

Recursos en Ingeniería, Arquitectura, Construcción y Afines

Libros, Plantillas en Excel, Revit, Civil 3D, Autocad y más

Más recursos gratis Aquí

Clic aqui para ir al sitio web

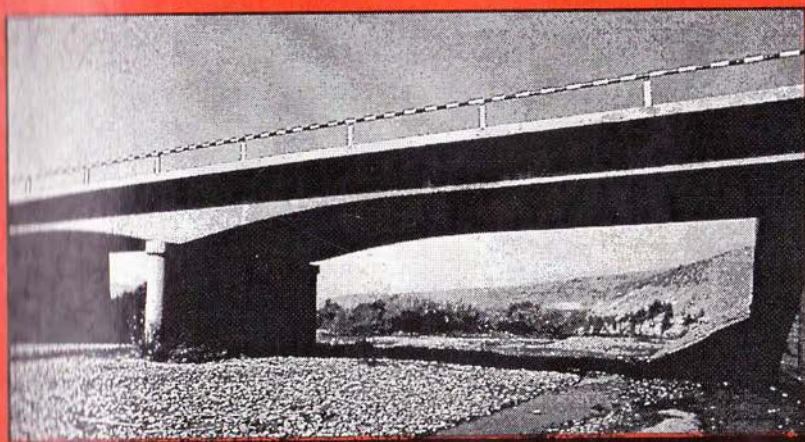
Explore nuestra Tienda



Canal de WhatsApp (Convenio Institucional)

TECNOLOGIA DEL CONCRETO

(TEORIA Y PROBLEMAS)



Ing. Flavio Abanto Castillo

TECNOLOGIA DEL CONCRETO

(TEORIA Y PROBLEMAS)

ING. FLAVIO ABANTO CASTILLO

LIMA - PERU

*San
SMarcos*

© Flavio Abanto Castillo

Diseño de portada: Ricardo Arboleda
Composición de interiores: Carolina Hernández
Responsable de edición: Yisela Rojas

© Editorial San Marcos E.I.R.L. - Editor
RUC 20260100808
Jr. Dávalos Lissón 135, Lima
Telefax: 331-1522
E-mail: informes@editorialsanmarcos.com

Primera edición: 1997
Segunda edición: 2009
Tiraje: 800 ejemplares

Hecho el Depósito Legal
en la Biblioteca Nacional del Perú
Reg. N° 2009 - 14024
ISBN 978-612-302-060-6
Registro de Proyecto Editorial N° 31501000900827

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra
sin previa autorización escrita del Editor.

Pedidos:

Jr. Garcilazo de la Vega 974, Lima.
Telef. 424-6563 / 331-1535
E-mail: ventas@editorialsanmarcos.com

Composición, diagramación e impresión:
Anibal Jesús Paredes Galván
Av. Las Lomas 1600 - S.J.L., Lima - Perú
RUC 10090984344

DEDICATORIA

*Dedico esta obra a mi madre
como muestra de mi eterno
agradecimiento.*

PROLOGO

El objetivo final del ingeniero proyectista es diseñar estructuras seguras, económicas y eficientes.

Siendo el concreto un material de construcción de uso extenso debido a sus muchas características favorables; es muy importante que el ingeniero civil conozca las propiedades de sus componentes para producir un concreto de alta calidad para un determinado proyecto.

Como se sabe, el concreto es un material moldeable a temperatura ambiente, lo que permite su adecuación a distintas formas. Presenta elevada resistencia a la compresión y gran capacidad de adherencia con otros materiales, como el acero, que le comunica la necesaria resistencia a la tracción. Tiene un comportamiento elástico y plástico que puede ser aprovechado en situaciones especiales. Es incombustible, económico, sus insumos son nacionales y requiere de mano de obra especializada.

Por las propiedades antes mencionadas el concreto se utiliza en la construcción de edificios, pisos, muros, puentes, pavimentos, pilotes, presas, tanques. También tiene aplicación en postes de alumbrado, elementos para cercos, ductos y tapas para buzones de desagüe.

Por lo tanto el Ingeniero proyectista debe estar capacitado para:

- 1° Seleccionar los componentes adecuados (cemento, agregado, agua, aditivos) para lograr un concreto de la resistencia especificada en un proyecto. También debe saber interpretar los resultados provenientes del laboratorio.
- 2° Dosificar la mezcla de un concreto; es decir la proporción con que van entrar los componentes, especialmente la relación agua-cemento que es el principal factor que controla la resistencia del concreto.
- 3° Escoger el método más adecuado para el transporte del concreto evitando la segregación de los componentes por otro lado debe poner especial atención a la colocación del concreto dentro de los encofrados, para luego utilizar un medio eficaz de compactación.
- 4° Seleccionar el medio más conveniente de curado para obtener un concreto de alta resistencia y de gran durabilidad.

- 5° Establecer la resistencia cilíndrica del concreto, realizando los ensayos respectivos de acuerdo a la norma ASTM.

Este libro constituye un esfuerzo por poner al alcance de los profesores, estudiantes y profesionales de la Ingeniería Civil, los conocimientos teóricos y ejemplos de aplicación práctica basados en la experiencia en obra; que permitan la más eficiente utilización del concreto.

Ing. Flavio Abanto Castillo

INDICE

CAPITULO	PAG.
I CONCRETO	11
1.0 Definición	
2.0 Características	
3.0 Materiales componentes	
4.0 Tipos de concreto	
II CEMENTO PORTLAND	15
III EL AGUA	21
1.0 El agua en el concreto	
2.0 Requisitos que debe cumplir	
IV AGREGADOS	23
1.0 Definición	
2.0 Clasificación	
3.0 Módulo de fineza	
4.0 Tamaño máximo de agregados	
5.0 Dosificación de agregados	
6.0 Humedad superficial de agregados	
V ADITIVOS	43
1.0 Definición	
2.0 Razones para el empleo de aditivos	
3.0 Tipos de aditivos	
4.0 Precauciones en el empleo de aditivos	
5.0 Requisitos de comercialización	
6.0 Uso	
VI PROPIEDADES DEL CONCRETO	47
1.0 Trabajabilidad y consistencia	
2.0 Segregación	
3.0 Resistencia	
4.0 Exudación	
5.0 Durabilidad	
6.0 Impermeabilidad	

VII	PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO	59
	1.0 Alcance	
	2.0 Introducción	
	3.0 Consideraciones	
	4.0 Información y proced. para el diseño de mezclas	
VIII	FUENTES DE CONSULTA	87
	1.0 Normas ITINTEC	
	2.0 Normas ASTM	
IX	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	93
	1.0 Introducción	
	2.0 Propiedades del cemento	
	3.0 Propiedades del agregado	
	4.0 Serie de mezclas de ensayo	
	5.0 Métodos de ensayo	
X	PROBLEMAS	97
XI	MEZCLADO, TRANSPORTE Y COLOCACION DEL CONCRETO	223
	1.0 Mezclado	
	2.0 Transporte	
	3.0 Concreto Premezclado	
	4.0 Colocación y compactación	
XII	CURADO DEL CONCRETO	235
	1.0 Introducción	
	2.0 Métodos de curado	
	3.0 En que momento se debe iniciar el curado	

CONCRETO

1.0 DEFINICION

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia.

CONCRETO = CEMENTO PORTLAND + AGREGADOS + AIRE + AGUA

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

2.0 CARACTERISTICAS

Entre los factores que hacen del concreto un material de construcción universal tenemos:

- a) La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica.
- b) Su elevada resistencia a la compresión lo que le hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión, como columnas y arcos.
- c) Su elevada resistencia al fuego y a la penetración del agua.

Pero el concreto también tiene desventajas como por ejemplo:

- a) Con frecuencia el concreto se prepara en el sitio en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción, es decir el control de calidad no es tan bueno.
- b) El concreto es un material de escasa resistencia a la tracción. Esto hace difícil su uso en elementos estructurales que están sometidos a tracción

por completo (como los tirantes) o en parte de sus secciones transversales (como vigas u otros elementos sometidos a flexión)

Para superar esta limitación se utiliza el acero, con su elevada resistencia a tracción. La combinación resultante de ambos materiales, se conoce como concreto armado, posee muchas de las mejores propiedades de cada uno.

Esta combinación es la que permite la masiva utilización del concreto armado en la construcción de edificios, puentes, pavimentos, presas, tanques, pilotes, etc.

3.0 MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO

3.1 LIGANTES

Cemento

Agua

3.2 AGREGADOS

Agregado fino: arena

Agregado grueso: grava, piedra chancada, confitillo, escoria de hornos.

OBSERVACION

CEMENTO + AGUA = PASTA

AGREGADO FINO + AGREGADO GRUESO = HORMIGON

Las operaciones en la producción del concreto variarán de acuerdo con el género de la obra que lo requiere y con el tipo de concreto que se produzcan.

Las etapas principales para la producción de un buen concreto son:

1. Dosificación
2. Mezclado
3. Transporte
4. Colocación
5. Consolidación
6. Curado

4.0 TIPOS DE CONCRETO

- 4.1 CONCRETO SIMPLE.-** Es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta.

$$\text{CEMENTO} + \text{A.FINO} + \text{A.GRUESO} + \text{AGUA} = \text{CONCRETO SIMPLE}$$

- 4.2 CONCRETO ARMADO.-** Se denomina así al concreto simple cuando éste lleva armaduras de acero como refuerzo y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar los esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto.

$$\text{CONCRETO SIMPLE} + \text{ARMADURAS} = \text{CONCRETO ARMADO}$$

- 4.3 CONCRETO ESTRUCTURAL.-** Se denomina así al concreto simple, cuando este es dosificado, mezclado, transportado y colocado, de acuerdo a especificaciones precisas, que garanticen una resistencia mínima pre-establecida en el diseño y una durabilidad adecuada.

- 4.4 CONCRETO CICLOPEO.-** Se denomina así al concreto simple que esta complementado con piedras desplazadoras de tamaño máximo de 10", cubriendo hasta el 30% como máximo, del volumen total. Las piedras deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable de que cada piedra, en su ubicación definitiva debe estar totalmente rodeada de concreto simple.

$$\begin{array}{ccccc} \text{CONCRETO} & & & \text{PIEDRA} & = & \text{CONCRETO} \\ \text{SIMPLE} & + & & \text{DESPLAZADORA} & & \text{CICLOPEO} \end{array}$$

- 4.5 CONCRETOS LIVIANOS.-** Son preparados con agregados livianos y su peso unitario varía desde 400 a 1700 kg/m³

- 4.6 CONCRETOS NORMALES.-** Son preparados con agregados corrientes y su peso unitario varía de 2300 a 2500 Kg/m³. Según el tamaño máximo del agregado. El peso promedio es de 2400 g/m³.

- 4.7 CONCRETOS PESADOS.-** Son preparados utilizando agregados pesados, alcanzando el peso unitario valores entre 2800 a 6000 kg/m³.

Generalmente se usan agregados como las baritas, minerales de fierro como la magnetita, limonita y hematita.

También, agregados artificiales como el fósforo de hierro y partículas de acero.

La aplicación principal de los concretos pesados la constituye la protección biológica contra los efectos de las radiaciones nucleares. También

se utiliza en paredes de bóveda y cajas fuertes, en pisos industriales y en la fabricación de contenedores para desechos radiactivos.

- 4.8 CONCRETO PREMEZCLADO.-** Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra.
- 4.9 CONCRETO PREFABRICADO.-** Elementos de concreto simple o armado fabricados en una ubicación diferente a su posición final en la estructura.
- 4.10 CONCRETO BOMBEADO.-** Concreto que es impulsado por bombeo, a través de tuberías hacia su ubicación final.

CEMENTO PORTLAND

1. **¿QUE ES EL CEMENTO PORTLAND?**

R. El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas.

2. **¿CUALES SON LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND?**

R. Los dos materiales principales con que se fabrica el cemento Portland son: la piedra caliza y arcilla.

3. **¿COMO SE FABRICA EL CEMENTO PORTLAND?**

R. Las materias primas, finamente molidas e íntimamente mezcladas, se calientan hasta principio de la fusión (1400-1450 C°), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200 mts de longitud y 5.50 mts de diámetro.

Al material parcialmente fundido que sale del horno se le denomina «clinker» (pequeñas esferas de color grís negruzco, duras y de diferentes tamaños). El clinker enfriado y molido a polvo muy fino, es lo que constituye el cemento portland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 ó 4 %), para regular la fragua del cemento.

4. ¿QUE COMPUESTOS QUIMICOS FORMAN AL CEMENTO PORTLAND?

R. Como el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una fórmula química. No obstante hay cuatro compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento, y son:

	Abreviación
a) Silicato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)	C_3S
b) Silicato dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)	C_2S
c) Aluminato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)	C_3A
d) Aluminio ferrita tricálcica ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)	C_4AF

Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento portland contribuye en el comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación. Por ejemplo:

El silicato tricálcico (C_3S). Es el que produce la alta resistencia inicial del cemento Portland hidratado. La reacción del C_3S con agua desprende gran cantidad de calor (calor de hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento es directamente proporcional con el calor de hidratación.

El silicato dicálcico (C_2S). Es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.

El aluminato tricálcico (C_3A). El yeso agregado al cemento Portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con el C_3A para controlar el tiempo de fraguado.

La aluminoferrita tricálcica (C_4AF). Es semejante al C_3A , porque se hidrata con rapidez y sólo desarrolla baja resistencia.

5. ¿CUALES SON LAS CARACTERISTICAS DEL CEMENTO PORTLAND?

R. El cemento Portland es un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se vende en bolsas que tienen un peso neto de 42.5 kg. y un pie cúbico de capacidad. En aquellos casos en que no se conozca el valor real se considerará para el cemento un peso específico de 3.15.

6. **¿COMO SE CLASIFICA EL CEMENTO PORTLAND?**

R. Los cementos Portland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de Normas para el cemento Portland (C 150).

TIPO I : Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.

TIPO II: Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.

TIPO III: Es el cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II.

TIPO IV: Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.

TIPO V: Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas al agua de mar.

7. **¿QUE ES FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO?**

R. La fragua es la pérdida de plasticidad que sufre la pasta de cemento. Hay dos etapas de fraguado: **a) Fraguado inicial** cuando la masa empieza a perder plasticidad; **b) Fraguado final**, cuando la pasta de cemento deja de ser deformable y se convierte en un bloque rígido.

El endurecimiento es el desarrollo lento de la resistencia.

8. **¿QUE SIGNIFICA «CALOR DE HIDRATACION»?**

R. Durante el proceso de endurecimiento se producen reacciones que generan calor. Cuando las secciones son pequeñas y el calor puede liberarse, el calor de hidratación no es importante, pero al vaciar grandes volúmenes de concreto y cuando el calor no puede liberarse fácilmente, resulta un factor a tenerse muy en cuenta; la temperatura que genera la hidratación llega a los 50°C en presas, algunos investigadores han observado temperaturas mayores. Como la temperatura ambiente es menor se producen descensos bruscos de ésta, ocasionando contracciones y en consecuencia rajaduras.

En el vaciado de grandes volúmenes es indispensable controlar este efecto si no se desea sufrir desagradables sorpresas. Se debe usar cemento de bajo calor de hidratación y/o puzolanas.

El calor de hidratación del cemento se mide en calorías gramo, cuanto menor sea el calor de hidratación del cemento menor será la temperatura a que se eleve el concreto.

Los calores de hidratación son:

$$C_3S = 120 \text{ cal/gr}$$

$$C_3A = 107 \text{ cal/gr}$$

$$C_2S = 62 \text{ cal/gr}$$

$$C_4AF = 100 \text{ cal/gr}$$

9. ¿QUE FUNCION DESEMPEÑA EL YESO EN EL CEMENTO?

R. La velocidad con que se desarrolla el endurecimiento del cemento, debe ser controlada dentro de ciertos límites para que este sea un producto útil en la construcción. Si las reacciones fuesen demasiado rápidas, el concreto endurecería rápidamente y no podría ser transportado y colocado sin ocasionarle daño. Si las reacciones fuesen demasiado lentas, la demora en adquirir resistencia sería objetable. Por lo tanto la velocidad de reacción debe controlarse. Esto se logra dosificando cuidadosamente la cantidad de yeso que se agrega al clinker durante la molienda.

10. ¿QUE CAUSA EL ENDURECIMIENTO DEL CEMENTO PORTLAND?

R. Cuando el cemento se mezcla con la cantidad suficiente de agua para formar una pasta, los compuestos del cemento reaccionan y se combinan con el agua para establecer un desarrollo lento de estructuras cristalinas cementantes que se adhieren a las partículas entremezcladas de arena y piedra. Esto une la masa al mismo tiempo, que desarrolla resistencia y adquiere gran dureza. Mientras haya humedad continúa la reacción, esa es la razón de la importancia del curado como se verá posteriormente, esta reacción puede durar años.

11. ¿COMO SE ALMACENA EL CEMENTO EN OBRA?

R. El cemento no debe estar guardado, sin usarse mucho tiempo, pues conforme avanza el tiempo va perdiendo resistencia, esto es válido para todos los tipos de cemento.

Para el caso de cemento en sacos, bien guardado en almacenes cerrados y sobre tabladillas de madera, la pérdida de resistencia probable es en 3 meses 15%, y en 6 meses 25% y así aumenta sucesivamente.

En el cemento guardado se forman grumos, la cantidad de estos es un índice de su probable utilidad, si hay muchos grumos y éstos no pueden deshacerse con la presión de los dedos, generalmente quiere decir que el cemento va a dar pérdida apreciable de resistencia. En general un límite apropiado de utilidad para el cemento en sacos en 3 meses para cuando está en silos herméticos, 6 meses. Después del tiempo indicado es muy importante hacer pruebas antes de usarlo.

Los límites proporcionados son para el caso de cemento bien almacenado, para cemento a la intemperie los límites son mucho menores, sobre todo si el tiempo es malo o lluvioso, en este caso puede inutilizarse el cemento en pocos días si no se guarda convenientemente.

Para subsanar la pérdida de resistencia por almacenaje deberá incrementarse la dosificación en peso del cemento y mantener invariable la dosificación de los otros componentes de la mezcla.

En conclusión es recomendable almacenar el cemento en ambientes techados y evitar el contacto de las rumas con el terreno húmedo, mediante tabladillos, o bases de madera. Colocar las bolsas de cemento unas encima de otras hasta un máximo de 10. Las rumas deben estar lo más juntas posible dejando la menor cantidad de vacíos entre ellos. Debe organizarse el almacenaje de modo de utilizar el cemento en orden a su llegada a obra.

EL AGUA

1.0 EL AGUA EN EL CONCRETO

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido.

2.0 REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR

- El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero.
- Si se tuvieran dudas de la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis químico de ésta, para comparar los resultados con los valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación del concreto que a continuación indicamos:

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

- También deberá hacerse un ensayo de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, preparando testigos con agua destilada o potable y con el agua cuya calidad se quiere evaluar, considerándose como satisfactorias aquellas que arrojen una resistencia mayor o igual a 90% que la del concreto preparado con agua potable.
- Un método rápido para conocer la existencia de ácidos en el agua, es por medio de un papel tornasol, el que sumergido en agua ácida tomará un color rojizo. Asimismo para determinar la presencia de yeso u otro sulfato es por medio de cloruro de bario; se filtra el agua (unos 500 grs) y se le hecha algunas gotas de ácido clorhídrico; luego más gotas de solución de cloruro de bario, si se forma un precipitado blanco (sulfato de bario) es señal de presencia de sulfatos. Esta agua debe entonces mandarse analizar a un laboratorio para saber su concentración y ver si esta dentro del rango permisible.

Deberá entenderse que estos ensayos rápidos no pueden reemplazar a los de laboratorio, y sólo se utilizan para tener indicios que posteriormente se comprobarán en un laboratorio competente.

- El agua de mar, se puede usar en la elaboración de concreto bajo ciertas restricciones que indicamos a continuación:
 - a) El agua de mar puede ser empleada en la preparación de mezclas para estructuras de concreto simple.
 - b) En determinados casos puede ser empleada en la preparación de mezclas para estructuras de concreto armado, con una densificación y compactación adecuadas.
 - c) No debe utilizarse en la preparación de concretos de alta resistencia o concreto que van a ser utilizados en la preparación de elementos pretensados, postensados.
 - d) No debe emplearse en la preparación de mezcla, de concreto que va a recibir un acabado superficial de importancia, concretos expuestos; ya que el agua de mar tiende a producir humedad permanente y florescencia en la superficie del concreto terminado.
 - e) Para diseñar mezclas de concreto en las cuales se va a utilizar agua de mar, se recomienda para compensar la reducción de la resistencia final, utilizar un f_c igual a 110% a 120% de la resistencia promedio encontrada.
 - f) No se utilizará el agua de mar en concretos con resistencias mayores de 175 kg/cm² a los 28 días.

AGREGADOS

1.0 DEFINICION

Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc) y el agua formando los concretos y morteros.

La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto.

Por lo anterior, es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie este libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta de cemento.

2.0 CLASIFICACION

Los agregados naturales se clasifican en:

- a) Agregados finos $\left\{ \begin{array}{l} - \text{arena fina} \\ - \text{arena gruesa} \end{array} \right.$
- b) Agregados gruesos $\left\{ \begin{array}{l} - \text{grava} \\ - \text{piedra} \end{array} \right.$

2.1 AGREGADOS FINOS

A. Definición

Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037.

Las arenas provienen de la desintegración natural de las rocas; y que arrastrados por corrientes aéreas o fluviales se acumulan en lugares determinados.

B. Granulometría

La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas de arena. La distribución del tamaño de partículas se determina por separación con una serie de mallas normalizadas. Las mallas normalizadas utilizadas para el agregado fino son las N°s 4, 8, 16, 30, 50 y 100.

El Reglamento Nacional de construcción especifica la granulometría de la arena en concordancia con las normas, del ASTM.

Los requerimientos se dan en la siguiente tabla.

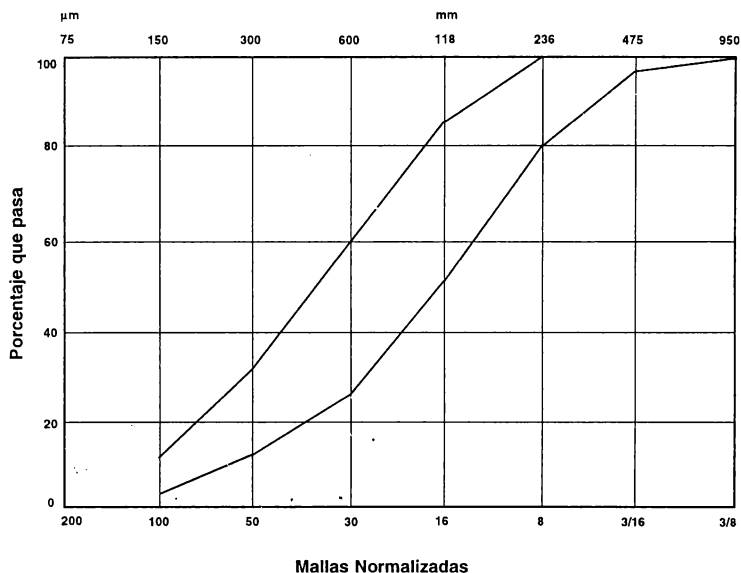
LIMITES DE GRANULOMETRIA SEGUN EL A.S.T.M

MALLA		PORCENTAJE QUE PASA (ACUMULATIVO)		
3/8"	9.5 mm			100
N° 4	4.75 mm	95	a	100
N° 8	2.36 mm	80	a	100
N°16	1.18 mm	50	a	85
N°30	600 μ m	25	a	60
N°50	300 μ m	10	a	30
N°100	150 μ m	2	a	10

El control de la granulometría se aprecia mejor mediante un gráfico, en la que las ordenadas representan el porcentaje acumulado que pasa la malla, y las abscisas, las aberturas correspondientes. La figura N° 1 representa las curvas envolventes de la norma.

La norma ASTM, exceptua los concretos preparados con más de 300 kg/m³ de los porcentajes requeridos para el material que pasa las mallas N° 50 y N° 100 que, en este caso puede reducirse a 5% y 0% respectivamente.

Esta posición se explica porque el mayor contenido de cemento contribuye a la plasticidad del concreto y la compacidad de la pasta, función que cumple el agregado más fino.



Fi N° 1

Además, la norma prescribe que la diferencia entre el contenido que pasa una malla y el retenido en la siguiente, no debe ser mayor del 45% del total de la muestra. De esta manera, se tiende a una granulometría más regular.

Para que el concreto tenga una adecuada trabajabilidad, las partículas de agregado grueso deben estar espaciadas de manera tal que puedan moverse con relativa facilidad, durante los procesos de mezclado y colocación.

En este sentido, el agregado fino actúa como lubricante del agregado grueso, ayudándolo a distribuir en toda su masa.

En general, en cuanto a granulometría se refiere, los mejores resultados se obtienen con agregados de granulometrías que queden dentro de las normas y que den curvas granulométricas suaves.

