# Ejercicio N° 1

Se pretende llenar un silo existente con material de molienda, sabiendo que:

* El material de molienda tiene un peso específico p de= 4,5 Kg/dm3.
* El molino tiene una capacidad de hasta 70 tn/hs.
* A la salida del molino el material es clasificado en una zaranda con vibración que permite solamente el paso de material inferior a los 5 mm de diámetro. El material con diámetros superiores a los 5 mm es recirculado a la entrada de carga del molino, en el orden del 25 % del total.
* Dicha zaranda puede clasificar 15 m3/hs. (metros cúbicos por hora)
* A la salida de la zaranda, se encuentra una cinta transportadora de 1metro de ancho, que se desplaza a una velocidad de 3 metros/minuto, y lo conduce a la tolva de ingreso al silo, cuya capacidad de transporte es de 60.000 cm3/metro.
* Se trabaja con un material que posee un promedio máximo del 6 % de humedad, para evitar una volatilización de finos, y que despreciamos a los fines del cálculo de toneladas del silo, pues el peso específico p del agua es menor que el del material en cuestión.
	1. Cuantos minutos se tarda en llenar el silo.
	2. Donde está el punto crítico, para lograr mejorar el tiempo de llenado.



m3 kg kg

Capacidad de zaranda = Velocidad Zaranda ∗ ρ = 15

Capacidad de la cinta = velocidad ∗ tiempo ∗ ρ

h ∗ 4500 m3 = 67500 h

m3 m min kg Kg

Capacidad de la cinta = 0,06 m ∗ 3 min ∗ 60 hora ∗ 4500 m3 = 48600 hora

m3 m m3

V cinta en m cubicos = 0,06 m ∗ 3 min = 0,18 min

Capacidad de la cinta < Capacidad de zaranda

Vemos que el cuello de botella está en la cinta transportadora. Volumen silo (**del Ejercicio 2**)

𝑉𝑜𝑙𝑆𝐼𝐿0 = 𝑉𝑠𝑢𝑝 + 𝑉𝑐𝑢𝑏𝑜 + 𝑉𝑖𝑛𝑓

𝑉𝑜𝑙 = B ∗ H ∗ a + B ∗ h ∗ A + 𝑉

𝑆𝐼𝐿0 3

𝑖𝑛𝑓

𝑉𝑜𝑙𝑆𝐼𝐿0

= 2,4m ∗ 2,4m ∗ 1.8m + 2,4m ∗ 2,4m ∗ 3,2m 3

𝑉𝑜𝑙𝑆𝐼𝐿0 = 3,456m3 + 18,432m3 + 3,967m3 = 25,86m3

1. Tiempo de llenado del silo

Tiempo = Vol silo =

velocidad cinta

25,86 m3

0,18 m3

= 143,67 min

1. El punto crítico para mejorar es la cinta transportadora ya que posee el menor volumen entregado.

m

# Ejercicio N° 2

1. La cantidad de chapa necesaria en metros cuadrados (m2) para hacer un silo de base cuadrada de 240 cm de lado y de 5 metros de altura, con un cono inferior de forma piramidal, que posee una altura hasta la boca de salida de 1850 mm, y una boca de salida de 254 mm por lado.
2. Sabiendo que cada una de las chapas mide 2400 mm de largo por 1200 mm de ancho, calcular cuantas chapas serán necesarias comprar.
3. Calcular el volumen de material que puede albergar dicho silo de base cuadrada, considerando que en la parte superior del silo queda un cono piramidal de 1800 mm de altura, por efecto del llenado central.
4. Teniendo en cuenta que dicho silo de base cuadrada se utiliza para acopiar material en la etapa previa a la molienda final, que luego deberá ser tratado en otro molino y que por tal motivo el tamaño del material no es mayor a 5 mm de diámetro, por lo que hay abundante material fino, determinar:
	1. El proceso para obtener tamaño de granos de no más de 2 mm de diámetro.
	2. La cantidad máxima de toneladas de dicho material que caben en el mencionado silo
5. Cálculo del área del silo

