{Sup. del entresilo} = \text{Superficie del trapecio} - \text{sup. de los 4 sectores circulares.}$$

$$= \text{Sup. del trapecio} - 2 \text{ sup. del sector circular de los silos mayores} - 2 \text{ sup. del sector circular de los silos menores.}$$

$$\text{Volumen del entresilo} = \text{superficie del entresilo por la altura del mismo.}$$

$$\text{Capacidad del entresilo} = (\text{volumen del entresilo}) \times \text{factor (2)}$$

### III. Galpones destinados a Granel

Los galpones que se destinan a granel no tienen sus paredes laterales reforzadas, de manera tal que el grano no se podrá apoyar en ellos, y el cálculo de capacidad se ve limitado por esta circunstancia. Se trata a su vez de instalaciones con piso plano.

La determinación se realiza de la siguiente manera.

$$\text{Superficie de la base del galpón} = \text{largo (l)} \times \text{ancho (a)}.$$

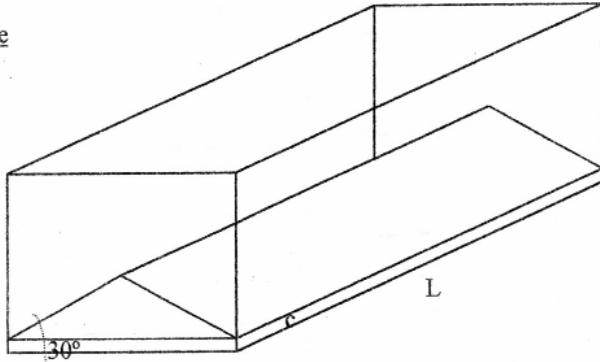
Volumen con grano del galpón = largo (l) x ancho (a) x alto (c)

Cálculo del copete del grano: Se debe tener en cuenta no el alto del galpón sino el ángulo de reposo del grano de manera tal que no ejerza presión sobre las paredes.

El ángulo de reposo tiene que ver con la fluidez del grano. Podemos decir que a mayor tamaño, superficie lisa, menor humedad, forma esférica y menor cantidad de impurezas se tiene menor ángulo de reposo.

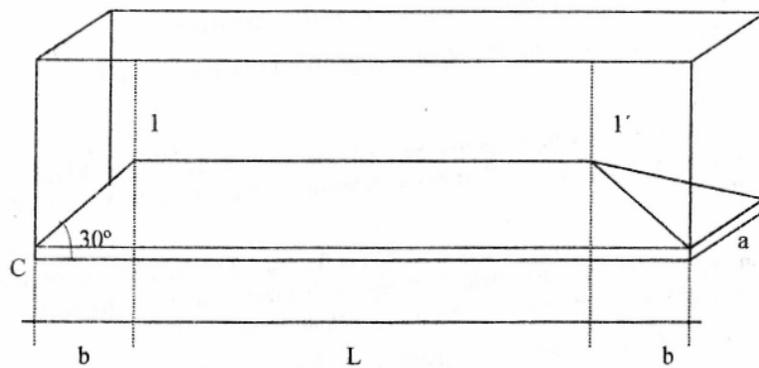
A los fines de determinar capacidad de almacenaje se toma como ángulo de reposo el de 30°.

Vista frente

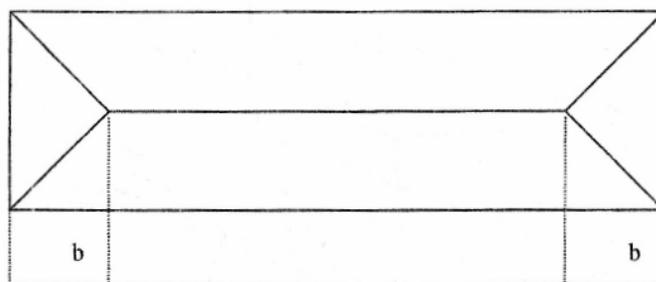


a

Vista lateral

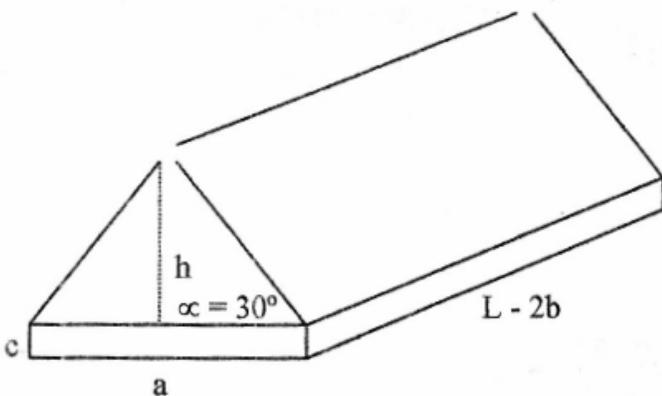


Vista de arriba



L

En un corte transversal en los puntos 1 o 1' tendremos una sección del tipo de un triángulo.