C. Requisitos de uso

- El agregado fino será arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes.
- El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias perjudiciales.
- Debe cumplir las normas sobre su granulometría.
- Se recomienda que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes: 1°) Partículas deleznales: 3%, 2°) Material más fino que la malla N° 200: 5%

2.2 AGREGADO GRUESO

A. Definición

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz ITINTEC 4.75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037.

El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc.

Gravas

Comúnmente llamados “canto rodado”, es el conjunto de fragmentos pequeños de piedra, provenientes de la disgregación, natural de las rocas, por acción del hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.

Cada fragmento ha perdido sus aristas vivas y se presentan en forma más o menos redondeadas.

Las gravas pesan de 1600 a 1700 kg/m³.

Piedra Partida o chancada

Se denomina así, al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas. Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente.

Su función principal es la de dar volumen y aportar su propia resistencia. Los ensayos indican que la piedra chancada o partida da concretos ligeramente más resistentes que los hechos con piedra redonda.

El peso de la piedra chancada se estima en 1450 a 1500 kg/m³.

B. Granulometría

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037 ó en la norma ASTM C 33, los cuales están indicados en la siguiente tabla:

REQUERIMIENTOS DE GRANULOMETRIA
DE LOS AGREGADOS GRUESOS

N° ASTM	Tamaño Nominal	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100mm (4")	90mm (3 1/2")	75mm (3")	63mm (2 1/2")	50mm (2")	37.5mm (1 1/2")	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)
1	30 a 37.5 mm (3/2" a 1 1/2")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63 a 37.5 mm (2 1/2" a 1 1/2")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	90 a 25.0 mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	50 a 4.75 mm (2" a N° 4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	37.5 a 19.0 mm (1 1/2" a 3/4")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	37.5 a 4.75 mm (1 1/2" a N° 4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	25.0 a 12.5 mm (1" a 1/2")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	25.0 a 9.5 mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	25.0 a 4.75 mm (1" a N° 4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	19.0 a 9.5 mm (3/4" a 3/8")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	19.0 a 4.75 mm (3/4" a N° 4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	12.5 a 4.75 mm (1/2" a N° 4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	9.5 a 2.36 mm (3/8" a N° 8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

C. El tamaño máximo

El tamaño máximo de los agregados gruesos en el concreto armado se fija por la exigencia de que pueda entrar fácilmente en los encofrados y entre las barras de la armadura.

En ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso deberá ser mayor que:

- Un quinto, de la menor dimensión, entre caras de encofrados.
- Un tercio de la altura de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, cables o ductos de presfuerzo.

Estas limitaciones están dirigidas a que las barras de refuerzo queden convenientemente recubiertas y no se presenten cavidades de las llamadas “cangrejas”. Sin embargo, pueden omitirse por excepción, si el ingeniero responsable comprueba que los métodos de puesta en obra y la trabajabilidad del concreto lo permiten.

Se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 1 1/2 . En tamaños mayores, sólo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

D. Requisitos de uso

- El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- Las partículas deben estar libres de tierra, polvo, limo, humos, escamas, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- Se recomienda que las sustancias dañinas no excedan los porcentajes máximos siguientes 1°) Partículas deleznales: 5%, 2°) Material más fino que la malla N° 200: 1%, 3°) Carbón y lignito: 0.5%

2.3 HORMIGÓN

El agregado denominado “hormigón” corresponde a una mezcla natural de grava y arena. El hormigón se usa para preparar concreto de baja calidad como el empleado en cimentaciones corridas, sobrecimientos, falsos pisos, falsas zapatas, calzaduras, algunos muros, etc.

En general sólo podrá emplearse en la elaboración de concretos con resistencia en compresión hasta de 100 kg/cm² a los 28 días.

El contenido mínimo de cemento será de 255 kg/ m³.

El hormigón deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica u otras sustancias dañinas para el concreto.

3.0 MODULO DE FINEZA

3.1 CONSIDERACIONES.

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo

contrario. El módulo de fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos.

El módulo de fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de mallas estándar: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 y dividiendo entre 100. Vamos a dar un ejemplo del módulo de fineza de una arena:

MALLAS	% RETENIDO CADA MALLA	% RETENIDO ACUMULATIVO	% QUE PASA ACUMULATIVO
3/8"	0	0	100
N° 4	4	4	96
8	11	15	85
16	22	37	63
30	25	62	38
50	23	85	15
100	13	98	2
		<u>301</u>	

} $\Sigma = 299$

$$\text{Módulo de fineza} = \frac{301}{100} = 3.01$$

Para el caso de la arena también se puede calcular el módulo de fineza sumando los porcentajes (la malla de 3/8" no entrará en la suma) acumulativos que pasan a partir de la malla N° 4 y restando el valor que resulte de 600, según idea del Ing. chileno Belisario Maldonado. En este caso $600 - 299 = 301$ que dividido entre 100, es también el módulo de fineza de la arena estudiada.

Según la Norma ASTM la arena debe tener un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1.

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

En las obras en que se requiere buena textura superficial, como son los revestimientos de canales o pisos de concreto, se recomienda que la arena tenga un contenido de finos superior al 15% que pasa la malla N° 50

El módulo de fineza del agregado grueso, es menos usado que el de la arena, para su cálculo se usa el mismo criterio que para la arena, o sea se suman los porcentajes acumulativos retenidos en las mallas de la serie estándar y se divide la suma por 100.

3.2 MODULO DE FINEZA DE AGREGADOS COMBINADOS

Cuando se combinan materiales de diferentes dimensiones como arena y grava, el procedimiento a seguir para determinar el módulo de fineza de la combinación de agregados es el siguiente:

- Se calcula el módulo de fineza de cada uno de los agregados por separado.
- Se calcula el factor en que cada uno de ellos entra en la combinación.
- El módulo de fineza de la combinación de agregados será igual a la suma de los productos de los factores indicados por el módulo de fineza de cada agregado.

Es decir, si llamamos módulo de fineza de la combinación de agregados a m_c , módulo de fineza del A. fino a m_f y módulo de fineza del A. Grueso a m_g , entonces:

$$m_c = \frac{\text{Vol. Abs. A. fino}}{\text{Vol. Ab. Agregados}} m_f + \frac{\text{Vol. Ab. A. Grueso}}{\text{Vol. Ab. Agregados}} m_g$$

Si hacemos:

$$r_f = \frac{\text{Volumen Absoluto del A. fino}}{\text{Vol. Absoluto de los Agregados}}$$

$$r_g = \frac{\text{Volumen Absoluto del A. Grueso}}{\text{Vol. Absoluto de los Agregados}}$$

Entonces:

$$m_c = r_f m_f + r_g m_g$$

Ejemplo : El resultado del análisis granulométrico del A. fino y grueso a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto es el mostrado, se pide determinar:

- a) El módulo de fineza del A. fino
- b) El módulo de fineza del A. grueso
- c) El módulo de fineza de la combinación de agregados.

Se sabe además que:

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso específico	2.6 gr/cc.	2.8 gr/cc
Peso seco de los materiales	670 kg.	1150 kg.

A. FINO		A. GRUESO	
Malla	% retenido	Malla	% retenido
Nº 4	4.2	1 1/2"	6.3
Nº 8	12.2	1"	8.8
Nº 10	5.0	3/4"	31.1
Nº 16	13.8	1/2"	28.9
Nº 20	14.1	3/8"	23.0
Nº 30	14.5	Nº4	1.9
Nº 40	4.4		
Nº 50	15.0		
Nº 80	8.5		
Nº 100	5.1		
Recipiente	3.2		

Solución

Hallaremos primero, el porcentaje retenido acumulado en las mallas mostradas para cada agregado.

A. FINO		
Malla	%retenido Parcial	%retenido Acumulado
Nº 4	4.2	4.2
Nº 8	12.2	16.4
Nº 10	5.0	21.4
Nº 16	13.8	35.2
Nº 20	14.1	49.3
Nº 30	14.5	63.8
Nº 40	4.4	68.2
Nº 50	15.0	83.2
Nº 80	8.5	91.7
Nº 100	5.1	96.8
Recipiente	3.2	100.0

A. GRUESO		
Malla	%retenido Parcial	%retenido Acumulado
1 1/2"	6.3	6.3
1"	8.8	15.1
3/4"	31.1	46.2
1/2"	28.9	75.1
3/8"	23.0	98.1
Nº 4	1.9	100.0
Nº8	0.0	100.0
Nº16	0.0	100.0
Nº30	0.0	100.0
Nº50	0.0	100.0
Nº100	0.0	100.0

Luego:

$$a) m_f = \frac{4.2 + 16.4 + 35.2 + 63.8 + 83.2 + 96.8}{100} = 2.996$$

$$\cong 3.00$$

$$b) m_g = \frac{6.3 + 46.2 + 98.1 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100} =$$

$$= 7.506 \cong 7.51$$

$$c) m_c = r_f m_f + r_g m_g \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{con } r_f = \frac{\text{Vol. Ab. A. fino}}{\text{Vol. Ab. Agregados}} \text{ y } r_f + r_g = 1$$

como:

$$\text{Vol. Ab. A. fino} = \frac{\text{Peso Seco A. fino}}{\text{Peso Específico de masa}} =$$

$$= \frac{670}{2.6 \times 1000} = 0.2577 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Ab. A. grueso} = \frac{\text{Peso Seco A. grueso}}{\text{Peso Específico de masa}}$$

$$= \frac{1150}{2.8 \times 1000} = 0.4107 \text{ m}^3$$

Luego:

$$r_f = \frac{0.2577}{0.2577 + 0.4107} = 0.3855$$

$$r_g = 1 - r_f = 1 - 0.3855 = 0.6145$$

Reemplazando estos valores en (1):

$$m_c = 0.3855(3) + 0.6145(7.51) = 5.77$$

Nota : Si se conoce : m_f, m_g, m_c ; entonces:

$$r_f = \frac{\text{Vol. Absoluto del A. fino}}{\text{Vol. Abs. de los agregados}} = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f}$$

4.0 TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADOS

El tamaño máximo del conjunto de agregados, está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15% o más, al cribar por ella el agregado más grueso.

Ejemplo : Se sabe que la granulometría del A. fino y grueso que se utilizarán en la preparación de una mezcla de concreto es la siguiente; determinar el tamaño máximo del conjunto de agregados. (T.M.)

A. FINO	
Malla	% retenido
N° 4	3.0
N° 8	12.2
N° 10	5.5
N° 16	14.2
N° 20	15.0
N° 30	4.5
N° 40	4.4
N° 50	14.0
N° 80	8.5
N° 100	8.5
N° 100	10.2

A. GRUESO	
Malla	% retenido
1"	5.25
3/4"	6.35
1/2"	31.15
3/8"	28.25
1/4"	23.35
Nº 4	5.65

Solución :

Para hallar el T.M. del conjunto de agregados, trabajamos con el A. grueso y hallaremos el % retenido acumulado en las mallas utilizadas.

A. GRUESO		
Malla	% retenido parcial	% retenido acumulado
1"	5.25	5.25
3/4"	6.35	11.6
1/2"	31.15	42.75
3/8"	28.25	71.00
1/4"	23.35	94.35
Nº 4	5.65	100.0

La malla que retiene el 15% está entre la de 1/2" y la de 3/4", entonces por definición:

$$\text{T.M.} = 3/4"$$

5.0 DOSIFICACION DE AGREGADOS

Un primer método consistiría en mezclar cantidades diferentes de agregados y preparar probetas con cada dosificación de concreto obtenido. Estas probetas se ensayarían en lo concerniente a impermeabilidad, compactidad, resistencias mecánicas, etc. y se adoptaría como «dosificación típica» la que mejores resultados arrojase.

Es fácil comprender que éste método no es práctico y que es mucho más sencillo y práctico obligar a que la mezcla de agregados se adopte lo mejor posible

a curvas granulométricas ya prefijadas, una de ellas es la de Füller y da lugar al método de igual nombre.

5.1 METODO DE FÜLLER

Este método es general y se aplica cuando los agregados no cumplen con la norma C 33 del ASTM. Asimismo se debe usar para concretos con más de 300 kg. de cemento por m³ de concreto y para un tamaño máximo del agregado grueso comprendido entre 3/4" (20mm) y 2" (50mm).

La ley Füller es:

$$y = 100 \sqrt{\frac{d}{T.M.}}$$

En donde:

y = Porcentaje que pasa la malla de abertura d.

d = Abertura de malla de referencia

T.M. = Tamaño Máximo del agregado grueso

La ley de Füller nos sirve para hallar la relación en volúmenes absolutos en que deben mezclarse los agregados, para lo cual procederemos de la siguiente manera:

- Se dibuja las curvas granulométricas de los 2 agregados en un papel semilogarítmico.
- En el mismo papel, se dibuja la ley de Füller llamado también parábola de Gessner.
- Por la malla N° 4, trazamos una vertical, la cual determinará en las curvas trazadas 3 puntos:

A = % de A. fino que pasa la malla N° 4

B = % de A. grueso que pasa la malla N° 4

C = % de A. ideal que pasa la malla N° 4

- Si llamamos:

α = % en Vol. Absoluto del A. fino dentro de la mezcla de agregados.

β = % en volumen absoluto del A. grueso de la mezcla de agregados.

Entonces:

$$\alpha = \frac{C - B}{A - B} \times 100$$

$$\beta = 100 - \alpha$$

Ejemplo : En una mezcla de concreto, se tiene que la relación agua -cemento de diseño es 0.48, el contenido total de aire 0.5% y el volumen unitario de agua de mezclado 155 lt/m³. Determinar la cantidad de materiales por m³ de concreto, si la combinación de agregados debe acomodarse a la curva de Füller.

Se sabe que:

GRANULOMETRIA			
A. FINO		A. GRUESO	
Malla	% retenido	Malla	% retenido
Nº 4	4.0	1 1/2"	6.2
Nº 8	10.4	1"	13.5
Nº 10	9.0	3/4"	29.2
Nº 16	13.8	1/2"	26.6
Nº 20	14.1	3/8"	23.1
Nº 30	13.5	Nº 4	1.4
Nº 40	12.3		
Nº 50	9.8		
Nº 80	8.3		
Nº 100	4.2		
Recip.	0.6		

Peso Específico de Masa 2.61 gr/cc.

2.70 gr/cc.

Solución

Si la relación agua - cemento es 0.48 y el volumen unitario de agua es 155 lt/m³, entonces:

$$\text{cemento} = \frac{\text{agua}}{a / c} = \frac{155}{0.48} = 323 \text{ Kg / m}^3$$

Considerando como peso específico del cemento 3.15 gr/cc., el volumen absoluto de los materiales presentes en 1 m³ de concreto serán:

$$\text{cemento} = \frac{323}{3.15 \times 1000} = 0.1025 \text{ m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{155}{1000} = 0.155 \text{ m}^3$$

$$\text{aire} = \frac{0.5}{100} \times 1 = 0.005 \text{ m}^3$$

$$\text{agregados} = 1 - (0.1025 + 0.155 + 0.005) = 0.7375 \text{ m}^3.$$

Para calcular el volumen absoluto del A. fino y del A. grueso, usaremos el hecho de que la mezcla de agregados debe acomodarse a la curva de Füller.

$$\% \text{ en Vol. Absoluto de A. fino} = \frac{C - B}{A - B} \times 100 \dots\dots (1)$$

Por definición y de la Granulometría de los agregados:

$$A = 96\%$$

$$B = 0$$

$$C = 100 \sqrt{\frac{4.76}{T.M.}} \quad T.M. = 1 \frac{1}{2}'' = 38.1 \text{ mm.}$$

Luego:

$$C = 100 \sqrt{\frac{4.76}{38.1}} = 35.35$$

Reemplazando valores en (1):

$$\% \text{ en Vol. Absoluto del A. fino} = \frac{35.35 - 0}{96 - 0} \times 100 = 36.82\%$$

$$\begin{aligned} \% \text{ en Vol. Absoluto del A. Grueso} &= 100 - 36.82 \\ &= 63.18\% \end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \text{Vol. Absoluto de A.Fino} &= 0.3682 \times 0.7375 \\ &= 0.2715 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. Absoluto de A. grueso} &= 0.7375 - 0.2715 \\ &= 0.4660 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Con lo que el peso de los materiales por m^3 de concreto serán:

cemento = 323 kg.

A. fino = $0.2715 \times 2.61 \times 1000 \cong 709$ kg.

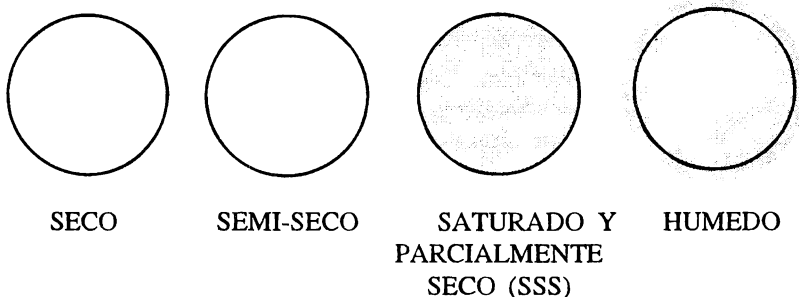
A. grueso = $0.4660 \times 2.7 \times 1000 \cong 1258$ kg.

Agua = 155 lt.

6.0 HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS

6.1 Condiciones en Obra

Los agregados en obra pueden encontrarse en cuanto a humedad se refiere, en 4 condiciones: 1° totalmente secos, 2° semi-secos (algo de humedad pero menos que la necesaria para saturarse), 3° saturados pero superficialmente secos (condición ideal en que los agregados ni añaden ni quitan agua a la mezcla), 4° húmedos o mojados (conteniendo entre sus partículas más agua que la necesaria para saturarse)



En los cálculos para el proporcionamiento del concreto se considera al agregado en condiciones de saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial, condición ideal que pocas veces se da en la práctica.

La condición 4° o sea agregados húmedos, es la que suele presentarse con más frecuencia en la práctica: en agregados que provengan de la orilla de los ríos, en los que están recientemente lavados, en cualquier agregado después de una lluvia, etc.

La falta de consideración de la humedad superficial, que frecuentemente existe en los agregados, ocasiona graves pérdidas de resistencia del concreto.

Si los agregados están saturados y superficialmente secos no pueden absorber ni ceder agua durante el proceso de mezcla. Sin embargo, un agregado parcialmente

seco resta agua, mientras que el agregado húmedo, origina un exceso de agua en el concreto. En estos casos es necesario reajustar el contenido de agua sea agregando o restando un porcentaje adicional al dosaje de agua especificado, a fin de que el contenido de agua resulte el correcto.

6.2 Contenido de Humedad (ω)

El contenido de agua dentro de un agregado, expresado en porcentaje es por definición:

$$\% \text{ humedad} = \% \omega = \frac{H - S}{S} \times 100$$

donde:

H = peso del agregado húmedo

S = peso del agregado en condición seca.

6.3 Absorción (a)

Es la cantidad de agua que un agregado necesita para pasar de la condición seca a la condición de saturado superficialmente se expresa generalmente en porcentaje.

$$\% \text{ absorción} = \% a = \frac{D - S}{S} \times 100$$

donde:

D = peso del agregado saturado y superficialmente seco.

S = peso del agregado en condición seca

6.4 Humedad Superficial

La humedad superficial viene dada por la diferencia entre el contenido de humedad ($\% \omega$) y el porcentaje de absorción ($\% a$).

Casos que se presentan:

a) Si $\% \omega > \% a$

En este caso el agregado aporta agua a la mezcla (agua libre) y dicha cantidad debe ser disminuida del agua de diseño para encontrar el agua efectiva o neta.

b) Si $\% \omega < \% a$

En este caso el agregado tomará agua de la mezcla (agua que le falta) para llegar a la condición ideal, debiendo aumentarse dicha cantidad de agua a la mezcla para no modificar el agua de diseño.

Para calcular el agua libre (caso a) o el agua faltante (caso b) de un agregado, que en general llamamos aporte de agua, se multiplicará la humedad superficial del mismo expresada en fracción decimal por el peso seco del agregado. Es decir:

$$\text{Aporte de agua} = \left[\begin{array}{c} \text{Humedad Superficial} \\ \text{(expresada en decimal)} \end{array} \right] \times \text{peso seco}$$

$$\text{Aporte de agua} = \frac{\% \omega - \% a}{100} \times S$$

6.5 Ejemplo Ilustrativo

El peso de diseño de los materiales a utilizarse en la preparación de una mezcla de concreto es:

$$\text{Cemento} = 320 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 192 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{A.fino} = 864 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A.grueso} = 1024 \text{ kg/m}^3$$

Las condiciones de humedad en los agregados son:

	A. fino	A. grueso
Contenido de humedad	3.2%	0.6%
Porcentaje de Absorción	2.2%	1.6%

Determinar las proporciones en peso de la mezcla en obra.

Solución:

Pesos de diseño, Pesos secos de los materiales o pesos de gabinete son sinónimos.

Para hallar las proporciones en obra, debemos corregir por humedad el A. fino, el Agregado grueso y el agua.

El cemento es el único material que no se corrige por humedad.

Así pues:

$$\begin{aligned}\text{Peso húmedo del A.Fino} &= \left(1 + \frac{\% \omega}{100}\right) S = \left(1 + \frac{3.2}{100}\right) \times 864 \\ &= 891.6 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Peso húmedo del A.grueso} &= \left(1 + \frac{\% \omega}{100}\right) S = \left(1 + \frac{0.6}{100}\right) \times 1024 \\ &= 1030.1 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{agua libre A. fino} &= \frac{(3.2 - 2.2)}{100} \times 864 \\ &= 8.64 \text{ lt.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{agua libre A. grueso} &= \frac{(0.6 - 1.6)}{100} \times 1024 \\ &= - 10.24 \text{ lt.}\end{aligned}$$

Nota: El signo (-) indica que no existe agua libre en el agregado y que por el contrario le falta 10.24 lt. para encontrarse en la condición ideal (SSS).

Pesos húmedos de los materiales

$$\text{Cemento} = 320 \text{ kg./m}^3$$

$$\text{A.fino} = 891.6 \text{ kg/ m}^3.$$

$$\text{A. grueso} = 1030.1 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua añadida} = 192 -(8.64 - 10.24) = 193.6 \text{ lt/m}^3$$

Las proporciones en peso y en obra serán:

$$\begin{aligned}\frac{320}{320} : \frac{891.6}{320} : \frac{1030.1}{320} : \frac{193.6}{320} \\ 1 \quad 2.8 : 3.2 / 0.61\end{aligned}$$

ADITIVOS

1.0 DEFINICION

Se denomina aditivo a las sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades y hacerlo mejor para el fin a que se destine.

Los aditivos que deben emplearse en el concreto cumplirán con las especificaciones de la Norma ITINTEC 339.086.

2.0 RAZONES PARA EL EMPLEO DE ADITIVOS

Los aditivos son utilizados principalmente para mejorar una o varias de las siguientes características del concreto:

- Aumentar la trabajabilidad, sin modificar el contenido del agua.
- Retardar o acelerar el tiempo de fraguado inicial.
- Acelerar el desarrollo de la resistencia en la primera edad.
- Modificar la velocidad de producción de calor de hidratación.
- Reducir la exudación y sangrado.
- Incrementar la durabilidad o resistencia en condiciones severas de exposición.
- Reducir la permeabilidad a los líquidos.
- Disminuir la segregación.
- Reducir la contracción.
- Incrementar la adherencia del concreto viejo y nuevo.
- Mejorar la adherencia del concreto con el refuerzo.

3.0 TIPOS DE ADITIVOS

Los aditivos son considerados en la norma de acuerdo a la siguiente clasificación:

- a) **Plastificante, reductor de agua**; que mejora la consistencia del concreto y reduce la cantidad de agua demezclado requerida para producir concreto de consistencia determinada.
- b) **Retardador**, que alarga el tiempo de fraguado del concreto.
- c) **Acelerador**, que acorta el tiempo de fraguado y el desarrollo de la resistencia inicial del concreto.
- d) **Plastificante y retardador**, que reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada y retarda el fraguado.
- e) **Plastificante y acelerador**, que reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada y acelera su fraguado y el desarrollo de su resistencia.
- f) **Incorporadores de aire**, aumentan la resistencia del concreto a la acción de las heladas por que introducen burbujas diminutas en la mezcla de cemento endurecida. Estas burbujas actúan como amortiguadores para los esfuerzos inducidos por la congelación y descongelación.
- h) **Adhesivos**, que mejoran la adherencia con el refuerzo.
- i) Impermeabilizantes e inhibidores de corrosión.

4.0 PRECAUCIONES EN EL EMPLEO DE ADITIVOS

Es conveniente evaluar, previamente el empleo de aditivos, la posibilidad de obtener el comportamiento requerido del concreto por modificaciones en el proporcionamiento de la mezcla o la selección de los materiales más apropiados. En todo caso, debe realizarse un estudio cuidadoso del costo, para determinar la alternativa más ventajosa.

Los aditivos por lo general afectan varias propiedades del concreto, tanto en su estado fresco como endurecido. Puede ocurrir que mientras una mejora favorablemente, otras cambien en forma adversa. Por ejemplo, la durabilidad del concreto se incrementa con la incorporación del aire, pero su resistencia disminuye.

