

CAPÍTULO 5

EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLAS POR EL MÉTODO ACI

Ejercicios de diseños de mezcla

Ejemplos del proceso de diseño de mezclas

A continuación se proponen cinco situaciones que requieren del diseño de mezclas y cuya solución se obtiene aplicando los métodos mencionados en los capítulos que preceden este apartado. Se aborda lo referente a la determinación de las cantidades de agua, agregados y aditivos, se calculan humedades y se estiman tiempos de procesamiento.

EJEMPLO 1

Se requiere realizar un diseño de mezcla para fundir columnas. La resistencia requerida (f'_{cr}) para los elementos corresponde a 28 MPa, teniendo en cuenta que estos elementos no estarán expuestos a condiciones especiales.

En ensayos realizados a los materiales, los agregados se encontraban en los límites granulométricos señalados por la NTC correspondiente, además de no presentar impurezas considerables, contando con sanidad y resistencia propia adecuada para ser utilizados en concretos, además en ensayos se obtuvieron los siguientes resultados:

Propiedades físicas	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso
Densidad aparente (Kg/m ³)	3150	2500	2600
Peso unitario seco compactado (Kg/m ³)	-	-	1550
Humedad natural (%)	-	3,0	0,5
Absorción (%)	-	2,0	1,2
Módulo de finura	-	2,6	-
Tamaño nominal máximo (mm)	-	-	19

- Realizar el diseño de mezcla.

Solución:

1. Debido a que los elementos a fundir son columnas, se requiere que la mezcla presente una consistencia fluida, por lo que de acuerdo a la tabla 2.1, se elige un asentamiento de 75 a 100 mm.
2. El tamaño nominal máximo del agregado según los ensayos es de 19 mm.
3. La cantidad de agua y aire en la mezcla se estima de 202,2 litros de agua y un valor de 2% teórico de aire por m³, de acuerdo a la tabla 2.2.
4. La resistencia requerida (f'_{cr}) es de 28 MPa, que en la tabla 2.3 corresponde a un valor de 0,47 para cementos nacionales.
5. Utilizando la ecuación 2.2, se realiza el cálculo del cemento de la siguiente manera:

$$C_i = \frac{a}{a/C} = \frac{202,2 \text{ l} \times 0,99 \text{ kg/l}}{0,47} = 425,91 \text{ kg}$$

6. Con un módulo de finura de 2,6 y un tamaño nominal máximo de 19 mm, de acuerdo a la tabla 2.5, se estima un volumen de agregado grueso compactado de 0,64 por unidad de volumen.
7. El cálculo del agregado fino se realiza por la metodología del volumen absoluto, pues ofrece mayor exactitud en el cálculo de los volúmenes de materiales, mediante la ecuación 2.4.

$$V = \frac{W}{D}$$

- Volumen de cemento:

$$V_{Grueso} = \frac{425,91 \text{ kg}}{3150 \text{ kg/m}^3} = 0,1352 \text{ m}^3$$

- Volumen de agua:

$$V_{Agua} = 202,21 \times 0,99 \text{ kg/m}^3$$

- Volumen de agregado grueso:

$$V_{Grueso} = \frac{1550 \text{ kg/m}^3 \times 0,64 \text{ m}^3}{2600 \text{ kg/m}^3} = 0,3815$$

- Volumen de aire (teórico), mediante la ecuación 2.5:

$$V_{Aire} = 0,02 \times 1 \text{ m}^3 = 0,02 \text{ m}^3$$

- Volumen de agregado fino:

$$V_{Fino} = 1 \text{ m}^3 - 0,1352 \text{ m}^3 - 0,2022 \text{ m}^3 - 0,3815 \text{ m}^3 - 0,02 \text{ m}^3$$

$$V_{Fino} = 0,2611 \text{ m}^3$$

Una vez hallado el volumen de arena, se hace una primera estimación de la cantidad de materiales en peso:

Material	Densidad (Kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (Kg)
Cemento	3150	0,1352	425,91
Agua	997,5	0,2022	201,69
Agregado grueso	2600	0,3815	991,90
Agregado fino	2500	0,2611	652,75
Aire	-	0,0200	-
Total		1	2.299,25

8. Los ajustes por humedad se realizan de acuerdo a las condiciones de humedad de los agregados:

Material	% absorción	% humedad	% absorción - humedad
Agregado grueso	1,2	0,5	0,7
Agregado fino	2,0	3,0	-1,0

Según lo calculado anteriormente, el agregado grueso presenta una humedad inferior a su absorción, por lo que hay que adicionar a la mezcla agua para satisfacer tal absorción.