(el vértice superior es en realidad de forma redondeada)

La determinación de la altura h se realiza por trigonometría siendo la

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{\frac{1}{2} a} \quad \text{luego}$$

$$\operatorname{tg} 30^\circ = \frac{2h}{a} \quad \therefore 0,577 = \frac{2h}{a}$$

$$\therefore h = \frac{0,577 \cdot a}{2}$$

El volumen de esta porción del copete estaría dado por la superficie del triángulo multiplicado por el largo del mismo.

$$\operatorname{Vol.} = \frac{a \cdot \frac{0,577 \cdot a}{2}}{2} \cdot L - 2b$$

donde b es igual a  $\frac{h}{\operatorname{tg} 30^\circ}$  (ver figura vista lateral)

$$\therefore b = \frac{h}{0,577}$$

reemplazando h

$$b = \frac{\frac{0,577 \cdot a}{2}}{0,577}$$

$$\therefore b = \frac{a}{2}$$

$$\therefore \operatorname{Vol.} = \frac{a^2 \cdot 0,577}{4} \cdot (L - \frac{a}{2})$$

o sea  $\operatorname{Vol.} = \frac{a^2 \cdot 0,577}{4} \cdot (L - a)$

La otra porción del copete está dada por los puntos donde el granel se acomoda también de acuerdo a su ángulo de reposo, dando la figura de dos conos (pirámide trunca), uno en cada punta del galpón.

La determinación del volumen de los conos sería:

$$\operatorname{Vol.} \frac{1}{2} \text{ cono} = \frac{b \cdot a \cdot h}{3}$$

Los dos conos sería en consecuencia igual a dos veces del factor anterior

$$2 \cdot \frac{b \cdot a \cdot h}{3}$$

lo que es lo mismo reemplazando a

$$2 \cdot \frac{\frac{a}{2} \cdot a \cdot \frac{0,577 \cdot a}{2}}{3}$$

efectuando  $2 \cdot \frac{a^3 \cdot 0,577}{\cancel{2} \cdot 2 \cdot 3}$

luego simplificando  $\frac{a^3 \cdot 0,577}{6}$

**En consecuencia el volumen del galpón sería la suma de:**

Volumen con grano (sin copete) del galpón largo (L) x ancho (a) x alto (c)

$$\begin{aligned} \text{Volumen del copete} &= \frac{a^2 \cdot 0,577}{4} \cdot (L - a) + \frac{a^3 \cdot 0,577}{6} \\ &= \frac{a^2 \cdot 0,577}{2} \left[ \frac{1}{2} (L - a) + \frac{a}{3} \right] \end{aligned}$$

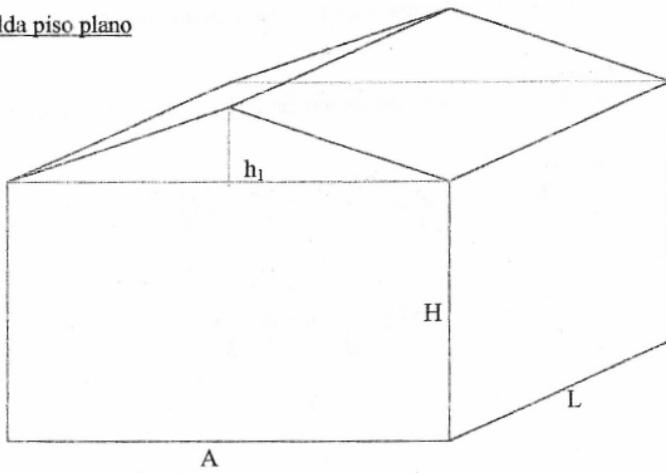
El valor así obtenido de la suma de los volúmenes, se le aplica el factor (2) y obtenemos la CAPACIDAD DEL GALPON.

Muchas veces en la practica con galpones cuyas paredes son de 4 mts. (medida estándar) es común que una aproximación de la capacidad se obtenga realizando ancho por largo y por alto y a este valor se lo divide por 3. Esto quiere decir que del volumen total del galpón solamente estará ocupado por grano la tercera parte, ya que no se puede apoyar el mismo sobre las paredes.