Los efectos de los aditivos sobre el concreto varían por las condiciones atmosféricas y factores intrínsecos del concreto como son: el contenido de agua, el tipo de cemento, la duración del mezclado, etc. De esta manera, las recomendacio-

nes del fabricante sobre la dosificación del aditivo, deben ser comprobadas en las condiciones propias de la obra.

Para establecer si el empleo de un aditivo significa una ventaja económica en el concreto es necesario: Comparar el costo de los ingredientes de la mezcla del concreto con o sin aditivo; establecer la diferencia de costo en el manejo de los materiales; definir los costos de control de concreto, generalmente mayores en el caso de uso de aditivos y el costo de la colocación, terminado y curado del concreto, en muchos casos favorecidos por los aditivos.

Finalmente debe tenerse en cuenta que ningún aditivo puede subsanar las deficiencias de una mezcla de concreto mal dosificada.

5.0 REQUISITOS DE COMERCIALIZACION

El proveedor deberá entregar el aditivo envasado en recipientes que aseguren su conservación, conteniendo la siguiente información:

- La marca registrada, nombre y apellido o razón social del fabricante y del responsable de la comercialización.
- El tipo de aditivo, según la clasificación establecida en las normas.
- El contenido neto, en masa o volumen, en unidades del SI, refiriendo los volúmenes, para aditivos líquidos, a la temperatura de 20°C.
- La densidad, en gr/cm³ a 20°C
- Dosificación máxima o mínima a emplear, de acuerdo a la propiedad que se desee modificar
- La fecha de fabricación y la fecha de vencimiento.

Los aditivos no deberán almacenarse por un periodo mayor de 6 meses. En caso contrario, deberán efectuarse ensayos para evaluar su calidad antes de su uso.

6.0 USO

La mayoría de los aditivos se comercializan en forma de soluciones acuosas, a veces se venden en forma de polvos solubles en agua y eventualmente en pasta.

Los aditivos líquidos se prefieren por la ventaja de encontrarse ya diluidos y facilitar la dosificación. Los aditivos en polvo son susceptibles a la humedad y es necesario cuidar su conservación.

Cuando es necesario usar 2 aditivos diferentes, debe evitarse la mezcla previa de ambos, incorporándolos por intervalos separados a la mezcladora.

Las soluciones con el aditivo no deben entrar en contacto directo con el cemento por lo que se recomienda agregar el aditivo cuando los materiales y gran parte del agua se encuentra en proceso de mezclado. Debe cuidarse que el aditivo se distribuya uniformemente en la mezcla. Para lograrlo debe añadirse un tiempo prudencial antes del término de la operación.

El agua de solución debe ser considerada como una parte del contenido total, para no alterar la relación agua - cemento especificada. Los resultados del uso de aditivos dependen de los sistemas de preparación y dosificación. Los aditivos en polvo se dosifican por peso y los aditivos líquidos por peso o volumen.

PROPIEDADES DEL CONCRETO

1.0 TRABAJABILIDAD Y CONSISTENCIA

1.1 Trabajabilidad

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.

No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia

1.2 Consistencia

Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada.

1.2.1 Ensayo de consistencia del Concreto

a. Método

El ensayo de consistencia, llamado también de revenimiento o “slump test”, es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. Esta prueba, desarrollada por Duft Abrams; fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978.

El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento de la mezcla luego de desmoldeado.

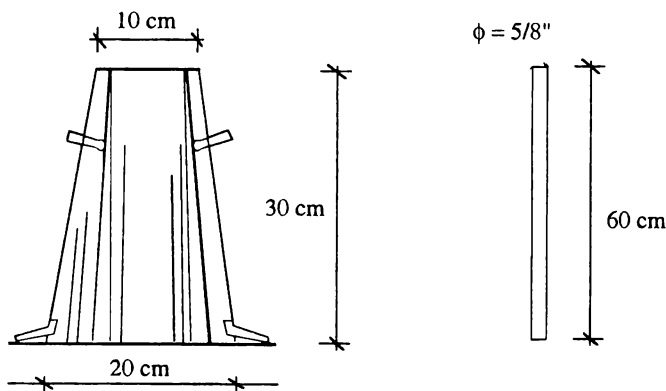
El comportamiento del concreto en la prueba indica su “consistencia” o sea su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos.

La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido del agua de mezcla.

b. Equipo

El equipo necesario consiste en un tronco de cono. Los dos círculos de las bases son paralelos entre sí midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos la altura del molde es de 30 cms.

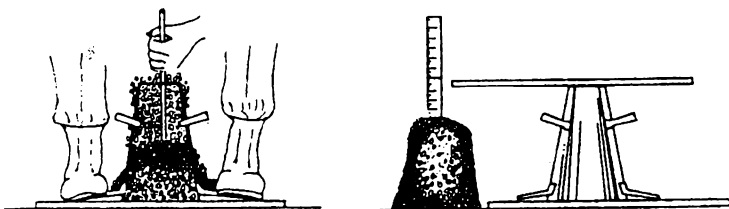
El molde se construye con plancha de acero galvanizado, de espesor mínimo de 1.5mm. Se sueldan al molde asas y aletas de pie para facilitar la operación. Para compactar el concreto se utiliza una barra de acero liso de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud y punta semiesférica.



c. Procedimiento de ensayo

- El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisona con la varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.
- En seguida se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior.
- La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical.

- El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina slump.
- Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos.



1.2.2. Clases de mezclas según su asentamiento

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	METODO DE COMPACTACION
Seca	0" a 2"	poco trabajable	Vibración normal
Plastica	3" a 4"	trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	> 5"	muy trabajable	Chuseado

1.2.3. Limitaciones de Aplicación

El ensayo de Abrams sólo es aplicable en concretos plásticos, con asentamiento normal (mezclas ricas y con un correcto dosaje de agua). No tiene interés en las siguientes condiciones:

- En el caso de concretos sin asentamiento, de muy alta resistencia.
- Cuando el contenido de agua es menor de 160lts por m³ de mezcla.
- En concretos con contenido de cemento inferior a 250 kg/m³.
- Cuando existe un contenido apreciable de agregado grueso de tamaño máximo que sobrepasa las 2.5".

2.0 SEGREGACION

En una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del Agregado Grueso del Mortero.

Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejas, etc.

La segregación es una función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta y menor cuanto más seca lo es.

En el proceso de diseño de mezclas, es necesario tener siempre presente el riesgo de segregación, pudiéndose disminuir este, mediante el aumento de finos (cemento o A. fino) y de la consistencia de la mezcla.

Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. La segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo, el traqueteo de las carretillas con ruedas metálicas tiende a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la “lechada” asciende a la superficie.

Cuando se suelta el concreto de alturas mayores de 1/2 metro el efecto es semejante.

También se produce segregación cuando se permite que el concreto corra por canaletas, máxime si estas presentan cambios de dirección.

El excesivo vibrado de la mezcla produce segregación.

3.0 RESISTENCIA

La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión.

Se emplea la resistencia a la compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran al

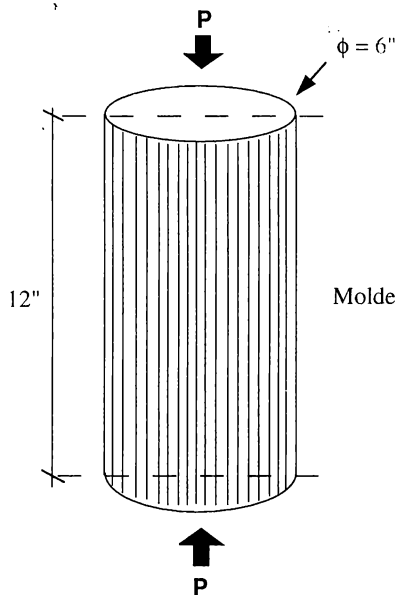
incrementarse esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura).

La resistencia a la compresión de un concreto (f'_c) debe ser alcanzado a los 28 días, después de vaciado y realizado el curado respectivo.

3.1 Equipo en Obra

- Moldes cilíndricos, cuya longitud es el doble de su diámetro (6" x 12")
- Barra compactadora de acero liso, de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud. La barra será terminada en forma de semiesfera.
- Cuchara para el muestreo y plancha de albañilería.
- Aceites derivados de petróleo, como grasa mineral blanda.

Los moldes deben ser de material impermeable, no absorbente y no reactivo con el cemento. Los moldes normalizados se construyen de acero. Eventualmente se utilizan de material plástico duro, de hojalata y de cartón parafinado.



$$f'_c = \frac{P}{A} \left(\text{kg/cm}^2 \right)$$

$$A = \frac{\pi (\phi)^2}{4}$$

3.2 Procedimiento para obtener Muestra

- 1° Se deberá obtener una muestra por cada 120 m³ de concreto producido ó 500 m² de superficie llenada y en todo caso no menos de una al día.
- 2° La muestra de concreto se colocará en una vasija impermeable y no absorbente, de tamaño tal que sea posible el remezclado, antes de llenar los moldes.
- 3° Se deben preparar tres probetas de ensayo de cada muestra para evaluar la resistencia a la compresión en determinada edad, por el promedio.

Generalmente la resistencia del concreto se evalúa a las edades de 7 y 28 días.
- 4° Luego del remezclado, se llena de inmediato el molde hasta un tercio de su altura, compactando a continuación con la barra mediante 25 golpes verticales. El proceso se repite en las 2 capas siguientes, de manera que la barra penetre hasta la capa precedente no más de 1" . En la última, se coloca material en exceso, para enraizar a tope con el borde superior del molde, sin agregar material.
- 5° Después de consolidar cada capa, se procederá a golpear ligeramente las paredes del molde, utilizando la barra de compactación, para eliminar los vacíos que pudieran haber quedado.
- 6° La superficie del cilindro será terminada con la barra o regla de madera, de manera de lograr una superficie plana, suave y perpendicular a la generatriz del cilindro.
- 7° Las probetas se retirarán de los moldes entre las 18 y 24 horas después de moldeadas, para luego sumergirlas en agua para su curado.

3.3 Factores que afectan la Resistencia

- a) **La relación agua- cemento (a/c).**- Es el factor principal que influye en la resistencia del concreto. La relación a/c, afecta la resistencia a la compresión de los concretos con o sin aire incluido. La resistencia en ambos casos disminuye con el aumento de a/c.
- b) **El contenido de cemento.** La resistencia disminuye conforme se reduce el contenido de cemento.

- c) **El tipo de cemento.** La rapidez de desarrollo de resistencia varía para los concretos hechos con diferentes tipos de cemento.
- d) **Las condiciones de curado.** Dado que las reacciones de hidratación del cemento sólo ocurren en presencia de una cantidad adecuada de agua, se debe mantener la humedad en el concreto durante el periodo de curado, para que pueda incrementarse su resistencia con el tiempo.

3.4 Ley de Gilkey

Para un cemento dado y agregados aceptables, la resistencia que puede ser desarrollada por una mezcla de cemento, agregados y agua, trabajable y adecuadamente colocable, bajo similares condiciones de mezclado, curado y ensayo, está influenciado por:

- a) La relación del cemento al agua de la mezcla
- b) La relación del cemento al agregado
- c) La granulometría, textura superficial, perfil, resistencia y dureza de las partículas del agregado.
- d) El tamaño máximo del agregado.

3.5 Ley de Powers

La resistencia del concreto es función del grado de hidratación del cemento, de la relación gel/espacio ocupada por el gel y de la relación agua cemento. Es decir:

$$S = 2380x^3; \text{ siendo } x = \frac{0.647\alpha}{0.319\alpha + a/c}$$

donde:

S = Resistencia del concreto a los 28 días, expresado en kg/cm^2 .

x = relación gel/espacio

α = grado de hidratación del cemento

a/c = relación agua - cemento

Ejemplo : ¿Cuál será el grado de hidratación del cemento en una mezcla de concreto, cuya relación agua - cemento de diseño fue 0.75 y cuya probeta cilíndrica ensayada a compresión a los 28 días arrojó una resistencia de 160 kg/cm^2 ?

Solución:

$$\text{datos: } \begin{cases} a/c = 0,75 \\ S = 160 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

Sabemos que: $S = 2380 x^3$

↓

$$160 = 2380 x^3 \rightarrow x = 0.407$$

También:

$$x = \frac{0.647\alpha}{0.319\alpha + a/c}$$

Reemplazando valores en:

$$0.407 = \frac{0.647\alpha}{0.319\alpha + 0.75} \rightarrow \alpha = 0.59$$

El grado de hidratación existente es del 59%.

4.0 EXUDACION

Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos

Este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado.

La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua en la misma, de la utilización de aditivos, y de la temperatura, en la medida en que a mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación.

La exudación es perjudicial para el concreto, pues como consecuencia de este fenómeno la superficie de contacto durante la colocación de una capa sobre otra puede disminuir su resistencia debido al incremento de la relación agua-cemento en esta zona.

Como producto del ascenso de una parte del agua de mezclado, se puede obtener un concreto poroso y poco durable.

4.1 Velocidad de exudación.

Es la velocidad con la que el agua se acumula en la superficie del concreto.

4.2 Volumen total exudado

Es el volumen total de agua que aparece en la superficie del concreto.

Un ensayo muy sencillo se utiliza para cuantificar la exudación y consiste en llenar de concreto un molde en 3 capas con 25 golpes cada capa, dejándose 1 pulgada libre en la parte superior.

Una vez que se ha terminado de llenar el molde, empezará el fenómeno de exudación, haciéndose lecturas del volumen parcial de agua exudada cada 10 minutos, durante los primeros 40 minutos y cada 30 minutos hasta que la mezcla deje de exudar.

Existen 2 formas de expresar la exudación:

a) Por unidad de Area:

$$\text{Exudación} = \frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Area de la superficie libre del concreto}}$$

Las unidades a utilizarse son mililitros por centímetros cuadrados [ml/cm²].

b) En Porcentaje

$$\text{Exudación} = \frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Vol. de agua de la mezcla en el molde}} \times 100$$

El peso del agua en el molde se halla de la siguiente manera:

$$\text{Vol. Agua en Molde} = \frac{\text{Peso del concreto en el molde}}{\text{Peso total de la tanda}} \times \text{Vol. de agua en la tanda}$$

Ejemplo.- Se ha preparado una mezcla de concreto con el objeto de medir la exudación en la que el peso de los materiales utilizados en la tanda son:

cimento = 10 kg.

A. fino = 22 kg.

A. grueso = 30 kg.

Agua = 5.4 lt.

Las características del recipiente utilizado para el ensayo son:

diámetro = 25.4 cm.

Peso del concreto en el recipiente = 36.7 kg.

Los datos obtenidos durante el ensayo son:

Tiempo (min.)	Volumen Exudado (ml.)
0	0
10	7
10	9
10	10
10	12
30	24
30	16
30	14
30	4
30	0

Se expide determinar la velocidad de exudación y expresar la exudación en sus 2 formas.

Solución:

Haremos la siguiente tabla:

Tiempo (min)	Vol. Parcial Exudado (ml)	Vol. Acum. Exud. (ml)	Vel. de Exudac. = $\frac{\text{Vol. Ex.}}{\text{Tiempo}}$ (ml/min)
0	0	0	0
10	7	7	0.70
10	9	16	0.90
10	10	26	1.00
10	12	38	1.20
30	24	62	0.80
30	16	78	0.53
30	14	92	0.47
30	4	96	0.13
30	0	96	0

Vol. Total Exudado = 96 ml.

a) **Exudación por unidad de área:**

$$\text{Exudación} = \frac{\text{Vol. Total Exudado}}{\text{Area del recipiente}} = \frac{96}{\frac{\pi (25.4)^2}{4}} = 0.19$$
$$\cong 0.2 \text{ ml / cm}^2$$

b) **Exudación en Porcentaje:**

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{\text{Vol. Total Exudado}}{\text{Vol. de agua de la mezcla en el molde}} \times 100$$

donde:

Vol. total Exudado = 96 ml.

Vol. Agua de la mezcla en el molde =

$$= \frac{\text{Peso del concreto en el molde}}{\text{Peso total de la tanda}} \times \text{Vol. de agua en la tanda}$$
$$= \frac{36.7}{(10 + 22 + 30 + 5.4)} \times 5.4 = 2.940 \text{ lt} = 2940 \text{ ml.}$$

Luego:

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{96}{2940} \times 100 = 3.3 \%$$

5.0 DURABILIDAD

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2 a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie.

Los agentes químicos, como ácidos inorgánicos, ácidos acético y carbónico y los sulfatos de calcio, sodio, magnesio, potasio, aluminio y hierro desintegran o

dañan el concreto. Cuando puede ocurrir contacto entre estos agentes y el concreto, se debe proteger el concreto con un revestimiento resistente; para lograr resistencia a los sulfatos, se debe usar cemento Portland tipo V. La resistencia al desgaste, por lo general, se logra con un concreto denso, de alta resistencia, hecho con agregados duros.

6.0 IMPERMEABILIDAD

Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire (burbujas diminutas) así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad.

PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO NORMAL

1.0 ALCANCE

1.1 Se presentarán 2 métodos para la selección de proporciones (dosificación) de mezclas para concretos preparados con agregados de densidad normal y de adecuada trabajabilidad.

1.2 Estos métodos proporcionan una primera aproximación de las proporciones de la mezcla, con el propósito de ser comprobado, preparando y ensayando mezclas de prueba en el laboratorio o en obra, debiendo ser ajustado si es necesario para producir las características deseadas del concreto.

2.0 INTRODUCCION

- a) El concreto está compuesto especialmente de cemento, agregados y agua. Contendrá una cierta cantidad de aire atrapado, y podrá también contener aire incorporado intensionalmente, obtenido mediante el uso de un aditivo o de cemento incorporador de aire. Podrá también usarse otros aditivos con la finalidad de alterar determinadas propiedades del concreto, tanto en su estado fresco como endurecido.
- b) La selección de las proporciones del concreto, implica un balance entre economía razonable y requerimiento de ciertas características, las cuales están regidas por el uso futuro del concreto y las condiciones esperadas a ser encontradas en el momento de la colocación de la mezcla. Estas son a menudo, pero no siempre expresadas en las especificaciones de trabajo.

-) Las proporciones obtenidas por cualquiera de los 2 métodos a explicarse, deben siempre chequearse preparando mezclas de prueba. Este chequeo puede hacerse en el laboratorio o en obra, este último procedimiento evita posibles errores derivados de asumir que los valores obtenidos de las pequeñas mezclas preparadas en un ambiente de laboratorio son representativas del comportamiento del concreto en obra.

3.0 CONSIDERACIONES

3.1 Las proporciones de la mezcla de concreto, deben ser seleccionadas para proporcionar la manejabilidad, resistencia y durabilidad necesarias para el trabajo específico que se está realizando.

La manejabilidad, incluyendo propiedades satisfactorias de acabado, abarca rasgos vagamente definidos en los términos de trabajabilidad y consistencia.

3.2 Se considerará a la **trabajabilidad** como la propiedad del concreto que determina su capacidad de ser colocado, compactado y acabado sin la presencia perjudicial de segregación, lo cual involucra los conceptos de plasticidad, cohesividad y compactabilidad.

La trabajabilidad de una mezcla depende de la granulometría, perfil y proporciones del agregado, de la cantidad de cemento, de la presencia de aire incorporado, los aditivos y de la consistencia.

Los procedimientos de diseño de estas recomendaciones toman en cuenta estos factores, con el fin de obtener una manejabilidad económicamente satisfactoria.

3.3 Se considerará a la **consistencia** como la propiedad que determina el grado de humedad de la mezcla de concreto. Se cuantificará en términos del asentamiento de la misma, en la medida de que a mayor asentamiento implicará una mezcla más húmeda. La consistencia está relacionada con la trabajabilidad, pero no es sinónimo de ésta.

En concretos adecuadamente proporcionados, el contenido unitario de agua requerido para producir un asentamiento deseado depende de diversos factores, así pues:

- El requerimiento de agua es mayor cuanto más angulares y rugosos son los agregados usados, desventaja que se encuentra compensada por la mejor adherencia de la pasta de cemento a los mismos.

El requerimiento de agua disminuye cuanto mayor es el tamaño máximo del agregado usado bien graduado.

- El requerimiento de agua disminuye con la incorporación del aire y puede ser significativamente reducido por el uso de ciertos aditivos.

3.4 En cuanto a la **resistencia** podemos decir que es una característica muy importante del concreto, pero otras características tales como durabilidad, permeabilidad y resistencia al desgaste son con frecuencia iguales o más importantes.

Estas propiedades lógicamente están relacionadas con la resistencia de modo general, pero están también afectadas por factores que no están significativamente asociados con dicha propiedad.

Para un conjunto dado de materiales y condiciones de trabajo, la cantidad neta de agua utilizada por unidad de cemento, determina la resistencia del concreto. Esta cantidad neta de agua excluye el agua absorbida por los agregados.

Para una relación agua-cemento dado, las diferencias en la resistencia, pueden deberse a cambios en:

- El tamaño máximo del agregado, en la medida en que un incremento en el tamaño máximo del agregado, implica una reducción de la resistencia del concreto.
- La granulometría, textura superficial, forma, resistencia y dureza de los agregados.
- El tipo y marca del cemento.
- El contenido de aire de la mezcla, en la medida en que un incremento en el contenido de aire, implica una reducción de la resistencia del concreto.
- El uso de aditivos que afecten el proceso de hidratación del cemento o desarrollen propiedades cementantes por sí mismos.

Estos efectos han sido tomados en cuenta en estas “recomendaciones” en la medida en que son predecibles de manera general. Sin embargo en vista de su número y complejidad, una predicción exacta de resistencia, debe basarse en coladas de ensayo o en experiencias previas, con los materiales que van a ser empleados.

3.5 En cuanto a **durabilidad**, el concreto debe ser capaz de resistir aquellas condiciones de exposición que podrían privarlo de su utilidad como son: congelación y deshielo, humedecimiento y secado, calentamiento y enfriamiento, productos químicos, agentes descongelantes etc.

La resistencia a alguno de estos factores puede ser incrementado por el uso de ingredientes especiales, tales como: cemento de bajo contenido de álcalis, puzolanas, o agregado seleccionado para prevenir las expansiones peligrosas debidas a la reacción álcali - agregado, lo cual ocurre en aquellas zonas donde el concreto está expuesto a un ambiente húmedo, cemento resistente a los sulfatos o puzolanas para concretos expuestos al agua de mar o suelos sulfatados, o el empleo de agregados libre de una cantidad excesiva de partículas blandas en aquellos casos en que se necesita una resistencia a la abrasión superficial.

El empleo de una relación agua- cemento bajo, reducirá la penetración de líquidos agresivos, prolongando por lo tanto la vida del concreto. La resistencia al intemperismo severo, especialmente a la congelación y deshielo es mejorado con la incorporación de una cantidad adecuada de aire, tal es así que para concretos expuestos a climas donde ocurre congelamiento deberá usarse aire incorporado.

4.0 INFORMACION Y PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

4.1 Información

Siempre que sea posible, la dosificación del concreto deberá basarse en datos obtenidos de experiencias en laboratorio, en las cuales han sido utilizadas los materiales a ser empleados en obra, si esta información es limitada, o en el peor de los casos, no se dispone de esta información, **las estimaciones dadas en estas recomendaciones pueden ser empleadas.**

Será útil la siguiente información de materiales disponibles:

- a.- Análisis Granulométrico del Agregado fino y grueso.
- b.- Peso unitario del agregado grueso.
- c.- Peso específico de masa, porcentajes de absorción y humedad de los agregados a utilizarse.
- d.- Tipo y marca del cemento Portland escogido.
- e.- ~~Peso específico del cemento Portland.~~
- f.- Requerimientos de agua de mezclado, en base a experiencias con los agregados disponibles.

- g.- Relaciones entre la resistencia y la relación agua cemento, para las combinaciones posibles de cemento y agregados.

Nota.- En el caso en que no se disponga de las 2 últimas informaciones (f,g), los valores estimados en las tablas N° 2 y N° 3 pueden ser utilizados.

4.2 Procedimiento

- a) La obtención de los pesos de las mezclas de concreto especificado, se hace siguiendo una secuencia de pasos lógicos y directos, los cuales, acomodan las características de los materiales disponibles, en una mezcla adecuada para el trabajo.

El problema de la adecuabilidad, no se deja frecuentemente al criterio de quien va a diseñar la mezcla.

Las especificaciones con que el diseñador cuenta, pueden ser algunas o todas las siguientes:

- Máxima relación agua- cemento
- Mínimo contenido de cemento.
- Contenido de aire.
- Asentamiento (slump)
- Tamaño máximo de agregado
- Resistencia
- Otros requerimientos, tales como: Resistencia de sobrediseño, aditivos y tipos especiales de cemento o agregados.

- b) Prescindiendo de si las características del concreto son dadas en las especificaciones o son dejadas al criterio de quien diseña las mezclas, obtendremos los pesos de las mezclas por metro cúbico de concreto de la siguiente manera:

PASO 1: Selección del Asentamiento

Si las especificaciones de obra no da el asentamiento de la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla N° 1, podemos seleccionar un valor adecuado para el determinado trabajo que se va a realizar.