Por otra parte, el agregado fino presenta una humedad superior a su absorción, esto debido a la interacción partícula-agua, por lo que hay que calcular el agua en exceso, que puede afectar la relación a/c , su resistencia y la trabajabilidad deseada en la mezcla. Se calcula como se muestra a continuación:

Material	Peso por m ³ (Kg)	% absorción - humedad	Agua en exceso o adición
Agregado grueso	991,90	0,7	6,94
Agregado fino	652,75	-1,0	-6,52

Con el ajuste por humedades el agua de mezclado sería:

$$\text{Agua de mezclado} = 201,69 \text{ kg} + 6,94 \text{ kg} - 6,52 \text{ kg}$$

$$\text{Agua de mezclado} = 202,11 \text{ kg}$$

Puesto que se calculó el agua en adición o en exceso para mezclas con agregados en condición de humedad natural, se procede a calcular la cantidad en peso de los agregados en esta condición:

Material	Peso por m ³ seco (Kg)	% humedad	Peso por m ³ húmedo (Kg)
Agregado grueso	991,90	0,5	996,85
Agregado fino	652,75	3,0	672,33

Finalmente, las cantidades iniciales para un m³ de la mezcla, con agregados en condición de humedad natural son:

Cemento (kg)	Agua (kg)	Agregado Fino (kg)	Agregado Grueso (kg)	Peso estimado de la mezcla (kg)
425,91	202,11	672,33	996,85	2297,2

EJEMPLO 2

Se prepararon tres muestras de mezcla para la verificación de asentamiento del diseño de mezcla del Ejemplo 1 y se pudo constatar que el asentamiento del diseño fue de 60 mm en promedio. Esto se dio por las características propias del agregado grueso como el alto porcentaje de caras fracturadas y angulares, resultando poco trabajable; por lo que se optó por realizar un ajuste a la cantidad de agua de mezclado donde se recomendaba adicionar 7 litros de agua por m³, según la tabla 2.7.

- Realizar el diseño de mezcla con el ajuste de la cantidad de agua de mezclado.

Solución:

Empezando desde el paso 3 del Ejemplo 1:

1. La cantidad de mezclado se había estimado en 202,2 litros, adicionando los 7 litros recomendados por la tabla 2.7.

$$\text{Agua de mezclado} = 202,7 + 7 = 209,7$$

2. La resistencia requerida de 28 MPa requiere una relación a/c de 0,47 para cementos nacionales.
3. Con la ecuación 2.2 se calcula la cantidad de cemento:

$$C = \frac{a}{a/C} = \frac{209,2 \text{ l} \times 0,99 \text{ kg/l}}{0,47} = 440,65 \text{ kg}$$

4. De acuerdo a la tabla 2.5, se estima un volumen de agregado grueso compactado de 0,64 por unidad de volumen.
5. Se calculan los volúmenes de materiales:

- Volumen de cemento:

$$V_{Grueso} = \frac{440,65 \text{ kg}}{3150 \text{ kg/m}^3} = 0,1398 \text{ m}^3$$

- Volumen de agua:

$$V_{Agua} = 209,21 \times 0,2092 \text{ m}^3$$

- Volumen de agregado grueso:

$$V_{Grueso} = \frac{1550 \text{ kg/m}^3 \times 0,64 \text{ m}^3}{2600 \text{ kg/m}^3} = 0,3815 \text{ m}^3$$

- Volumen de aire (teórico):

$$V_{Aire} = 0,02 \times 1 \text{ m}^3 = 0,02 \text{ m}^3$$

- Volumen de agregado fino:

$$V_{Fino} = 1 \text{ m}^3 - 0,1398 \text{ m}^3 - 0,2029 \text{ m}^3 - 0,3815 \text{ m}^3 - 0,02 \text{ m}^3$$

$$V_{Fino} = 0,2495 \text{ m}^3$$

Estimando las cantidades en peso materiales en peso:

Material	Densidad (Kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (Kg)
Cemento	3150	0,1398	440,65
Agua	997,5	0,2092	208,68
Agregado grueso	2600	0,3815	991,90
Agregado fino	2500	0,2495	623,75
Aire	-	0,0200	-
Total		1	2.264,98

Se calcula la cantidad de agua en adición o exceso.

