

**CARTILLA DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO: AGREGADOS DEL
PUNTO DE ACOPIO RODEB**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA,
MECÁNICA Y MINERALOGICA DE ARENISCAS UTILIZADAS PARA
CONSTRUCCION DE LA ZONA FRANCA DE TOCANCIPÁ, EN LA CANTERA
RODEB Y ACOPIOS - SECTOR HATO GRANDE – SOPÓ**

DOCENTES:

FERNEY OSWALDO PEÑA REY. Ingeniero Civil M.Sc
JAVIER EDUARDO BECERRA BECERRA. Geólogo D.Sc

ANGIE CRISTINA CULMA PIRABÁN. Estudiante
PAUL NICOLAS HERRERA BENAVIDES. Estudiante
DANIELA CAMILA ROCHA VARGAS. Estudiante
FAINDRY JULIETH ROJAS FARFÁN. Estudiante

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C.

2017

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
SUJETOS DE INVESTIGACIÓN	4
DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO	4
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	7
PROCEDIMIENTO	7
Densidad de agregados finos	8
Densidad de agregados gruesos.	9
Granulometría y módulo de finura	11
DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO WALKER	14
1) Datos iniciales	14
2) Resistencia promedio requerida	14
3) Contenido de agua.	15
4) Contenido de aire.	15
5) Relación agua/cemento	16
6) Contenido de cemento	17
7) Factor de uso del cemento por m ³	17
8) Volumen de los componentes de la pasta de cemento por m ³	17
9) Volumen del agregado	18
10) Porcentaje de agregado fino.	18
11) Volúmenes de agregados finos y gruesos m ³	19
12) Peso de agregados	20
13) Diseño del concreto seco por m ³	20
14) Humedad de los áridos.	20
15) Humedad superficial.....	21
16) Corrección por humedad.....	22
17) Aporte de agua a la mezcla.....	23
18) Dosificación de la mezcla.....	23
BIBLIOGRAFÍA	24

INTRODUCCIÓN

El concreto es una mezcla compuesta de materiales naturales y artificiales, que depende de las propiedades físicas y químicas de los elementos tales como el cemento, agua y agregados pétreos. La trabajabilidad y resistencia del concreto viene dada directamente por las proporciones obtenidas en los diseños de mezclas, las cuales varían de acuerdo a las propiedades físicas de sus agregados.

Un diseño adecuado de mezcla de concreto bajo cualquiera de las metodologías técnicas, garantiza que los elementos estructurales a base de este material, alcancen las resistencias esperadas bajo la demanda de cargas de la estructura. De ahí su importancia en el diseño estructural.

De acuerdo con lo anterior, este documento en formato de cartilla, tiene como objetivo socializar a la comunidad de Tocancipá, la metodología de Walker para el diseño de mezclas de concreto con resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa, empleando, los agregados del punto de acopio Rodeb en Sopó, Cundinamarca.

Este cartilla es un producto de investigación desarrollado en el proyecto: Caracterización físico-química, mecánica y mineralógica de areniscas utilizadas para construcción de la zona franca de Tocancipá, en la cantera Rodeb y Acopios - Sector Hato Grande – Sopó, liderado por el Geólogo Ph.D Javier Eduardo Becerra Becerra y con la participación como coinvestigadores de los ingenieros Ferney Oswaldo Peña (M.Sc) y Rubby Stella Pardo Pinzón (M.Sc).

SUJETOS DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la investigación se toman agregados pétreos finos y gruesos del punto de acopio Rodeb del municipio de Sopó, en Cundinamarca. A partir de los agregados estudiados, se procede a elaborar el diseño de mezcla para obtener resistencias de 21 MPa y 28 MPa.

DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

La presente cartilla se elabora en el marco de la investigación titulada “Caracterización físico-química, mecánica y mineralógica de areniscas utilizadas para construcción de la zona franca de Tocancipá, en la cantera Rodeb y Acopios - Sector Hato Grande – Sopó”. Los resultados relacionados con el diseño del concreto empleado y que son producto de esta investigación, se encuentran consignados en esta cartilla a forma de guía para la dosificación de mezclas de concreto empleando para su diseño el método Walker.