Se deberán usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

TABLA N° 1

**ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS PARA VARIOS
TIPOS DE CONSTRUCCION**

TIPOS DE CONSTRUCCION	MAXIMO*	MINIMO
- Zapatas y Muros de cimentación reforzados.	3"	1"
- Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	3"	1"
- Vigas y Muros reforzados	4"	1"
- Columnas de edificios	4"	1"
- Pavimentos y losas	3"	1"
- Concreto ciclópeo	2"	1"

Estos valores de asentamiento mostrado, se aplicarán cuando el método de consolidación utilizado sea vibración.

* Cuando se utilizan métodos de consolidación del concreto, diferentes de vibración, estos valores pueden ser incrementados en 1".

Concretos bombeables deben tener como mínimo 5" de asentamiento (slump).

CONSISTENCIA ASENTAMIENTO

Seca 0" a 2"

Plástica 3 a 4"

Fluida ≥ 5"

PASO 2: Selección del tamaño máximo del agregado

Los concretos con mayor tamaño de agregados, requieren menos mortero por unidad de volumen de concreto que tamaños menores.

El tamaño máximo del agregado deberá ser el mayor que sea económicamente compatible con las dimensiones de la estructura; en la medida en que el tamaño máximo del agregado grueso (piedra) nunca será mayor de:

- 1/5 de la dimensión más angosta entre caras del encofrado.
- 1/3 del espesor de las losas.
- 3/4 de la distancia libre entre barras o paquetes de barras o cables pretensores.

En el caso en que la trabajabilidad y los métodos de consolidación sean lo suficientemente buenos como para que el concreto sea colocado sin cangrejeras, las 3 limitaciones anteriores pueden ser más flexibles. Como ya se ha mencionado anteriormente, para una relación agua - cemento dada, la reducción en el tamaño máximo del agregado nos lleva a un incremento en la resistencia del concreto.

PASO 3: Estimación del agua de mezclado y contenido de aire

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto necesaria para obtener el asentamiento deseado, depende del tamaño máximo, perfil, textura y granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incorporado, no siendo apreciablemente afectada por la cantidad de cemento.

La tabla N° 2, nos proporciona una **primera estimación** del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

Como se observará, la tabla N° 2 no toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados.

Debemos hacer presente que estos valores tabulados son lo suficientemente aproximados para una primera estimación y que dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar algo por encima o por debajo de dichos valores.

Estas diferencias en las demandas de agua no repercuten necesariamente en la resistencia final del concreto debido a que otros factores de compensación están involucrados. Así pues, por ejemplo, podemos esperar que 2 tipos de agregados, uno redondo y otro angular, ambos bien graduados y de buena calidad, produzcan concretos de muy similar resistencia a la comprensión para el mismo factor de cemento a pesar de

las diferentes cantidades de agua de mezclado requerido (como consecuencia de las diferentes relaciones agua- cemento utilizadas). Podemos concluir diciendo de que las formas de las partículas de un agregado no es un índice de la calidad de producción de resistencia.

La tabla N° 2 nos muestra además, la cantidad aproximada de aire atrapado a ser esperado en un concreto sin aire incorporado y el promedio recomendado del contenido total de aire para concretos en los cuales el aire es **incorporado intensionalmente** por razones de durabilidad.

Es necesario recordar que concretos con aire incorporado, deberá siempre usarse para estructuras expuestas a ciclos de congelación y deshielo y generalmente para estructuras expuestas al agua de mar o sulfatos.

PASO N° 4 : Selección de la relación agua-cemento (a/c)

La relación agua- cemento requerido es determinada teniendo en consideración no solamente la resistencia sino también factores como durabilidad y propiedades de acabado del concreto.

Desde que diferentes agregados y cementos, producen generalmente diferentes resistencias para una misma relación agua - cemento, es muy útil tener o desarrollar las interrelaciones entre la resistencia y la relación agua- cemento para los materiales a ser usados en la preparación de la mezcla.

En el caso de no contar con estos datos, valores aproximados y relativamente conservadores para concretos preparados con cemento Portland tipo 1 pueden ser tomados de la tabla N° 3 si en la preparación del concreto se utilizan materiales típicos, entonces las relaciones agua - cemento tabuladas producirán las resistencias mostradas, las cuales se han obtenido ensayando muestras a los 28 días, curados bajo condiciones estándares de laboratorio.

La resistencia promedio que se seleccione, deberá exceder a la resistencia especificada por el proyectista en un margen suficiente como para mantener el número de ensayos dentro de los límites especificados.

TABLA N° 2

REQUERIMIENTOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLADO Y DE CONTENIDO DE AIRE
PARA DIFERENTES VALORES DE ASENTAMIENTO Y TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADOS. *

ASENTAMIENTO O SLUMP	Agua en $litro/m^3$ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados								
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"	
	CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125	
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140	
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	---	
Cantidad aproximada de aire atrapado, en porcen- taje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2	
	CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120	
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135	
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	---	
Promedio recomendado para el contenido total de aire, en porcentaje.	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3	

* Estas cantidades de agua de mezclado se utilizarán en el cálculo del factor cemento en mezclas de prueba. Son valores máximos para agregado grueso angular y bien formado, y cuya granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C 33 ó ITINTEC 400.037). Los valores del asentamiento en concretos que contienen agregados con tamaño máximo mayor de 1 1/2", están basados en ensayos de asentamientos hechos después de retirar, por cernido húmedo las partículas mayores de 1 1/2".

La resistencia promedio (f'_{cp}) que se seleccione, deberá exceder a la resistencia especificada en los planos (f'_c) por el proyectista, en un margen suficiente como para mantener el número de ensayos dentro de los límites especificados (ver 4.3.3). Se calculará la relación a/c para el (f'_{cp})

Para condiciones de exposición severa, la relación agua - cemento deberá mantenerse baja, aún cuando los requerimientos de resistencia puedan cumplirse con valores mayores. En la tabla N° 4 se muestran los máximos valores.

TABLA N° 3

RELACION AGUA- CEMENTO Y RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'_{cp}) (kg/cm ²)*.	RELACION AGUA- CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORP.	CONCRETO CON AIRE INCORP.
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

$$f_{cp} = \frac{f_c}{1 - tv}$$

- * Los valores corresponden a resistencias promedio estimadas para concretos que no contengan más del porcentaje de aire mostrado en la tabla N°2. Para una relación agua- cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire.

Las resistencias se basan en cilindros de prueba de 15 × 30 cm, de curado húmedo durante 28 días, a una temperatura de 23°C, de acuerdo con la sección 9(b) de la norma ASTM C 31, que indica cómo hacer y curar especímenes para pruebas de compresión y flexión del concreto en obra. Las resistencias de los cubos de prueba serán mayores aproximadamente en 20%.

Las relaciones mostradas han sido obtenidas para un tamaño máximo del agregado comprendido entre 3/4" y 1" para una cantera dada. Se debe tener en cuenta que la resistencia producida por una relación agua - cemento dada se incrementará conforme el tamaño máximo del agregado disminuye.

TABLA N° 4

MAXIMA RELACION AGUA -CEMENTO PERMISIBLE PARA CONCRETOS SOMETIDOS A EXPOSICION SEVERA *

TIPO DE ESTRUCTURA	Estructuras que están continua o frecuentemente húmedas y expuestas a congelación y deshielo.	Estructuras expuestas al agua de mar o sulfatos.
Secciones delgadas y todas aquellas secciones con menos de 3cm. de recubrimiento.	0.45	0.40 **
Cualquier otro tipo de estructura.	0.45	0.40 **

* El concreto deberá ser con aire incorporado.

** Si es usado cemento resistente a los sulfatos (tipo II o tipo V de la norma ASTM C150), la relación agua- cemento permisible puede ser aumentado en 0.05.

PASO 5.- Cálculo del Contenido del Cemento.

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado (paso 3) dividido entre la relación agua- cemento (paso 4)

$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Agua de mezclado (kg/m}^3\text{)}}{\text{relación a/c (para } f_{cp}\text{)}}$$

Si las especificaciones indican un contenido mínimo de cemento, además de los requerimientos de resistencia y durabilidad, la mezcla deberá diseñarse con aquel criterio que conduzca a una mayor cantidad de cemento.

El empleo de aditivos químicos o puzolana, afectará las propiedades del concreto tanto en su estado fresco como endurecido, justificándose el empleo de estos productos por razones de economía o para procurar propiedades especiales del concreto.

Para la determinación de un primer estimado del contenido de cemento se puede trabajar con las recomendaciones obtenidas del productor del Aditivo, así como de las modificaciones de los requerimientos de agua de mezclado en el Paso N° 3 y relaciones de resistencia en el paso N° 4.

La determinación final del contenido de cemento deberá basarse en mezclas de prueba, ajustadas de acuerdo al paso N° 9 para obtener todas las propiedades deseadas en el concreto.

PASO 6. - Estimación del Contenido de Agregado Grueso.

Los agregados de esencialmente el mismo tamaño máximo y granulometría, producirán concreto de satisfactoria trabajabilidad, cuando un volumen dado de agregado grueso seco y compactado, es empleado por unidad de volumen de concreto.

La tabla N° 5, nos proporciona valores aproximados para estos volúmenes de agregado. como puede observarse, para similar trabajabilidad, el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto, depende solamente de su tamaño máximo y del módulo de fineza del agregado fino.

Las diferencias en la cantidad de mortero requerido por razones de trabajabilidad con diferentes agregados, debido a diferencias en el perfil y granulometría de las partículas, son compensados automáticamente por las diferencias en el contenido de vacíos del material seco y compactado.

El peso seco del agregado grueso por metro cúbico de concreto, en base al volumen seco y compactado del mismo, es igual al valor obtenido de la tabla N° 5, multiplicado por el peso unitario seco y compactado del agregado grueso.

$$\text{Cantidad de agregado grueso (en kg)} = \left[\text{Volumen de agregado grueso de tabla N° 5 (en m}^3\text{)} \right] \times \left[\text{Peso unitario seco y compactado del agregado grueso (en kg/m}^3\text{)} \right]$$

TABLA N° 5

**VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE
VOLUMEN DE CONCRETO**

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO	Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferen- tes módulos de fineza de agregado fino.			
	MODULO DE FINEZA DEL AGREG. FINO.			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

* Los volúmenes de agregado grueso mostrados, está en condición seca y compactada, tal como se describe en la norma ASTM C29.

Estos volúmenes han sido seleccionados a partir de relaciones empíricas para producir concretos con un grado adecuado de trabajabilidad para construcciones armadas usuales.

Para concretos menos trabajables, tales como el requerido en la construcción de pavimentos, pueden incrementarse los valores en 10% aproximadamente.

Para concretos más trabajables, tales como los que pueden requerirse cuando la colocación es hecha por bombeo, los valores pueden reducirse hasta en un 10%.

El módulo de fineza de la arena = la suma de las relaciones (acumulativas) retenidas en mallas N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 dividida por 100.

PASO 7.- Estimación del contenido de agregado fino.

Existen 2 métodos para la determinación del contenido de agregado fino, ambos se basan en el hecho de que una vez concluido el paso N° 6, todos los

ingredientes a excepción del agregado fino son conocidos por metro cúbico de concreto, pudiendo hallarse el mismo por diferencia, empleando el método de los pesos o el método de los volúmenes. Es decir:

$$\text{Peso del agregado fino (en kg.)} = \text{Peso del concreto (en kg.)} - \left[\begin{array}{l} \text{Peso del agregado grueso (en kg.)} + \\ \text{Peso del cemento (en kg.)} + \text{Peso del agua de mezclado (en kg.)} \end{array} \right]$$

a) Método de los Pesos

Generalmente el peso unitario del concreto fresco es conocido con relativa aproximación de experiencias previas con los materiales a ser utilizados en obra.

En ausencia de tal información, la tabla N° 6 puede ser empleada en un primer estimado, con la seguridad de que las proporciones obtenidas serán lo suficientemente aproximadas como para ser corregidas con un rápido y sencillo ajuste sobre la base de los resultados de las mezclas de ensayo.

La fórmula para calcular el peso del concreto fresco por metro cúbico es:

$$P.U. = 10 \gamma_{ag} (100 - A) + C (1 - \gamma_{ag} / \gamma_{ce}) - W (\gamma_{ag} - 1) \dots (\alpha)$$

donde:

$$P.U. = \text{Peso del concreto fresco en kg/m}^3$$

γ_{ag} = Peso Específico Promedio de la combinación de Agregados fino y grueso en condiciones S.S.S.

γ_{ce} = Peso Específico del cemento generalmente 3.15.

A = Contenido de aire en porcentaje

W = Agua de mezclado requerido, en kg/m³

C = Cantidad de cemento requerido, en kg/m³.

b) Método de los Volúmenes Absolutos

Un procedimiento más exacto para el cálculo de la cantidad de agregado fino por metro cúbico de concreto, implica el empleo de los volúmenes desplazados por los ingredientes o volúmenes absolutos de los mismos.

En este caso el volumen absoluto del agregado fino es igual a la diferencia entre el volumen unitario de concreto y la suma de los volúmenes absolutos de los ingredientes ya conocidos (cemento, agua, aire, agregado grueso).

El volumen absoluto ocupado en el concreto por cualquier ingrediente, es igual a su peso dividido por su peso específico.

$$\text{Volumen} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

TABLA N° 6

**PRIMERA ESTIMACION DEL PESO DEL CONCRETO
FRESCO (*)**

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO	PRIMERA ESTIMACION DEL PESO DEL CONCRETO EN kg/m ³	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
3/8"	2285	2190
1/2"	2315	2235
3/4"	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375
3"	2465	2400
6"	2505	2435

* Los valores han sido calculados empleando la ecuación (α) para concretos de riqueza media (330 kg. de cemento por m³ de concreto) y asentamiento medio para agregados con peso específico de 2.7.

Los requerimientos de agua se han basado en valores de 3" a 4" de asentamiento de la tabla N° 2.

Si se desea, la estimación del peso puede ser refinado como sigue:

- Por cada 5 kg. de diferencia de agua de mezclado de los valores de la tabla N° 2 para valores de asentamiento de 3" a 4", se debe corregir el peso por m³ en 8 kgs. en la dirección opuesta.
- Por cada 20 kg. de diferencia en el contenido de cemento, de 330 kg., corregir el peso por m³ en 3 kgs. en la misma dirección.
- Por cada 0.1 de variación en el peso específico del agregado, en relación a 2.7 corregir 70 kgs. en la misma dirección.

PASO 8.- Ajuste por contenido de humedad de los agregados.

Generalmente los agregados utilizados en la preparación de un concreto, se encuentran húmedos por lo cual sus pesos secos se incrementan en el porcentaje de agua que contengan, tanto agua absorbida como superficial. Así el agua de mezclado añadida a la colada, debe ser reducida en una cantidad igual a la humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal el contenido total de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.

Por lo tanto:

si:

$$\text{Agregado Grueso} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad total} = W_g \% \\ \% \text{ absorción} = a_g \% \end{array} \right.$$

$$\text{Agregado Fino} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad total} = W_f \% \\ \% \text{ absorción} = a_f \% \end{array} \right.$$

$$\text{Peso del agregado grueso húmedo (en kg)} = \left[\text{peso del agregado grueso seco (en kg)} \right] \times W_g \%$$

$$\text{Peso del agregado fino húmedo (en kg)} = \left[\text{peso del agregado fino seco (en kg)} \right] \times W_f \%$$

$$\text{Agua en agregado grueso} = \left[\frac{\text{peso del agregado grueso seco (en kg)}}{\text{grueso seco (en kg)}} \right] \times (W_g \% - a_g \%)$$

$$= X \text{ Kg}$$

$$\text{Agua en agregado fino} = \left[\frac{\text{peso del agregado fino seco (en kg)}}{\text{fino seco (en kg)}} \right] \times (w_f \% - a_f \%)$$

$$= Y \text{ kg.}$$

$$\text{Agua de neta o efectiva} = \text{Agua de diseño (kg)} - (X + Y)$$

PASO 9.- Ajuste de las mezclas o coladas de prueba

Las proporciones de la mezcla, calculadas siguiendo estas recomendaciones deben ser comprobadas, para lo cual se prepara mezclas de ensayo o de prueba con los materiales a ser empleados en obra, de acuerdo a la norma C192 del ASTM, o empleando tandas reales preparadas en obra.

Se verificaran en estos ensayos las condiciones de trabajabilidad, adecuada ausencia de segregación y buen acabado, debiendo ajustar si es necesario las proporciones de la siguiente manera:

- a.- La cantidad de agua de mezclado necesaria para obtener el mismo asentamiento que el de la mezcla de prueba, deberá ser igual a la cantidad neta de agua de mezclado empleada, dividida por el rendimiento de la mezcla de prueba en m^3 .

Si el asentamiento de la mezcla de prueba no fue el correcto, se debe incrementar o disminuir el contenido de agua estimada en 2 l/m^3 de concreto por cada incremento o disminución de 1 cm en el asentamiento deseado.

- b.- Para ajustar por el efecto de un contenido de aire incorrecto en una mezcla de prueba de un concreto con aire incorporado, se debe incrementar o reducir el contenido de agua de mezclado del acápite anterior en 3 l/m^3 de concreto por cada 1% en que debe reducirse o incrementarse el contenido de aire respecto al de mezcla de prueba previa.

- c. El peso unitario estimado nuevamente del concreto fresco para el ajuste de proporciones de la mezcla para prueba, es igual al peso unitario en kg/m^3 medido en la mezcla de prueba, reducido o incrementado por el porcentaje de incremento o disminución del contenido de aire de la mezcla ajustada respecto a la primera mezcla de prueba.
- d. Deben calcularse nuevos pesos de mezcla, comenzando con el paso N° 4, si es necesario se modificará el volumen del agregado grueso de la tabla N° 5 para obtener una trabajabilidad apropiada.

4.3 Evaluación del grado de control

Todos los datos que se obtienen de ensayos están sujetos a variaciones, para gran número de datos existen ciertas medidas que indican la uniformidad del producto que se está ensayando y el cuidado con que se han hecho los ensayos.

La medida más común de la tendencia central de un conjunto de datos es el **promedio**, y las más comunes de grado de uniformidad son la **desviación estándar** y el **coeficiente de variación**.

4.3.1 Desviación estándar (σ)..- La desviación estándar se utiliza para evaluar la dispersión de datos respecto al promedio.

La manera de hallar la desviación estándar depende del número de muestras que se tenga en cuenta para la ejecución del control de calidad de la producción; así:

- Para un número de muestras menores de 30

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

- Para un número de muestras mayores de 30

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

donde:

x = Resistencia a la compresión de la muestra

$\bar{x}$ = Resistencia a la compresión promedio

n = número de muestras

La desviación estándar tiene las mismas unidades que los valores originales.

4.3.2 Coeficiente de variación (v).- El coeficiente de variación es el resultado de dividir la desviación estándar entre la resistencia promedio.

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

El coeficiente de variación es adimensional y se expresa generalmente en porcentaje.

Los valores que relacionan el grado de control de calidad con el coeficiente de variación (v), se muestra en la tabla N° 7

TABLA N° 7

GRADO DE CONTROL	COEFICIENTE DE VARIACION (v)
• Ensayos de laboratorio	5%
• Excelente en obra	10 % a 12%
• Bueno	15%
• Regular	18%
• Inferior	20%
• Malo	25%

El coeficiente de variación de las muestras de ensayo tomadas en obra y utilizadas en el control de la resistencia a la compresión del concreto, toma en cuenta los coeficientes de variación de la compañía constructora (v_1) y del laboratorio encargado del control (v_2) y se relacionan mediante la siguiente ecuación:

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

4.3.3. Resistencia promedio (f'_{cp}).- Para diseñar una mezcla de concreto de tal modo que no más de un cilindro entre 10, ó un cilindro entre 20, tenga una resistencia menor que la resistencia especificada por el proyectista (f'_c), se tiene que proporcionar la mezcla para una resistencia promedio mayor (f'_{cp}). Esto se puede lograr aprovechando la experiencia previa. Para una primera estimación puede utilizarse la expresión dada por el Comité Europeo del Concreto.

$$f'_{cp} = \frac{f'_c}{1 - tv}$$

en donde:

f'_{cp} = Resistencia promedio necesaria

f'_c = Resistencia a la compresión especificada por el proyectista.

v = Coeficiente de variación prevista según el grado de control, expresado en forma decimal.

t = Constante que depende del porcentaje de datos que pueden ser menores que el especificado y del número de muestras necesario para establecer v .

Los valores del coeficiente “ t ” se dan en la tabla N° 8

Asimismo Walker encontró un método de cálculo de la resistencia promedio en función del coeficiente de variación de las muestras de ensayo y de otro coeficiente que depende del número de veces, 9 de cada 10 ó 99 de cada 100, que una muestra de ensayo pasa un determinado porcentaje de la resistencia de diseño especificada.

El coeficiente de aplicación se muestra en la tabla N° 9

TABLA N° 8
VALORES DE “ t ”

Número de muestras menos 1	Posibilidades de caer debajo del límite inferior		
	1 en 5	1 en 10	1 en 20
1	1.376	3.078	6.314
2	1.061	1.886	2.920
3	0.978	1.638	2.353
4	0.941	1.533	2.132
5	0.920	1.476	2.015
6	0.906	1.440	1.943
7	0.896	1.415	1.895
8	0.889	1.397	1.860
9	0.883	1.383	1.838
10	0.879	1.372	1.812
15	0.866	1.341	1.753
20	0.860	1.325	1.725
25	0.856	1.316	1.708
30	0.854	1.310	1.697
+30	0.842	1.282	1.645

t : Coeficiente que depende del número de resultados inferiores a f'_c y del número de muestras empleadas para el cálculo del coeficiente de variación (v)

TABLA N° 9

**RESISTENCIA PROMEDIO
PORCENTAJE DE LA RESISTENCIA ESPECIFICADA**

Coeficiente de Variación v	Para 9 muestras de ensayo en 10 pasando el porcentaje de la resistencia especificada				Para 99 muestras de ensayo en 100 pasando el porcentaje de la resistencia especificada			
	100	90	80	70	100	90	80	70
5	107	--	--	--	113	102	--	--
10	115	103	--	--	130	117	104	--
12	118	106	--	--	139	125	111	--
15	124	111	100	--	154	139	123	108
18	130	117	104	--	173	155	138	121
20	135	121	108	--	188	169	150	131
25	147	133	118	103	241	216	192	168

TABLA N° 10

**FACTORES PARA CALCULAR LA DESVIACION
ESTANDAR EN LOS ENSAYOS**

N° de especímenes	d_2	$1/d_2$
2	1.128	0.8865
3	1.693	0.5907
4	2.059	0.4857
5	2.326	0.4299
6	2.534	0.3946
7	2.704	0.3698
8	2.847	0.3512
9	2.970	0.3367
10	3.078	0.3249

TABLA N° 11

PORCENTAJE DE AGREGADO FINO

Tamaño máximo Nominal del Agregado Grueso	Agregado Redondeado				Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico				Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico			
	5	6	7	8	5	6	7	8
Agregado Fino - Módulo de Fineza de 2.3 a 2.4								
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/2"	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
3"	34	32	30	28	41	38	36	34
Agregado Fino - Módulo de Fineza de 2.6 a 2.7								
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	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
3"	35	33	31	30	43	40	38	36
Agregado Fino - Módulo de Fineza de 3.0 a 3.1								
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1/2"	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
3"	39	36	34	32	46	43	41	39

- Los valores de la Tabla corresponden a porcentajes del agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado.
- Los valores corresponden a agregado grueso angular en concretos de peso normal sin aire incorporado.

TABLA N° 12

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS

Tamaño máximo del agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.				
	5	6	7	8	9
3/8"	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

- Los valores de la Tabla están referidos a agregado grueso de perfil angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.
- Los valores de la Tabla pueden dar mezclas ligeramente sobrearenosas para pavimentos o estructuras ciclópeas. Para condiciones de colocación favorables pueden ser incrementados en 0.2.

4.4 Ejemplo de aplicación

Se desea diseñar una mezcla de concreto para ser empleada en la construcción de columnas y losas armadas. La resistencia promedio requerida es de 260 kg/cm², el tamaño máximo de agregado 1 1/2" y el asentamiento de 3" - 4".

Se utilizará cemento Portland ASTM C150 tipo I (P e = 3.15) y la consolidación será por vibración

Las características de los agregados a emplearse son:

DESCRIPCIÓN	A. FINO	A. GRUESO
P.e	2.6	2.7
P.U. compactado y seco	1,700 kg/m ³	1650 kg/m ³
Contenido de humedad	5%	1.5%
Porcentaje de absorción	3%	1%
Módulo de fineza	2.7	

Solución:

Seguiremos todos los pasos antes mencionados por simplificación y para mejor comprensión del problema

PASO N° 1

Asentamiento = 3" - 4" (Consolidación por vibración).

