

**DISEÑO
DE MEZCLAS**

POR EL METODO

FULLER

DISEÑO DE MEZCLAS

CUANTIFICAR CANTIDADES DE:

- Cemento
- Agua
- Agregado Fino
- Agregado Grueso
- Aditivos

PARA CUMPLIR CON REQUISITOS DE:

- Durabilidad
- Resistencia
- Trabajabilidad

PRINCIPIO DE GRADACIÓN DE FULLER Y THOMPSON

En 1907, Fuller y Thompson, publicaron en Estados Unidos el documento "The Laws of Proportioning Concrete", el cual se constituyó en el punto de partida de todos los desarrollos teóricos de curvas de granulometría; éste se basa en un comportamiento elíptico en su fracción fina, de la curva de gradación ideal de toda la masa, incluyendo el aglomerante, y que converge en una línea recta tangente a la elipse.

La ecuación general para la parte elíptica de la curva, está dada por:

$$(y - b)^2 / b^2 + (x - a)^2 / a^2 = 1$$

donde, y es el porcentaje de material que pasa el tamiz de abertura x ; a y b son constantes que representan los ejes de la elipse y su valor depende del tamaño máximo (D) del agregado y de la forma de las partículas. Las constantes se caracterizan de tal manera que al ser más angulosas las partículas, más amplio es el porcentaje de material fino representado por la parte elíptica. En el Tabla 1., se muestran los valores de las constantes a y b .

PRINCIPIO DE GRADACIÓN DE FULLER Y THOMPSON

Tabla 1. Valores de las constantes a y b, que representan la parte elíptica de la ecuación Fuller – Thompson.

Clase de material	a	b
Agregados de canto rodado	0.164 D	28.6
Arena natural y grava triturada	0.150 D	30.4
Arena y grava trituradas	0.147 D	30.8

En la curva ideal de Fuller – Thompson, se encuentra un valor de $x = 0.074$ mm para un valor de y del 7%, es decir, que el 7% de la masa está constituido por partículas de diámetro inferior a 0.074 mm, o pasa tamiz 200 más el cemento; para algunos autores, la obtención de la curva para solo el agregado, se obtiene al restarse la porción de cemento en cada caso y tomar el resto como 100%. Esto genera una curva de tendencia parabólica, la cual se denomina parábola de Fuller

– Thompson y se expresa como:

$$P = 100 \sqrt{(d/D)} = 100 [d/D]^{1/2}$$

PRINCIPIO DE GRADACIÓN DE FULLER Y THOMPSON

En donde, P es el porcentaje de material que pasa por el tamiz de abertura d ; y D es el tamaño máximo del agregado. Se ha observado que los agregados gradados a través de la ecuación de fuller dan lugar a mezclas ásperas y poco manejables en estado plástico debido a la falta de finos, especialmente para concretos con bajo contenido de cemento.

LEY DE FÜLLER:

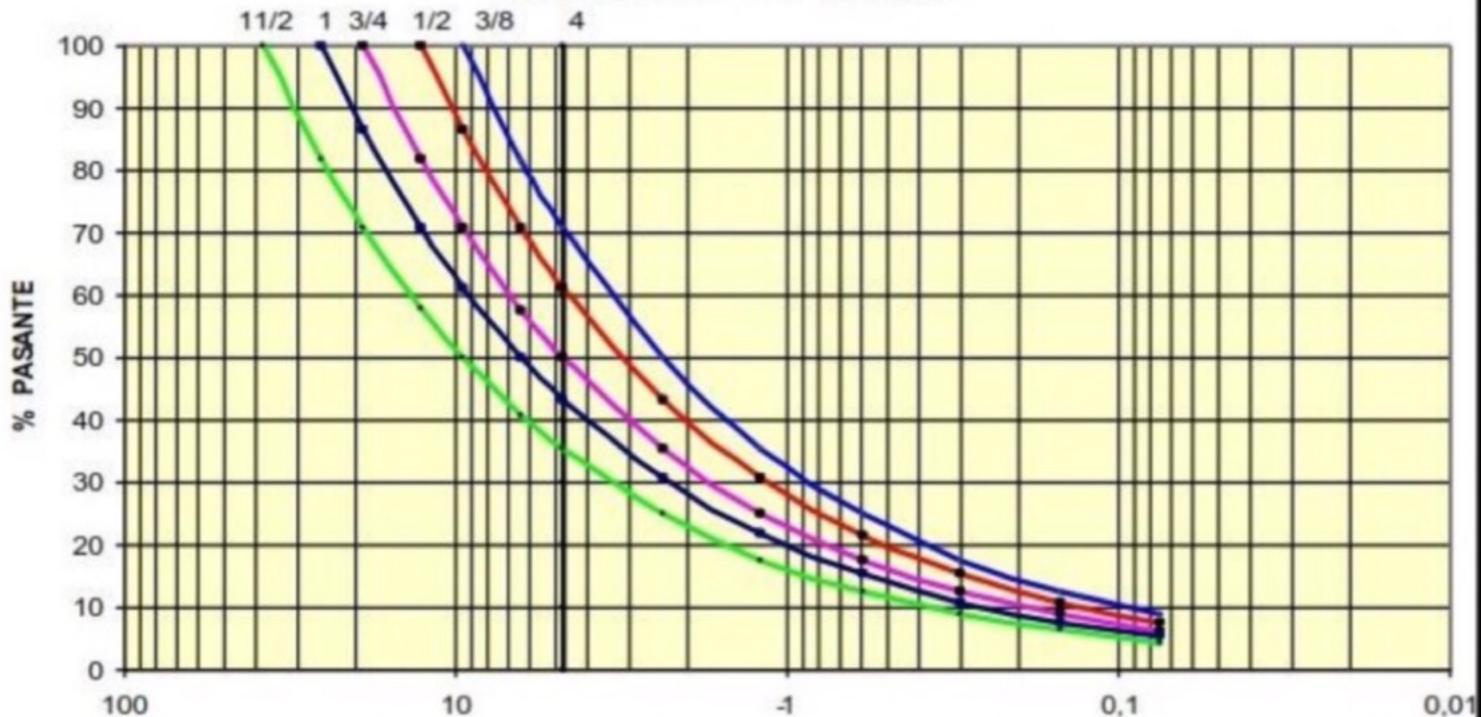
$$Pd = 100 (d / D)^{1/2} \quad \text{ó} \quad Pd = 100 \sqrt{d / D}$$

Pd = % que pasa la malla d

d = abertura de la malla en referencia

D = Tamaño máximo del agregado grueso

PARABOLAS DE FULLER



TEORÍA DE BOLOMEY

Bolomey en 1947, realizó una modificación a la teoría de Fuller – Thompson, lo que conllevó a la obtención de una gradación con mayor contenido de finos dentro de la masa del agregado, pero sin exceso, con el objeto de eliminar la aspereza y mejorar la manejabilidad de la mezcla de concreto en estado plástico. La expresión que gobierna esta teoría es:

$$P = f + (100 - f) \times (d/D)^{1/2}$$

Donde f es una constante empírica que indica el grado de trabajabilidad de una mezcla de concreto para una consistencia y una forma determinada de las partículas, los cuales se muestran en el Tabla 3.

Forma de las partículas del agregado	Consistencia del concreto en estado plástico		
	Seca (tierra húmeda)	Normal (plástico)	Húmeda (fuida)
Redonda	6 – 8	10	12
Cúbica	8 – 10	12 – 14	14 – 16

ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

- Resistencia a la Compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Condiciones de colocación requiere que la Mezcla tenga una consistencia Plastica
- Tamaño Maximo Nominal $1/2 \text{ Pulg.}$

2. MATERIALES

Cemento

Tipo 1 P

Peso específico 2.86 gr/cm³

Agua

-Potable, de la red

Agregado Fino

- Peso específico de masa	2,611 gr/cm ³
- Humedad	0,301 %
- Absorción	2,249 %
- Módulo de fineza	2,59

Agregado. Grueso

- Tamaño máx. nominal	1/2" Pulg.
- Peso específico de masa	2,74 gr/cm ³
- Humedad	0,05 %
- Absorción	0,783 %
- Peso volumétrico compactado	1,581 g/cm ³

3. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (AMPLIFICACIÓN) f'_{cr}

Resistencia Especificada por el Proyectista $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

- Si hay desviación estándar

$$f_{cr} = f'_c + 1,34 S$$

$$f_{cr} = f'_c + 2,33 S - 35$$

- Si no hay desviación estándar

f'_c	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
sobre 350	$f'_c + 98$

$$F'_{cr} = 210 + 84 = 294 \text{ Kg/cm}^2$$

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO (SLUMP)

CONSISTENCIA

Seca

Plástica

Fluida

ASENTAMIENTO

0 - 2 Pulg.

3 - 4 Pulg.

\geq 5 Pulg.

