



Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería



REVISTA INDUSTRIAL 4.0

Edición Digital Nro. 2

Mayo 2021

Carrera de Ingeniería Industrial



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Lic. Oscar Heredia	Rector
Phd. Maria Garcia Moreno	Vicerectora
Ing. Martin Mayori Machicao	Decano Facultad de Ingeniería
Ing. Freddy Gutiérrez Barea	ViceDecano Facultad de Ingeniería
Ing. Franz Zenteno Benitez	Director de Carrera Ingeniería Industrial

Revista Industrial 4.0
Edición Digital N° 2 Mayo 2021

Comite Editor:
Ing. Fernando Sanabria Camacho
Ing. Grover Sanchez Eid
Ing. Mario Zenteno Benitez

Diseño Versión Impresa & Web:
Ing. Enrique Orosco Crespo

Imprenta:
Walking Graf

Deposito Legal:
4-3-68-20

Web:
<http://industrial.umsa.bo/revista-industrial-4.0>
Email:
revistaindustrial4.0@umsa.bo

Dirección:
Av. Mcal. Santa Cruz, Plaza Del Obelisco.
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería.
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402

PRESENTACIÓN

Presentar el segundo número de la Revista Industrial 4.0 me llena de orgullo, ya que se plasma en realidad un objetivo que tiene la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés, que es visibilizar los trabajos de investigación que desarrollan profesionales y estudiantes de los diferentes niveles académicos - licenciatura, diplomados, maestría y doctorado - que están bajo su administración académica.

La integración entre la formación académica de pre y pos grado con la investigación a través de los tres institutos de la Carrera de Ingeniería Industrial es indispensable para una formación integral de los profesionales graduados en la UMSA, sin dejar de lado la extensión universitaria; las tres actividades permiten que se desarrollen trabajos de pesquisa pertinentes a la actualidad, y que son difundidos al público en general a través de la presente publicación en sus formatos impreso y digital.



Ing. MBA. Franz José Zenteno Benítez
DIRECTOR
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

En los tiempos que vivimos bajo restricciones nunca antes vistas, pero que son sobrellevadas gracias a la tecnología de comunicación disponible -no equitativa en todos los niveles socio económicos- permite seguir con actividades de investigación científica y de aplicación tecnológica por parte de aquellos profesionales y estudiantes que encuentran, en los momentos de crisis, una oportunidad para presentar soluciones aplicables a problemas latentes en las empresas productivas y de servicios de diferente índole.

En este número se incrementó a doce el número de artículos publicados, como resultado de una importante cantidad de propuestas que hicieron llegar los investigadores atendiendo la convocatoria realizada. Destacar que tres artículos corresponden a los proyectos de grado, que desarrollaron estudiantes junto con sus tutores, en áreas diversas de la formación de un ingeniero industrial.

Agradecer el trabajo desarrollado por los profesionales que conforman el Comité Editor a partir de la lectura inicial de los artículos propuestos y la revisión final de aquellos trabajos que presentaron algunas observaciones.

Reiterar el compromiso para seguir en este camino de publicaciones por parte de la Carrera de Ingeniería Industrial; en tal sentido, invitar a todos los profesionales y estudiantes que deseen divulgar sus trabajos de investigación, estar atentos al nuevo llamado para proponer sus temas ante el Comité Editor de la presente revista.

Ing. MBA. Franz José Zenteno Benítez
DIRECTOR
INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO COMBINADO DE GRUESO Y FINO

Efrain Santalla Alejo; orcid.org/0000-0002-8934-4859
Magister Scientiarum; Universidad Mayor de San Andrés
esantalla@umsa.bo

Presentado: 3 de mayo; aprobado: 31 de mayo

RESUMEN

Este trabajo presenta la participación del agregado en el hormigón, así como el procedimiento que se debe realizar para la realización del ensayo de granulometría, esto a fin de garantizar un material que contenga la mejor distribución de tamaños de agregado, ya que participa de diferentes maneras en la obtención de un hormigón. Entonces se mostrará la importancia del agregado y su incidencia en la elaboración de mezclas de hormigón, mostrando los requisitos que deben cumplir, y el modo correcto de realizar el ensayo de la granulometría.

PALABRAS CLAVES

ACI: Instituto Americano de Hormigón

Agregado, n: material granular, como arena, grava, triturado piedra o escoria de alto horno de hierro, utilizada con un cemento medio para formar hormigón o mortero de cemento hidráulico.