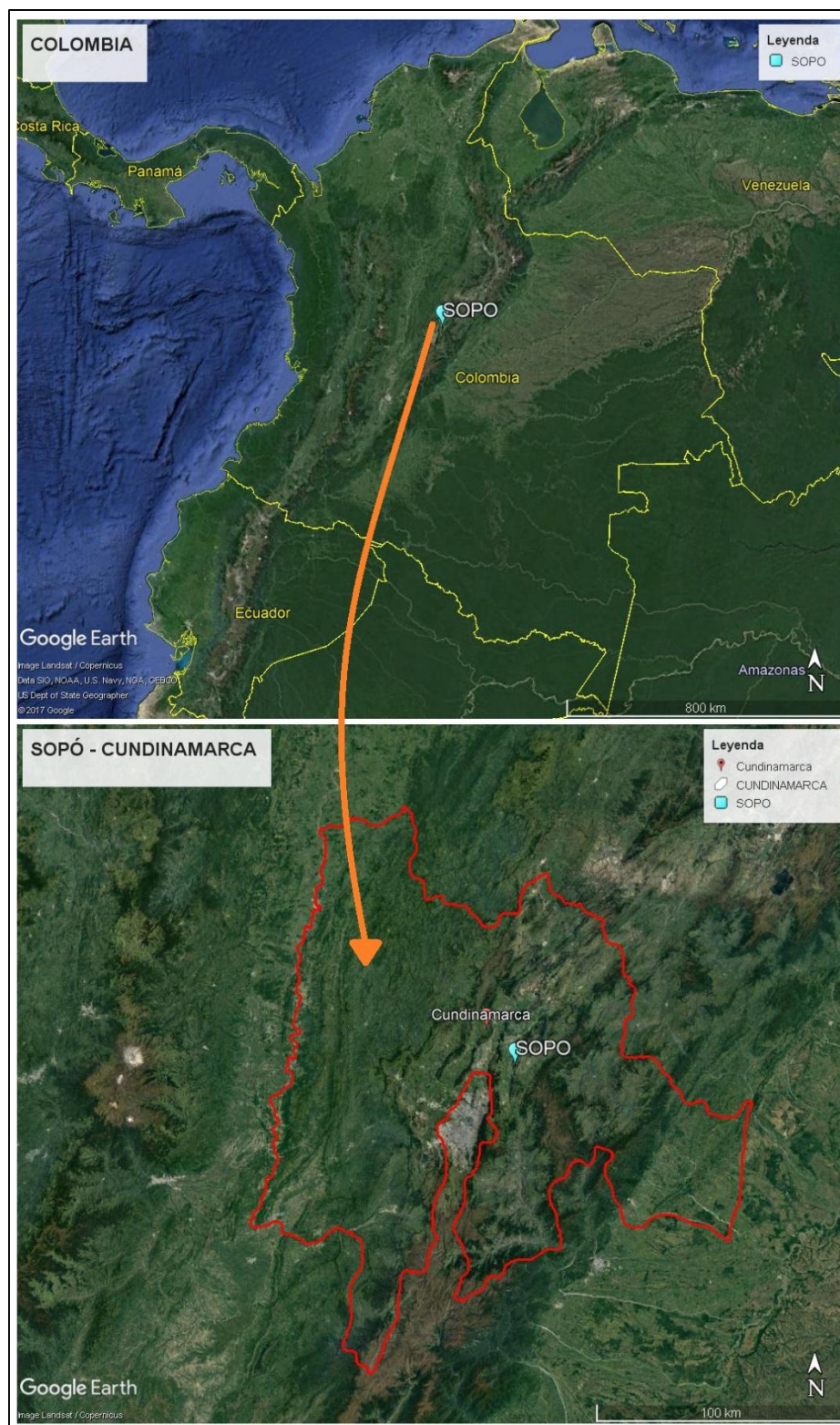
El método Walker fue desarrollado por el profesor norteamericano Stanton Walker, el cual considera como fundamento de su método que la proporción de agregado fino y grueso está en función de las siguientes variables (Villacorta, 2013):

- Peso específico de los agregados
- Porcentaje de absorción de los agregados
- Contenido de humedad de los agregados
- Módulo de finura de los agregados
- Tamaño máximo nominal
- Tipo y peso específico del cemento

En este método se calcula la cantidad de agregado fino para determinar posteriormente el contenido de agregado grueso por diferencia de unidad (Dimezco, 2010).