PASO N° 2

Tamaño máximo del agregado 1 1/2"

PASO N° 3

Como no nos especifican nada, diseñaremos sin aire incorporado. Con los valores de T.M. = 1 1/2" y asentamiento 3" - 4" en la tabla N° 2 tenemos que:

Agua de mezclado = 175 lt/m³

Porcentaje de aire atrapado = 1%

PASO N° 4

Con el valor de $f'_{cp} = 260 \text{ kg/cm}^2$ en la tabla N° 3 tenemos que la relación agua-cemento será:

$$\begin{array}{rcl}
 f'_{cp} & a/c & 50 \text{ ——— } 0.07 \\
 & & 10 \text{ ——— } ? \\
 \\
 50 \left[\begin{array}{cc} 300 & 0.55 \\ 10 \left[\begin{array}{cc} 260 & x \\ 250 & 0.62 \end{array} \right] ? \end{array} \right] 0.07 & ? = & \frac{10 (0.07)}{50} = 0.014
 \end{array}$$

Luego:

$$x = a/c = 0.62 - 0.014 = 0.606 \cong 0.61$$

PASO N° 5

El contenido de cemento requerido será:

$$C = \frac{175}{0.61} = 286.9 \text{ kg.}$$

PASO N° 6

Con los valores de T.M. = 1 1/2" y $m_f = 2.7$ en la tabla N° 5 tenemos:

Vol. seco y compactado de A. grueso = 0.73 m^3

Luego:

Peso Seco A. grueso = $0.73 \times 1650 = 1204.5 \text{ kg}$

PASO N° 7

Para la estimación de la cantidad de A. fino por m^3 de concreto, utilizaremos los 2 métodos ya mencionados y compararemos resultados.

a) Método de los pesos

Con el valor de T.M. = 1 1/2" y para concretos sin aire incorporado de la tabla N° 6 tenemos que el peso unitario del concreto fresco (primera estimación será):

$$\text{P.U. concreto fresco} = 2420 \text{ kg/m}^3$$

Además sabemos que:

agua = 175 lt

cemento = 286.9 kg.

A. grueso = 1204.5 kg.

Entonces el peso del A. fino por m^3 de concreto será:

$$\text{A. fino} = 2420 - (175 + 286.9 + 1,204.5) = 753.6 \text{ kg.}$$

b) Método de los Volúmenes Absolutos

Vol. Absoluto de los materiales por m^3 de concreto:

$$\text{cemento} = \frac{286.9}{3.15 \times 1000} = 0.0911 \text{ m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{175}{1000} = 0.1750 \text{ m}^3$$

$$\text{aire atrapado} = \frac{1 \times 1}{100} = 0.0100 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1204.5}{2.7 \times 1000} = 0.4461 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 0.7222 \text{ m}^3$$

Luego:

$$\text{Vol. Ab. A. fino} = 1 - 0.7222 = 0.2778 \text{ m}^3$$

$$\therefore \text{Peso A. fino} = 0.2778 (2.6 \times 1000) = 722.3 \text{ kg.}$$

Es decir los pesos de los materiales por m^3 de concreto serán:

Materiales	Método de los pesos (kg.)	Método de los volúmenes absol. (kg.)
Cemento	286.9	286.9
Agua de mezclado	175.0	175.0
A. Grueso (seco)	1204.5	1204.5
A.fino (seco)	722.3	722.3

Utilizaremos los pesos obtenidos por el método de los Vol. Absolutos por ser más exactos.

PASO N° 8

Los ajustes por humedad se harán en los agregados fino y grueso y en el vol. unitario de agua de mezclado.

Pesos húmedos de los materiales por m^3 de concreto.

$$\text{cemento} = 286.9 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 722.3 \times 1.05 = 758.4 \text{ kg}$$

$$\text{A. grueso} = 1204.5 \times 1.015 = 1222.6 \text{ kg}$$

Como los agregados se encuentran saturados, existe una cierta cantidad de agua que le sobraría para encontrarse en la condición ideal de saturados con superficie seca (SSS).

Luego:

$$\begin{aligned}\text{Agua efectiva} &= 175 - \left[\frac{(5 - 3)}{100} \times 722.3 + \frac{1.5 - 1}{100} \times 1204.5 \right] \\ &= 154.5 \text{ lt}\end{aligned}$$

Redondeando, las proporciones finales en obra serán:

cemento = 287 kg/ m³ (6.8 bolsas)

A. fino = 758 kg/m³

A. grueso = 1223 kg/m³

Agua efectiva = 154.5 lt/m³

EXPRESIONES DE LAS PROPORCIONES EN PESO:

Los valores anteriores dan la cantidad de cada uno de los materiales para preparar un metro cúbico de concreto. No siempre es posible preparar tandas usando estas cantidades siendo necesario reducirlas.

El procedimiento consiste en expresar las cantidades como una relación en peso, relacionándolos a la cantidad de cemento que está siendo utilizada.

Así, por ejemplo por cada kg. de cemento se usará:

cemento	$\frac{287}{287} = 1$	A. grueso	$\frac{1223}{287} = 4.26$
A. fino	$\frac{758}{287} = 2.64$	Agua	$\frac{154.5}{287} = 0.54$

Lo anterior se expresa de la siguiente manera:

$$1 : 2.64 : 4.26 / 0.54$$

Para calcular la cantidad de materiales por tanda bastará multiplicar la cantidad de cemento usada en cada tanda, por los valores indicados (1,264, 4.26 y 0.54)

Ejemplo: Cantidades a usarse por bolsa de cemento (42.5kg)

Cemento	$1 \times 42.5 = 42.5 \text{ kg}$
Agregado fino húmedo	$2.64 \times 42.5 = 112.2 \text{ kg}$
Agregado grueso húmedo	$4.26 \times 42.5 = 181.1 \text{ kg}$
Agua efectiva	$0.54 \times 42.5 = 23 \text{ lt}$

FUENTES DE CONSULTA

1.0 NORMAS ITINTEC

334.005

Cementos, método de determinación del peso específico.

334.007

Cementos, muestreo e inspección.

334.008

Cemento Portland, clasificación y nomenclatura

334.016

Cementos, análisis químico, disposiciones generales

334.045

Cementos, método de ensayo para determinar la finura por tamizado.

334.064

Cementos, método de ensayo para determinar el calor de hidratación de cementos Portland.

339.033

Concreto, método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra.

339.034

Concreto, método de ensayo a la compresión de probetas de concreto.

339.035

Concreto, método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams.

ITINTEC ha sido reemplazado por INDECOPI

339.036

Concreto, toma de muestras del concreto fresco.

339.037

Concreto, refrendado de cilindros de concreto.

339.045

Concreto, método de ensayo para la elaboración y curado en el laboratorio de probetas para ensayos de flexión.

339.047

Concreto, definiciones y terminología referida al concreto.

339.059

Concreto, método de ensayo para la extracción y ensayo de probetas cilíndricas y viguetas de concreto endurecido.

339.076

Concreto, método de ensayo para determinar el contenido de cloruros en las aguas usadas en la elaboración de concretos y morteros.

339.077

Concreto, método de ensayo para determinar la exudación del concreto.

339.078

Concreto, método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyados con cargas a los tercios de la luz.

339.079

Concreto método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga en el centro de la luz.

339.081

Concreto, método de ensayo volumétrico para determinar el contenido de aire del concreto fresco.

339.086

Concreto, aditivos para el concreto.

339.088

Concreto, agua para morteros y concretos de cemento Portland.

339.114

Concreto premezclado.

400.010

Agregados, extracción y preparación de muestras.

400.011

Agregados, definición y clasificación

400.012

Agregados, análisis granulométrico

400.013

Agregados, método de ensayo para determinar cualitativamente las impurezas orgánicas del agregado fino.

400.014

Agregados, determinación de cloruros y sulfatos.

400.015

Agregados, determinación de terrones de arcilla y partículas friables.

400.017

Agregados, método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

400.018

Agregados, material que pasa el tamiz N° 200

400.019

Agregados, determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño por medio de la máquina de los Angeles.

400.020

Agregados, determinación de la resistencia al desgaste en agregado, gruesos de gran tamaño por medio de la máquina de los Angeles.

400.021

Agregados, determinación del peso específico y la absorción del agregado grueso.

400.022

Agregados, determinación del peso específico y la absorción del agregado fino.

400.023

Agregados, método de ensayo para determinar la cantidad de partículas livianas en los agregados.

2.0 NORMAS ASTM

C 29

Método estándar de prueba para determinar el peso unitario y vacíos en el agregado.

C 33

Norma estándar para agregados de concreto.

C 39

Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto.

C 70

Método estándar de prueba de humedad de superficie en agregados finos.

C 78

Método estándar de prueba de resistencia a la flexión del concreto.

C 94

Especificación estándar para mezclas de concreto.

C 127

Método estándar de prueba para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso.

C 128

Método estándar de prueba para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.

C 131

Prueba de resistencia a la abrasión de agregado grueso de pequeño tamaño por el uso de la máquina de los Angeles.

C 136

Método estándar de prueba para el análisis granulométrico de agregados gruesos y finos.

C 138

Método estándar de prueba para determinar el peso unitario, la fluencia y el contenido de aire (gravidimétrico) del concreto.

C143

Método estándar de prueba para determinar el revenimiento del concreto con cemento Portland.

C150

Especificaciones del concreto Portland

C172

Muestreo del concreto fresco.

C173

Método estandar de prueba para determinar el contenido de aire del concreto recién mezclado por el método volumétrico.

C183

Muestreo del cemento hidráulico

C192

Método estándar para hacer y curar especímenes de prueba de concreto, en el laboratorio.

C231

Método estandar de prueba para determinar el contenido de aire en el concreto recién mezclado por el método de presión.

C666

Ensayo de resistencia del concreto a la helada y deshielo.

D75

Método estándar de muestreo de agregados.

ENSAYOS DE LABORATORIO

1.0 INTRODUCCION

La selección de las proporciones de una mezcla de concreto, puede ser verificada eficazmente mediante ensayos de laboratorio, los cuales sirven para determinar las propiedades físicas básicas de los materiales empleados, para establecer interrelaciones entre el contenido de aire, la relación agua - cemento, el contenido de cemento y la resistencia, y para proporcionar información sobre las características de trabajabilidad de las mezclas ensayadas.

El grado de investigación como es lógico, dependerá del tamaño e importancia de la obra, así como de sus condiciones futuras de servicio.

2.0 PROPIEDADES DEL CEMENTO

Las características físicas y químicas del cemento, influyen en las propiedades del concreto endurecido, pero a pesar de esto, la única propiedad del cemento usada en el cálculo de las proporciones de la mezcla de cemento es el peso específico. El peso específico de los cementos Portland de los tipos incluidos en las normas ASTM C 150 y C175, se asume como 3.15, sin introducir un error apreciable en el diseño de mezcla.

Para otros tipos como los cementos hidráulicos, el peso específico a ser usado en los cálculos de diseño, deberá determinarse por ensayos, para los cuales se obtendrá una muestra de cemento (de la fábrica que abastecerá la obra o del abastecedor de cemento). La muestra será lo suficientemente grande como para ejecutar todos los ensayos que sean convenientes o necesarios.

3.0 PROPIEDADES DEL AGREGADO

- 3.1 Las propiedades físicas de los agregados fino y grueso utilizados en el diseño de mezclas son: El peso específico, la granulometría, el porcentaje de absorción, el contenido de humedad y el peso unitario seco compactado (del A. grueso).

Para trabajos especiales u obras muy grandes, ensayos como los de: Examen petrográfico, de reactividad química, estabilidad de volumen, durabilidad, resistencia a la abrasión, etc. pueden ser muy útiles, dándonos una valiosa información de la capacidad de servicio de la estructura a largo plazo.

- 3.2 La granulometría de los agregados, determinada por el análisis de tamices es un elemento importante en la determinación: del requerimiento unitario de agua, las proporciones del agregado grueso y fino, y el contenido de cemento para obtener la trabajabilidad deseada.

Se han propuesto varias curvas granulométricas “ideales”, las cuales han sido modificadas por consideraciones prácticas para servir de base para los tamizados comunes requeridas por las normas de concreto.

Una trabajabilidad adicional obtenida al incorporarse aire al concreto, permite de modo alguno, el empleo de gradaciones del agregado menos restrictivas.

- 3.3 Las muestras de agregados que se utilicen en los ensayos de las mezclas de concreto, deberán ser representativas del agregado disponible en la obra.

Para las pruebas de laboratorio, los agregados gruesos deben estar separados en fracciones del tamaño requerido y reconstituidos en el momento del mezclado, para asegurar una granulometría representativa las pequeñas mezclas de ensayo.

Para trabajos de significativa importancia y bajo determinadas condiciones, se pueden obtener métodos para compensar deficiencias de gradación en los agregados disponibles mediante la investigación de laboratorio, de esta manera, una granulometría indeseable en el A.fino, puede ser corregida por:

- a) Separación del agregado en dos o más tamaños fraccionarios y recombinación en proporciones adecuadas.
- b) Incremento o disminución en las cantidades de determinados tamaños para balancear la gradación.
- c) Reducción del exceso de material grueso por trituración.

Las granulometrías indeseables en el agregado grueso, pueden ser corregidas por:

- a) Trituración de las fracciones de tamaño excesivo.
- b) Eliminación de algunas partículas de tamaño excesivo.
- c) Adición de los tamaños deficientes a partir de otras canteras.
- d) Una combinación de estos métodos.

4.0 SERIES DE MEZCLAS DE ENSAYO

Las proporciones halladas utilizando las tablas presentadas en estas recomendaciones, son solamente cantidades aproximadas, las cuales deben verificarse y ajustarse, para lo cual es aconsejable realizar diferentes series de ensayos de concreto para establecer relaciones cuantitativas con los materiales a ser empleados.

5.0 METODOS DE ENSAYO

En la realización de los ensayos de laboratorio para obtener información para seleccionar las proporciones de concreto, deben emplearse las últimas revisiones de los siguientes métodos.

5.1 Para ensayo de materiales

- Muestreo de cemento hidráulicos ASTM C183.
- Peso específico de cementos hidráulicos ASTM C188.
- Muestreo de piedra, escoria, grava y bloques de piedra para emplearlos como materiales para caminos ASTM D 75.
- Análisis por tamices de agregado fino y grueso ASTM C136.
- Peso específico y absorción del agregado grueso ASTM C127.
- Peso específico y absorción del agregado fino ASTM C128.
- Humedad superficial en el agregado fino ASTM C70.
- Contenido de humedad total del agregado por secado ASTM C566.
- Peso unitario del agregado ASTM C 29.
- Vacíos en agregados para concreto ASTM C 30.
- Módulo de fineza - terminología relativa a concreto y agregados para concreto ASTM C-125.

5.2 Para ensayos de concreto

- Muestreo de concreto fresco ASTM C172
- Determinación del contenido de aire de mezclas de concreto fresco por el método volumétrico ASTM C173.
- Determinación del contenido de aire de mezclas de concreto fresco con el método de presión ASTM C231.
- Asentamiento de concretos de cemento portland STM C143.
- Peso unitario, rendimiento y contenido de aire (granulométrico) del concreto ASTM C138.
- Preparación y curado en el laboratorio, de especímenes para ensayos de compresión y flexión del concreto ASTM C192.
- Resistencia a la compresión de cilindros moldeados de concreto ASTM C39.
- Resistencia a la flexión del concreto (usando la viga simple con la carga en el centro) ASTM C293;
- Resistencia a falla por deslizamiento de cilindros moldeados de concreto ASTM C496.

PROBLEMAS

P-1 Se tiene una mezcla de concreto, cuyas proporciones en peso son: 1 : 2 : 4 / 25 lt / bolsa. El peso del concreto fresco es 2400 kg/m^3 . Se pide encontrar:

- El rendimiento por bolsa de cemento
- La cantidad de materiales por m^3 de concreto.

Solución:

- Las proporciones dadas son en peso de obra y por lo tanto:

Peso de los materiales en base a una bolsa de cemento.

$$\text{cemento} = 42.5 \text{ kg.}$$

$$\text{A.fino} = 2 \times 42.5 = 85.0 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 4 \times 42.5 = 170.0 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 25.0 \text{ lt.}$$

$$= 322.5 \text{ kg.}$$

$$\text{Rendimiento de una bolsa de cemento.} = \frac{\text{Peso de la colada}}{\text{Peso unitario del concreto}}$$

$$= \frac{322.5}{2400} = 0.134 \text{ m}^3$$

$$\text{b) Factor cemento} = \frac{\text{Peso unitario del concreto}}{\text{Peso de la colada}}$$

$$= \frac{2400}{322.5} = 7.4 \text{ bolsas}$$

Peso de los materiales por m^3 de concreto:

$$\text{Cemento} = 7.4 \times 42.5 = 314.5 \cong 315 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 7.4 \times 85 = 629 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 7.4 \times 170 = 1258 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 7.4 \times 25 = 185 \text{ lt.}$$

- P-2** La proporción de peso de una mezcla de concreto es: 1:2.3:3.7/0.61. El concreto fresco tiene un peso unitario de 2380 kg/m^3 . Se desea saber la cantidad de materiales por m^3 de concreto (sin corregir por humedad). Las características de los agregados son:

Descripción	A.fino	A. grueso
Peso específico de masa seca	2.72	2.65
Contenido de humedad	2.5%	0.45%
Porcentaje de absorción	1.2%	0.75%

Solución

- 1° Colada en base a una bolsa de cemento

Pesos húmedos de los materiales

$$\text{Cemento} = 1 \times 42.5 = 42.5 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 2.3 \times 42.5 = 97.8 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 3.7 \times 42.5 = 157.2 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua añadida} = 0.61 \times 42.5 = 26.0 \text{ lt.}$$

$$= 323.5 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} 2^\circ \text{ Factor cemento} &= \frac{\text{Peso unitario del conc. fresco}}{\text{Peso colado en base a 1 bolsa de cemento}} \\ &= \frac{2380}{323.5} = 7.4 \text{ bolsas.} \end{aligned}$$

- 3° Pesos húmedos de los materiales por m^3 de concreto.

$$\text{Cemento} = 42.5 \times 7.4 = 314.5 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 97.4 \times 7.4 = 720.8 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = 157.2 \times 7.4 = 1163.3 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua a\~nada} = 26 \times 7.4 = 192.4 \text{ lt.}$$

4° Luego, la cantidad de materiales por m³ de concreto y sin corregir por humedad (Pesos secos) es:

$$\text{Cemento} = 314.5 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ fino} = \frac{720 \cdot 8}{1.025} = 703.2 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{1163 \cdot 3}{1.0045} = 1158.1 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua}_{\text{dise\~no}} = 192.4 + \left[\left(\frac{2.5 - 1.2}{100} \right) \times 703.2 + \left(\frac{0.45 - 0.75}{100} \right) \times 1158.1 \right]$$

$$= 198.1 \text{ kg.}$$

Redondeando:

$$\text{Cemento} = 315 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ fino} = 703 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = 1158 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua neta} = 198 \text{ lt.}$$

P-3 Las proporciones en volumen de una mezcla de concreto ya corregido por humedad del agregado son: 1 2.8 3.5/23 lt/bolsa de cemento. Se pide calcular las proporciones en peso de la misma mezcla, sabiendo que los pesos unitarios sueltos h\~umedos de la arena es 1775 kg/m³ y de la piedra 1585 kg/m³

Soluci3n

1° Volumen aparente de los materiales en base a una bolsa de cemento.

$$\text{Cemento} = 1 \text{ pie}^3$$

$$\text{arena} = 2.8 \text{ pie}^3$$

$$\text{piedra} = 3.5 \text{ pie}^3$$

$$\text{agua} = 23 \text{ lt.}$$

2° Peso h\~umedo de los materiales

$$\text{cemento} = 42.5 \text{ kg.}$$

$$\text{Arena} = \frac{2.8 \times 1775}{35.31} = 140.8 \text{ kg.}$$

$$\text{Piedra} = \frac{3.5 \times 1585}{35.31} = 157.1 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua} = 23 \text{ lt.}$$

3º Entonces la proporción es: 3.3 : 3.7 / 0.54 en peso de la mezcla en obra será:

$$\frac{42.5}{42.5} : \frac{140.8}{42.5} : \frac{157.1}{42.5} / \frac{23.0}{42.5}$$

P-4 Las proporciones en volumen de un mortero son 1: 4, se desea saber cuántas bolsas de cemento se van a utilizar para preparar 2m³ de material sabiendo que la relación en peso agua- cemento es 0.71.

Las características de la arena son:

Peso unitario suelto húmedo _____ 1670.0 kg/m³

Peso específico _____ 2.64

% de absorción _____ 0.80

contenido de humedad _____ 1.30

Solución

Vol. aparente en base a un saco de cemento

$$\text{cemento} = \frac{1}{35.31} = 0.0283 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = \frac{4}{35.31} = 0.1133 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 42.5 \times 0.71 = 30.2 \text{ lt.} = 0.0302 \text{ m}^3$$

Entonces el volumen aparente total de la mezcla será: = 0.1718 m³.

Por lo tanto:

$$\text{factor cemento} = \frac{2}{0.1718} \cong 12 \text{ bolsas .}$$

P-5

Se tiene un mortero en la proporción 1: 4/25 lt/bolsa (en volumen). Se desea saber cual es el rendimiento de la mezcla en base a 2 bolsas de cemento y cuantas bolsas se necesitarán por m³. El aire en el mortero es el 0.3%.

Las características del A. fino son:

Peso unitario suelto seco = 1650 kg/m³

Peso unitario compactado seco = 1710 kg/m³

Peso específico de masa seca = 2.65

Contenido de humedad = 3.2%

Porcentaje de absorción = 1.1%

Solución :

1° Colada de mortero en base a una bolsa de cemento:

Volumenes aparentes en pie³

Cemento = 1 pie³

A. fino = 4 piés³

Agua efectiva = 25 lt.

2° Materiales húmedos

Cemento = 42.5 kg.

$$A. \text{ fino} = \frac{4}{35.31} \times 1650 \times 1.032 = 192.9 \text{ kg}$$

Agua efectiva = 25 lt.

3° Materiales secos:

Cemento = 42.5 Kg.

$$A. \text{ fino} = \frac{192.9}{1.032} = 186.9 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agua de diseño} = 25 + \left(\frac{3.2 - 1.1}{100} \times 186.9 \right) = 28.9 \text{ lt}$$

4° Volumen absoluto

$$\text{cemento} = \frac{42.5}{3.15 \times 100} = 0.0135 \text{ m}^3$$

$$A. \text{ fino} = \frac{186.9}{2.65 \times 1000} = 0.0705 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} = \frac{28.9}{1000} = 0.1129 \text{ m}^3$$

Vol. absoluto total = 0.1129 m³ (de la colada de mortero sin considerar el aire atrapado)

5° Como el contenido del aire en 1 m³ de mortero es 0.3%, el volumen del mortero sin aire atrapado será:

$$1 - \frac{0.3}{100} = 0.997 \text{ m}^3$$

6° Entonces, el factor cemento o número de bolsas de cemento por m³ de concreto será:

$$\begin{aligned} \text{factor cemento} &= \frac{\text{Vol. absoluto total}}{\text{Vol. Absoluto de la colada}} \\ &= \frac{0.997}{0.1129} = 8.8 \text{ bolsas} \end{aligned}$$

7° El rendimiento en base a 2 bolsas de cemento será:

$$\text{Rendimiento} = \frac{2}{8.8} = 0.23 \text{ m}^3 \text{ de concreto}$$

P-6 Se tiene agregados fino y grueso, cuyas propiedades físicas son:

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso unitario suelto húmedo	1680 kg./m ³	1620 Kg/m ³
Peso unitario compactado seco	1770 kg/m ³	1700Kg/m ³
Peso específico de masa	2.68	2.70
Contenido de humedad	3.2%	0.2%
Porcentaje de absorción	1.8%	1.1%

GRANULOMETRIA			
A. fino		A. grueso	
Malla	% que pasa	Malla	% que pasa
N° 4	98.0	1 1/2"	93.2
N° 8	89.8	1"	88.2
N° 10	84.8	3/4"	59.5
N° 16	66.8	1/2"	34.0
N° 20	54.1	3/8"	7.5
N° 30	46.1	N°4	0.0
N° 50	31.7		
N° 80	24.7		
N° 100	10.2		

Para cada uno de los agregados se pregunta:

- Módulo de fineza
- Módulo de fineza de la combinación de 600 kg. de A. fino y 1100 kg. de A. grueso (húmedos)
- Peso unitario suelto saturado con superficie seca.
- Si se tiene una dosificación 1:2:3/18 lt/bolsa de cemento; en volumen. El aire atrapado de 1.5% ¿Cuál sería la cantidad de materiales por m³ de concreto?

Solución

- Hallaremos el módulo de fineza utilizando su definición, así:

$$m = \frac{\% \text{ retenidos acumulados en las mallas válidas}}{100}$$

1° Para el A. fino :

$$m_f = \frac{2 + 10.2 + 33.2 + 53.9 + 68.3 + 89.8}{100} = 2.57$$

2° Para el A. grueso :

$$m_g = \frac{6.8 + 40.5 + 92.5 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100} = 7.4$$

b) 1° Pesos húmedos:

$$A. \text{ fino} = 600 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = 1100 \text{ kg.}$$

Sabemos que el módulo de fineza de la combinación está dado por:

$$m_c = r_f m_f + r_g m_g \quad \text{con: } r_f = \frac{\text{Vol. Abs. A. fino}}{\text{Vol. Abs. Agregados}}$$

$$\text{y } r_f + r_g = 1$$

ya tenemos los valores de $m_f = 2.57$, $m_g = 7.4$, hallaremos ahora r_f y r_g .