Arena, n - agregado fino resultante de la desintegración natural y abrasión de roca o procesamiento de completamente friable arenisca.

Grava, n: agregado grueso resultante de la desintegración natural y abrasión de roca o procesamiento de ligada débilmente conglomerado.

Peso Unitario, n – peso (masa) entre volumen unitario (termino desaprobado – el termino preferido en uso es densidad en masa)

ABSTRACT

This work presents the participation of the aggregate in the concrete, as well as the procedure that must be carried out to carry out the granulometry test, this in order to guarantee a material that contains the best distribution of aggregate sizes, since it participates in different ways in obtaining a concrete. Then the importance of the aggregate and its incidence in the elaboration of concrete mixtures, showing the

requirements that must be fulfilled, and the correct way to carry out the granulometry test.

KEYWORDS:

ACI: American Concrete Institute,

aggregate, *n*—granular material, such as sand, gravel, crushed stone, or iron blast-furnace slag, used with a cementing medium to form hydraulic-cement concrete or mortar.

gravel, *n*—coarse aggregate resulting from natural disintegration and abrasion of rock or processing of weakly bound conglomerate.

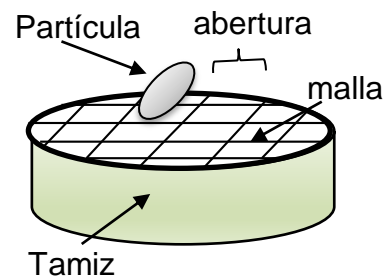
unit weight, *n*—weight (mass) per unit volume. (Deprecated term—used preferred term bulk density.)

sand, *n*—fine aggregate resulting from natural disintegration and abrasion of rock or processing of completely friable sandstone.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis granulométrico se realiza haciendo pasar una cantidad de muestra por tamices (cribas), la serie de tamices es denominada por la luz libre que existe en su malla representada en [mm]. En la norma ASTM la designación de las arenas corresponde al número de aberturas existente por pulgada lineal existente en una pulgada cuadrada, por ejemplo el Tamiz N°200 tiene 200 x 200 aberturas por pulgada cuadrada siendo la luz de las aberturas 0,075 [mm]

Imagen 1 – Material para la Granulometría



Fuente: Propia

Tamaños de la abertura del tamiz, se expresan en pulgadas: 5", 4", 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y para las partículas finas se tiene definiciones de No.4, 8, 10, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 400. Las aberturas de los tamices son cuadradas; en consecuencia, lo que se asume pueda pasar una partícula de un determinado diámetro de una partícula es algo "académico", ya que la probabilidad de que una partícula atravesase por una determinada abertura de malla, depende tanto de su tamaño como de su orientación con respecto a la abertura de la malla.

Del tamiz No. 4 en adelante, la abertura se puede calcular así:
$$N_i = \frac{N_i - 1}{\sqrt[4]{2}}$$

N_i = abertura que se desea saber $N_i - 1$ = abertura del tamiz anterior

Ejemplo. Calcular la abertura del tamiz No. 6 si sabemos que la abertura del tamiz No. 5 = 4mm.

Solución: Empleando la anterior expresión:
$$N_i = \frac{N_i - 1}{\sqrt[4]{2}} \rightarrow N_{o.6} = \frac{4}{\sqrt[4]{2}} = 3,36mm$$

Los tamices empleado para los áridos aplicado para la fabricación de hormigones presentan aberturas en progresión geométrica de razón 2, es importante recordar esta relación ya que se lo verá más adelante para determinar el módulo de finura.

Para el análisis granulométrico la muestra debe encontrarse en estado seco.

A continuación se muestran las aberturas utilizadas en las siguientes normas:

Tabla 2 – Peso de la muestra de ensayo del agregado grueso

ASTM (o TYLER) [mm]	UNE-933 [mm]	ISO-565 [mm]
3" (76,20)	80	63.00
1 1/2" (38,10)	40	31.50
3/4" (19,00)	20	16.00
3/8" (9,50)	10	8.00
Nº4 (4,75)	5	4.00
Nº8 (2,36)	2.5	2.00
Nº16 (1,18)	1.25	1.00
Nº30 (0,60)	0.63	0.50
Nº50 (0,30)	0.32	0.25
Nº100 (0,15)	0.16	0.125
Nº200 (0,075)	0.063	0.063

Fuente: Normas ASTM C-33 (ASTM, 2004)