Para ejemplificar el desarrollo del método de diseño, se emplean los agregados pétreos objeto de la investigación, tomados del punto de acopio Rodeb, localizado en Sopó – Cundinamarca.

Figura 1. Localización del municipio en el que se localiza la cantera de la cual se tomaron los agregados sujetos de investigación.



Fuente: Imágenes tomadas de Google Earth

Teniendo presente que la mezcla de concreto requiere además de agua, arena y gravilla para su elaboración, en la investigación se empleó arena de río y gravilla de 1/2" tomados del punto de acopio y provenientes de las zonas del Carmen de Carupa y Gachetá, municipios anexos al departamento de Cundinamarca.

Figura 2. Localización del punto de acopio Rodeb y los agregados tomados.



Fuente: Imágenes tomadas de Google Earth

Las coordenadas de la zona en la cual fueron tomados los agregados en el punto de Acopio Rodeb se muestran a continuación:

Tabla 1. *Coordenadas de los agregados del punto de acopio Rodeb*

COORDENADAS AGREGADOS		
Arena de río	Altura	2585 m
	Latitud	4°55'25.17"N
	Longitud	73°59'46.18"O
Gravilla de ½"	Altura	2590
	Latitud	4°55'24.60"N
	Longitud	73°59'45.70"O

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Para el desarrollo de la investigación y del diseño de la mezcla según el método Walker, se elaboraron diferentes ensayos de caracterización física de los agregados, dentro de los cuales se encuentran:

- Densidad de agregados finos y gruesos
- Granulometría
- Módulo de finura
- Contenido de humedad de los agregados
- Absorción de los agregados.

Los ensayos se realizaron de acuerdo a lo descrito en la Norma Técnica Colombiana – NTC y los instrumentos empleados varían de acuerdo con lo descrito en cada ensayo.

PROCEDIMIENTO

A continuación se describen detalladamente los ensayos realizados de caracterización física para los agregados pétreos del centro de acopio Rodeb y los resultados obtenidos a partir de cada uno.

Densidad de agregados finos

De acuerdo con lo establecido en la norma NTC 237 “Ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado fino” los materiales y equipos que se requieren para el desarrollo del ensayo son:

- Balanza
- Picnómetro
- Matraz
- Molde cónico y pisón.
- Horno

Para realizar el ensayo es necesario secar la muestra en el horno y cuando el material se encuentre manejable, sumergirlo en agua durante 24 horas. Posteriormente se retira el agua y se extiende la muestra sobre una superficie plana con el fin de que las partículas se sequen hasta llegar al estado SSS (Saturado Superficialmente Seco). Para establecer si la muestra se encuentra realmente en el estado SSS, se realiza un tanteo con el molde cónico, tomando el molde con el diámetro mayor apoyado sobre la superficie y llenándolo con el material, posteriormente se apisona el agregado, empleando el pisón descrito en la norma y aplicando 25 golpes. Se levanta el molde y en caso de que la muestra mantenga su forma cónica con derrumbes parciales, se establece que se encuentra en el estado SSS.

Figura 3. Materiales y procedimiento realizado en el ensayo de densidad de agregados finos (NTC 237)



En la norma se describe el procedimiento gravimétrico y volumétrico para el desarrollo del ensayo. En este caso el procedimiento empleado fue el gravimétrico, el cual consiste en llenar un picnómetro parcialmente con agua, e introducir 500 gramos del agregado fino que se encuentre en el estado SSS. A continuación, se llena el picnómetro con un poco más de agua, y se agita. Se eliminan las burbujas de aire y se ajusta la temperatura del agua a 23°C aproximadamente. Luego se determina la masa total del picnómetro, la muestra y el agua (C). Una vez se obtiene este valor se extrae el material del picnómetro, se deja secar a 110 ±5°C y se determina su masa (A). Finalmente se determina la masa del picnómetro lleno de agua a 23±2°C (B). Con los valores obtenidos es posible determinar la densidad y la absorción del material de acuerdo con las ecuaciones establecidas en la norma. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Tabla 2. Resultados obtenidos de gravedad específica y absorción de agregados finos.