Material	Peso por m ³ (kg)	% absorción - humedad	Agua en exceso o adición
Agregado grueso	991,90	0,7	6,94
Agregado fino	623,75	-1,0	-6,23

Con el ajuste por humedades el agua de mezclado sería:

$$\text{Agua de mezclado} = 208,68 \text{ kg} + 6,94 \text{ kg} - 6,23 \text{ kg}$$

$$\text{Agua de mezclado} = 209,39 \text{ kg}$$

Se procede a calcular la cantidad en peso de los agregados en condición de humedad natural:

Material	Peso por m ³ seco (Kg)	% humedad	Peso por m ³ húmedo (Kg)
Agregado grueso	991,90	0,5	996,85
Agregado fino	623,75	3,0	642,46

Finalmente, las cantidades iniciales para un m³ del nuevo diseño de mezcla son:

Cemento (kg)	Agua (kg)	Agregado Fino (kg)	Agregado Grueso (kg)	Peso estimado de la mezcla (kg)
440,65	209,39	642,46	996,85	2289,35

EJEMPLO 3

Se requiere realizar un diseño de mezcla de concreto de peso normal, para un elemento que requiere una resistencia especificada ($f'c$) de 21 MPa, no se cuenta con datos históricos de diseño o registro de experiencia con los materiales; se busca una mezcla con consistencia de seca a semiseca para ser utilizada como pavimento, se cuenta con la información básica de materiales agregados que cumplen con la normativa, los datos son los siguientes:

Propiedades físicas	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso
Densidad aparente (Kg/m ³)	3150	2650	2750
Peso unitario seco compactado (Kg/m ³)	-	-	1670
Humedad natural (%)	-	3,8	0,2
Absorción (%)	-	2,3	1,0
Módulo de finura	-	2,5	-
Tamaño nominal máximo (mm)	-	-	25,0

- Realizar el diseño de mezcla de concreto que cumpla con la resistencia requerida (f'_{cr}).

Solución:

1. Debido a que se requiere la mezcla con una consistencia de seca a semiseca, un asentamiento de 25 a 50 mm es apropiado.
2. El tamaño nominal máximo del agregado grueso del que se dispone es de 25 mm.
3. La cantidad de agua y aire en la mezcla se estima de 178,4 litros de agua y un valor de 1,5% teórico de aire por m^3 , de acuerdo a la tabla 2.2.
4. La resistencia especificada (f'_c) es de 21 MPa, debido a que no se tiene experiencia de diseño con los materiales, se debe determinar el valor de la resistencia requerida (f'_{cr}), según la tabla 1.18, corresponde a:

$$f'_{cr} = f'_c + 8,3$$

$$f'_{cr} = 21 + 8,3 = 29,3 \text{ MPa}$$

El valor de la relación correspondiente a 29,3 MPa puede hallarse de manera aproximada, con dos valores extremos entre los que se encuentre 29,3, con la ecuación 2.2:

$$\frac{f'_{cmáx} - f'_{cr}}{a/c_{máx} - a/c_r} = \frac{f'_{cmáx} - f'_{mín}}{a/c_{máx} - a/c_{mín}}$$

$$\frac{35 - 29,3}{0,40 - a/c_r} = \frac{35 - 28}{0,40 - 0,47}$$

$$a/c_r = 0,45$$

5. Utilizando la ecuación 2.2, se realiza el cálculo del cemento de la siguiente manera:

$$C = \frac{a}{a/c} = \frac{179,4 \text{ l} \times 0,99 \text{ kg/l}}{0,45} = 392,48 \text{ kg}$$

6. Con un módulo de finura de 2,5 y un tamaño nominal máximo de 25 mm, de acuerdo a la tabla 2.5 se estima un volumen de agregado grueso compactado de 0,70 por unidad de volumen.