1.1 OBJETIVO

El análisis granulométrico determina la distribución por tamaños de las partículas provenientes de un suelo, el cual lo separa en diferentes fracciones partículas del mismo tamaño

2. DESARROLLO

El análisis granulométrico consiste en separar una muestra de agregado seco a través de una serie de tamices de tamaños progresivamente menores para la distribución por tamaños. Este método inicialmente se emplea para determinar la granulometría, la cual proporciona suficiente información para controlar la producción de diversos productos de agregados y mezclas de agregados. Los datos también ser utilizados para desarrollar relaciones concernientes a la porosidad y compactación. (Anibarro, 2015)

2.1 IMPORTANCIA

Este método permite la determinación por tamizado de la distribución del tamaño de las partículas de los agregados fino y grueso. Algunas especificaciones para agregados que citan en este método contienen requerimientos granulométricos incluyendo a ambas fracciones, la gruesa y la fina. Las instrucciones son incluidas para el análisis por tamizado de tales agregados. La determinación más precisa del material más fino que el tamiz de 75µm (N°200) no puede ser efectuadas solo por este método.

El análisis granulométrico aporta con parámetros de las propiedades del arido, el cual se emplea en la elaboración de mezclas de hormigón.

Este ensayo ayudaría a la elaboración de elementos ecológicos como ladrillos, bloques, etc.

2.2 ENSAYO DEL LABORATORIO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

2.2.1 EQUIPO

a) Balanza: para el agregado fino, con lectura y precisión de 0,1 g. Para el agregado grueso o mezclas de agregado fino y grueso lectura con precisión mínima de 1 g.

b) Tamices: deben estar de acuerdo a las Especificaciones ASTM E 11, deben ser de alambre y abertura cuadrada y montado en marcos sólidos y construidos de manera que se prevengan pérdidas de material durante el tamizado.

Imagen 2 – Tamices y Cuarteador



Fuente: Propia

c) Agitador Mecánico: es usado para impartir al tamiza un movimiento vertical o lateral.

d) Horno: de tamaño apropiado capaz de mantener una temperatura constante de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

2.2.2 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

a) El tamaño de la muestra de campo será al menos 4 veces el peso requerido. Mezclar cuidadosamente la muestra reducirla por cuarteo una cantidad compatible con la cantidad de ensayo. Debe tomarse una cantidad aproximadamente igual al peso necesario. La reducción hasta un peso exacto predeterminado no está permitida.

Tabla 3 – Peso de la muestra de Ensayo del Agregado Grueso

Agregado	Tamaño Máximo Nominal	Peso mínimo aproximado de la muestra de campo en kg
GRUESO	3/8" (9,50 mm)	1
	1/2" (12,50 mm)	2
	3/4" (19,00 mm)	5
	1" (25,00 mm)	10
	1 1/2" (38,1 mm)	15
	2" (50,00 mm)	20
	2 1/2" (63,00 mm)	35
	3" (75,00 mm)	60

Fuente: ASTM C-33 (ASTM, 2004)

b) El peso de la muestra de ensayo del agregado fino, después de secado será aproximadamente:

- Agregado con al menos 95% de material que pasa el tamiz 2,36 mm (N°8) = 100 g.

- Agregado con al menos el 85% de material que pasa el tamiz 4,75 mm (N°4) y más del 5% retenido en el tamiz 2,36 mm (N°8).

c) En el caso de mezclas de agregados fino y grueso, el peso de la muestra será de acuerdo a la anterior tabla, y la muestra separada con el tamiz 4,75 mm (N°4) y las muestras de agregado fino y grueso, así formados, se analizan por separado.

d) Antes de comenzar el ensayo, las muestras deben secarse hasta peso constante a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Se determina y registra el peso inicial de la muestra de ensayo.

2.2.3 PROCEDIMIENTO

a) El juego de tamices (seco y limpio) se elegirá de acuerdo al material a ensayar y será dispuesto con aberturas en orden decreciente.

b) La muestra se separa en una serie de tamaños, usando los tamices de acuerdo con las especificaciones para el uso del material que se ensaya.

c) La operación del tamizado, se llevara a cabo mediante un movimiento lateral y vertical del tamiz, acompañado de una acción de sacudida que la muestra se mueva continuamente sobre la superficie del tamiz. En ningún caso se emplearan las manos para cambiar la posición o hacer pasar a través del tamiz las partículas del agregado.