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS		
Masa de la muestra (S)	500,00	g
Masa del picnómetro+agua (B)	495,06	g
Masa picnómetro+muestra+agua (C)	800,32	g
Masa muestra seca (A)	497,81	g
Gravedad específica bulk](Gsb)	2,56	
Gravedad específica bulk saturada y superficialmente seca (Gsb sss)	2,57	
Gravedad específica aparente (Gsa)	2,59	
Absorción	0,44	%

Densidad de agregados gruesos.

Según la norma NTC 176 - “Ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso”, el equipo necesario para el desarrollo del mismo es:

- Balanza
- Canastillas metálicas
- Tanque de agua
- Dispositivo de suspensión
- Tamices
- Horno

Figura 4. Materiales y procedimiento realizado en el ensayo de densidad de agregados gruesos (NTC 176)



Para el desarrollo del ensayo se realiza el cuarteo de los agregados de acuerdo con lo establecido en la norma NTC 3674, y se procede a lavar y tamizar la muestra para realizar el ensayo con el material retenido en el tamiz No. 4.

Posteriormente se seca la muestra en el horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ y cuando se encuentre a temperatura ambiente, se sumerge en agua durante 24 ± 4 horas. Se extrae el agua y se toman el material secándolo levemente el agua superficial con un paño, logrando así la condición saturada y superficialmente seca (SSS). Una vez en este estado se determina su masa (B).

Seguidamente se sumerge la muestra en agua empleando para ello la canastilla metálica y se determina su masa en agua a una temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ (C). Finalmente se seca la muestra en el horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$, se deja enfriar y se determina su masa (A).

Con los valores obtenidos se calcula la densidad y la absorción del material de acuerdo a los cálculos descritos en la norma. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Tabla 3. Resultados obtenidos de gravedad específica y absorción de agregados finos.

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS		
W_{inicial}	3000,00	g
$W_{\text{SSS}}_{\text{(aire)}} \text{ (B)}$	2926,90	g
$W_{\text{SSS}}_{\text{(agua)}} \text{ (C)}$	1856,50	g
$W_{\text{SSS}}_{\text{(seco)}} \text{ (A)}$	2920,00	g
Gravedad específica bulk (Gsb)	2,73	
Gravedad específica bulk sss (Gsb_{sss})	2,73	
Gravedad específica aparente (Gsa)	2,75	
% Absorción	0,24	%

Granulometría y módulo de finura.

En la norma NTC 77 - “Ensayo de análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos” se establece el equipo necesario para determinar la granulometría y el módulo de finura, dentro de los cuales se encuentran:

- Balanzas
- Tamices
- Horno

Para realizar el ensayo se debe secar la muestra previamente, tanto los agregados finos como los agregados gruesos a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Para este fin se toman mínimo 300 g de agregado fino, y 2kg de agregado grueso según la norma.

Figura 5. Materiales y procedimiento realizado en el ensayo de granulometría (NTC 77)



Se continúa con el ensayo seleccionando el grupo de tamices a emplear que permitan obtener la información requerida. En este caso se emplearon los tamices de 1", ¾", ½", 3/8", N° 4, N° 8, N°10, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200, ya que además de la granulometría se determinará el módulo de finura. Se acomodan los tamices en orden decreciente y se vierte la muestra, agitando los tamices para garantizar que los agregados queden correctamente retenidos según su tamaño.

Posteriormente se determina la masa retenida en cada tamiz empleando la balanza, verificando que la masa total sea congruente con la masa empleada en el inicio del ensayo. Se calcula el porcentaje que pasa y el porcentaje retenido para obtener la gráfica de granulometría.

Los resultados obtenidos en el ensayo se muestran a continuación:

Figura 6. Resultados obtenidos de granulometría.