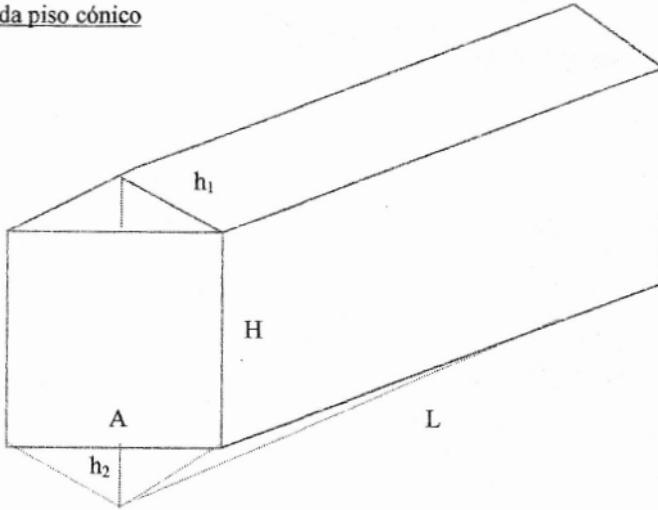
#### IV Celdas

Se diferencia de los anteriores por su resistencia en las paredes, que son construidas a tal fin. Se pueden clasificar, a los fines de capacidad, en celdas con piso plano, o con piso en forma de cono.

### Celda piso plano



### Celda piso cónico



### **Celda piso plano.**

Para determinar la capacidad de la celda con piso plano aplicamos las mismas fórmulas que para el galpón variando, obviamente, la altura que se considera.

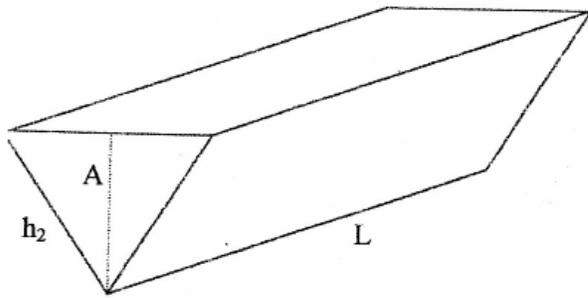
### **Celda piso cónico.**

Se deberá tomar la forma de la parte por debajo del nivel del suelo.

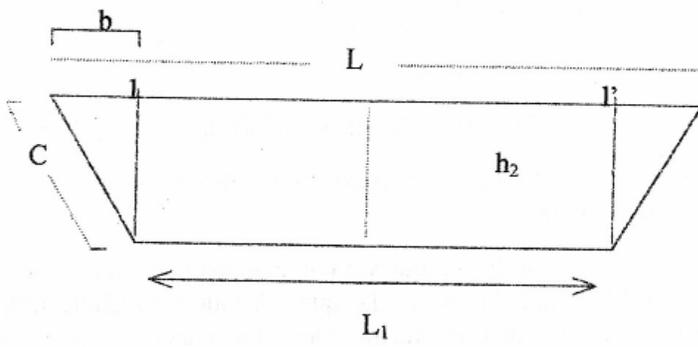
Como la forma cónica es la de mayor divulgación nos referiremos a la determinación de la misma.

En el cono los ángulos no tienen que ver con el reposo del grano sino que están relacionadas con los ángulos de caída, que dependerá fundamentalmente del tipo de grano y la humedad del mismo. De todas maneras la profundidad del cono es un dato provisto por el constructor y que puede fácilmente ser constatado.

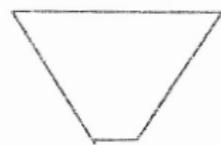
Vista del cono de frente



Vista del cono a lo largo



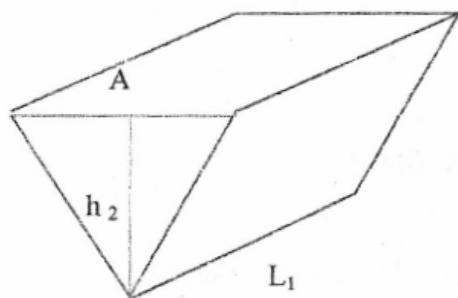
Generalmente no se trata de un triángulo perfecto ya que en el fondo se ubica un tornillo extractor o un transportador a cadenas o boquillas que conectan a una cinta, con lo cual la forma se asemeja mas a un trapecio, con una base menor muy chica



A los fines prácticos se determina el cono como si fuera un triángulo, porque generalmente no se encuentran en los planos la medida de la base menor. En definitiva la diferencia considerando un triángulo o un trapecio es despreciable.

#### Determinación del volumen del cono.

Si se realiza un corte transversal por los punto 1 o 1' se obtiene la figura de un triangulo.



$$\text{Volumen parcial del cono} = \frac{A \cdot h_2}{2} \cdot L_1$$

De no conocerse el valor de  $L_1$  se lo puede hallar partiendo de la medida  $L$  (dato conocido por plano) o tomada desde el exterior.

Debo de conocer el valor de b, que se restará dos veces del guarismo L. y se obtiene el valor L<sub>1</sub>.

Para la determinación de b. se aplica Pitágoras donde: (Ver vista del cono a lo largo)

$$C^2 = b^2 + h_2^2$$
$$\therefore b^2 = c^2 - h_2^2$$
$$y \quad b = \sqrt{c^2 - h_2^2}$$

por lo antedicho obtengo:  $L_1 = L - 2b$ .