Imagen 3 – Tamiz Manual y Peso Retenido



Fuente: Propia

d) En caso de emplearse un agitador mecánico, la muestra será colocada sobre el tamiz superior, se colocara la tapa, y la serie de tamices será vibrada por 15 minutos.

Imagen 4 – Balanza y Tamizador



Fuente: Propia

- e) El tamizado se continuara hasta no más del 1% en peso de residuo para por cualquier tamiz individual durante un minuto de tamizado.
- f) Se determinara el peso de las fracciones retenidas en cada tamiz en orden decreciente. El peso total del material luego del tamizado se compara con el peso inicial de la muestra. De existir una diferencia mayor al 0,3% sobre la base del peso inicial se rechaza el ensayo.

3. CÁLCULOS EN EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

A continuación se muestra un formulario que resume el cálculo del análisis granulométrico, acompañado del ejemplo de aplicación:

Tabla 4 – Tabla de Llenado de Granulometría

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
TAMIZ	Abertura [mm]	Peso Retenido [g]	Retenido Acumulado [g]	% Retenido Acumulado [%]	Peso que Pasa que Pasa [g]	% que Pasa Total [%]	% que Pasa [%]	Especificaciones
2½"	62.5	DATA ₁	= DATA ₁					
2"	50.0	DATA ₂	DATA ₁ + DATA ₂					
1½"	37.5	DATA ₃						
1"	25.0	DATA ₄						
¾"	19.0	DATA ₅						
½"	12.5	DATA ₆						
⅜"	9.50	DATA ₇						
Nº 4	4.75	DATA ₈		% Gruesos		% Finos		
Pasa Nº4 (Charola)		P _{Nº4}						

$$[5] = \frac{(\text{Retenido Acumulado})_i}{P_{iG}} \cdot 100 \quad [6] = P_{iG} - (\text{Retenido Acumulado})_i \quad [7] = \frac{(\text{Peso que Pasa})_i}{P_{iG}} \cdot 100 \quad [8] = \frac{(\text{Peso que Pasa})_i - (\text{Peso que Pasa})_{N-4}}{P_{iG} - \text{Peso que Pasa}_{N-4}} \cdot 100$$

[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]
TAMIZ	Abertura [mm]	Peso Retenido [g]	Retenido Acumulado [g]	% Retenido Acumulado [%]	Peso que Pasa que Pasa [g]	% que Pasa Total [%]	% que Pasa [%]	Especificaciones
Nº 4	4.750	DATA ₁₀	= DATA ₁₀					95 – 100
Nº 8	2.360	DATA ₁₁	DATA ₁₀ + DATA ₁₁					80 – 100
Nº 16	1.190	DATA ₁₂						50 – 85
Nº 30	0.595	DATA ₁₃						25 – 60
Nº 50	0.297	DATA ₁₄						10 – 30
Nº 100	0.149	DATA ₁₅						2 – 10
Pasa Nº100 (Charola)		DATA ₁₆						
Total		P _{i,F} = Σ _{i=10-16}						

$$[14] = \frac{(\text{Retenido Acumulado})_i}{P_{i,F}} \cdot 100 \quad [15] = P_{i,F} - (\text{Retenido Acumulado})_i \quad [16] = (\text{Peso que Pasa})_i \cdot \frac{P_{i,F}}{(\% \text{ que Pasa Total } N^{\circ} 4)} \quad [17] = \frac{(\text{Peso que Pasa})_i}{P_{i,F}} \cdot 100$$

Nota: La diferencia entre el peso de muestra inicial y la tamizada debe presentar una pérdida máxima del 1%.

3.1. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Realizar el análisis granulométrico a partir de los siguientes datos:

Tabla 5 – Datos del Análisis Granulométrico

$P_{iG} = 8316,4 \text{ g}$

$P_{iF} = 8316.4 \text{ [g]}$

TAMIZ	ABERTURA [mm]	PESO RETENIDO [g]
2 1/2"	63,00	
2"	50,.00	
1 1/2"	37,50	
1"	25,00	
3/4"	19,00	27,7
1/2"	12,50	359,2
3/8"	9,50	800,9
Nº 4	4,75	2182,8
Pasa Nº 4		4948,8

TAMIZ	ABERTURA [mm]	PESO RETENIDO [g]
Nº 4	4,75	
Nº 8	2,36	300,5
Nº 16	1,18	246,4
Nº 30	0,60	201,0
Nº 50	0,30	153,2
Nº 100	0,15	93,9
Charola		110,5

3.2 AGREGADO GRUESO

Para el análisis granulométrico de la parte gruesa, solo demostraremos el calcula del tamiz 1/2", y los demás resultados estarán en la planilla de cálculo.