Area silo = Area cuadrada + Area tapa + Area piramide inferior

Area silo = 4 ∗ (2,400m ∗ 5,000m) + 2,400m ∗ 2,400m + 8 ∗ (1,073.2,138m; + 4 ∗ (0,254m. 2,138m)

2

Area silo = 48 m2 + 11,35 m2 + 5,76 m2 = 65,10 m2

1. Cantidad de Chapas necesarias

Area de las chapas = 2,4 m ∗ 1,2 m = 2,88 m2

Cantidad de chapas necesarias =

65,10m2

2,88m2 = 22,607 = 23 Chapas

# Este resultado es ideal, considerando que no hay desperdicios asociados a los cortes propios de la construcción.

1. Cálculo del volumen de material Volumen de material en pirámide inferior

Vol piramide inferior = Area Base mayor ∗ A − Area Base menor ∗ a

3 3

Vol piramide inferior = 2,4m ∗ 2,4m ∗ 2,069m − 0,254m ∗ 0,254m ∗ 0,219m

3 3

Vol piramide inferior = 3,967m3

Volumen silo

𝑉𝑜𝑙𝑆𝐼𝐿0 = 𝑉𝑠𝑢𝑝 + 𝑉𝑐𝑢𝑏𝑜 + 𝑉𝑖𝑛𝑓

𝑉𝑜𝑙 = B ∗ H ∗ a + B ∗ h ∗ A + 𝑉

𝑆𝐼𝐿0 3

𝑖𝑛𝑓

𝑉𝑜𝑙𝑆𝐼𝐿0

= 2,4m ∗ 2,4m ∗ 1.8m + 2,4m ∗ 2,4m ∗ 3,2m 3

𝑉𝑜𝑙𝑆𝐼𝐿0 = 3,456m3 + 18,432m3 + 3,967m3 = 25,86m3

1. ​
	1. Debemos utilizar una zaranda con mayor grado de clasificacion, tal que los granos con tamaño fuera de lo requerido sean recirculados al molino.
	2. Cantidad máxima de material:

Cantidad material = Volumen Silo ∗ ρ

Cant. material = 25,855 m3 ∗ 4.500 Kg = 116.347 kg

m3

# Ejercicio Nº 3

* Se pretende llenar cada silo existente con material de molienda, sabiendo que:
* Dichos silos son con la forma de un cilindro de 240 cm de diámetro y tiene una altura h de 5 m en su parte cilíndrica, más un cono cilíndrico de descarga de 1850 mm de altura desde la base del cono hasta la boca de descarga. Con una boca de descarga de 254 cm. En la parte superior del silo queda un cono de 150 cm de altura, por efecto del llenado central.
* El material de molienda tiene un peso específico ρ de = 2,5 Kg/dm³.
* El molino tiene una capacidad de hasta 70 tn/h, y el índice de refracción puede alcanzar hasta 1:20.
* Después de entrar el material en el molino con un tamaño no mayor a 120 mm de diámetro, recogen el material a triturar y lo machacan proyectándolo contra la palanca inferior. Dejándolo con un tamaño final de entre 4 mm y 6 mm máximo. Siendo el material a tratar: Piedra Caliza.
* A la salida del molino el material es clasificado en una zaranda con vibración que permite solamente el paso de material inferior a los 5 mm de diámetro. El material con diámetros superiores a los 5 mm es recirculado a la entrada de carga del molino, en el orden del 30 % del total.
* A la salida de la zaranda, se encuentra una cinta transportadora que lo conduce a la tolva de ingreso al silo, y cuya capacidad es de 120 tn/h.
* Se trabaja con un material que posee un promedio máximo del 6% de humedad, para evitar una volatilización de finos, y que despreciamos a los fines del cálculo de toneladas del silo, pues el peso específico ρ del agua es menor que el del material en cuestión.