GRANULOMETRÍA						
Peso Muestra Total			3756,2		Kg	
Abertura Tamiz		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (gr)		% Retenido	% Pasa
UNE mm	ASTM N°	Arena + Grava + Gravilla	Arena	Grava + Gravilla		
25	1"	0,00		0,00	0,00	100,00
19,5	3/4 " (19,05 mm)	0,00		0,00	0,00	100,00
12,5	1/2 " (12,7 mm)	182,80	0,00	182,80	4,87	95,13
9,5	3/8 " (9,525 mm)	614,60	0,00	614,60	16,36	78,77
5	N° 4 (4,75 mm)	1655,00	8,90	1646,10	44,06	34,71
2,5	N° 8 (2,36 mm)	573,60	363,10	210,50	15,27	19,44
1,75	N° 10	119,50	114,50	5,00	3,18	16,26
1,25	N° 16 (1,19 mm)	187,60	181,90	5,70	4,99	14,45
0,63	N° 30 (0,59 mm)	177,80	172,30	5,50	4,73	9,71
0,32	N° 50 (0,297 mm)	123,20	112,40	10,80	3,28	6,43
0,16	N° 100 (0,15 mm)	84,60	59,40	25,20	2,25	4,18
0,075	N° 200 (0,075 mm)	29,30	19,00	10,30	0,78	3,40
	Fondo	8,20	5,00	3,20	0,22	3,18

A partir de los datos obtenidos es posible elaborar la curva granulométrica como se observa a continuación.

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO WALKER

Empleando los datos obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio fue posible elaborar el diseño de la mezcla para resistencias de 21 y 28 MPa empleando los agregados del punto de acopio Rodeb. A continuación, se describe el procedimiento para obtener la dosificación de cada material.

1) Datos iniciales

Los datos iniciales que se tienen en cuenta para el desarrollo del método se exponen a continuación:

Tabla 5. Datos iniciales para el desarrollo del método Walker para una resistencia de 21Mpa.

DATOS INICIALES		
Cemento Portland tipo I		
P _{CEMENTO}	3000	Kg/m ³
P _{AGUA}	1000	kg/m ³
P _{ARIDO FINO}	0,000	gr/cm ³
P _{ARIDO GRUESO}	0,000	gr/cm ³
Resistencia a la compresión del concreto f'_c	210	Kg/cm ²
Asentamiento o slump	3	in
Agregado triturado		
Concreto sin aire incorporado		

2) Resistencia promedio requerida.

El método se inicia determinando la resistencia promedio requerida para obtener los resultados esperados, de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 6. Resistencia promedio requerida.

f'_c	f'_{cr}
$< 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_c + 70$
$210 - 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_c + 84$
$< 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_c + 98$

Con base en esto, la resistencia promedio requerida para 21 MPa es de 294 Kg/cm².

3) Contenido de agua.

El contenido de agua se determina teniendo en cuenta el tamaño máximo nominal, que en este caso es de ½", de acuerdo con lo establecido en la siguiente tabla.

Tabla 7. Contenido de agua de la mezcla.

Tamaño Máximo Nominal (in)	Volúmen Unitario de Agua (lts/m ³)					
	Asentamiento 1" - 2"		Asentamiento 3" - 4"		Asentamiento 6" - 7"	
	Redondeado	Triturado	Redondeado	Triturado	Redondeado	Triturado
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1,5"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Teniendo en cuenta que el asentamiento obtenido fue de 3" y que el agregado es triturado, se requieren 216 litros de agua.

4) Contenido de aire.

El contenido de aire se determina de acuerdo con el tamaño máximo nominal, por lo cual, en este caso el contenido de aire es de 2,5%.

Tabla 8. Contenido de aire atrapado en la mezcla.

Tamaño Máximo Nominal de Agregado (in)	Aire Atrapado	
3/8"	3,00	%
1/2"	2,50	%
3/4"	2,00	%
1"	1,50	%
1 1/2"	1,00	%
2"	0,50	%
3"	0,30	%
4"	0,20	%

5) Relación agua/cemento.

A partir del valor de la resistencia promedio requerida, y de acuerdo con los valores establecidos en la siguiente tabla, es posible establecer el concreto sin aire incorporado, tal como se muestra a continuación.