Retenido Acumulado:

$$[4] = \text{Dato}_i + \text{Dato}_{i+1} = 359,2 + 27,7 = 386,9 \text{ g}$$

% Retenido Acumulado:

$$[5] = \frac{\text{Retenido Acumulado}}{P_{iG}} \cdot 100 = \frac{386,9}{8319,4} \cdot 100 = 4,65\%$$

Peso que pasa:

$$[6] = P_{iG} - \text{Retenido Acumulado} = 8319,4 - 386,9 = 7932,50 \text{ g}$$

% que Pasa Total:

$$[7] = 100\% - \% \text{Retenido Acumulado} = 100 - 4,65 = 95,35\%$$

% que Pasa:

$$[8] = \frac{\text{Peso que Pasa} - \text{Peso que Pasa}_{N^{\circ}4}}{P_{iG} - \text{Peso que Pasa}_{N^{\circ}4}} \cdot 100 = \frac{7932,50 - 4948,80}{8319,40 - 4948,80} \cdot 100 = 88,52\%$$

Tabla 6 – Llenado de la Planilla de Granulometría de la Grava

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
TAMIZ	Abertura	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% que Pasa Total	% que Pasa
	[mm]	[g]	[g]	[%]	[g]	[%]	[%]
2½ ”	62,50						
2”	50,00						
1½ ”	37,50						
1”	25,00				8319,40	100,00	100,00
¾ ”	19,00	27,7	27,7	0,33	8291,70	99,67	99,18
½ ”	12,50	359,2	386,9	4,65	7932,50	95,35	88,52
⅜ ”	9,50	800,9	1187,8	14,28	7131,60	85,72	64,76
Nº 4	4,75	2182,8	3370,6	40,51	4948,80	59,49	0,00
Pasa Nº4 (Charola)		4948,8		<i>Fuente:</i>	<i>Propia</i>	<i>(2019)</i>	

3.3 AGREGADO FINO

Para ejemplo de cálculo se mostraran los resultados del tamiz N°16:

Retenido Acumulado:

$$[13] = \text{Dato}_i + \text{Dato}_{i+1} = 300,5 + 246,4 = 546,90 \text{ g}$$

% Retenido Acumulado:

$$[14] = \frac{\text{Retenido Acumulado}}{P_{iF}} \cdot 100 = \frac{546,90}{1105,5} \cdot 100 = 49,47\%$$

Peso que Pasa:

$$[15] = P_{iF} - \text{Retenido Acumulado} = 1105,5 - 546,90 = 558,60 \text{ g}$$

% que Pasa Total:

$$[16] = \text{Peso que Pasa} \frac{\% \text{ que Pasa Total N}^\circ 4}{P_{iF}} = 558,60 \frac{55,49}{1105,5} = 30,06\%$$

% que Pasa:

$$[17] = \frac{\text{Peso que Pasa}}{P_{iF}} 100 = \frac{558,60}{1105,5} \cdot 100 = 50,53\%$$

Tabla 7 – Llenado de la Planilla de Granulometría de la Arena

[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]
TAMIZ	Abertura	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% que Pasa Total	% que Pasa
	[mm]	[g]	[g]	[%]	[g]	[%]	[%]
Nº 4	4,75				1105,50	59,49	100,00
Nº 8	2,36	300,5	300,50	27,18	805,00	43,32	72,82
Nº 16	1,19	246,4	546,90	49,47	558,60	30,06	50,53
Nº 30	0,595	201	747,90	67,65	357,60	19,24	32,35
Nº 50	0,297	153,2	901,10	81,51	204,40	11,00	18,49
Nº 100	0,149	93,9	995	90,00	110,50	5,95	10,00
Pasa Nº100 (Charola)		110,5					
TOTAL :		1105,5					

4. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 % Gruesos: Es el % Retenido Acumulado en el Tamiz No. 4 = 41%