2° Pesos secos de los agregados

$$A. \text{ fino} = \frac{600}{1.032} = 581.4 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{1100}{1.002} = 1097.8 \text{ kg.}$$

3° Volumen Absoluto

$$A. \text{ fino} = \frac{581.4}{2.68 \times 1000} = 0.2169 \text{ m}^3$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{1097.8}{2.70 \times 1000} = 0.4066 \text{ m}^3$$
$$\Sigma = 0.6235 \text{ m}^3$$

Por lo tanto:

$$r_f = \frac{0.2169}{0.6235} = 0.3479 \quad r_g = 1 - 0.3479 = 0.6521$$

Entonces:

$$m_c = 0.3479 \times 2.57 + 0.6521 \times 7.4 = 5.72$$

c) 1° Para el A. fino:

Por dato sabemos que: p. u. suelto húmedo = 1680 kg./m³

Entonces:

$$\text{p.u. suelto seco} = \frac{1680}{1.032} \cong 1628 \text{ kg./m}^3$$

y por lo tanto:

$$\text{p.u. suelto SSS} = 1628 \times 1.018 = 1657 \text{ kg/m}^3$$

2° Para el A. grueso:

Por dato sabemos que:

$$\text{p.u. suelto húmedo} = 1620 \text{ kg/m}^3$$

Operando directamente tenemos que:

$$\text{p.u. suelto S.S.S.} = \frac{1620}{1.002} \times 1.011 \cong 1335 \text{ Kg./m}^3$$

d) 1° Proporciones en volumen aparente:

$$1 : 2 : 3 / 18 \text{ lt/bolsa.} \quad \text{Aire atrapado} = 1.5\%$$

Vol. aparente en base a 1 bolsa de cemento (en pie³)

$$\text{Cemento} = 1 \text{ pie}^3$$

$$\text{A.fino} = 2 \text{ pie}^3$$

$$\text{A. grueso} = 3 \text{ pie}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 18 \text{ lt.}$$

2° Pesos húmedos de los materiales (base = 1 bolsa de cemento)

$$\text{Cemento} = 42.5 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = \frac{2}{35.31} \times 1680 = 95.2 \text{ kg.}$$

$$\text{A.grueso} = \frac{3}{35.31} \times 1620 = 137.6 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 18 \text{ lt.}$$

3° Pesos secos de los materiales (base = 1 bolsa de cemento)

$$\text{Cemento} = 42.5 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = \frac{95.2}{1.032} = 92.2 \text{ kg.}$$

$$A. \text{grueso} = \frac{137.6}{1.002} = 137.3 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua de diseño} &= 18 + \left[\frac{(3.2 - 1.8)}{100} \times 92.2 + \frac{(0.2 - 1.1)}{100} \times 137.3 \right] \\ &= 18.1 \text{ lt.} \end{aligned}$$

4° Volumen absoluto de los materiales (base = 1 bolsa de cemento).

$$\text{Cemento} = \frac{42.5}{3.15 \times 1000} = 0.01349 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = \frac{92.2}{2.68 \times 1000} = 0.03440 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{137.3}{2.7 \times 1000} = 0.05085 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} = \frac{18.1}{1000} = 0.0181 \text{ m}^3$$

$$\Sigma = 0.11684 \text{ m}^3$$

El volumen absoluto de los materiales (sin considerar el aire atrapado) de una colada en base a 1 bolsa de cemento será pues: 0.11688 m³.

El volumen absoluto de los materiales de una colada de 1 m³ de concreto sin considerar el 1.5% de aire atrapado será:

$$1 - \frac{1.5}{100} = 0.985 \text{ m}^3$$

$$5^\circ \text{ Factor cemento} = \frac{0.985}{0.11684} = 8.4 \text{ bolsas}$$

6° Pesos húmedos de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 42.5 \times 8.4 = 357 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 92.2 \times 8.4 \cong 800 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 137.6 \times 8.4 \cong 1156 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 18 \times 8.4 \cong 151 \text{ kg.}$$

P-7 Se tiene 500 kg. de agregado fino y 700 kg. de agregado grueso, cuyas características y granulometría son las siguientes:

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso unitario suelto seco	1650 kg/m ³	1570 kg/m ³
Peso específico de masa seca.	2.75	2.70
Contenido de humedad	1.6%	0.5%
Porcentaje de absorción	0.5%	1.5%

GRANULOMETRIA			
A.fino		A. grueso	
Malla	cantidad de mat. que pasa (kg).	Malla	cantidad de mat. que pasa (kg).
Nº 4	393.6	1"	591.1
Nº 8	360.8	3/4"	516.5
Nº 10	311.6	1/2"	380.3
Nº 16	246.0	3/8"	295.1
Nº 20	172.2	Nº 4	192.1
Nº 30	114.8	Nº 8	0.0
Nº 50	61.5		
Nº 100	20.5		
Nº 200	0.0		

Se pide calcular lo siguiente:

- Porcentaje de vacíos (para cada agregado)
- Módulo de fineza del A. fino y del A. grueso.
- Peso sólido de cada agregado.
- Agua libre en los agregados.
- Módulo de fineza de la combinación de agregados.
- Tamaño máximo del A. grueso

Solución:

a) Tenemos 500 kg. de A. fino y 700 kg. de A. grueso (húmedos).

Sabemos que:

$$\% \text{ de vacíos} = \frac{(\text{Vol. Aparente} - \text{Vol. Absoluto}) \times 100}{\text{Vol. Absoluto}}$$

1° Para el A. fino:

$$\text{Vol. Aparente} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{P.U. suelto seco}} = \frac{\frac{500}{1.016}}{1650} = 0.2983 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Absoluto} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{P.e.} \times 1000} = \frac{\frac{500}{1.016}}{2.75 \times 1000} = 0.1790 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$\% \text{ de vacíos del A. fino} = \frac{(0.2983 - 0.1790) \times 100}{0.1790} = 66.6\%$$

2° Para el A. grueso:

$$\text{Vol. aparente} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{P.U. suelto seco}} = \frac{\frac{700}{1.005}}{1570} = 0.4436 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. absoluto} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{P.e.} \times 100} = \frac{\frac{700}{1.005}}{2.7 \times 1000} = 0.2580 \text{ m}^3$$

Entonces

$$\% \text{ de vacíos A. grueso} = \frac{(0.4436 - 0.2580) 100}{0.2580} =$$

$$\cong 72\%$$

b) Sabemos que:

$$m = \frac{\sum \% \text{acumulados retenidos en las mallas válidas}}{100}$$

Hagamos la siguiente tabla:

A. fino (500 kg)			
Malla	peso que pasa(kg.)	% que pasa	% acumulado retenido
Nº 4	393.6	78.7	21.3
Nº 8	360.8	72.2	27.8
Nº 10	311.6	62.3	37.7
Nº 16	246.0	49.2	50.8
Nº 20	172.2	34.4	65.6
Nº 30	114.8	23.0	77.0
Nº 50	61.5	12.3	87.7
Nº 100	20.5	4.1	95.9
Nº 200	0.0	0.0	100.0

A. Grueso (700 kg.)			
Malla	peso que pasa(kg.)	% que pasa	% acumulado retenido
1"	591.1	84.4	15.6
3/4"	516.5	73.8	26.2
1/2"	380.3	54.3	45.7
3/8"	295.1	42.2	57.8
Nº 4	191.1	27.3	72.7
Nº 8	0.0	0.0	100.0
Nº 16	0.0	0.0	100.0
Nº 30	0.0	0.0	100.0
Nº 50	0.0	0.0	100.0
Nº 100	0.0	0.0	100.0

Luego:

1° Para el A. fino:

$$m_f = \frac{21.3 + 27.8 + 50.8 + 77 + 87.7 + 95.9}{100} = 3.6$$

2° Para el A. grueso:

$$m_g = \frac{26.2 + 57.8 + 72.7 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100} = 6.6$$

c) Peso sólido o peso seco son conceptos similares.

Sabemos que:

$$\text{Peso seco} = \frac{\text{Peso húmedo}}{1 + \% \text{humedad}/100}$$

Entonces:

$$\text{Peso seco A. fino} = \frac{500}{1.016} = 492.1 \text{ kg.}$$

$$\text{Peso seco A. grueso} = \frac{700}{1.005} = 696.5 \text{ kg.}$$

d) Sabemos que:

Agua libre del agregado =

$$= \left(\frac{\% \text{ humedad} - \% \text{ Absorción}}{100} \right) \times \text{peso seco del agregado}$$

Entonces:

$$\text{Agua libre A. fino} = \left(\frac{1.6 - 0.5}{100} \right) \times 492.1 = 5.4 \text{ lt.}$$

$$\text{Agua libre A. grueso} = \left(\frac{0.5 - 1.5}{100} \right) \times 696.5 = -7 \text{ lt.}$$

Luego, el agua libre en los agregados = $5.4 - 7 = -1.6 \text{ lt.}$

Nota : El signo menos indica que la combinación de agregados no tiene agua libre, sino que le falta 1.6 lt. para encontrarse en condiciones de saturado con superficie seca.

e) El módulo de fineza de la combinación de agregados (m_c) está dado por:

$$m_c = r_f m_f + r_g m_g, \text{ con } r_f + r_g = 1$$

$$r_f = \frac{\text{Vol. Absoluto del A. fino}}{\text{Vol. Abs. A. fino} + \text{Vol. abs. A. grueso}}$$

del inciso (b) tenemos que: $m_f = 3.6$ $m_g = 6.6$

$$\text{Vol. Absoluto del A. fino} = \frac{\frac{500}{1.016}}{2.75 \times 1000} = 0.1790 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Absoluto del A. grueso} = \frac{\frac{700}{1.005}}{2.7 \times 1000} = 0.2580 \text{ m}^3$$

$$\text{Luego: } r_f = \frac{0.1790}{0.1790 + 0.2580} = 0.4096,$$

$$r_g = 1 - 0.4096 = 0.5904$$

$$\text{Entonces: } m_c = 0.4096(3.6) + 0.5904(6.6) = 5.4$$

f) De la tabla hecha en el inciso (b) y por definición:

T. Máximo del A. grueso = 1 1/2"

P-8 En una mezcla de concreto, la cantidad de agregado fino es 780 kg. y de agregado grueso 1020 kg. Las características de los agregados son los siguientes:

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso unitario suelto húmedo	1685 kg./m ³	1536 kg./m ³
Peso específico de masa seca.	2.72	2.65
Contenido de humedad.	3.8%	0.2%
Porcentaje de absorción.	1.2%	0.8%

GRANULOMETRÍA			
A. fino		A. grueso	
Malla	Cantid. de material que pasa (Kg.)	Malla	Cantid. de material que pasa (Kg.)
N° 4	764.4	1 1/2"	951.2
N° 8	694.2	1"	900.2
N° 10	661.4	3/4"	606.9
N° 16	519.5	1/2"	351.9
N° 20	422.0	3/8"	76.5
N° 30	352.6	1/4"	0
N° 50	243.4		
N° 80	192.7		
N° 100	110.8		

Se pide:

- El agua libre de la combinación de agregados.
- Módulo de fineza de los agregados.
- Módulo de la combinación de agregados.
- Porcentaje de vacíos en los agregados.

Solución:

a) Sabemos que:

Agua libre del agregado =

$$= \left(\frac{\% \text{ humedad} - \% \text{ absorcion}}{100} \right) \text{ Peso seco del agregado}$$

Luego:

$$\text{Agua libre A. fino} = \left(\frac{3.8 - 1.2}{100} \right) \frac{780}{1.038} = 19.5 \text{ lt.}$$

$$\text{Agua libre A. grueso} = \left(\frac{0.2 - 0.8}{100} \right) \frac{1020}{1.002} = -6.1 \text{ lt.}$$

Entonces:

$$\text{Agua libre de la combinación de agregados} = 19.5 - 6.1 = 13.4 \text{ lt.}$$

b) Sabemos que:

$$\text{Módulo de fineza} = \frac{\sum \% \text{ Acumulados retenidos en mallas válidas}}{100}$$

Hagamos la siguiente tabla:

A. fino (780 kg)			
Malla	Peso que pasa (kg.)	% que pasa	retenido % acumulado
N° 4	764.4	98	2
N° 8	694.2	89	11
N° 10	661.4	84.8	15.2
N° 16	519.5	66.6	33.4
N° 20	422.0	54.1	45.9
N° 30	352.6	45.2	54.8
N° 50	243.4	31.2	68.8
N° 80	192.7	24.7	75.3
N° 100	110.8	14.2	85.8

A.grueso (1020 kg)			
Malla	Peso que pasa (kg.)	% que pasa	% acumulado retenido
1 1/2"	951.2	93.3	6.7
1"	900.2	88.3	11.7
3/4"	606.9	59.5	40.5
1/2"	351.9	34.5	65.5
3/8"	76.5	7.5	92.5
1/4"	0	0	100
N° 4	0	0	100
N° 8	0	0	100
N° 16	0	0	100
N° 30	0	0	100
N 50	0	0	100
N° 100	0	0	100

$$\text{Para el A. fino: } m_f = \frac{2 + 11 + 33.4 + 54.8 + 68.8 + 85.8}{100} = 2.56$$

$$\text{Para el A. grueso: } m_g = \frac{6.7 + 40.5 + 92.5 + 6(100)}{100} = 7.40$$

c) Por definición :

$$m_c = r_f m_f + r_g m_g, \text{ con } \begin{cases} r_f + r_g = 1 \\ r_f = \frac{\text{Vol. Abs. A. fino}}{\text{Vol. Abs. fino} + \text{Vol. Abs. grueso}} \end{cases}$$

$$\text{Para nuestro caso:} \\ \text{Vol. Absoluto A. fino} = \frac{\frac{780}{1.038}}{2.72 \times 1000} = 0.2763$$

$$\text{Vol. Absoluto A. grueso} = \frac{\frac{1020}{1.002}}{2.65 \times 1000} = 0.3841$$

$$\text{Luego } r_f = \frac{0.2763}{0.2763 + 0.3841} = 0.4184$$

$$r_g = 1 - 0.4184 = 0.5816$$

$$\text{del inciso (b) } m_f = 2.56 \quad m_g = 7.40$$

$$\text{Entonces: } m_c = 0.4184 (2.56) + 0.5816 (7.40) = 5.37$$

$$\text{d) Para el A. fino: } \% \text{ vacíos} = \frac{(\text{Vol. Aparente} - \text{Vol. Absoluto})}{\text{Vol. Absoluto}} 100$$

$$= \left(\frac{780}{1685} - \frac{\frac{780}{1.038}}{2.72 \times 1000} \right) \times \frac{100}{0.2763} = 67.5\%$$

$$\text{Para el A. grueso: } \% \text{ vacíos} = \frac{(\text{Vol. Aparente} - \text{Vol. Absoluto})}{\text{Vol. Absoluto}} 100$$

$$= \left(\frac{1020}{1536} - \frac{\frac{1020}{1.002}}{2.65 \times 100} \right) \times \frac{100}{0.3841} = 72.9\%$$

- P-9** Se tiene una mezcla de concreto, cuyas proporciones en volumen son: 1 : 2 : 4.1, se desea saber cuál es la cantidad de materiales por m³ de concreto, sabiendo que la relación agua - cemento en peso es 0.52 y el contenido de aire por m³ de concreto es 3.5%.

Las características de los agregados es:

P. específico de masa seca del A. fino = 2.68

P. específico de masa seca del A. grueso = 2.71

P. unitario suelto seco del A. fino = 1620 kg/m³

P. unitario suelto seco del A. grueso = 1530 kg/m³

Solución:

1° Colada en base a una bolsa de cemento

Volumen aparente de los materiales (pie³)

Cemento = 1 pie³

A. fino = 2 pie³

A. grueso = 4.1 pie³

2° Pesos secos de los materiales

Cemento = 42.5 kg

A. fino = $\frac{2}{35.31} \times 1620 \cong 92 \text{ kg.}$

A. grueso = $\frac{4.1}{35.31} \times 1530 \cong 178 \text{ kg.}$

Agua = 42.5 (0.52) = 22.1 lt.

3° Volumen Absoluto

$$\text{Cemento} = \frac{42.5}{3.15 \times 1000} = 0.0135 \text{ m}^3$$

$$\text{A.fino} = \frac{92}{2.68 \times 1000} = 0.0343 \text{ m}^3$$

$$\text{A.grueso} = \frac{178}{2.71 \times 1000} = 0.0657 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{22.1}{1000} = 0.0221 \text{ m}^3$$

Vol. Abs. por tanda sin aire atrapado = 0.1356 m^3

Además; el vol. Absoluto de 1 m^3 de concreto sin considerar el 3.5% de aire atrapado será:

$$\text{Vol. Abs. total sin aire atrapado} = 1 - \frac{3.5}{100} \times 1 = 0.965 \text{ m}^3$$

$$4^\circ \text{ El factor cemento será: } f_c = \frac{0.965}{0.1356} = 7.1 \text{ bolsas}$$

5° Volumen Aparente de los materiales por m^3 de concreto.

Cemento = 7.1 bolsas.

$$\text{A. fino} = \frac{2 \times 7.1}{35.31} = 0.402 \text{ m}^3$$

$$\text{A.grueso} = \frac{4.1 \times 7.1}{35.31} = 0.824 \text{ m}^3$$

En una mezcla de concreto se tiene que la relación agua-cemento de diseño es 0.56, el volumen unitario de agua es 180 lt/m^3 de concreto, el porcentaje de aire atrapado es 1.5%. Se quiere saber cuales son las proporciones en peso y volumen de la mezcla en obra si la combinación de agregados debe acomodar se a la curva de Fuller.

Las características de los agregados son:

Descripción	A. fino	A. grueso
P. unitario suelto seco.	1650 kg/m ³	1570 kg/m ³
Peso unitario compactado seco.	1710 kg/m ³	1660 kg/m ³
Peso específico de masa seca.	2.65	2.7
Contenido de humedad	3.2%	2.8%
% de absorción	1.1%	1.0%

GRANULOMETRIA			
A. fino		A. grueso	
Malla	% que pasa	Malla	% que pasa
Nº 4	95.8	1 1/2"	93.7
Nº 8	83.6	1"	84.9
Nº 10	78.6	3/4"	53.8
Nº 16	64.8	1/2"	20.0
Nº 20	50.7	3/8"	10.9
Nº 30	36.2	Nº 4	6.2
Nº 40	31.8	Nº 8	1.2
Nº 50	16.8	Nº 16	0.0
Nº 80	8.3	Nº 30	0.0
Nº 100	3.2	Nº 50	0.0
		Nº 100	0.0

Solución:

1° Por dato sabemos que :

agua = 180 lt.

$$\text{cemento} = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{180}{0.56} = 321.43 \text{ Kg.}$$

2° Volumen absoluto de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{cemento} = \frac{321.43}{3.15 \times 1000} = 0.102 \text{ m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{180}{1000} = 0.180 \text{ m}^3 = 0.180 \text{ m}^3$$

$$\text{aire} = 0.015 \times 1 = 0.015 \text{ m}^3$$

$$\text{agregados} = 1 - 0.297 = 0.703 \text{ m}^3$$

3º Para determinar el Vol. Absoluto del A. fino y grueso, necesitamos saber la proporción en volumen absoluto en que estos se encuentran.

Si la combinación de agregados debe ajustarse a la curva Fuller, entonces

$$\% \text{ en Vol. Absoluto del A. fino} = \frac{C - B}{A - B} \times 100$$

$$\% \text{ acumulado que pasa la malla N}^\circ 4 \text{ del A. fino} = A = 95.8$$

$$\% \text{ acumulado que pasa la malla N}^\circ 4 \text{ del A. grueso} = B = 6.2$$

$$\text{Tamaño máximo de los agregados} = 1 \frac{1}{2}'' = 38.1 \text{ mm.}$$

$$C = 100 \sqrt{\frac{4.76}{38.1}} = 35.35$$

$$\therefore \% \text{ en Vol. Absoluto del A. fino} =$$

$$= \frac{35.35 - 6.2}{95.8 - 6.2} \times 100 = 32.53\%$$

$$\therefore \text{Vol. Absoluto del A. fino} = 0.3253 \times 0.703 = 0.2287 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Absoluto del A. grueso} = 0.703 - 0.2287 = 0.4743 \text{ m}^3$$

4º Pesos secos de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 321.43 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 0.2287 \times 2.65 \times 1000 = 606.06 \text{ Kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 0.4743 \times 2.7 \times 1000 = 1280.61 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua de diseño} = 180. \text{ lt.}$$

5° Pesos corregidos por humedad de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 321.43 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 606.06 \times 1.032 = 625.45 \text{ kg.}$$

$$\text{A.greso} = 1280.61 \times 1.028 = 1316.47 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua efectiva} = 180 - \left[\left(\frac{3.2 - 1.1}{100} \right) \times 606.06 + \frac{(2.8 - 1)}{100} \times \right. \\ \left. \times 1280.61 \right] = 144.22 \text{ lt.} \end{aligned}$$

6° Las proporciones en peso serán:

$$\frac{321.43}{321.43} : \frac{625.45}{321.43} : \frac{1316.47}{321.43} / \frac{144.22}{321.43}$$

$$1 : 1.9 : 4.1 / 0.45$$

7° Volumen aparente de los materiales (en pies³)

$$\text{Cemento} = \frac{321.43}{42.5} = 7.56 \text{ pies}^3$$

$$\text{A. fino} = \frac{606.06}{1650} \times 35.31 = 12.97 \text{ pies}^3$$

$$\text{A.grueso} = \frac{1280.61}{1570} \times 35.31 = 28.80 \text{ pies}^3$$

$$\text{Agua} = 144.22 \text{ lt.}$$

La proporción en volumen será:

$$\frac{7.56}{7.56} : \frac{12.97}{7.56} : \frac{28.80}{7.56} / \frac{144.22}{7.56}$$

$$1 : 1.7 : 3.8 / 19 \text{ lt} / \text{ bolsa}$$

P-11 En una mezcla de concreto, se tiene que la cantidad de pasta por m³ de concreto es: cemento = 310 kg.; Agua = 175 lt.; aire = 1.5%. Se quiere saber la cantidad de materiales por m³ de concreto y expresar las proporciones en peso y volumen de la mezcla en obra. La combinación de agregados debe acomodarse a la curva de Füller.

Las características de los agregados son:

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso unitario suelto húmedo	1620 kg/m ³	1570 kg/m ³
P.específico de masa seca.	2.6	2.73
Contenido de humedad.	3.1%	0.9%
Porcentaje de Absorción	1.2%	1.4%

GRANULOMETRIA			
A. fino		A. grueso	
Malla	%retenido parcial	Malla	% retenido parcial
N° 4	4.20	1 1/2"	6.30
N° 8	12.20	1"	8.80
N° 10	5.00	3/4"	31.10
N° 16	13.80	1/2"	28.90
N° 20	14.10	3/8"	23.00
N° 30	14.50	N°4	1.90
N° 40	4.40		
N° 50	15.00		
N° 80	8.50		
N° 100	5.10		
Recip.	3.20		

Solución:

1° Por dato sabemos que la cantidad de pasta por m³ de concreto es:

Cemento = 310 kg

Agua = 175 lt.

Aire = 1.5%

2° Vol. absoluto de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = \frac{310}{3.15 \times 1000} = 0.09841 \text{ m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{175}{1000} = 0.175 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{1.5}{100} \times 1 = 0.015 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregados} = 1 - 0.28841 = 0.71159 \text{ m}^3$$

3º. Para determinar el volumen absoluto del A. fino y grueso, necesitamos saber la proporción en volumen absoluto en que estos se encuentran.