Determinar:

* 1. El tiempo que se demora en llenar cada silo con material de molienda.
	2. Cuantas toneladas de material pueda albergar cada silo en tn. de este material.
	3. La cantidad de agua que contendrá cada silo.
	4. Cuantos kg. de material por silo, se recicla para evitar el taponamiento de la salida del molino.
1. Determinación del tiempo de llenado de silo

Vol silo = VolCilindro + VolCono sup + VolCono inf

Vol silo = π ∗ r2

1

∗ h + 3 π ∗ r2

1

∗ h + 3 π ∗ h ∗

(R2

+ R ∗ r + r2)

( )2

(1,2m)2

1,85m ∗ (1.2m2 + 1,2 ∗ 0,127 + (0,127m)2)

Vol silo = π ∗ > 1,2m

∗ 3,5m +

3 ∗ 1,5m + 3 )

Vol silo = 15,83m3 + 3,11m3 + 2,26m3

Vol silo = 21,2m3( 1𝑑𝑚 )3 = 21200dm3

0,1𝑚

Cantidad de material para llenar el silo

Cantidad = Vol silo ∗ ρ = 21200dm3 ∗ 2,5 kg

dm3

= 53000Kg = 53 Tn

* Salida del molino = 70Tn/h
* Salida de la zaranda

Capacidad a la salida de la Zaranda = 70000 Kg ∗ 0,70 = 49000 Kg

h h

* Cinta Transportadora: 120 Tn/h

La zaranda es el limitante o cuello de botella. Entonces:

T = Cantidad Salida de Zaranda

= 53Tn = 1,08hs 49 Tn

1. Cantidad de material para llenar el silo

h

Cantidad = Vol silo ∗ ρ = 21200dm3 ∗ 2,5 kg

dm3

= 53000Kg = 53 Tn

1. Cantidad de agua que contendrá cada silo

Volumen Agua = (Vol silo) ∗ (% de Humedad)

Volumen Agua = (21200 dm3) ∗ 6% = 1272 dm3

1. Recirculación de material de la zaranda al molino

Recirculación de la Zaranda = 70000 Kg ∗ 0,30 = 21000 Kg

# Ejercicio Nº 4

Con los datos del ejercicio Nº 3, calcular:

1. Teniendo en cuenta que la cinta transportadora que lleva el material desde la salida de la zaranda hasta la entrada del silo cilíndrico se desplaza a una velocidad de 18 metros por minuto, determinar:
	1. ¿cuántos kg por metro lleva la cinta?,
	2. considerando que la misma tiene un ancho de 115cm. Calcular el volumen por metro que desplaza dicha cinta.
	3. Teniendo en cuenta que solo es aprovechable un 80 % del ancho de la cinta. Calcular: ¿Cuál es la altura promedio del material transportado en la cinta?
2. Expresar conclusiones de cada uno de estos puntos anteriores y relacionarlos con el ejercicio anterior.

1.

a)

Kg Salida de Zaranda

49 Tn Kg

m cinta =

𝑉𝑒𝑙𝑜𝑐𝑖𝑑𝑎𝑑 𝑐𝑖𝑛𝑡𝑎 =

h

 m.

min = 45,37 m

b)

𝑉 Kg por metros de cinta

𝑚3

18 min. ∗ 60 . h

45,37 𝐾𝑔

𝑚3

𝑚 = 𝜌

c)

= 𝑚 = 0,018 2500 𝐾𝑔

𝑉𝑜𝑙𝑢𝑚𝑒𝑛 𝑝𝑜𝑟 𝑚𝑒𝑡𝑟𝑜 0,018 𝑚3

𝐴𝑙𝑡𝑢𝑟𝑎 =

2)

𝐴𝑛𝑐ℎ𝑜 ∗ 𝐿𝑎𝑟𝑔𝑜 = 1𝑚 ∗ (1,15m ∗ 0,80) = 0,0197𝑚

Como conclusión vemos que podemos tener distintos cuellos de botella, ya sea la cinta transportadora, la zaranda, o el molino. En este caso es la zaranda. Con lo cual podemos concluir que la capacidad del molino, cinta y zaranda varia ampliamente en función de los diámetros permitidos en cada proceso.