4.2 % Finos: Es el % que Pasa Total en el Tamiz No. 4 = 59%

4.3 Módulo Granulométrico: Se lo determina considerando las aberturas de tamices de la parte gruesa del árido.

$$MF_g = \frac{\sum \% \text{Retenido Acumulado del Agregado Grueso con Aberturas } 1:2 + 5 \cdot 100}{100}$$

$$MF_g = \frac{40,5 + 14,3 + 0,3 + 5 \cdot 100}{100} = 5,55$$

4.4 Módulo de Finura: Se lo determina para de la parte fina del árido.

$$MF = \frac{\sum \% \text{Retenido Acumulado del Agregado Fino con Aberturas } 1:2}{100}$$

$$MF = \frac{90 + 81,51 + 67,65 + 49,47 + 27,18}{100} = 3,16$$

LIMITES: 2,3 a 3,1 con tolerancia de 0,2 (Si no cumple la tolerancia, el agregado es rechazado)

4.5 Módulo Finura Total: Se considera la parte gruesa y fina del árido considerando las cantidades totales de ambas partes.

$$MF_T = \frac{\sum \% \text{Retenido Acumulado del Agregado con Aberturas } 1:2}{100}$$

$$MF_T = \left(\frac{90 + 81,51 + 67,65 + 49,47 + 27,18}{100} \right) \cdot \frac{1105,50}{8319,40} + \left(\frac{40,5 + 14,3 + 0,3}{100} \right) \cdot 6 = 3,73$$

4.6 Tamaño Máximo Nominal (TMN): Es el tamiz de abertura mayor, siguiente a aquel cuyo % que Pasa Acumulado $\leq 85\%$, o de otra forma es el tamiz de abertura mayor, siguiente a aquel cuyo % Retenido Acumulado $\geq 15\%$.

El %Que Pasa para el tamiz 3/8" es $64,76 \leq 85\% \rightarrow$ El siguiente tamiz en abertura mayor es 1/2".

4.7 Tamaño Máximo: Es la máxima abertura del Tamiz por el cual pasa más del 90% en peso, cuando además pase el total por el tamiz de abertura doble. Indica el tamaño más grande de las partículas presentes.

Para el tamiz de 3/4" el porcentaje que pasa es 99,18% el cual es mayor al 90%

Por lo tanto el $T_{max} = 3/4"$

4.8 Tamaño Mínimo: Es la máxima abertura por el que pasa menos del 10%. Indica el tamaño mínimo de las partículas presentes del agregado.

Para el tamiz N°100 pasa el 10% que es al menos el que cumple. Por lo tanto el

$T_{min} = N^{\circ}100$

4.9 Especificaciones de Gradación para el Agregado Fino (Arena)

El agregado fino no debe tener más de 5% de arcilla o limos, ni más de 1,5% de materias orgánicas. Sus partículas deben tener un tamaño menor a 1/4" y su gradación debe satisfacer los requisitos propuestos en la norma ASTM-C-33-9, el cual se muestra a continuación:

Tabla 8 – Especificaciones de gradación para agregado fino (ASTM C 33 – 9)

TAMIZ	Abertura [mm]	ESPECIFICACIONES
Nº 4	4,750	95 – 100
Nº 8	2,360	80 – 100
Nº 16	1,190	50 – 85
Nº 30	0,595	25 – 60
Nº 50	0,297	10 – 30
Nº 100	0,149	2 – 10

4.10 Especificaciones de Gradación para el Agregado Grava (Grueso)

El agregado grueso no deben contener más de un 5% de arcillas y finos, ni más de 1,5% de materias orgánicas, carbón, etc. y su gradación debe satisfacer los requisitos propuestos en la norma ASTM-C-33-9a, el cual se muestra en la página siguiente.