Tabla 9. Relación agua/cemento de la mezcla.

f'c Kg/cm ²			Relación Agua / Cemento en Peso		
			Concreto Sin Aire Incorporado		
150			0,8		
200			0,7		
250			0,62		
300			0,55		
350			0,48		
400			0,43		
450			0,38		
a/c	250	0,62	a/c	0,5584	%
	294	x			
	300	0,55			

Al realizar interpolación para el concreto sin aire incorporado con una resistencia de 21 MPa se obtuvo una relación de 0,56%.

6) Contenido de cemento

Despejando el contenido de cemento de la relación agua/cemento con el valor de concreto sin aire incorporado, se obtiene que se requiere 386,8 kg/m³, como se observa.

$$c = \frac{a}{\text{concreto sin aire incorporado}} \quad (1)$$

Donde:

c =contenido de cemento

a =contenido de agua

$$c = \frac{216}{0,558} = 386,8 \frac{kg}{m^3}$$

7) Factor de uso del cemento por m3

El contenido de cemento indica los kilogramos de cemento que son necesarios para un metro cúbico de concreto. Pasando este valor a sacos (1 saco = 50kg), se obtiene que para la mezcla se requieren 7,74 sacos por metro cúbico de concreto.

$$F_{cem} = \frac{c}{kg_{cem}/saco} \quad (2)$$

Donde:

F_{cem} = Factor de uso del cemento por m³

c =contenido de cemento

$kg_{cem}/saco$ = kilogramos por saco

$$F_{cem} = \frac{386,8 \text{ kg/m}^3}{50 \text{ kg/saco}} = 7,74 \text{ sacos/m}^3$$

8) Volumen de los componentes de la pasta de cemento por m3

Se determina el volumen de los componentes de la pasta de cemento de acuerdo con las ecuaciones que se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 10. Volumen de cemento agua y aire por m³.

VOLÚMEN DE LOS COMPONENTES DE LA PASTA DE CEMENTO POR m³		
$V_{\text{cemento}} = m_{\text{cemento}} / \rho_{\text{cemento}} \quad (3)$	0,129	m ³
$V_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} / \rho_{\text{agua}} \quad (4)$	0,216	m ³
V_{aire}	0,025	m ³
$V_{\text{CEMENTO} + \text{AGUA} + \text{AIRE}}$	0,370	m ³

Los valores empleados para los cálculos fueron los datos presentados al inicio del método, que se muestran de nuevo a continuación:

$$m_{\text{cemento}} = 386,8 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{cemento}} = 3000 \text{ kg/m}^3$$

$$m_{\text{agua}} = 216 \text{ kg}$$

$$\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{\text{aire}} = \text{valor obtenido en el paso 3}$$

9) Volumen del agregado

Conociendo el volumen de la pasta de cemento que se requiere para obtener un metro cúbico de concreto, es posible determinar que el volumen de los agregados es de 0,63 m³.

$$V_{\text{agregado}} = 1\text{m}^3 - V_{\text{cemento}} + V_{\text{agua}} + V_{\text{aire}} \quad (5)$$

$$V_{\text{agregado}} = (1 - 0,129 - 0,216 - 0,025)\text{m}^3 = 0,63 \text{ m}^3$$

10) Porcentaje de agregado fino.

Teniendo en cuenta que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de ½", que es un agregado triturado, que el módulo de finura es de 2,78, y que el factor de uso del cemento calculado fue de 7,74 sacos/m³, se realizó la interpolación doble que permitió obtener el porcentaje de agregado fino, cuyo valor es de 0,48%.

Tabla 11. Porcentaje de agregado fino en la mezcla de concreto, método Walker.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Agregado Redondeado				Agregado Triturado			
	Factor de uso del Cemento (sacos/m3)				Factor de uso del Cemento (sacos/m3)			
	5	6	7	8	5	6	7	8
Agregado Fino (Modulo de Finura o Modulo Granulométrico) de 2,3 a 2,4								
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/8"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	32	47	44	42	40
1 1/2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
Agregado Fino (Modulo de Finura o Modulo Granulométrico) de 2,6 a 2,7								
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/8"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	38	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1/2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38
Agregado Fino (Modulo de Finura o Modulo Granulométrico) de 3,0 a 3,1								
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1/8"	59	56	53	50	70	66	62	59
3/4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1"	47	44	41	38	55	52	49	46
1 1/2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42

Fuente: (Pérez, s.f.)