Si la proporción debe acomodarse a la curva de Füller, entonces:

$$\frac{\% \text{ en Vol. absoluto}}{\text{del A. fino}} = \frac{C - B}{A - B} \times 100$$

En donde:

$$\% \text{ que pasa la malla} = A = 95.8$$

Nº 4 del A. fino

$$\% \text{ que pasa la malla} = B = 0$$

Nº 4 del A. grueso

$$T. \text{ máximo de los agregados} = 1 \frac{1}{2}'' = 38.1 \text{ mm.}$$

$$C = 100 \sqrt{\frac{\text{Abertura del tamiz } N^{\circ} 4}{T. \text{ Max. de los agregados}}}$$

$$C = 100 \sqrt{\frac{4.76}{38.1}} = 35.35$$

Luego:

$$\frac{\% \text{ en vol. absoluto}}{\text{del A. fino.}} = \frac{35.35 - 0}{95.8 - 0} \times 100 = 36.9\%$$

Entonces:

$$\text{Vol. Absoluto del A. fino} = 0.369 \times 0.71159 = 0.26258 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Absoluto del A. grueso} = 0.71159 - 0.26258 = 0.44901 \text{ m}^3$$

Pesos secos de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 310 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 0.26258 \times 2.6 \times 1000 = 682.7 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = 0.44901 \times 2.73 \times 1000 = 1225.8 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua} = 175 \text{ lt.}$$

5° Corrección por humedad de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 310 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ fino} = 682.7 \times 1.031 = 703.9 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = 1225.8 \times 1.009 = 1236.8 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua añadida} = 175 - \left[\frac{(3.1 - 1.2)}{100} \times 682.7 + \frac{(0.9 - 1.4)}{100} \times 1225.8 \right] = 168.2 \text{ lt.}$$

Entonces la cantidad de materiales necesaria para 1 m³ de concreto será :

$$\text{Cemento} = 310 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ fino} = 704 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = 1237 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua añadida} = 168.2 \text{ lt.}$$

6° Para expresar las proporciones en peso de mezcla en obra haremos lo sgte.:

$$\frac{310}{310} : \frac{704}{310} : \frac{1237}{310} / \frac{168.2}{310}$$

$$1 : 2.3 : 4 / 0.54$$

7° Para hallar las proporciones en volúmen de la mezcla en obra haremos:

Vol. Aparente de los materiales (en pie³)

$$\text{Cemento} = \frac{310}{42.5} = 7.3 \text{ pie}^3$$

$$A. \text{ fino} = \frac{704}{1620} \times 35.31 = 15.3 \text{ pie}^3$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{1237}{1570} \times 35.31 = 27.8 \text{ pie}^3$$

$$\text{Agua anadida} = 168.2 \text{ lt.}$$

Entonces la proporción en volumen será:

$$\frac{7.3}{7.3} : \frac{15.3}{7.3} : \frac{27.8}{7.3} / \frac{168.2}{7.3}$$

$$1 : 2.1 : 3.8 \text{ 23 lt/bolsa}$$

P-12

- Del problema anterior, cuál es la cantidad de agua libre en los agregados.
- Del problema anterior, cuál es el módulo de fineza de los agregados dentro del concreto.
- Si se mezclan los agregados en una proporción en peso 2:1 (fino: grueso) secos, y son colocados 1,200 kg. de esta mezcla en un cajón cuyas medidas interiores son 1.20 x 1.00 x 0.90 mt. se desea saber cual es la cantidad máxima de agua que se puede agregar para llenar los huecos que deja la mezcla.
- Cuál será el peso específico de masa y peso unitario de la mezcla de agregados del inciso (c).

Solución:

- Al observar las características del A. fino, vemos que el contenido de humedad es mayor que el % de absorción, lo cual indica una demasía de agua en el agregado respecto de la condición ideal (saturado con superficial seca).

Entonces:

$$\begin{aligned}\text{Agua libre} &= \frac{(\% \text{ humedad} - \% \text{ absorción})}{100} \times \text{Peso seco del A. fino} \\ &= \frac{(3.1 - 1.2)}{100} \times 682.7 = 13 \text{ lt}\end{aligned}$$

Al observar las características del A. grueso, vemos que el contenido de humedad es menor que el % de absorción, lo cual indica una carencia de agua en el agregado respecto de la condición ideal (saturado con superficie seca). Entonces:

$$\begin{aligned}\text{agua que le falta al A. grueso} &= \frac{(\% \text{ Absorción} - \% \text{ Humedad})}{100} \times \text{peso seco del A. grueso.} \\ &= \frac{(1.4 - 0.9)}{100} \times 1225.8 = 6.1 \text{ lt.}\end{aligned}$$

Al combinar los agregados, obtendremos un sobrante de agua de 6.9 lt, por lo tanto:

$$\text{Agua libre de los agregados} = 13 - 6.1 = 6.9 \text{ lt.}$$

- b) El módulo de fineza de los agregados dentro del concreto será igual al módulo de fineza de la combinación de agregados y por lo tanto:

$$m_c = r_f m_f + r_g m_g \quad \text{con:} \quad r_f = \frac{\text{Vol. Abs. A. fino}}{\text{Vol. Abs. de los agreg.}}$$

$$r_f + r_g = 1$$

Utilizando los valores del problema anterior:

$$r_f = \frac{0.26258}{0.26258 + 0.44901} = 0.369$$

$$r_g = 1 - 0.369 = 0.631$$

De la granulometría de los agregados y por definición:

$$m_f = \frac{4.20 + 16.4 + 35.2 + 63.8 + 83.2 + 96.8}{100} \cong 3$$

$$m_g = \frac{6.3 + 46.2 + 98.1 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100} = 7.51$$

Luego:

$$m_c = 0.369 \times 3 + 0.631 \times 7.51 = 5.85$$

- c) Sabemos que la proporción en peso seco, en que deben mezclarse los agregados fino y grueso es 2:1, luego:

Pesos secos

$$\text{A.fino} = 2x$$

$$\text{A.grueso} = x$$

Pesos húmedos

$$\text{A.fino} = 2x (1.031) = 2.062x$$

$$\text{A.grueso} = x (1.009) = 1.009x$$

Como tomamos 1200 kg. de esa mezcla:

$$2.062x + 1.009x = 1200$$

$$x = 390.8$$

Entonces, para obtener una mezcla de 1200 kg. debemos tener:

Pesos húmedos

$$\begin{aligned} \text{A fino} &= 2.062(390.8) \\ &= 805.8 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{A.grueso} &= 1.009(390.8) \\ &= 394.2 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Pesos secos

$$\text{A.fino} = \frac{805.8}{1.031} = 781.6 \text{ kg}$$

$$\text{A. grueso} = \frac{394.2}{1.009} = 390.7 \text{ kg}$$

Si colocamos estos 1,200 kg. de mezcla en un cajón cuyas medidas interiores son: 1.20 x 1.00 x 0.90 mt, la máxima cantidad de agua que podemos agregar, de manera de llenar todos los huecos que deja la mezcla será:

$$\begin{aligned} \text{Máxima cantidad} &= \text{Vol. de Recip.} - [\text{Vol. Abs. A. fino} + \\ &\quad \text{de agua} \quad \text{Vol. Abs. A. grueso} + \text{agua pte. en los agreg.}] \end{aligned}$$

En donde:

$$\text{Vol. del recipiente} = 1.2 \times 1 \times 0.9 = 1.08 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Abs. A. fino} = \frac{781.6}{2.6 \times 1000} = 0.3006 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Abs. A. grueso} = \frac{390.7}{2.73 \times 1000} = 0.1431 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Agua presente en} &= \text{P. húmedo} - \text{P. seco} = (805.8 - 781.6) + \\ \text{los agregados} &\quad (394.2 - 390.7) = 27.7 \text{ lt.} = 0.0277 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Máxima cant.} &= 1.08 - (0.3006 + 0.1431 + 0.0277) = 0.6086 \text{ m}^3 = 608.6 \text{ lt.} \\ \text{de agua} & \end{aligned}$$

d) Sabemos que:

P.e. de la mezcla de agregados =

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Peso seco A. fino} + \text{Peso seco A. grueso}}{(\text{Vol. Abs. A. fino} + \text{vol. Abs. A. grueso}) \times 1000} = \\ &= \frac{781.6 + 390.7}{\left(\frac{781.6}{2.6 \times 1000} + \frac{390.7}{2.73 \times 1000} \right) 1000} = 2.64 \end{aligned}$$

También que:

P.U. suelto húmedo de la mezcla de agregados =

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Peso húmedo A. fino} + \text{Peso húmedo A. grueso}}{\text{Vol. Aparente A. fino} + \text{Vol. Aparente A. grueso}} \\ &= \frac{805.8 + 394.2}{\frac{805.8}{1620} + \frac{394.2}{1570}} \cong 1603 \text{ Kg / m}^3 \end{aligned}$$

P-13 Se tiene una mezcla de concreto con una relación agua - cemento de 0.58 y un contenido total de aire de 5.5%. Se desea conocer el peso unitario compactado saturado superficialmente seco del agregado grueso y los pesos de los materiales por m³ de concreto. Se sabe que:

Descripción	A. fino	A. grueso
Contenido de humedad	3%	0.8%
Porcentaje de absorción.	1.2%	1.5%
Peso específico de masa seca.	2.72	2.65
Módulo de fineza	2.7	6.85

Además:

Volumen del agregado grueso seco y compactado con varilla, por m³ de concreto: = 0.62 m³

Módulo de fineza de la combinación de agregados = 5.3.

Volumen Unitario de agua = 200 lt/m³.

Solución:

1° Conocidos la relación agua - cemento y el volumen de agua por m³ de concreto, podemos hallar la cantidad de cemento por m³ de concreto:

$$\text{cemento} = \frac{\text{agua}}{\frac{a}{c}} = \frac{200}{0.58} = 344.8 \text{ Kg / m}^3$$

2° Volúmen absoluto de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{cemento} = \frac{344.8}{3.15 \times 1000} = 0.109 \text{ m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{200}{1000} = 0.2 \text{ m}^3$$

$$\text{aire} = \frac{5.5}{100} \times 1 = 0.055 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregados} = 1 - (0.109 + 0.2 + 0.055) = 0.636 \text{ m}^3$$

Para hallar el volumen absoluto de los agregados fino y grueso, usaremos el hecho de que:

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} \quad y \quad r_f = \frac{\text{Vol. Abs. A. fino}}{\text{Vol. Abs. Agregados}}$$

Luego:

$$r_f = \frac{6.85 - 5.3}{6.85 - 2.7} = 0.373 \quad y \quad 0.373 = \frac{\text{Vol. Abs. A. fino}}{0.636}$$

$$\therefore \text{Vol. Abs. A. fino} = 0.237 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Abs A.grueso} = 0.636 - 0.237 = 0.399 \text{ m}^3$$

3° Pesos secos de los materiales por m³ de concreto:

$$\text{Cemento} = 344.8 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 0.237 \times 2.72 \times 1000 = 644.6 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 0.399 \times 2.65 \times 1000 = 1057.4 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua de diseño} = 200 \text{ lt.}$$

Para hallar el peso unitario compactado saturado superficialmente seco del A. grueso, usaremos:

$$P.U._{\text{comp.SSS}} = \frac{\text{Peso SSS por m}^3 \text{ de concreto}}{\text{Vol. Compactado por m}^3 \text{ de concreto}}$$

$$P.U._{\text{comp.SSS}} = \frac{1057.4 \times 1.015}{0.62} \cong 1731.1 \text{ Kg / m}^3$$

4° Corrección por humedad de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 344.8 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 644.6 \times 1.03 = 663.9 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = 1057.4 \times 1.008 = 1065.9 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua a\~nada} = 200 - \left[\left(\frac{3 - 1.2}{100} \right) \times 644.6 + \left(\frac{0.8 - 1.5}{100} \right) \times 1057.4 \right] = 195.8 \text{ lt.}$$

Entonces:

Cantidad de materiales por m³ de concreto (redondeando) será:

$$\text{Cemento} = 345 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ fino} = 664 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = 1066 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua} = 196 \text{ lt.}$$

P-14 Se tiene una mezcla de concreto, cuya relación en peso cemento - agua es 1.72 y un contenido total de aire igual al 35% del volumen absoluto del cemento. Se desea conocer el peso unitario compactado saturado superficialmente seco del A. grueso y la cantidad de materiales por m³ de concreto, si el módulo de fineza de la combinación de agregados es 5.45 y el volumen unitario de agua: 175 lt.

Las características físicas de los agregados sn:

Descripción	A. fino	A. grueso
Contenido de humedad	1.2%	2.1%
Porcentaje de absorción.	0.6%	0.8%
Peso específico de masa.	2.68	2.73
Módulo de fineza.	2.7	7.1
Tamaño máximo		1"

Solución

$$1^\circ \text{ Si } c/a = 1.72 \rightarrow \text{cemento} = 1.72 \times 175 = 301 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{agua} = 175 \text{ lt/m}^3$$

2° Vol. Absoluto de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{cemento} = \frac{301}{3.15 \times 1000} = 0.0956 \text{ m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{175}{1000} = 0.1750 \text{ m}^3$$

$$\text{aire} = 0.35 \times 0.0956 = 0.0335 \text{ m}^3$$

$$\text{agregados} = 1 - 0.3041 = 0.6959 \text{ m}^3$$

$$\text{Sabemos que: } m_c = r_f m_f + r_g m_g \quad \text{con} \quad r_f + r_g = 1$$

$$r_f = \frac{\text{Vol. Abs. A. fino}}{\text{Vol. Abs. Agregados}}$$

$$\text{Entonces: } 5.45 = r_f (2.7) + (1 - r_f) 7.1$$

$$r_f = 0.375$$

$$0.375 = \frac{\text{Vol. Abs. A. fino}}{0.6959} \rightarrow \text{Vol. Abs. A. fino} = 0.261 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Abs A. grueso} = 0.6959 - 0.261 = 0.4349 \text{ m}^3$$

3° Pesos secos de los materiales por m³ de concreto

$$\text{Cemento} = 301 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 0.261 \times 2.68 \times 1000 = 699.5 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 0.4349 \times 2.73 \times 1000 = 1187.3 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua diseño} = 175 \text{ lt.}$$

4° A esta altura del problema y valiéndonos de la tabla N° 5 podremos hallar el peso unitario compactado saturado sup.seco del A. grueso.

$$\text{P.U. compactado SSS} = \frac{\text{Peso Sat.Sup.Seco A.grueso}}{\text{Vol.Seco Compact. A. grueso}}$$

con T.M. = 1" y $m_f = 2.7$ de la tabla N° 5 tenemos que:

$$\text{Vol. Seco Compactado A. grueso} = 0.68 \text{ m}^3$$

Luego:

$$\text{P.U. comp. SSS} = \frac{1187.3 \times 1.008}{0.68} \cong 1760 \text{ kg / m}^3$$

5° Corrección por humedad de los materiales por m³ de concreto.

Cemento = 301 kg.

A. fino = $699.5 \times 1.012 = 707.9$ kg.

A. grueso = $1187.3 \times 1.021 = 1212.2$ kg.

$$\text{Agua efectiva} = 175 - \left[\left(\frac{1.2 - 0.6}{100} \right) \times 699.5 + \left(\frac{2.1 - 0.8}{100} \right) \times 1187.3 \right] = 155.4 \text{ lt.}$$

Redondeando:

Cemento = 301 kg.

A. fino = 708 kg.

A. grueso = 1212 kg.

Agua efectiva = 156 lt.

P-15 Calcular la cantidad de materiales por m³, de una mezcla de concreto ciclópeo de proporción: 1:10, + 30% de P.M.

La relación agua-cemento de diseño es 0.8 y el aire atrapado 6%

Las características físicas de los materiales son:

	Hormigón	Piedra mediana (P.M)
Peso específico	2.65	2.70
Peso Unitario suelto	1650 kg./m ³	1560 kg./m ³

Solución:

1° Proporción en Vol. Aparente = 1:10 + 30% de P.M.
 agua - cemento de diseño (a/c) = 0.8
 aire atrapado en 1m³ de concreto = 6% = 0.06 m³

2° Colada en base a una bolsa de cemento
 Vol.Aparente de los materiales (en pies³)
 cemento = 1 pie³
 hormigón = 10 pie³

3° Pesos secos de los materiales:

cemento = 42.5 kg.

$$\text{hormigón} = \frac{10 \times 1650}{35.31} = 467.3 \text{ kg.}$$

agua = $42.5 \times 0.8 = 34$ lt.

4° Vol. Absoluto de los materiales sin considerar aire atrapado en la P.M.:

$$\text{cemento} = \frac{42.5}{3.15 \times 1000} = 0.0135 \text{ m}^3$$

$$\text{hormigón} = \frac{467.3}{2.65 \times 1000} = 0.1763 \text{ m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{34}{1000} = \frac{0.0340 \text{ m}^3}{0.2238 \text{ m}^3}$$

Como en 1m³ de mezcla debe haber 30% de P.M. y 6% de aire atrapado, entonces:

$$\begin{aligned} \text{Vol. Abs. de 1m}^3 \text{ de mezcla sin considerar P.M. y aire atrapado} \\ = 1 - 0.3 - 0.06 = 0.64 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$5^\circ \text{ factor cemento} = \frac{0.64}{0.2238} = 2.9 \text{ bolsas.}$$

6° Cantidad de materiales por m³ de concreto:

$$\text{cemento} = 42.5 \times 2.9 = 123.3 \text{ kg.} \cong 123 \text{ kg.}$$

$$\text{hormigón} = 467.3 \times 2.9 = 1355.2 \text{ kg} \cong 1355 \text{ kg}$$

$$\text{agua} = 34 \times 2.9 = 98.6 \text{ kg.} \cong 99 \text{ lt.}$$

$$\text{P.M.} = 0.3 \times 2.7 \times 1000 = 810 \text{ kg.}$$

P-16 Se tiene una mezcla de concreto, cuyas proporciones en obra por m³ de concreto son:

$$\text{cemento} = 350 \text{ kg.}$$

$$\text{agua efectiva} = 181 \text{ lt.}$$

$$\text{A. fino} = 790 \text{ kg}$$

$$\text{A. grueso} = 1050 \text{ kg.}$$

Las condiciones de colocación obligan a elevar el agua efectiva a 194 lt/m³. Se desea saber en qué forma habrá que modificar las proporciones de los materiales en obra, para mantener la relación agua - cemento y la resistencia en la mezcla.

Las características de los agregados son:

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso espec. de masa seca	2.72	2.65
Contenido de humedad	2.5%	0.45%
Porcentaje de Absorción	1.2%	0.75%

Contenido de aire de la mezcla. 2%

Solución

1° Pesos secos de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 350 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} \quad \frac{790}{1.025} = 770.7 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1050}{1.0045} = 1045.3 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua diseño} = 181 + \left[\left(\frac{2.5 - 1.2}{100} \right) \times 770.7 + \frac{(0.45 - 0.75)}{100} \times 1045.3 \right] = 188 \text{ lt.}$$

2° Entonces la relación agua - cemento, la cual se debe mantener será:

$$a/c = \frac{188}{350} = 0.54$$

Como el agua efectiva ha variado de 181 lt / m³ a 194 lt/m³, ha habido un incremento de 13 lt/m³ de agua, lo que implica un incremento de cemento en:

$$\text{Incremento de cemento} = \frac{\text{agua}}{a/c} = \frac{13}{0.54} = 24.1 \text{ kg.}$$

Por lo tanto la nueva cantidad de cemento y agua de diseño será:

$$\text{cemento} = 350 + 24.1 = 374.1 \text{ kg.}$$

$$\text{agua diseño} = 188 + 13 = 201 \text{ lt.}$$

Como no ha habido ninguna variación en el módulo de fineza del A. fino, el peso unitario de A. grueso no debe variar, entonces:

$$\text{Peso A. grueso seco} = 1045.3 \text{ kg.}$$

Para hallar la cantidad de A. fino por m³ de concreto haremos:

3° Vol. Abs. de los nuevos materiales por m³ de cemento.

$$\text{cemento} = \frac{374.1}{3.15 \times 1000} = 0.1188 \text{ m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{201}{1000} = 0.2010 \text{ m}^3$$

$$\text{aire} = \frac{2}{1000} \times 1 = 0.002 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1045.3}{2.65 \times 1000} = 0.3945 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = 1 - 0.7343 = 0.2657 \text{ m}^3$$

4° Pesos secos de los nuevos materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 374.1 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 0.2657 \times 2.72 \times 1000 = 722.7 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 1045.3 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua diseño} = 201 \text{ lt.}$$

5° Corrección por humedad de los nuevos materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 374.1 \text{ kg}$$

$$\text{A. fino} = 722.7 \times 1.025 = 740.8 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 1045.3 \times 1.045 = 1092.8 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 201 - \left[\frac{(2.5 - 1.2)}{100} \times 722.7 + \frac{(0.45 - 0.75)}{100} \times 1045.3 \right] = 194.7 \text{ lt.}$$

Redondeando, tenemos que las proporciones en obra corregidas son:

$$\text{Cemento} = 374 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 741 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 1093 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 195 \text{ lt.}$$

P-17 Las proporciones en volumen de una mezcla de concreto son: 1 : 2.2 : 3.4 / 23.8 lt/bolsa. Se desea saber en que forma habrá que modificar estas proporciones en obra, si el agua efectiva por condiciones de colocación en obra se eleva a 26 lt/bolsa. El peso del concreto fresco es 2360 kg/m³ y el peso del agregado grueso no debe variar.

Las características de los agregados son:

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso unitario suelto seco	1650 kg/m ³	1570 kg/m ³
Peso específico de masa seca	2.65	2.70
Contenido de humedad.	3.2%	2.8%
Porcentaje de absorción	1.1%	1.0%

Solución:

1° Colada en base a 1 bolsa de cemento

Volúmenes aparentes

Cemento = 1 pie³

A. fino = 2.2 pie³

A.grueso = 3.4 pie³

Agua = 23.8 lt.

2° Pesos húmedos

Cemento = 42.5 kg

A. fino = $\frac{2.2}{35.31} \times 1650 \times 1.032 = 106.1 \text{ kg.}$

A.grueso = $\frac{3.4}{35.31} \times 1570 \times 1.028 = 155.4 \text{ kg.}$

Agua efectiva = 23.8 kg.

Peso de la colada = 327.8 kg.

$$\begin{aligned}
 3^\circ \text{ factor cemento} &= \frac{\text{Peso del concreto fresco por m}^3}{\text{Peso de la colada}} = \\
 &= \frac{2360}{327.8} = 7.2 \text{ bolsas}
 \end{aligned}$$

Peso de los materiales por m³ de concreto (húmedos)

Cemento = 42.5 × 7.2 = 306 kg.

A. fino = 106.1 × 7.2 = 763.9 kg.

$$A. \text{ grueso} = 155.4 \times 7.2 = 1118.9 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 23.8 \times 7.2 = 171.4 \text{ lt.}$$

5° Pesos secos de los materiales por m³ de concreto

$$\text{Cemento} = 306 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ fino} = \frac{763.9}{1.032} = 740.21 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{1118.9}{1.028} = 1088.42 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua de diseño} = 171.4 + \left[\frac{(3.2 - 1.1)}{100} \times 740.21 + \frac{(2.8 - 1)}{100} \times \right. \\ \left. \times 1088.42 \right] = 206.5 \text{ lt.} \end{aligned}$$

$$\text{La relación agua - cemento será} \Rightarrow \frac{a}{c} = \frac{206.5}{306} = 0.67$$

6° Como el agua efectiva ha variado de 23.8 lt/bolsa a 26 lt/bolsa, entonces ha habido un incremento de 2.2 lt/bolsa, es decir:

$$\text{incremento de agua por m}^3 = 2.2 \times 7.2 = 15.8 \text{ lt.}$$

Como la relación agua- cemento debe permanecer constante (pues de lo contrario varia la resistencia del concreto), entonces el incremento de cemento por m³ de concreto será:

$$\text{incremento de cemento por m}^3 = \frac{15.8}{0.67} = 23.6 \text{ kg.}$$

Luego, la nueva cantidad de cemento y agua de diseño será:

$$\text{Cemento} = 329.6 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} = 222.3 \text{ lt/m}^3$$

Nota : Como al momento de aumentar el agua efectiva a 26 lt/bolsa, los agregados ya no estarán en condiciones de ceder ni de absorber agua, entonces este incremento de agua se puede hacer directamente al agua de diseño.

Como el agregado grueso no debe variar, entonces:

$$\text{Peso seco A. grueso} = 1088.42 \text{ kg.}$$

- 7° Para hallar la cantidad de A. fino, utilizaremos, el hecho de que condiciones de saturación con superficie seca (SSS), los agregados no absorben ni ceden agua.

Como el peso del concreto es de 2360 kg/m³.

$$\text{Peso A. fino SSS (kg/m}^3\text{)} = \text{Peso del concreto} \\ - [\text{Peso cemento} + \text{Peso A. grueso}_{\text{SSS}} + \text{Peso del agua de diseño}]$$

Es decir:

$$\text{Peso A. fino}_{\text{SSS}} = 2360 - [329.6 + 1088.42 \times 1.01 + 222.3] = 708.80 \text{ kg/m}^3.$$

Luego:

$$\text{Peso seco A. fino} = \frac{708.80}{1.011} = 701.09 \text{ kg}$$

- 8° Corrección por humedad de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 329.6 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 701.09 \times 1.032 = 723.52 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 1088.42 \times 1.028 = 1118.90 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efect.} = 222.3 - \left[\frac{(3.2 - 1.1)}{100} \times 701.09 + \frac{(2.8 - 1)}{100} \times 188.42 \right] = 188 \text{ lt.}$$

- 9° Volumen aparente de los materiales (en pies³)

$$\text{cemento} = \frac{329.6}{42.5} = 7.76 \text{ pie}^3$$

$$\text{A. fino} = \frac{701.09}{1650} \times 35.31 = 15.00 \text{ pie}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1088.42}{1570} \times 35.31 = 24.48 \text{ pie}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = \frac{188}{7.76} = 24.2 \text{ lt/bolsa}$$

10° Entonces, las nuevas proporciones en volumen en obra serán:

$$\frac{7.76}{7.76} : \frac{15.00}{7.76} : \frac{24.48}{7.76} / 24.2 \text{ lt./bolsa}$$

Es decir:

$$1 : 1.9 : 3.2 / 24.2 \text{ lt /bolsa}$$

P-18 Una mezcla de concreto, tiene las siguientes cantidades de materiales por m³ de concreto:

Cemento = 304 kg.