# Ejercicio Nº 5

Con los datos del ejercicio Nº 3, calcular:

1. La cantidad de chapa necesaria en metros cuadrados (m2) para hacer un silo de base circular de 240 cm de diámetro y de 5 metros de altura, con un cono inferior, que posee una altura desde la base del mismo hasta la boca de salida de 1850 mm, y una boca de salida de 254 mm de diámetro.
2. Sabiendo que cada una de las chapas mide 2400 mm de largo por 1200 mm de ancho, calcular cuantas chapas serán necesarias comprar.
3. Calcular el volumen de material que puede albergar dicho silo de base cilíndrica. Teniendo en cuenta que en la parte superior del silo queda un cono de 160 cm de altura, por efecto del llenado central.
4. Determinar la cantidad máxima de toneladas de dicho material que caben en el mencionado silo.
	1. El proceso para obtener tamaño de granos de no más de 2 mm de diámetro.
	2. De base cuadrada.
5. Area silo = Area cilindro + Area cono inferior + Area Tapa Area silo = π ∗ (2 ∗ r ∗ h + (R + r) ∗ h + R2)

Area silo = π ∗ (2 ∗ 1,2m ∗ 5m + (1,2m + 0,127m) ∗ 1,85m + (1,2m)2) Area silo = 7,71 m2 + 4,52 m2 + 37,69 m2 = 49,92 m2

1. Cant. de chapas necesarias = Area silo

Area de cada chapa

= 49,92 m2

2,4 m∗1,2 m

= 17,33 = 18 Chapas

1. Vol silo = VolCilindro + VolCono sup + VolCono inf

Vol silo =

π ∗ r2 ∗ h

3 + π ∗ r2

∗ h +

π ∗ h ∗ (R2 + R ∗ r + r2) 3

Vol silo = π )(1,2m)2 ∗ 1,6m + (1,2m)2. 3.4 + 1,85m ∗ (1.2m2 + 1,2 ∗ 0,127 + (0,127m)2:

3 3

Vol silo = 15,38 m3 + 3,11 m3 + 2,41 m3 = 20,9 m³

1. Cantidad material = Vol silo ∗ ρ = 20,9 m3 ∗ 2.500 Kg = 52.250 kg

3

m

# Ejercicio Nº 6

Con los resultados del ejercicio Nº 2, comparando los mismos con los resultados del ejercicio Nº 5 determinar:

1. El porcentaje de diferencia de chapa para la construcción del silo de base cuadrada comparado con el silo de base circular.
2. El porcentaje de diferencia en la capacidad volumétrica entre ambos silos, siempre considerando que se llenan por la parte superior central, y por tal motivo en la parte superior del silo queda un cono piramidal de 1800 mm de altura en el primer caso, y un cono de 160 cm de altura, para el segundo caso.
3. Considerar que las chapas originalmente vienen de un tamaño determinado, y en ambos casos se deberán considerar los desperdicios por los recortes de las distintas figuras geométricas.
4. Calcular los metros lineales de soldadura que se deberán implementar para la construcción de cada uno de los silos.
5. Determinar las conclusiones finales considerando los materiales y las soldaduras en función del volumen de cada uno de los distintos tipos de silos.