No de Tamaño	Tamaño Nominal (Tamices con Aberturas Cuadradas)	% Pasa en Peso de Cantidades más Finas para cada tamiz de Laboratorio (Abertura Cuadrada)													
		100mm (4")	90mm (3½")	75mm (3")	63mm (2½")	50mm (2")	37,5mm (1½")	25,0mm (1")	19,0mm (¾")	12,5mm (½")	9,5mm (¾")	4,75mm (N°4)	2,36mm (N°8)	1,18mm (N°16)	300µm (N°50)
1	90 a 37,5mm (¾" a 1½")	100	90 - 100	-	25 - 60	-	0 - 15	-	0 - 5	-	-	-	-	-	-
2	63 a 37,5mm (2½" a 1½")	-	-	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	-	0 - 5	-	-	-	-	-	-
3	50 a 25,0mm (2" a 1")	-	-	-	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	-	0 - 5	-	-	-	-	-
357	50 a 4,75mm (2" a N°4)	-	-	-	100	95 - 100	-	35 - 70	-	10 - 30	-	0 - 5	-	-	-
4	37,5 a 19,0mm (1½" a ¾")	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	-	0 - 5	-	-	-	-
467	37,5 a 4,75mm (1½" a N°4)	-	-	-	-	100	95 - 100	-	35 - 70	-	10 - 30	0 - 5	-	-	-
5	25,0 a 12,5mm (1" a ½")	-	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5	-	-	-	-
56	25,0 a 9,5mm (1" a ¾")	-	-	-	-	-	100	90 - 100	40 - 85	10 - 40	0 - 15	0 - 5	-	-	-
57	25,0 a 4,75mm (1" a N°4)	-	-	-	-	-	100	95 - 100	-	25 - 60	-	0 - 10	0 - 5	-	-
6	19,0 a 9,5mm (¾" a ¾")	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5	-	-	-
67	19,0 a 4,75mm (¾" a N°4)	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	-	20 - 55	0 - 5	-	-	-
7	12,5 a 4,75mm (½" a N°4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5	-	-
8	9,5 a 2,36mm (¾" a N°8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5	-
89	9,5 a 1,18mm (¾" a N°16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	5 - 30	0 - 5
9(*)	4,75 a 1,18mm (N°4 a N°16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 - 100	10 - 40	0 - 5

* Aunque el agregado de tamaño 9 está definido en el Reglamento C125 como un agregado fino, es incluido como un agregado grueso cuando es combinado con material de un tamaño 8 para crear un tamaño 89. lo cual es un agregado grueso definido por el Reglamento C1



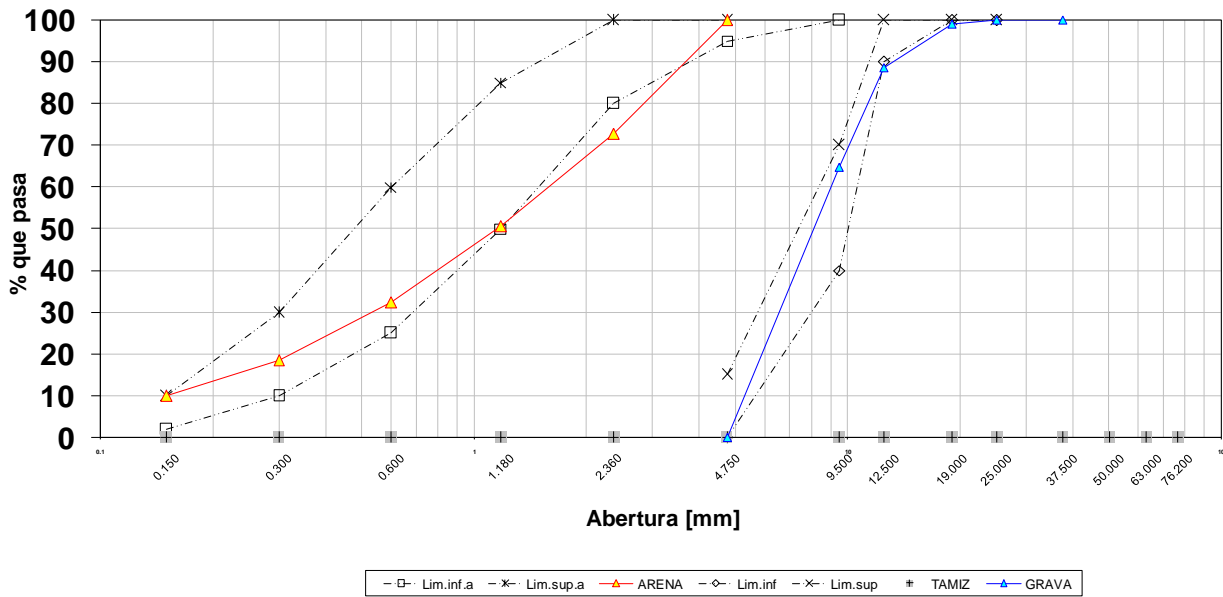
Con el Tamaño Máximo Nominal, se determina las especificaciones del árido grueso, como el TMN = 1/2", entonces vamos a la abertura de tamices y se puede observar que corresponde a la fila de 12,5 a 4,75mm (1/2" a N°4):

Tabla 10 – Especificaciones de Gradación para el TMN = 1/2"