Determinación del volumen del cuerpo central:

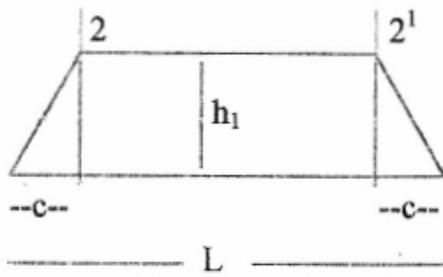
En las puntas se tiene la formación de dos conos (pirámides truncas), que se determinan de la siguiente manera:  $\frac{A \cdot b \cdot h_2}{3}$

Como se trata de dos, resulta:  $2 \cdot \frac{A \cdot b \cdot h_2}{3}$

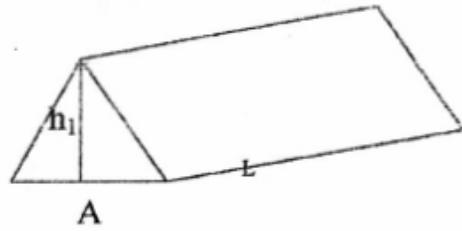
Se determina multiplicando el ancho por el largo y por la altura. A.L.H.

## Determinación. del volumen del copete:

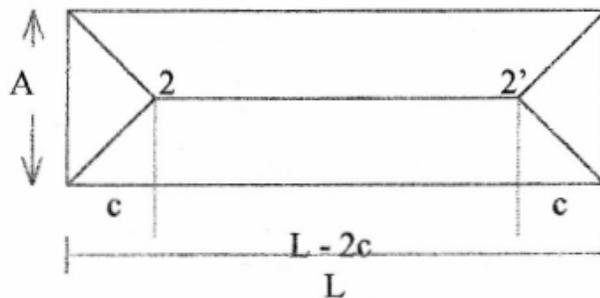
Vista costado



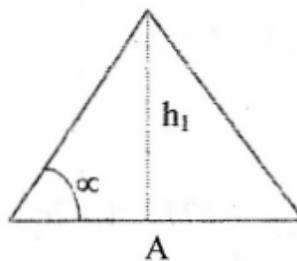
Vista frente



Vista arriba



Realizando un corte transversal por 2 o 2' nos queda una figura de este tipo:



El vértice se presenta redondeado, pero en la práctica se toma como si fuese un triángulo siendo la diferencia del volumen entre las dos figuras despreciable.

El grano en el copete se va a acomodar de acuerdo a su ángulo de reposo, que como hemos dicho lo consideramos de  $30^\circ$ .

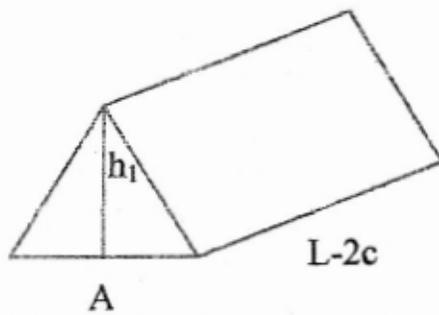
En consecuencia para determinar la altura del copete utilizarnos trigonometría siendo:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_1}{\frac{1}{2} A} \therefore h_1 = \operatorname{tg} 30^\circ \cdot \frac{1}{2} A$$

$$h_1 = 0,577 \cdot \frac{1}{2} A$$

Determinación del volumen parcial del copete

1) Parte central



$$\text{Volumen parcial del copete} = \frac{A \cdot h_1 \cdot L - 2c}{2}$$

$$\therefore \frac{A \cdot 0,577 \cdot A \cdot L - 2c}{4}$$

$$\text{Volumen parcial del copete} = \frac{A^2 \cdot 0,577 \cdot (L - 2c)}{4}$$

2) Cabeceras

Lo que falta mensurar del copete son las cabeceras, que forman dos conos (pirámides truncas), cuyas determinaciones son:

$$2 \cdot \frac{A \cdot c \cdot h_1}{3}$$

El dato del valor  $c$  depende también del ángulo de reposo del grano (que consideramos  $30^\circ$  de manera tal que:  $\text{tg } 30^\circ = \frac{h_1}{c}$ )

$$\therefore c = \frac{h_1}{\text{tg } 30^\circ}$$

reemplazando, el valor obtenido anteriormente para la altura se obtiene:

$$c = \frac{0,577 \cdot \frac{1}{2} A}{0,577} \quad \therefore \quad c = \frac{1}{2} \cdot A$$

reemplazando nuevamente

$$\text{Volumen de los conos} = 2 \cdot \frac{A \cdot \frac{1}{2} A \cdot 0,577 \cdot \frac{1}{2} A}{3}$$

$$\text{Volumen de los conos} = \frac{A^3 \cdot 0,577}{6}$$

La suma de los dos parciales daría:

$$\frac{A2 \cdot 0,577}{4} \cdot (L - 2c) + \frac{A3 \cdot 0,577}{6}$$

RESUMIENDO:

Para obtener el volumen del depósito debemos sumar los volúmenes del cono, del cuerpo y del copete. El resultado así obtenido en metros cúbicos se multiplicará por el factor (2) y se obtiene la CAPACIDAD DE CELDA.