Consistencia Plástica **Asentamiento 4 Pulg.**

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA

$$\text{Agua} = \frac{218,80 (\text{Slump mm})^{0,1}}{(\text{T. Max N. Ag. mm})^{0,18}}$$

Coeficiente de
correlación

$$r^2 = 0,95$$

$$\text{Agua} = \frac{218,80 (88,9)^{0,1}}{(12,7)^{0,18}}$$

$$\text{Agua} = 216,9 \text{ Litros}$$

CONTENIDO DE AIRE

Para un tamaño máximo de 3/4 según tabla 4 % Aire 2%

TABLA N° 04	
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
6"	0,2%

Contenido de aire /m³ = 2,5%

CONTENIDO DE AIRE

Si se tuviera que incorporar aire

TABLA N° 05			
Tamaño máximo nominal	Contenido de aire total en %		
	Exposición	Exposición	Exposición
	suave	Moderada	Severa
3/8"	4,5	6,0	7,5
1/2"	4,0	5,5	7,0
3/4"	3,5	5,0	6,0
1"	3,0	4,5	6,0
1 1/2"	2,5	4,5	5,5
2"	2,0	4,0	5,0
3"	1,5	3,5	4,5
6"	1,0	3,0	4,0

8.CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO RELACIÓN CEMENTO-AGUA (C/W = Z)

$$Z = K1 * Rm + 0,5$$

Donde:

K1 = 0,003 a 0,0045 para piedra Triturada

K1 = 0,0045 a 0,007 para piedra redondeada

Rm = Resistencia requerida media

$$Z = (0,004 * 294) + 0,5$$

$$Z = 1,676$$

$$Z = C/W$$

$$C = ZW$$

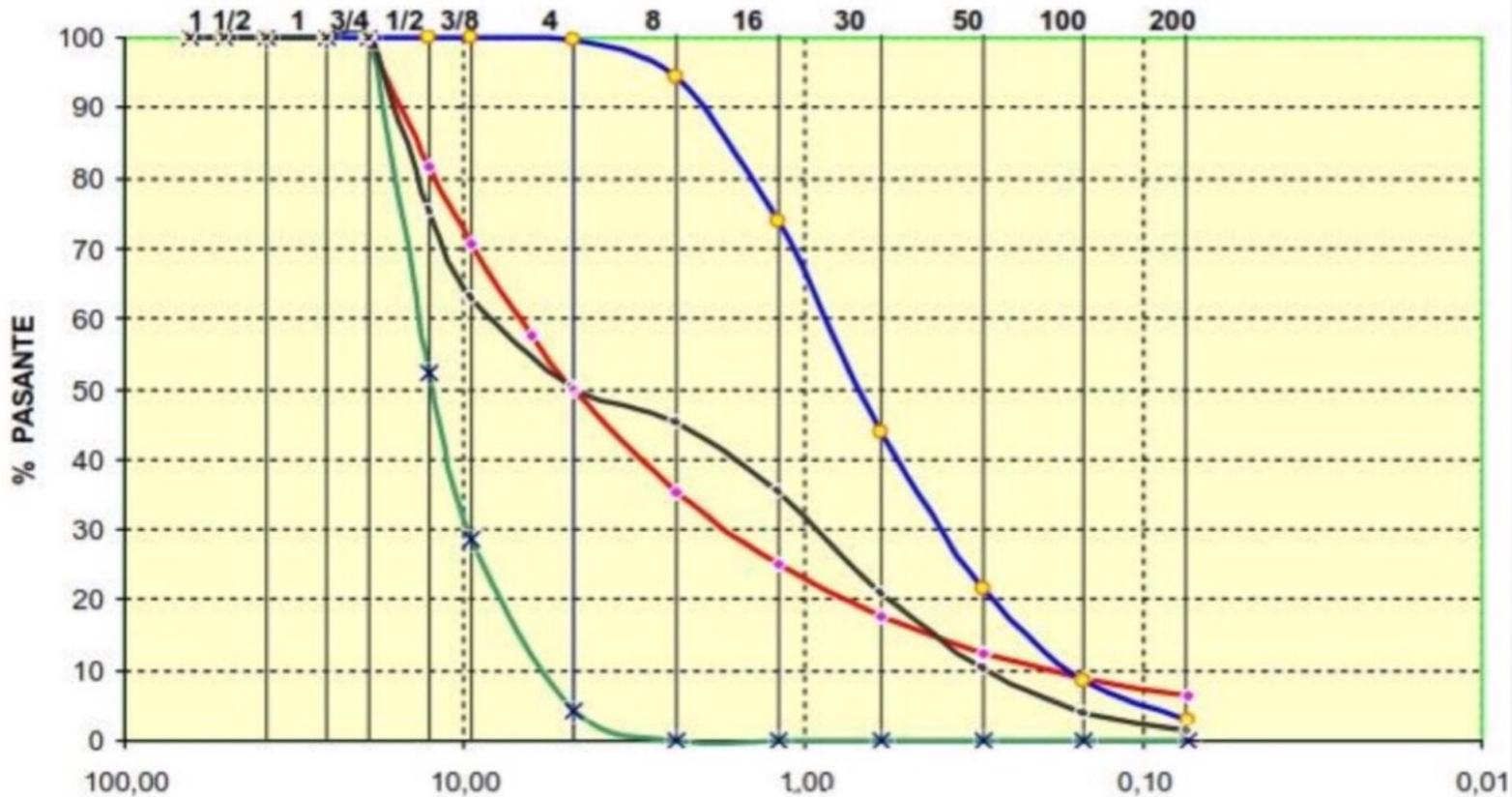
$$C = 1,676 * 216,9$$

$$C = 363,5$$

$$\text{Cemento} = 363,5 \text{ kg/m}^3$$

DETERMINACION DEL
CONTENIDO DE
AGREGADO GRUESO
Y
AGREGADO FINO

DISEÑO DE MEZCLAS POR FULLER



DETERMINACION DE LOS CONTENIDOS DE AGREGADOS



A = agregado fino

B = agregado grueso

$$m = x \cdot a + (1-x) \cdot b$$

Donde:

m = % de M que pasa la malla No. 4

x = % de A en la mezcla M

1-x = % de B en la mezcla M

a = % que pasa la malla No. 4 de A

b = % que pasa la malla No. 4 de B

$$a = 99.5 \%$$

$$b = 4.27 \%$$

$$m = 49.99 \%$$

$$x = (b-m)/(b-a)$$

$$x = 0.48 \text{ agregado fino}$$

$$1-x = 0.52 \text{ agregado grueso}$$

DETERMINACION EN VOLUMEN PARA 1 m³

		Peso kg	Volumen	
AGUA	216.9/1000	216,9	0,2169	
CEMENTO	363.5/(2.86*1000)	363,5	0,127	
AIRE			0,025	0.3689
AG. FINO	Peso Ag.F sss	791,13	0,303	
AG. GRUESO	Peso Ag.G sss	897,7	0,328	
		2271,23	1,00	

Ag F sss 48% en Volumen

Ag G sss 52% en Volumen

Volumen faltante que lo debe cubrir los agregados

$$1 - 0,3689 = 0,6311$$

Determinación del volumen de Ag F

$$0.6311 \text{-----} 100\%$$

$$x \quad \quad 48\%$$

Determinacion del peso Ag.fino

Peso= Peso especifico X volumen

$$\text{Peso} = 2,611 \times 1000 \times 0.303 = 791,13 \text{ kg/m}^3$$

VALORES DE DISEÑO EN CONDICIONES SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO

MATERIALES	PESO Kg / m ³
CEMENTO	363.5
AGREGADO FINO	791.13
AGREGADO GRUESO	897.7
AGUA	216.9

CORRECCION POR HUMEDAD

PESO MATERIAL SSS KG/M2	HUMEDA D %	ABSORCION %	HUMEDAD MENOS ABSORCION	AGUA	PESO MATERIAL CORREGIDO KG/M3
AG. FINO 791.13	0.301	2.249	-1.949	-15.4	775.73
AG. GRUESO 897.7	0.050	0.780	-0.73	-6.55	891.15
			SUMA	- 21.95	
AGUA 216.9					238.89

VALORES DE DISEÑO EN CONDICIONES DE APILAMIENTO

MATERIALES	PESO Kg / m ³
CEMENTO	363,5
AGREGADO FINO	775,73
AGREGADO GRUESO	891,15
AGUA	238,89

COMPARACION DE DISEÑOS

MATERIAL	SSS KG/M3	APILAMIENTO KG/M3
CEMENTO	363.5	363.5
AG. FINO	791.13	775.73
AG. GRUESO	897.7	891.15
AGUA	216.9	238.89

DISEÑO CORREGIDO POR HUMEDAD

	Kg /m ³	
Cemento	363.5	Kg /m ³
Ag. Fino Ag.	775.73	Kg /m ³
grueso Agua	891.15	Kg /m ³
efectiva	238.89	L /m ³

DOSIFICACION EN PESO

$$\frac{363.5}{363.5} \quad \frac{775.73}{363.5} \quad \frac{891.15}{363.5}$$

$$1 \quad : \quad 2.13 \quad : \quad 2.45$$