7. El cálculo del agregado fino se realiza por la metodología del volumen absoluto, mediante la ecuación 2.4.

$$V = \frac{W}{D}$$

- Volumen de cemento:

$$V_{Grueso} = \frac{392,48 \text{ kg}}{3150 \text{ kg/m}^3} = 0,1246 \text{ m}^3$$

- Volumen de agua:

$$V_{Agua} = 178,41 \times 0,1784 \text{ m}^3$$

- Volumen de agregado grueso:

$$V_{Grueso} = \frac{1670 \text{ kg/m}^3 \times 0,70 \text{ m}^3}{2750 \text{ kg/m}^3} = 0,4251 \text{ m}^3$$

- Volumen de aire (teórico):

$$V_{Aire} = 0,015 \times 1 \text{ m}^3 = 0,015 \text{ m}^3$$

- Volumen de agregado fino:

$$V_{Fino} = 1 \text{ m}^3 - 0,1246 \text{ m}^3 - 0,1784 \text{ m}^3 - 0,4251 \text{ m}^3 - 0,015 \text{ m}^3$$

$$V_{Fino} = 0,2569 \text{ m}^3$$

Una vez hallado el volumen de arena, se hace una primera estimación de la cantidad de materiales en peso:

Material	Densidad (Kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (Kg)
Cemento	3150	0,1246	392,48
Agua	997,5	0,1784	177,95
Agregado grueso	2750	0,4251	1169,03
Agregado fino	2650	0,2569	680,79
Aire	-	0,0150	-
Total		1	2.420,25

8. Los ajustes por humedad se realizan de acuerdo a las condiciones de humedad de los agregados:

Material	% absorción	% humedad	% absorción – humedad
Agregado grueso	1,0	0,3	0,7
Agregado fino	2,3	3,8	-1,5

Se calcula la cantidad en peso del agua de mezclado:

Material	Peso por m ³ (kg)	% absorción – humedad	Agua en exceso o adición
Agregado grueso	1169,03	0,7	8,18
Agregado fino	680,79	-1,5	-10,21

Con el ajuste por humedades, el agua de mezclado sería:

$$\text{Agua de mezclado} = 177,95 \text{ kg} + 8,18 \text{ kg} - 10,21 \text{ kg}$$

$$\text{Agua de mezclado} = 175,92 \text{ kg}$$

Se procede a calcular la cantidad en peso de los agregados en condición de humedad natural:

Material	Peso por m ³ (kg)	% absorción – humedad	Agua en exceso o adición
Agregado grueso	1169,03	0,3	1172,53
Agregado fino	680,79	3,8	706,66

Finalmente, las cantidades iniciales para un m³ de la mezcla, con agregados en condición de humedad natural son:

Cemento (kg)	Agua (kg)	Agregado fino (kg)	Agregado grueso (kg)	Peso estimado de la mezcla (kg)
392,48	175,92	706,66	1172,53	2447,59

EJEMPLO 4

Se busca realizar un diseño de mezcla de concreto simple, para un elemento estructural que estará expuesto a condiciones de sulfatos y congelamiento; se ha previsto que la resistencia requerida para este (f'_{cr}), debe ser mínimo 30 MPa. Adicionalmente, se requiere una trabajabilidad alta para la mezcla de consistencia muy fluida. Se cuenta con la información básica de materiales agregados que cumplen con la normativa y los datos son los siguientes:

Propiedades físicas	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso
Densidad aparente (Kg/m ³)	3150	2500	2600
Peso unitario seco compactado (Kg/m ³)	-	-	1600
Humedad natural (%)	-	2,8	0,9
Absorción (%)	-	2,1	1,2
Módulo de finura	-	2,4	-
Tamaño nominal máximo (mm)	-	-	9,5

- Realizar el diseño de mezcla cumpliendo los parámetros de resistencia y durabilidad.

Solución:

1. Debido a que se requiere la mezcla con una trabajabilidad alta y una consistencia muy fluida, el asentamiento puede ser mayor a 150 mm.
2. El tamaño nominal máximo del agregado grueso del que se dispone es de 9,5 mm.
3. La cantidad de agua y aire en la mezcla se estima de 243,8 litros de agua y un valor de 3,0% teórico de aire por m³, de acuerdo a la tabla 2.2.
4. Debido a que es un elemento estructural que se encuentra expuesto a condiciones de sulfatos y congelamiento, hay dos requisitos de relación a/c mínimos, 0,5 y 0,45 respectivamente, según la tabla 2.4. Esto significa que la relación a a elegir no debe ser mayor a este valor, para el cumplimiento de ambos requisitos.