## **CUBICAJE COMO UNA DETERMINACION APROXIMADA DE EXISTENCIA EN UN DEPOSITO.**

El cubicaje de un depósito cualquiera se dice que es un valor aproximado de lo que realmente se encuentra guardado porque depende de:

- A) valores propios de los granos.**
- B) valores de apreciación por parte del operario.**

### **A) VALORES PROPIOS DE LOS GRANOS**

Dentro de este rubro podemos considerar los siguientes parámetros:

- 1) Humedad del grano.**
- 2) Peso específico o peso hectolítrico. 3) Temperatura.**
- 4) Cuerpos extraños.**
- 5) Angulo de reposo de los granos. 6) Compactación.**

#### **1) Humedad del grano**

La humedad con que se encuentra un grano dentro de un depósito, (silo, celda, etc.) es un factor importante a tener en cuenta cuando se intenta transformar un determinado volumen en peso. No basta con fijarse las mermas, que están tabuladas, para llevar a los granos a las condiciones de recibo, sino que se deberá tomar la humedad real a la que está almacenado el grano.

Para llegar a este dato se debería muestrear perfectamente el depósito, cosa que en la práctica resulta imposible, por los costos y rotura que esta medida acarrea, de manera tal que se tomaran muestras desde todas las partes de acceso al depósito hasta la profundidad máxima posible, pero siempre se trata de una toma de muestra estática y no dinámica como sería deseable, dando un valor aproximado de la humedad y por ende del peso.

Cuando antes de cubicar se toman las existencias por libros de existencias, hay que ponderar que en los mismos se vuelca el valor en Kgs. netos, o sea ya descontadas las mermas, independientemente que se realice la función de secado con posterioridad al recibo. En otras palabras al cubicar una planta se puede encontrar grano húmedo (que está a la espera de secado) que en los libros ya está neteada la merma que luego se producirá.

Por otro lado hay que tener en cuenta las diferencias entre mermas de tablas y merma reales ya que se establecen para la humedad final de las tablas un valor menor a que figuran en las normas de clasificación.

Hay que tener en cuenta también que la disminución de un determinado porcentaje de humedad no condice con el mismo porcentaje de mermas, es decir que si se disminuye un 3% de humedad, el porcentaje de mermas es mayor que el guarismo anterior, debido a que en el grano la materia seca no varió por el secado, y lo que ha ocurrido fue una pérdida de agua por parte del mismo.

Por otro lado a medida que se trabaje con humedades más altas para una misma reducción del tenor de la misma, la merma que se producirá será mayor.

Como ejemplo se puede ver el siguiente cuadro:

MERMA EN PESO PARA 3% DE REDUCCION

Humedad inicial	Humedad final	Merma a peso
25	22	3,84
22	19	3,70
19	16	3,57
16	13	3,45

Fuente: G. Marsans. Manejo de granos en plantas de acopio.

También es común en las prácticas del acopio el sobresecado, que se realiza fundamentalmente para tener mayor seguridad de almacenamiento. Es evidente que con esta práctica se tienen menores tonelajes para un mismo volumen.

Otra consideración es la merma de volumen que se genera cuando se practica el secado artificial. Datos proporcionados por Foster indican en maíz una merma de volumen de 0,3 a 0,7 % por cada punto de reducción de humedad.

Por último hay que considerar que los aparatos con que se realizan las mediciones de humedad, que en general son del tipo portátil y actúan por capacitancia arrojan valores que cumplen su función en la faz comercial pero que no dan un valor extremadamente exacto para determinar un valor perfecto de tonelaje.

**2) Peso hectolítrico**

Es el peso de un volumen de cien (100) litros de grano tal cual, expresado en Kg./HL.

Cada grano tiene un determinado peso, existen promedios que sirven para realizar determinaciones groseras. A continuación se transcriben los pesos estimado por m<sup>3</sup> de los granos y subproductos mas difundidos.