11) Volúmenes de agregados finos y gruesos m³.

A partir del porcentaje de agregados y le porcentaje de agregados finos obtenidos anteriormente, es posible establecer los volúmenes de agregados finos y gruesos requeridos para elaborar un metro cúbico de muestra.

Tabla 12. Volumen de agregados finos y gruesos en m³.

VOLÚMENES AGREGADOS FINOS Y GRUESOS m ³		
$V_{\text{AGREGADO FINO}} = \%_{\text{AGREGADO FINO}} * V_{\text{AGREGADO}} \text{ (5)}$	0,303	m ³
$V_{\text{AGREGADO GRUESO}} = V_{\text{AGREGADO}} - V_{\text{AGREGADO FINO}} \text{ (6)}$	0,327	m ³

12) Peso de agregados

Conociendo el volumen de agregados calculados anteriormente es posible obtener el peso de los mismos.

Tabla 13. Peso de los agregados en Kg para la mezcla de concreto.

PESO DE AGREGADOS Kg		
$P_{\text{SECO ARIDO FINO}} = V_{\text{AGREGADO FINO}} * P_{\text{AGREGADO FINO}} (7)$	783,96	Kg
$P_{\text{SECO ARIDO GRUESO}} = V_{\text{AGREGADO GRUESO}} * P_{\text{AGREGADO GRUESO}} (8)$	897,36	Kg

Los valores de densidad para los cálculos corresponden a los datos presentados al inicio del método, que se muestran de nuevo a continuación:

$$\rho_{\text{Agregado fino}} = 2585 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_{\text{Agregado grueso}} = 2746 \text{ gr/cm}^3$$

13) Diseño del concreto seco por m³.

Haciendo un resumen de los valores obtenidos, se establece el diseño del concreto seco para un metro cúbico de mezcla.

Tabla 14. Diseño del concreto seco por m³

DISEÑO DEL CONCRETO SECO POR m ³		
CEMENTO (Paso 5)	386,8	Kg
AGUA (Paso 2)	216,0	Lt
ARIDO FINO (Paso 11)	784,0	Kg
ARIDO GRUESO (Paso 11)	897,4	Kg

14) Humedad de los áridos.

Para determinar la humedad de las arenas y de las gravas, se toma una muestra de los agregados, se determina su masa y posteriormente se introduce en el horno a una temperatura de 110°C. Después de aproximadamente 24 horas se determina el peso de los agregados secos y a partir de los datos registrados que se muestran

a continuación se obtiene el contenido de humedad empleando para ello la ecuación 9.

Tabla 15. Datos obtenidos en laboratorio para determinar la humedad de las arenas y las gravas

MATERIAL	PESO	UN
PESO MASA HUMEDA ARENAS	300,02	gr
PESO MASA SECA ARENAS	295,15	gr
PESO MASA HUMEDA GRAVAS	300,03	gr
PESO MASA SECA GRAVAS	299,35	gr

$$W\% = \frac{Peso_{masa\ humeda} - Peso_{masa\ seca}}{Peso_{masa\ seca} - Peso_{recipiente}} \quad (9)$$

Los resultados obtenidos son:

Tabla 16. Humedad de los agregados pétreos.

HUMEDAD AGREGADOS		
W_{ARENAS}	1,65	%
W_{GRAVAS}	0,23	%

15) Humedad superficial

Para determinar la humedad superficial de los agregados se emplea la siguiente ecuación:

$$Humedad\ superficial = \%w - \%Absorción \quad (10)$$

El porcentaje de absorción se determinó siguiendo el procedimiento descrito en la norma NTC 237 “Método para determinar la densidad y la absorción del agregado fino” y la norma NTC 176 “Método para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso”. Los resultados obtenidos fueron:

Tabla 17. Porcentaje de absorción de los agregados pétreos.

ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS		
ABSORCIÓN DE LA ARENA $_{ABS\ ARENA}$	0,44	%
ABSORCIÓN DE LA GRAVA $_{ABS\ GRAVA}$	0,24	%

De acuerdo con la ecuación 10, la humedad superficial para los agregados finos y gruesos es:

Tabla 18. Humedad superficial de los agregados.

HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS		
HUMEDAD SUPERFICIAL _{ARENAS}	1,21	%
HUMEDAD SUPERFICIAL _{GRAVAS}	-0,01	%
SUMA	1,20	%

16) Corrección por humedad.

Teniendo en cuenta los valores de humedad de los agregados, se realiza la corrección por humedad de la cantidad de kg necesarios de agregados finos y gruesos necesarios para la elaboración de un metro cúbico de concreto con resistencia de 21Mpa. Para ello se emplean las siguientes ecuaciones.

$$A_{fino} = \text{Peso seco arido fino} \times \left(\frac{W_{arenas\%}}{100} + 1 \right) \quad (11)$$

$$A_{grueso} = \text{Peso seco arido grueso} \times \left(\frac{W_{grueso\%}}{100} + 1 \right) \quad (12)$$

Los cálculos realizados y los valores obtenidos se presentan a continuación:

$$A_{fino} = 783,96 \times \left(\frac{1,65}{100} + 1 \right)$$

$$A_{fino} = 897,36 \times \left(\frac{0,23}{100} + 1 \right)$$

Tabla 19. Peso de los agregados para un metro cúbico de concreto, con corrección por humedad.

CORRECCIÓN POR HUMEDAD		
A _{FINO}	796,89	Kg
A _{GRUESO}	899,40	Kg

17) Aporte de agua a la mezcla.

Para determinar el agua que los agregados aportan a la mezcla y realizar la corrección de la cantidad de agua que requiere la misma se emplean las siguientes ecuaciones.

$$A_{fino} = \text{humedad superficial arenas} \times \left(\frac{A_{fino \text{ corregido por humedad}}}{100} \right) \quad (13)$$

$$A_{grueso} = \text{humedad superficial gravas} \times \left(\frac{A_{grueso \text{ corregido por humedad}}}{100} \right) \quad (14)$$

Los resultados obtenidos son:

Tabla 20. Aporte de agua de los agregados a la mezcla de concreto.

APORTE DE AGUA A LA MEZCLA		
MATERIAL	CANTIDAD	UN
A _{FINO}	10	Kg
A _{GRUESO}	-0,08	Kg
SUMA	10	Lt
AGUA	206	Lt

Teniendo en cuenta que los agregados aportan 10 lts a la mezcla, ya no se deben mezclar 216 litros de agua como se había establecido anteriormente, sólo se deben emplear 206 litros.

18) Dosificación de la mezcla.

De acuerdo con los resultados obtenidos, las proporciones que se deben emplear de cada material para obtener un metro cúbico de concreto con resistencia de 21 Mpa son:

Tabla 21. Dosificación de la mezcla para 21Mpa.

DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA			
CEMENTO (Kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA (Lts)
386,8	796,89	899,40	206

O una proporción **1 : 2,06 : 2,33**.

De igual forma se realiza el procedimiento para 28 Mpa, con los mismos datos iniciales presentados al principio del método, cambiando únicamente la resistencia a la compresión del concreto. Los resultados obtenidos para esta resistencia fueron los siguientes.

Tabla 22. Dosificación de la mezcla para 28Mpa.

DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA			
CEMENTO (Kg)	AGREGADO FINO (Kg)	AGREGADO GRUESO (Kg)	AGUA (Lts)
463,5	715,82	913,94	207

O una proporción **1 : 1,54 : 1,97**.

BIBLIOGRAFÍA

- Dimezco, 2. (2010). *Manual de diseño de mezclas*. Obtenido de Método Walker: <https://es.scribd.com/document/181327593/Manual-de-Diseno-de-Mezclas-Metodo-de-Walker>
- Huertas Campos, C. A. (2013). *Diseño de mezclas de concreto*. Lima.
- Pérez, R. A. (s.f.). *Guía 7: Práctica de diseño de mezcla del concreto en masa*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Villacorta, J. (03 de Octubre de 2013). *Diseño de mezclas de concreto*. Obtenido de Método Walker: <https://es.slideshare.net/jaimexxxx/diseo-de-por-el-metodo-walker>