La resistencia requerida (f'_{cr}) es de mínimo 30 MPa y por ello se debe comprobar que la relación a/c sea adecuada para lograr tal resistencia, de lo contrario se debe usar una relación menor.

$$\frac{f'_{cm\acute{a}x} - f'_{cr}}{a/c_{m\acute{a}x} - a/c_r} = \frac{f'_{cm\acute{a}x} - f'_{m\acute{i}n}}{a/c_{m\acute{a}x} - a/c_{m\acute{i}n}}$$

$$\frac{35 - f'_{cr}}{0,40 - 0,45} = \frac{35 - 28}{0,40 - 0,47}$$

$$f'_{cr} = 30MPa$$

5. Utilizando la ecuación 2.2, se realiza el cálculo del cemento de la siguiente manera:

$$C = \frac{a}{a/C} = \frac{243,8l \times 0,99 \text{ kg/l}}{0,45} = 536,36 \text{ kg}$$

6. Con un módulo de finura de 2,4 y un tamaño nominal máximo de 9,5 mm, de acuerdo a la tabla 2.5, se estima un volumen de agregado grueso compactado de 0,50 por unidad de volumen.
7. El cálculo del agregado fino se realiza por la metodología del volumen absoluto, empleando la ecuación 2.4.

$$V = \frac{W}{D}$$

- Volumen de cemento:

$$V_{Grueso} = \frac{536,36 \text{ kg}}{3150 \text{ kg/m}^3} = 0,1702m^3$$

- Volumen de agua:

$$V_{Agua} = 243,81 \times 0,2438m^3$$

- Volumen de agregado grueso:

$$V_{Grueso} = \frac{1600 \text{ kg/m}^3 \times 0,50m^3}{2600 \text{ kg/m}^3} = 0,3077m^3$$

- Volumen de aire (teórico):

$$V_{Aire} = 0,03 \times 1 m^3 = 0,03 m^3$$

- Volumen de agregado fino:

$$V_{Fino} = 1m^3 - 0,1702m^3 - 0,2438m^3 - 0,3077 m^3 - 0,03 m^3$$

$$V_{Fino} = 0,2483 m^3$$

Una vez hallado el volumen de arena, se hace una primera estimación de la cantidad de materiales en peso:

Material	Densidad (Kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (Kg)
Cemento	3150	0,1702	536,36
Agua	997,5	0,2438	243,19
Agregado grueso	2600	0,3077	800,02
Agregado fino	2500	0,2483	620,75
Aire	-	0,0300	-
Total		1	2.200,32

8. Los ajustes por humedad se realizan de acuerdo a las condiciones de humedad de los agregados:

Material	% absorción	% humedad	% absorción - humedad
Agregado grueso	1,2	0,9	0,3
Agregado fino	2,1	2,8	-0,7

Se calcula la cantidad en peso del agua de mezclado:

Material	Peso por m ³ (kg)	% absorción - humedad	Agua en exceso o adición
Agregado grueso	800,02	0,7	5,60
Agregado fino	620,75	-1,5	-10,06

Con el ajuste por humedades, el agua de mezclado sería:

$$\text{Agua de mezclado} = 243,19\text{kg} + 5,60 \text{ kg} - 10,06 \text{ kg}$$

$$\text{Agua de mezclado} = 238,73 \text{ kg}$$

Se procede a calcular la cantidad en peso de los agregados en condición de humedad natural:

Material	Peso por m ³ seco (kg)	% humedad	Peso por m ³ húmedo (kg)
Agregado grueso	800,02	0,9	807,22
Agregado fino	620,75	2,8	689,53

Finalmente, las cantidades iniciales para un m³ de la mezcla, con agregados en condición de humedad natural son:

Cemento (kg)	Agua (kg)	Agregado fino (kg)	Agregado grueso (kg)	Peso estimado de la mezcla (kg)
536,36	238,73	689,53	807,22	2271,84

EJEMPLO 5

Se necesita realizar una mezcla de concreto en masa, con una resistencia no menor a 28 MPa, de trabajabilidad media, se tiene como requisito economizar al máximo los costos de producción de concreto; en la región donde se llevará a cabo el proyecto se ofrecen agregados gruesos de los siguientes tamaños: 12,5 mm, 19, mm, 25 mm, 50 mm y 150 mm, y arena con módulos de finura de 2,4 2,6, 2,8 y 3,0, todos producidos y procesados de una única fuente, para diversas aplicaciones, los cuales cumplen con los requisitos normativos; los resultados de ensayos a materiales en promedio son los siguientes:

Propiedades físicas	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso
Densidad aparente (Kg/m ³)	3150	2500	2700
Peso unitario seco compactado (Kg/m ³)	-	-	1800
Humedad natural (%)	-	3,2	1,0
Absorción (%)	-	2,0	1,2
Módulo de finura	-	-	-
Tamaño nominal máximo (mm)	-	-	-

- Realizar el diseño de mezcla de la manera más económicamente posible.