	Kg./m <sup>3</sup> .
ALPISTE	700 - 800
AVENA AMARILLA	450-550
AVENA BLANCA	500 - 600
ARROZ CASCARA	550 - 650
CEBADA CERVECERA	580 - 720
MANI DESCASCARADO	600 - 700
MIJO	550 - 750
SOJA	650 - 750
SORGO GRANIFERO	700 - 800
TRIGO PAN	760 - 840

TRIGO CANDEAL	740 - 820
CEBADA. FORRAJERA	560 - 640
CENTENO	650 - 750
GIRASOL	350 - 450
LINO	600 - 700
MAIZ	700 - 800
HARINA DE LINO	500 - 600
HARINA DE GIRASOL	450 - 550
HARINA DE MANI	600 - 700
HARINA DE ALGODON	500-- 700
EXPELLERS DE LINO	600 - 700
EXPELLERS DE GIRASOL	400 - 500
EXPELLERS DE MANI	500 - 600
EXPELLERS DE ALGODON	450 - 550

Fuente: Almacenamiento y práctica de recibo. M. A. Di Rosso.

Hay que tener en cuenta primero que son valores estimados y segundo que se dan por rangos con lo cual la variabilidad del resultado es mayor (dependiendo del rango).

Al igual que la humedad para poder determinar con precisión el peso de un determinado grano en un volumen se deberá conocer también con precisión el peso hectolítrico ponderado del mismo, para lo cual debería realizarse un minucioso muestreo de toda la masa del granel. Como esto es de práctica imposible (porque debería realizarse en forma dinámica con el costo y rotura que provoca además del tiempo que conlleva) se recurre a los fines prácticos a obtener un valor aproximado, realizando muestreos en todos los lugares de acceso hasta las profundidades posibles. En los casos que se cuente con el resultado analítico (depende del grano) de peso hectolítrico al ingreso se lo puede tomar a este como un valor a comparar con el muestreo.

No se puede tomar exclusivamente el valor analítico ya que es muy difícil, en el manejo a granel, saber a que depósito fue determinada partida, asimismo una vez que se produjeron egresos, al no llevar un control específico del rubro, es también difícil conocer, por la papelería, el peso hectolítrico del remanente.

Por otro lado como la determinación se realiza con mercadería "tal cual", si la misma contenía altos valores de cuerpos extraños los resultados de peso hectolítrico serán bajos, cambiando éste en la planta si media una limpieza al almacenaje

También puede variar el peso hectolítrico en menos, con respecto a los resultados analíticos si se tiene una infectación en planta.

Por último hay que tener en cuenta la relación humedad / peso hectolítrico que modifica los valores obtenidos en el ingreso a planta. Granos con mayor humedad, tendrán menos peso hectolítrico, pues se acomodan ocupando más volumen en la balanza que lo determina. Una vez secos arrojarán valores superiores, variando como consecuencia el peso a determinar.

Por lo cual el dato analítico puede ser útil en la medida que se lo chequee con el valor del muestreo.

### 3. Temperatura

El grano almacenado húmedo sufre un proceso de calentamiento debido a la respiración que se acentúa, es un proceso que se auto genera ya que la misma consume materia seca del grano, dando mayor temperatura y agua.

Este ocasiona mermas muy difíciles de apreciar en una cubicaje pero sí al final de una campaña.

Según Marsans una masa de granos almacenada por más de seis meses pierde 3 % de materia seca si su temperatura sube 10° C por encima de su temperatura inicial.

En el cubicaje se deberán practicar controles de temperatura que darán valores puntuales que permitirán detectar focos instantáneos.

También en este caso si no se cuenta con termocuplas para la determinación de temperatura se deberá realizar un muestreo con instrumental apropiado, para poder detectar los focos de temperatura que pueden producirse por capas de humedad en el granel, o por insectos, y que pueden ocasionar alguna merma por temperatura por encima de la determinada físicamente.

Este es un valor que habrá que estimar y su valor real se sabrá en la balanza. a la hora de pesar toda la mercadería.

### 4. Cuerpos extraños

Todas la materias extrañas que conforman el granel, modifican el volumen del mismo, arrojando valores erráticos en los cubicajes. A la hora de efectuar el recuento físico de un depósito se deberá conocer si la mercadería sufrió un zarandeo o no.

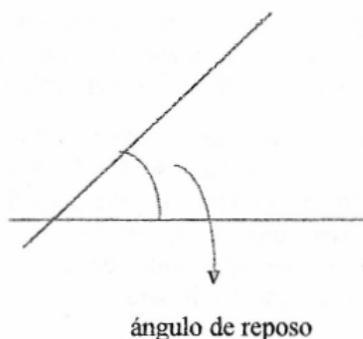
Cuando se quiera comparar el dato físico del recuento con el asentado en libros se deberá tener en cuenta que en estos últimos se vuelca el peso neto, donde ya se descuenta de antemano las mermas de zaranda que todavía no se practicaron, pudiendo ser que durante todo el almacenaje se mantenga el grano junta con los cuerpos extraños porque por ejemplo la zaranda se encuentra

ubicada en las instalaciones de despacho de la planta, o por cualquier otro motivo que haga a la operatividad de la misma.