𝐴𝑟𝑒𝑎 𝑠𝑖𝑙𝑜 𝑏𝑎𝑠𝑒 𝑐𝑢𝑎𝑑𝑟𝑎𝑑𝑎 65,10 𝑚2

%𝑐ℎ𝑎𝑝𝑎 𝑢𝑡𝑖𝑙𝑖𝑧𝑎𝑑𝑎 =

𝐴𝑟𝑒𝑎 𝑠𝑖𝑙𝑜 𝑏𝑎𝑠𝑒 𝑐𝑖𝑟𝑐𝑢𝑙𝑎𝑟 = 49,92 𝑚2 ∗ 100% = 130%

%𝑐𝑎𝑝𝑎𝑐𝑖𝑑𝑎𝑑 = 𝑉𝑜𝑙 𝑠𝑖𝑙𝑜 𝑏𝑎𝑠𝑒 𝑐𝑢𝑎𝑑𝑟𝑎𝑑𝑎 = 25,855 𝑚³ ∗ 100 = 123,7%

𝑉𝑜𝑙 𝑠𝑖𝑙𝑜 𝑏𝑎𝑠𝑒 𝑐𝑖𝑟𝑐𝑢𝑙𝑎𝑟 20,9𝑚³

□

Metros lineales de soldadura = 4(5m + 9,60m + 2,2m + 0,92m) = 70,88 m

Metros lineales de soldadura ◯ = 4(5 m + 7,54 m) + 7x1.92 m = 63,44m

Conclusiones

Podemos concluir que es mejor un silo de base circular porque se utilizan menos metros de chapa, menor trabajo de soldadura, y se consume menos chapa. Ademas los de base cuadrada físicamente concentran tensiones en los vértices o angulos rectos, que implica un mayor esfuerzo mecanico para los materiales.

# Ejercicio Nº 7

Se cuenta con una cantidad de 200 m3 de granito que tiene una densidad de 2,8 g/cm3, y dureza Mohs de 7. Proveniente de la molienda. Por sus diferentes características se sabe que se puede lograr almacenamiento considerado en seco con un porcentaje de humedad del orden del 5 %.

Se pretende ubicar todo el material en varios silos cuya capacidad máxima es de 30 m3 y 90 tn cada uno, sabiendo que para guardar el material en dichos silos deben cumplir con las dos restricciones:

* + El sistema de molienda tiene una capacidad de hasta 8 tn/hs.
	+ A la salida del molino el material es clasificado en una zaranda con vibración que permite solamente el paso de material apto. El material con dimensiones superiores es recirculado a la entrada de carga del sistema de molinos, en el orden del 10 % del total.
	+ Dicha zaranda puede clasificar 3,5 m3/hs. (metros cúbicos cada hora)
	+ A la salida de la zaranda, se encuentra una cinta transportadora de 1metro de ancho, que se desplaza a una velocidad de 3 metros/minuto, y lo conduce a la tolva de ingreso y distribución de los silos, cuya capacidad de transporte es de 0,020 m3/metro.

Calcular:

1. Si el sistema es compatible, es decir, si no hay cuellos de botella que lo saturen.
2. Cuantos silos serán necesarios contar, para contener todo el material.
3. Cuantas horas se tarda en llenar cada silo.

1.

El molino alimenta a la zaranda a 8 tn/h

La capacidad de la zaranda de clasificación es:

Capacidad de zaranda = Velocidad Zaranda ∗ ρ = 3,5

m3 kg kg h . 2800 m3 = 9800 h

A la salida de la zaranda tenemos = 9800 kg ∗ 0,9 = 8820 kg

h h

La capacidad de la cinta es:

capacidad de la cinta = velocidad ∗ tiempo ∗ ρ

m3 m min kg kg

capacidad de la cinta = 0,02 m ∗ 3 min ∗ 60 hora ∗ 2800 h = 10080 hora

Como la capacidad del molino es la menor, no existen cuellos de botella.

2.

Silos necesarios =

𝑀𝑎𝑡𝑒𝑟𝑖𝑎𝑙

𝐶𝑎𝑝𝑎𝑐𝑖𝑑𝑎𝑑 𝑑𝑒 𝑠𝑖𝑙𝑜

200 𝑚3 ∗ 2,8 𝑇𝑛

= 90 𝑇𝑛

𝑚3

= 6,22 = 7 𝑠𝑖𝑙𝑜𝑠

3.

Tiempo = Capacidad de silo

Capacidad de molino

= 90 Tn = 11,25 Tn

h

8

Tn

# Ejercicio Nº 8

Se quiere separar Feldespato, Mica, y Cuarzo de una cantidad de 200 m3 de ADOQUINES de Granito (en cada m3 caben 296 adoquines).