No de Tamaño	Tamaño Nominal	25,0mm (1")	19,0mm (3/4")	12,5mm (1/2")	9,5mm (3/8")	4,75mm (N°4)	2,36mm (N°8)	1,18mm (N°16)	300µm (N°50)
7	12,5 a 4,75mm (1/2" a N°4)	–	100	90 – 100	40 – 70	0 – 15	0 – 5	–	–

Luego pasamos a graficar, los % que pasa y abertura de tamiz:

Gráfico 1 – Curva Granulométrica



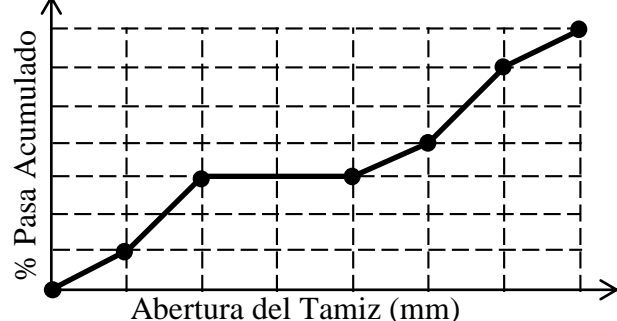
Fuente: Propia (2021)

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Una vez graficado la curva granulométrica, debe verificarse que la curva principal se encuentre por lo general dentro de los límites superior e inferior que indican las especificaciones de las gradaciones.
- Cuando en un agregado existen fracciones de todos los tamaños comprendidos entre el más pequeño y el mayor del mismo, se dice que el agregado posee una granulometría continua.

Gráfico 2 – Análisis de la Curva Granulométrica



- Si por el contrario, la continuidad de tamaños desaparece, saltando algunas fracciones, se dice que el agregado posee granulométrica discontinua. En la representación gráfica de la curva granulométrica, la discontinuidad aparecerá como una línea horizontal que cubre el tamaño inexistente.
- Cuando no hay partículas finas de tamaños comprendido entre tamices seguidos, el agregado buscará rellenar los huecos que se presentan dando lugar a mezclas más compactas, donde la mezcla de hormigón presentará riesgos de segregación, sugiriendo como solución la compactación por vibración reduciendo el problema de segregación.

5.2 Recomendaciones

- El Módulo de finura, debe estar comprendido entre 2,3 a 3,1, con tolerancia de 0,2; ya que si no cumple la tolerancia, el agregado es rechazado.
- Cuando la calidad del material sea desconocida, se recomienda realizar ensayos de laboratorio, para poder un buen material, podría garantizar la buena elaboración de los hormigones.
- Visualmente debe inspeccionarse el material granular, donde aquellos áridos de color blanquecinos y muy porosos deben desecharse.
- Visualmente debe asegurarse que la muestra contenga partículas de todos los tamaños para obtener un material de árido representativo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Anibarro, F. C. (2015). Introducción al Diseño de Mezclas de Hormigón. La Paz: Instituto de Ensayo de Materiales.
- 2) ASTM. (2004). Anual Book of ASTM Standards section 4. American: Concrete and Aggregates.
- 3) Cánovas, M. F. (2013). Hormigón. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- 4) Huerta, C. (2013). Diseño de Mezclas de Concreto. Lima - Perú: EPE.
- 5) Jiménez, & Montoya. (2011). Hormigón Armado. Barcelona - España: Gráficas 92.
- 6) Quiroz, M., & Lucas, S. (2006). Apoyo Didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de "Tecnología del Hormigón". Cochabamba - Bolivia: UMSS.

CARRERA ACREDITADA AL SISTEMA ARCU-SUR, DEL MERCOSUR EDUCATIVO



INGENIERÍA INDUSTRIAL
INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL
INGENIERÍA EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL
PROGRAMA ACADÉMICO DESCONCENTRADO INGENIERÍA INDUSTRIAL AMAZÓNICA-SAN BUENAVENURA
PROGRAMA ACADÉMICO DESCONCENTRADO INGENIERÍA INDUSTRIAL AMAZÓNICA-CARANAVI





CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS - 2021
LA PAZ - BOLIVIA

Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175, Plaza del Obelisco
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería
Teléfonos 2205000 - 2205067 int. 1402
WebSite: industrial.umsa.bo
Email: ingeindustrial@umsa.bo
ingeindustrialumsa@gmail.com
Ciudad de La Paz - Bolivia