De no contar con información certera de las operaciones que se efectuaron, se deberá muestrear en todos los accesos y a las mayores profundidades que se puedan alcanzar, para determinar la suciedad de la mercadería, y poder así aproximar un valor de cubicaje. Este obviamente dará un valor estimado por tratarse, como ya comentáramos, de un muestreo estático y no dinámico como sería deseable.

### 5. **Angulo de reposo de los granos**

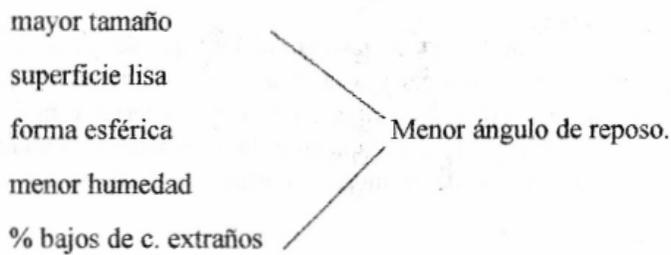
El ángulo de reposo es el ángulo formado por la inclinación del copete y la horizontal.



No todos los granos tienen el mismo ángulo de reposo y esta íntimamente ligado a las fluidez. Cuando ésta es mayor, menor será el ángulo de reposo.

Los factores del grano que modifican el ángulo de reposo y la fluidez son: el tamaño, el tipo de superficie del grano y su forma, la humedad y los cuerpos extraños.

Estos factores los podemos relacionar de la siguiente manera:



Cuanto mayor es el ángulo de reposo, mayor es la capacidad de almacenaje.

Este dato es importante cuando se debe calcular el copete de un granel, sobre todo en un silo lleno que tiene bloqueado su acceso superior, dependiendo obviamente de donde este ubicada su puerta de acceso.

Generalmente los ángulos de los techos de los silos son mayores que los ángulos de reposo para granos secos y limpios, de manera tal que si se toma el volumen total por planos se sobre dimensiona el cubicaje.

Los ángulos de los techos son mayores para evitar que el grano se apoya lateralmente en el mismo y lo hará sobre el cilindro. Cuando se fuerza modificar el ángulo, tratando que entre mas grano en el depósito, como entre el techo y las paredes existe una luz se produce derrame. Por otro lado es conveniente que quede algo de espacio libre entre el grano y el techo para que se efectúe correctamente la remoción de aire.

Por bibliografía se tienen datos de ángulos de reposo que son variables fundamentalmente por su humedad, como ejemplo podemos citar datos de Aposgran.

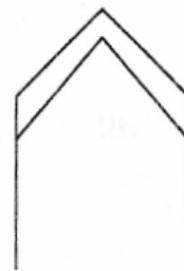
	Humedad	Angulo de reposo
Maíz	7,5 %	34°
	19,5 %	39°
	23,1 %	43,5°
Trigo	7,3 %	29°
	11,0 %	29,3°
	14,1 %	31°
	17,1 %	35,6°
	19,3 %	41°
Soja	13,0 %	29°
Sorgo	13,0 %	33°

Como los ángulos de los techos están confeccionados para determinados granos, cuando se almacenan otros, hay que tener en cuenta el verdadero ángulo de reposo, que además depende, dentro del mismo grano, de los factores antes mencionados, ya que si el talud del grano es menor que el ángulo del techo se podrá llevar hasta la ultima chapa lateral, pero si el talud o ángulo de reposo es mayor que el ángulo del techo no se podrá llegar tan arriba tal como indican los esquemas.

Angulo de reposo menor que ángulo del techo



Angulo de reposo mayor que ángulo del techo



Si se quiere determinar cuanto mas abajo llega el grano en las paredes laterales habrá que determinar la altura del copete y luego la del sombrero, la diferencia entre ambas dará la medida buscada.

## 6. Campactación

La compactación que sufren los granos por el almacenaje hace variar el volumen y por ende la determinación del peso.

La compactación está, además, ligada a las condiciones del ambiente donde esta enclavada la planta, y a las operaciones que en la misma se realizan.

Las condiciones del ambiente están referidas a vibraciones que producen factores ajenos a la planta, por ejemplo cercanía a vías férreas o carreteras muy transitadas con vehículos pesados. Es notable por ejemplo en plantas a la vera del ferrocarril la disminución de volumen que se genera por el paso de trenes.

Las operaciones que se producen en la propia planta tienen que ver con las maquinarias que provocan vibraciones produciendo efectos similares a las provocadas por los agentes externos.

La compactación depende obviamente, de la frecuencia de tránsito, del tipo de operaciones de la planta y de que grano se trate (por el espacio intergranario que posea).

## **B) VALORES DE APRECIACIÓN POR PARTE DEL OPERARIO**

La apreciación del volumen por parte del operario depende fundamentalmente del depósito a cubicar y además, por supuesto, del entrenamiento y experiencia en estas tareas que posea.