Por sus diferentes características se sabe que se puede lograr su separación física en seco en condiciones en las que la superficie específica sea del orden de entre los 4000 (1/m), y los 6000 (1/m) considerando que:

1. Superficie específica es área/volumen.
2. El comportamiento a la fractura de este material es cubico/laminar.
3. Los adoquines tienen 0,150 m x 0,150 m x 0,150 m, aprox., superficie especifica es de 40 (1/m).
4. El granito tiene una densidad de 2,812 g/cm3, y dureza Mohs de 7.
5. Cada adoquín peso 9,5 kg. Calcular:
	1. El tamaño de los orificios de la malla de zaranda, en cantidad de orificios por pulgada cuadrada, considerando un 10 % máximo de holgura para el paso del material apto.
	2. El tamaño máximo del material triturado (considerarlo un cubo)
	3. La cantidad total de material triturado (en tn.), teniendo en cuenta que el 10 %, son óxidos volátiles.
6. A partir del área especifica obtenemos la longitud del cubo que se toma para el cálculo:

A Ae = V =

6 ∗ L′2 L′3

L′ = 6

Ae

= 6

4.000 1

m

6 = 1,5mm

mm

4

=

 1

L = L′ ∗ Holgura = 1,1 ∗ 1,5mm = 1,65mm

Ahora determino la cantidad de orificios por pulgada cuadrada

C = Apulgadas = (25,4 mm)2 = 237

orificios

Amm

(1,65mm)2

1. El tamaño máximo que logra ingresar es:

V = L3 = (1,65mm)3 = 4,5 mm3

1. Cantidad total de material triturado (en tn.), teniendo en cuenta que el 10 %, son óxidos volátiles.

Qmaterial = 0,9 ∗ Cantidad de adoquines ∗ Peso de adoquin

Q = 0,9 ∗ 296 adoquin ∗ 200 m3 ∗ 9,5 kg

= 506160 Kg = 506,16 tn

material m3

adoquin

# SEGUNDA PARTE

Todo el material de molienda se pretende ubicar en silos que tienen capacidad 30 m3 y un máximo de 80 tn cada uno, y los volátiles se aspiran en ciclones, sabiendo que:

* El sistema de molienda tiene una capacidad de hasta 8 tn/hs.
* A la salida del molino el material es clasificado en una zaranda con vibración que permite solamente el paso de material apto. El material con dimensiones superiores es recirculado a la entrada de carga del sistema de molinos, en el orden del 10 % del total.
* Dicha zaranda puede clasificar 3,5 m3/hs. (metros cúbicos por hora)
* A la salida de la zaranda, se encuentra una cinta transportadora de 1metro de ancho, que se desplaza a una velocidad de 3 metros/minuto, y lo conduce a la tolva de ingreso y distribución en los silos, cuya capacidad de transporte es de 0,020 m3/metro.

Calcular:

1. Cuantos silos serán necesarios contar, para contener todo el material.

El molino alimenta a la zaranda a 8 tn/h

La capacidad de la zaranda de clasificación es:

m3 kg kg

Capacidad de zaranda = Velocidad Zaranda ∗ ρ = 3,5

h . 2800 m3 = 9800 h

A la salida de la zaranda tenemos = 9800 kg ∗ 0,9 = 8820 kg

h h

La capacidad de la cinta es:

capacidad de la cinta = velocidad ∗ tiempo ∗ ρ

m3 m min kg kg

capacidad de la cinta = 0,02 m ∗ 3 min ∗ 60 hora ∗ 2800 h = 10080 hora

Como la capacidad del molino es la menor, no existen cuellos de botella.

Silos necesarios =

𝑀𝑎𝑡𝑒𝑟𝑖𝑎𝑙

𝐶𝑎𝑝𝑎𝑐𝑖𝑑𝑎𝑑 𝑑𝑒 𝑠𝑖𝑙𝑜

200 𝑚3 ∗ 2,8 𝑇𝑛

= 80 𝑇𝑛

𝑚3

= 7 𝑠𝑖𝑙𝑜𝑠

1. Cuantas horas se tarda en llenar cada silo.

Tiempo = Capacidad de silo

Capacidad de molino

= 80 Tn = 10 h

h

8

Tn