Solución:

1. Debido a que se requiere la mezcla con una trabajabilidad media y una el asentamiento puede ser entre 75 y 100 mm.

2. El tamaño nominal máximo del agregado grueso para disminuir al máximo el costo de producción el concreto es el de 150 mm, pues tamaños más grandes de agregados tienden a requerir menos cemento.
3. La cantidad de agua y aire en la mezcla se estima de 124,9 litros de agua y un valor de 0,1% teórico de aire por m^3 , de acuerdo a la tabla 2.2.
4. La relación a/c recomendada para cementos nacionales es de 0,47, para una resistencia de 28 MPa.
5. Utilizando la ecuación 2.2, se realiza el cálculo del cemento de la siguiente manera:

$$C = \frac{a}{a/C} = \frac{124,9l \times 0,99 \text{ kg/l}}{0,45} = 263,08 \text{ kg}$$

6. Se escoge un agregado fino con módulo de finura de 3,0, de este modo el volumen compactado de agregado grueso por unidad de volumen es mayor, según tabla 2,5 es de 0,81..
7. El cálculo del agregado fino se realiza por la metodología del volumen absoluto, empleando la ecuación 2.4.

$$V = \frac{W}{D}$$

- Volumen de cemento:

$$V_{Grueso} = \frac{263,08 \text{ kg}}{3150 \text{ kg/m}^3} = 0,0835m^3$$

- Volumen de agua:

$$V_{Agua} = 124,09,81 \times 0,1249m^3$$

- Volumen de agregado grueso:

$$V_{Grueso} = \frac{1800^{kg/m^3} \times 0,81m^3}{2700^{kg/m^3}} = 0,5400m^3$$

- Volumen de aire (teórico):

$$V_{Aire} = 0,001 \times 1 m^3 = 0,002 m^3$$

- Volumen de agregado fino:

$$V_{Fino} = 1m^3 - 0,0835 m^3 - 0,1249 m^3 - 0,5400 m^3 - 0,002 m^3$$

$$V_{Fino} = 0,2505 m^3$$

Una vez hallado el volumen de arena, se hace una primera estimación de la cantidad de materiales en peso:

Material	Densidad (Kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (Kg)
Cemento	3150	0,0835	263,08
Agua	997,5	0,1249	124,59
Agregado grueso	2700	0,5400	1458,02
Agregado fino	2500	0,2505	626,50
Aire	-	0,0020	-
Total		1	2.472,16

8. Los ajustes por humedad se realizan de acuerdo a las condiciones de humedad de los agregados:

Material	% absorción	% humedad	% absorción - humedad
Agregado grueso	1,2	1,0	0,2
Agregado fino	2,0	3,2	-1,2

Se calcula la cantidad en peso del agua de mezclado:

Material	Peso por m ³ (kg)	% absorción - humedad	Agua en exceso o adición
Agregado grueso	1458,02	0,2	2,91
Agregado fino	626,50	-1,2	7,58

Con el ajuste por humedades, el agua de mezclado sería:

$$\text{Agua de mezclado} = 124,59 \text{ kg} + 2,91 \text{ kg} - 7,58 \text{ kg}$$

$$\text{Agua de mezclado} = 119,92 \text{ kg}$$

Se procede a calcular la cantidad en peso de los agregados en condición de humedad natural:

Material	Peso por m ³ seco (kg)	% humedad	Peso por m ³ húmedo (kg)
Agregado grueso	1458,02	1,0	1472,60
Agregado fino	626,50	3,2	646,59

Finalmente, las cantidades iniciales para un m³ de la mezcla, con agregados en condición de humedad natural son:

Cemento (kg)	Agua (kg)	Agregado fino (kg)	Agregado grueso (kg)	Peso estimado de la mezcla (kg)
263,08	119,92	626,50	1458,02	2273,01