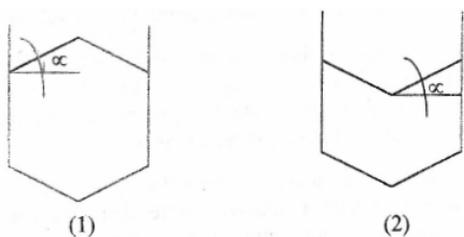
Describimos el cubicaje en los depósitos más usuales: **silos y celdas**.

### a) Silos

Como consideración preliminar, es necesario contar para la determinación del cono con un plan o un croquis en corte longitudinal y transversal, o con por lo menos un silo vacío donde poder tomar las medidas.

Solucionado el tema de la determinación del volumen del cono o plano inclinado, se deberá determinar el volumen del cuerpo del silo, que en el caso que se trate de uno de chapa se medirá la parte que está llena. Para poder hacerlo se sube por la escalera externa golpeando las chapas hasta que se sienta el ruido de vacío, por supuesto que este tipo de determinación no es exacta, pudiendo tener variación de centímetros. Se corrobora esta medida en forma aproximada desde la puerta de acceso del techo, donde, en lo posible, se apreciara la forma del copete, obviamente cuanto mas lleno este el silo mejor se apreciará la forma de este y la altura a la cual se apoya sobre las paredes de chapa. En la medida de lo posible se debe entrar al silo y apreciar, en forma más exacta, tanto la altura como la forma del copete.

Como regla general si el silo ha sido llenado (1) tendremos un copete hacia arriba, cuya altura máxima depende, como hemos visto, del ángulo de reposo del grano, si el silo ha sido vaciado (2) tendremos un cono invertido donde la pendiente también tiene que ver con el ángulo de reposo o talud del grano.



Entre estos dos extremos tenemos situaciones intermedias, que deberá apreciar el operario.

Si se trata de silos de hormigón lo que se determina desde la parte superior, es el vacío, que también es difícil de precisar, si no se puede introducir al silo, que es lo más común, deberá introducir una cinta métrica, soga, cable, etc., desde la parte superior hasta que toque el granel. Se toma ésta medida y luego por diferencia se calcula el lleno.

Como regla práctica para medir el vacío, se utiliza una portátil blindada de cable largo, que tiene la ventaja de iluminar el silo y poder apreciar la forma del copete. Luego es medido el largo del cable y por diferencia nos dará un valor aproximado de la parte llena del silo. Entrar al silo de hormigón es

difícil, porque generalmente no tienen escaleras internas, de manera a tal que se podría introducir con una silleta, similar a la que utilizan los limpiadores de vidrios en edificios.

Obviamente tanto para silos de chapa como de hormigón los errores de cubicaje son menores cuando los depósitos son más chicos, y cuando estos se encuentran llenos.

## **b) Celdas**

Al igual que en los silos, la determinación del cono se determina por planimetría. Por ser un depósito de dimensiones más grandes la altura que alcanza el grano sobre las paredes, es más imparejo que en un silo, debiendo el operario enrasar "a ojo" una determinada altura que considerara promedio.

También el copete que se forma en una celda es muy irregular, debiendo compensar alturas con depresiones a simple vista y poder también arribar a una altura promedio de la altura del copete, y de esta manera, en forma aproximada, determinar el tonelaje que se encuentra en la celda.

También vale en estas instalaciones las consideraciones realizada en los silos, o sea, cuanto mayor es el depósito mayores errores de ponderación de alturas, y a su vez, cuanto mas lleno se encuentre menores errores se cometerán.

## **CONCLUSION:**

Por todo lo expuesto se concluye que el cubicado de un depósito depende de muchos factores que no se pueden medir en forma precisa, de manera tal que se arriba a valores aproximados que permiten tener una idea de los stocks a comercializar en un determinado momento, no sirviendo como un valor de inventario exacto, pero permite, realizando seguimientos periódicos, tener un control del físico de la planta y la evolución de las posibles modificaciones de stock.

Las mermas que se producen por la propia naturaleza de los granos, deben recuperarse a través de la tarifa de almacenaje que es el causante principal de que se produzcan.

En términos generales, dependiendo de la situación de cada planta, del momento en que se realice la operación de cubicaje, de los granos que se encuentran almacenados, del tipo de depósito que se cubique, y partiendo del supuesto que se cuente con personal capacitado y con experiencia, se podrá tener un error de método de alrededor del 10%.

## **Bibliografía**

Manual de almacenamiento de granos L). Puzzi  
Secado de granos y secadoras C. de Dios  
Manejo de granos a planta de acopio (T. Marsans  
Almacenamiento y practica de recibo M. di Rosso  
Conservacion D. Yanucci