Agua de diseño = 163 lt.

A. fino = 710 kg.

A.grueso = 1030 kg.

Se desea saber cual es la máxima cantidad de aire por m³ de concreto, que puede contener esta mezcla de manera que no sea mayor que el 9% del volumen absoluto de la fracción mortero.

Se sabe que:

$$\text{Peso específico A. fino} = 2.65$$

$$\text{Peso específico A.grueso} = 2.69$$

Solución:

1° Vol.Absoluto de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = \frac{304}{3.15 \times 1000} = 0.0965 \text{ m}^3$$

$$\text{A.fino} = \frac{710}{2.65 \times 1000} = 0.2679 \text{ m}^3$$

$$\text{A.grueso} = \frac{1030}{2.69 \times 1000} = 0.3829 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua diseño} = \frac{163}{1000} = 0.163 \text{ m}^3$$

2° La fracción mortero está constituida por cemento, A. fino y agua, y:

$$\text{Vol.Abs.Mortero} = 0.0965 + 0.2679 + 0.163 = 0.5274 \text{ m}^3$$

Como la máxima cantidad de aire no debe exceder el 9% del Vol. Absoluto del Mortero, entonces:

$$\text{Vol. máximo de aire} = 0.09 \times 0.5274 = 0.047 \text{ m}^3$$

o lo que es lo mismo:

$$\text{Cantidad máxima de aire} = 4.7\%$$

P-19 Se tiene una mezcla de concreto, cuya relación en peso agua - cemento es 0.60 y un contenido total de aire de $0.05 \text{ m}^3/\text{m}^3$ de concreto. Se desea conocer el peso unitario compactado saturado superficialmente seco del A. grueso y la cantidad de materiales por m^3 de concreto, sabiendo que:

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso específico	2.64	2.68
Contenido de humedad	1.30%	1.70%
Porcentaje de absorción	0.80%	0.60%
Módulo de fineza	2.70	6.90

Vol. de A. grueso seco y compactado con varilla por m^3 de concreto. = 0.69

Módulo de fineza de la combinación de agregados = 5.37

Volumen unitario de agua = 175 lt.

Solución:

1° Con la relación agua - cemento (diseño) y el volumen unitario de agua podemos obtener la cantidad de cemento por m^3 de concreto. Así:

$$\text{Peso del cemento} = \frac{\text{agua}}{\text{a / c}} = \frac{175}{0.60} = 291.7 \text{ kg.}$$

Por dato sabemos que la cantidad de aire atrapado por m^3 de concreto es 0.05 m^3 . Entonces:

2° Vol. Absoluto de los materiales por m^3 de concreto.

$$\text{Cemento} = \frac{291.7}{3.15 \times 1000} = 0.0926 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{175}{1000} = 0.1750 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 0.05 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregados} = 1 - 0.376 = 0.6824 \text{ m}^3$$

Como conocemos el módulo de fineza de cada agregado y el de la combinación de agregados, podemos hallar el Vol. Absoluto del A. fino, pues sabemos que:

$$r_f = \frac{\text{Vol. Abs. del A. fino}}{\text{Vol. Abs. de los agregados}} \quad , \quad r_f + r_g = 1 \quad ,$$

$$m_c = r_f m_f + r_g m_g$$

Luego:

$$m_c = r_f m_f + (1 - r_f) m_g \quad \quad 5.37 = r_f (2.70) + (1 - r_f) (6.90)$$

$$r_f = 0.3643$$

$$\therefore 0.3643 = \frac{\text{Vol. Abs. A. fino}}{0.6824}$$

$$\text{Vol. Abs. A. fino} = 0.2486 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Abs. A. grueso} = 0.6824 - 0.2486 = 0.4338 \text{ m}^3$$

3° Pesos secos de los materiales por m³ de concreto

$$\text{Cemento} = 291.7 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 0.2486 \times 2.64 \times 1000 = 656.3 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 0.4338 \times 2.68 \times 1000 = 1162.6 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua diseño} = 175 \text{ lt.}$$

4° Corrección por humedad de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 291.7 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 656.3 \times 1.013 = 664.8 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 1162.6 \times 1.017 = 1182.4 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua efectiva} = 175 - & \left[\frac{(1.3 - 0.8)}{100} \times 656.3 + \frac{(1.7 - 0.6)}{100} \times \right. \\ & \left. \times 1162.6 \right] = 158.9 \text{ lt.} \end{aligned}$$

Redondeando tenemos que se necesitarán:

$$\text{Cemento} = 292 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 665 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 1182 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 159 \text{ lt.}$$

5° Para determinar el peso unitario compactado Sat. Superf. Seco del A. grueso (P.U. comp. SSS) sabemos que:

$$\begin{aligned} \text{P.U.comp. SSS del A. grueso} &= \frac{\text{Peso Sat. Sup. Seco del A. grueso}}{\text{Vol. A. grueso seco y compactado}} \\ &= \frac{1162.6 \times 1.006}{0.69} = 1695 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

P-20 Una mezcla de concreto tiene las siguientes cantidades de materiales por m³.

Cemento = 306 kg.

agua = 180 lt.

A. fino = 650 kg.

A. grueso = 995 kg.

Se desea saber cual debe ser su contenido total de aire por m³, para que este sea de 11% respecto a la fracción mortero.

Peso específico del A. fino = 2.68

Peso específico del A. grueso = 2.72

Solución:

Volumen absoluto de los materiales componentes de la fracción mortero.

$$\text{Cemento} = \frac{306}{3.15 \times 1000} = 0.0971 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = \frac{650}{2.68 \times 1000} = 0.2425 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{agua} &= \frac{180}{1000} = 0.1800 \text{ m}^3 \\ \Sigma &= 0.5196 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Como el contenido total de aire por m³ de concreto debe ser el 11% de la fracción mortero:

$$\text{aire atrapado} = 0.11 \times 0.5196 = 0.057 \text{ m}^3$$

o lo que es lo mismo:

$$\text{aire atrapado} = 5.7\%$$

P-21 Los pesos de los materiales que se utilizan en una colada de concreto en base a una bolsa de cemento son:

Arena = 82.6 kg.

Piedra = 141.8 kg.

Agua añadida = 16.5 lt.

El peso del concreto obtenido es 2370 kg/m^3 y las características de los agregados es:

Descripción	arena	piedra
Peso específico de masa seca.	2.62	2.66
% de humedad	0.5%	3.2%
% de absorción	1.2%	0.8%

Determinar:

- La cantidad de materiales por m^3 de concreto.
- Cuál será la cantidad total de agua por m^3 de concreto, si se reduce en 10% el volumen absoluto del agregado grueso para reemplazarlo por arena.
- Cuál sería la dosificación para preparar una tanda en una mezcladora cuyo rendimiento es 11 pies^3 , sabiendo que se va a abastecer el cemento en bolsas, los agregados en carretillas de 2 pies^3 de capacidad y el agua en litros.

Solución:

- Colada en base a 1 bolsa de cemento

1° Pesos húmedos

Cemento = 42.5 kg.

Arena = 82.6 kg.

Piedra = 141.8 kg.

Agua efectiva = $\frac{16.5 \text{ lt.}}{283.4 \text{ kg.}}$

$$\begin{aligned}
 2^\circ \text{ factor cemento} &= \frac{\text{Peso Unitario del concreto}}{\text{Peso de la colada}} \\
 &= \frac{2370}{283.4} = 8.4 \text{ bolsas}
 \end{aligned}$$

3° Cantidad de materiales por m³ de concreto

$$\text{Cemento} = 42.5 \times 8.4 = 357 \text{ kg.}$$

$$\text{Arena} = 82.6 \times 8.4 = 693.8 \text{ kg.}$$

$$\text{Piedra} = 141.8 \times 8.4 = 1191.1 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 16.5 \times 8.4 = 138.6 \text{ kg.}$$

b) 1° Pesos secos de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 357 \text{ kg.}$$

$$\text{Arena} = \frac{963.8}{1.005} = 690.3 \text{ kg.}$$

$$\text{Piedra} = \frac{1191.1}{1.032} = 1154.2 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua de diseño} = & 138.6 + \left[\left(\frac{0.5 - 1.2}{100} \right) 690.3 + \left(\frac{3.2 - 0.8}{100} \right) \right. \\ & \left. \times 1154.2 \right] = 161.5 \text{ lt.} \end{aligned}$$

2° Vol. Absoluto de los agregados

$$\text{Arena} = \frac{690.3}{2.62 \times 1000} = 0.2635 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedra} = \frac{1154.2}{2.66 \times 1000} = 0.4339 \text{ m}^3$$

3° Vol. Absoluto corregido de los agregados

$$\text{Arena} = 0.2635 + 0.04339 = 0.3069 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedra} = 0.4339 - 0.04339 = 0.3905 \text{ m}^3$$

4° Pesos secos de los agregados corregidos

$$\text{Arena} = 0.3069 \times 2.62 \times 1000 = 804.1 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra} = 0.3905 \times 2.66 \times 1000 = 1038.7 \text{ kg}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Agua total} = & 161.5 - \left[\frac{(0.5 - 1.2)}{100} 804.1 + \frac{(3.2 - 0.8)}{100} 1038.7 \right] \\ \text{añadida} & \\ & = 142.20 \text{ lt.} \end{aligned}$$

c) Trabajaremos con los pesos de los “materiales corregidos”, obtenidos en el inciso (b), es decir:

1° Pesos de los materiales por m³ de concreto

$$\text{Cemento} = 357 \text{ kg.}$$

$$\text{Arena} = 804.1 \times 1.005 = 808.1 \text{ kg.}$$

$$\text{Piedra} = 1038.7 \times 1.032 = 1071.9$$

$$\text{Agua añadida} = 142.20 \text{ lt.}$$

$$\text{Factor cemento} = 8.4 \times \frac{11}{35.31} = 2.6 \text{ bolsas}$$

Entonces:

2° Tanda para 11 pies³ de concreto

$$\text{Cemento} = 2.6 \times 42.5 = 110.5 \text{ kg.}$$

$$\text{Arena} = \frac{808.1}{8.4} \times 2.6 = 250.1 \text{ kg.}$$

$$\text{Piedra} = \frac{1071.9}{8.4} \times 2.6 = 331.8 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua añadida} = \frac{141.9}{8.4} \times 2.6 = 43.9 \text{ lt.}$$

o lo que es lo mismo:

$$\text{Cemento} = 2.6 \text{ bolsas}$$

$$\text{Arena} = \frac{250.1 \times 35.31}{1.005 \times 2.62 \times 1000} = 3.4 \text{ pie}^3 = 1.7 \text{ carretillas}$$

$$\text{Piedra} = \frac{331.8 \times 35.31}{1.032 \times 2.66 \times 1000} = 4.3 \text{ pie}^3 = 2.2 \text{ carretillas}$$

$$\text{Agua} = 44 \text{ lt.}$$

P-22 Los pesos de los materiales que se utilizan en una colada de concreto en base a un saco de cemento son?

A. fino = 75 kg.

A. grueso = 138 kg.

Agua afectiva = 16.2 lt/bolsa de cemento

Las características de los agregados son:

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso específico de masa seca	2.63	2.70
Contenido de humedad	4%	2%
Porcentaje de absorción	0.8%	0.6%

Se pide calcular:

- Cuál es la relación agua - cemento de diseño.
- Cuál es el agua libre de los agregados si se reduce en 15% el volumen absoluto del A. grueso para reemplazarlo por agregado fino.
- Cuál sería la dosificación para preparar una tanda en una mezcladora cuyo rendimiento es 11 pies³ (utilizar los agregados corregidos en el inciso (b)).

Solución:

- a)** Colado en base a 1 bolsa de cemento (pesos húmedos).

Cemento = 42.5 kg.

A. fino = 75 kg.

A. grueso = 138 kg.

Agua efectiva = 16.2 lt / bolsa.

1° Pesos secos de los materiales

Cemento = 42.5 kg.

$$A.fino = \frac{75}{1.04} = 72.1 \text{ kg.}$$

$$A.grueso = \frac{138}{1.04} = 135.3/\text{kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua de diseño} &= 16.2 + \left[\left(\frac{4 - 0.8}{100} \right) \times 72.1 + \left(\frac{2 - 0.6}{100} \right) \times 135.3 \right] = \\ &= 20.4 \text{ lt.} \end{aligned}$$

2° Entonces la relación a/c de diseño será: $\frac{a}{c} = \frac{20.4}{42.5} = 0.48 \text{ kg.}$

b) 1° Volumen absoluto de los agregados

$$A. \text{fino} = \frac{72.1}{2.63 \times 1000} = 0.0274 \text{ m}^3$$

$$A. \text{grueso} = \frac{135.3}{2.70 \times 1000} = 0.0501 \text{ m}^3$$

2° Volumen absoluto corregido de los agregados

$$A. \text{fino} = 0.0274 + 0.15 \times 0.0501 = 0.03492 \text{ m}^3$$

$$A. \text{grueso} = 0.85 \times 0.0501 = 0.04259 \text{ m}^3$$

3° Pesos secos de los agregados corregidos

$$A. \text{fino} = 0.03492 \times 2.63 \times 1000 = 91.8 \text{ kg.}$$

$$A. \text{grueso} = 0.04259 \times 2.7 \times 1000 = 115 \text{ kg.}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Agua libre de los agregados} &= \frac{(4 - 0.8)}{100} \times 91.8 + \frac{(2 - 0.6)}{100} \times 115 \\ &= 4.5 \text{ lt.} \end{aligned}$$

c) 1° Volumen absoluto de los materiales de la colada corregida.

$$\text{Cemento} = \frac{42.5}{3.15 \times 1000} = 0.01349 \text{ m}^3$$

$$A. \text{grueso} = 0.04259 \text{ m}^3$$

$$A. \text{fino} = 0.03492 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{20.4}{1000} = \frac{0.0204 \text{ m}^3}{\text{Vol. Abs. tanda} = 0.1114 \text{ m}^3}$$

$$2^\circ \text{ factor cemento} = \frac{\frac{11}{35.31}}{0.1114} = 2.8 \text{ bolsas}$$

3° Pesos secos de los materiales para la tanda de 11 pies³

$$\text{Cemento} = 42.5 \times 2.8 = 119.0 \text{ kg}$$

$$\text{A. fino} = 91.8 \times 2.8 = 257.0 \text{ kg}$$

$$\text{A. grueso} = 115 \times 2.8 = 322.0 \text{ kg}$$

$$\text{Agua de diseño} = 20.4 \times 2.8 = 57.1 \text{ lt.}$$

Pesos de los materiales corregidos por humedad para la tanda de 11 pies³

$$\text{Cemento} = 119.0 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 257.0 \times 1.04 = 267.3 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 322.0 \times 1.02 = 328.4 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua efectiva} &= 57.1 - \left[\frac{(4 - 0.8)}{100} \times 257.0 + \frac{(2 - 0.6)}{100} \times 322.0 \text{ lt.} \right] \\ &= 44.4 \text{ lt.} \end{aligned}$$

Luego la dosificación para la tanda de 11 pies³ será:

$$\text{Cemento} = 119 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 267 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 328 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 44 \text{ lt.}$$

P-23 Una mezcla de concreto tiene las siguientes cantidades de materiales por m³:

$$\text{Cemento} = 300 \text{ kg.}$$

$$\text{agua} = 180 \text{ lt.}$$

$$\text{A. fino} = 750 \text{ kg.}$$

Se desea saber cuál debe ser el contenido de aire total máximo, para que este no sea mayor de 11% respecto de la fracción mortero, ni 15% de la fracción pasta y cual es la cantidad de agregado grueso por m³ de concreto. Despreciar el contenido de humedad de los agregados.

$$\text{Peso específico del A. fino} = 2.65$$

$$\text{Peso específico del A. grueso} = 2.72$$

Solución:

1° Volumen absoluto de los materiales

$$\text{Cemento} = \frac{300}{3.15 \times 1000} = 0.0952 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = \frac{750}{2.65 \times 1000} = 0.2830 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{180}{1000} = 0.180 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$\text{Vol. absoluto fracción mortero} = (0.0952 + 0.2830 + 0.180) = 0.5582 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. absoluto fracción pasta} = (0.0952 + 0.180) = 0.2752 \text{ m}^3$$

El contenido de aire total máximo, para que este no exceda el 11% de la fracción mortero será:

$$\text{Contenido de aire} = 0.11 \times 0.5582 = 0.061 \text{ m}^3$$

El contenido de aire total máximo para que este no exceda el 15% de la fracción pasta, será:

$$\text{Contenido de aire} = 0.15 \times 0.2752 = 0.041 \text{ m}^3$$

De estos 2 valores elegimos el menor, por cumplir con las 2 condiciones anteriormente expresadas, luego:

$$\text{Contenido de aire total máximo} = 0.041 \text{ m}^3 \approx 4.1\%$$

- 2° Para hallar la cantidad de A. grueso por m^3 de concreto, hallaremos primero su volumen absoluto. Así pues:

Vol. absoluto de los materiales por m^3 de concreto.

$$\text{Cemento} = 0.0952 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = 0.2830 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 0.180 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 0.041 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = 1 - 0.5992 = 0.4008 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$\text{Peso del A. grueso} = 0.4008 \times 2.72 \times 1000 = 1090.2 \approx 1090 \text{ kg.}$$

P-24 La cantidad de materiales por m^3 de concreto normal es:

$$\text{Cemento} = 320 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 160 \text{ lt}$$

$$\text{A. fino} = 970 \text{ kg}$$

$$\text{A. grueso} = 1010 \text{ kg}$$

En qué forma habrá que modificar estas proporciones, si la relación agua-cemento de diseño deberá de corregirse a 0.54, manteniendo el mismo volumen unitario de agua, y las proporciones de los agregados en la mezcla. El contenido de aire en la nueva mezcla es de 5%.

Las características de los agregados son:

Descripción	A.fino	A. grueso
Peso unitario suelto seco	1650 kg/m ³	1570 kg/m ³
Peso específico de masa seca.	2.65	2.70
Contenido de humedad	3.2%	2.8%
Porcentaje de absorción	1.1%	1.0%

Solución

1° Pesos secos de los materiales por m³ de concreto

Cemento = 320 kg.

$$A. \text{ fino} = \frac{970}{1.032} = 939.92$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{1010}{1.028} = 982.49 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua de diseño} = 160 + & \left[\frac{(3.2 - 1.1)}{100} \times 939.92 + \frac{(2.8 - 1)}{100} \times \right. \\ & \left. 982.49 \right] = 197.42 \end{aligned}$$

Como el volumen unitario de agua seguirá siendo 197.42 lt y la relación a/c deberá corregirse a 0.54, entonces la nueva cantidad de cemento será de:

$$\text{cemento} = \frac{a}{a/c} = \frac{197.42}{0.54} = 365.6 \text{ kg.}$$

Como la proporción de los agregados debe mantenerse, y el contenido de aire en la nueva mezcla será de 5%. Hallaremos la proporción en volumen absoluto de los agregados.

Vol. absoluto de los agregados:

$$A. \text{ fino} = \frac{939.92}{2.65 \times 1000} = 0.3547 \text{ m}^3$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{982.49}{2.7 \times 1000} = 0.3639 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow \frac{0.3547}{0.3547} : \frac{0.3639}{0.3547}$$

1 : 1.026 proporción en
vol. absoluto.

2° Entonces, el volumen absoluto de los materiales de la nueva mezcla por m³ de concreto será:

$$\text{Cemento} = \frac{365.6}{3.15 \times 1000} = 0.11606 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} = \frac{197.42}{1000} = 0.19742 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire atrapado} = 0.05 \times 1 = 0.05 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregados} = 1 - 0.36348 = 0.63652 \text{ m}^3$$

$$\therefore \text{A.fino} = \frac{1 \times 0.63652}{2.026} = 0.31418 \text{ m}^3$$

$$\text{A.grueso} = \frac{1.026 \times 0.63652}{2.026} = 0.32234 \text{ m}^3$$

3° Peso seco de los materiales de la nueva mezcla por m³ de concreto:

$$\text{Cemento} = 365.6 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 0.31418 \times 2.65 \times 1000 = 832.58 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 0.32234 \times 2.7 \times 1000 = 870.32 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua de diseño} = 197.42 \text{ lt.}$$

4° Corrección por humedad de los materiales de la nueva mezcla por m³ de concreto:

$$\text{Cemento} = 365.6 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 832.58 \times 1.032 = 859.22 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 870.32 \times 1.028 = 894.69 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua efectiva o} \\ \text{agua añadida} &= 197.42 - \left[\frac{(3.2 - 1.1)}{100} \times 832.58 + \right. \\ &\quad \left. + \frac{(2.8 - 1)}{100} \times 870.32 \right] = 164.27 \text{ lt.} \end{aligned}$$

Es decir, las nuevas proporciones serán:
(redondeando).

Cemento = 366 kg/m³
 A. fino = 859 kg/m³
 A. grueso = 895 kg/m³
 Agua añadida = 164 lt/m³

P-25 Se desea medir la exudación y expesarla en sus 2 formas, para una mezcla de concreto cuyas proporciones en peso son: 1 : 2.2 : 3.3 / 0.60.

El recipiente a utilizarse para la experiencia tiene un diámetro de 25.4 cm. y una altura de 27.9 cm. Las características de los agregados son:

Descripción	A.fino	A. grueso
Peso específico	2.62	2.70
Peso unitario suelto húmedo.	1710 kg/m ³	1610kg/m ³

Se han obtenido los siguientes datos:

Tiempo (min.)	Vol. parcial Exudado (ml)
0	0.0
10	7.1
10	8.2
10	8.4
10	9.2
30	25.0
30	19.2
30	14.1
30	8.0
30	2.0
30	0.0

Solución:

Para la experiencia prepararemos una colada en base a 1 bolsa de cemento, luego:

Peso húmedos

Cemento = 42.5 kg.

A. fino = 2.2 x 42.5 = 93.5 kg.

$$A. \text{ grueso} = 3.3 \times 42.5 = 140.3 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua efectiva} = \frac{0.60 \times 42.5}{\text{Peso de la tanda}} = \frac{25.5 \text{ lt.}}{301.8 \text{ kg.}}$$

1° Exudación total por unidad de área

$$\text{Exudación} = \frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Area del recipiente}}$$

En donde:

$$\text{Vol. total exudado} = \sum \text{Vol. parciales exudados} = 101.2 \text{ ml.}$$

$$\text{Area del recipiente} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (25.4)^2}{4} \doteq 506.7 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto:

$$\text{Exudación} = \frac{101.2}{506.7} = 0.20 \text{ ml / cm}^2$$

2° Exudación total en porcentaje

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{\text{Vol. total exudado}}{\text{Vol. de agua en el recipiente}} \times 100$$

Para hallar el volumen de agua en el recipiente haremos:

Vol . aparente de los materiales de la colada

$$\text{Cemento} = \frac{1}{35.31} = 0.02832 \text{ m}^3$$

$$A. \text{ fino} = \frac{93.5}{1710} = 0.05468 \text{ m}^3$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{140.3}{1610} = 0.08714 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{25.5}{1000} = 0.0255 \text{ m}^3$$

$$\sum = 0.19564 \text{ m}^3 = 195,640 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen de concreto en el recipiente} = \frac{\pi (25.4)^2}{4} \times 27.9 = 14137.1 \text{ cm}^3$$

Ahora razonemos de la siguiente manera: Si en un volumen de concreto de $195,640 \text{ cm}^3$ se encuentran presentes 25.5 lt. de agua, entonces en un volumen de $14,137.1 \text{ cm}^3$ de concreto se encontrarán presentes:

$$\text{Agua} = \frac{14,137.1 \times 25.5}{195,640} = 1.8426 \text{ lt.} = 1842.6 \text{ ml.}$$

Por lo tanto:

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{101.2}{1842.6} \times 100 = 5.5\%$$

P-26 Se ha preparado una mezcla de concreto con el objeto de medir la exudación, tomándose los siguientes datos:

Cemento = 15 kg.

A. fino = 29.5 kg.

A. grueso = 45.3 kg.

Agua = 8.1 lt.

Peso unitario del concreto = 2359 kg/m^3

diámetro del recipiente = 24.5 cm.

altura del recipiente = 30.4 cm.

Tiempo (min).	Vol. parcial Exudado (ml.)
0	0
10	8.0
10	9.5
10	9.0
10	9.0
30	21.0
30	17.0
30	6.0
30	2.5
30	2.0
30	0.0

Se pide:

a) Velocidad de exudación

b) Exudación total expresada en sus dos formas:

Por unidad de área y en porcentaje.

Solución

a) Hagamos la siguiente tabla para hallar la velocidad de exudación.

Tiempo (min.)	Vol. Parcial Exud. (ml.)	Vol. Acumulado Exud. (ml.)	Vol. de Exudación (ml/min) = = Vol.Exud/tiempo
0	0.0	0.0	---
10	8.0	8.0	0.80
10	9.5	17.5	0.95
10	9.0	26.5	0.90
10	9.0	35.5	0.90
30	21.0	56.5	0.70
30	17.0	73.5	0.57
30	6.0	79.5	0.20
30	2.5	82.0	0.08
30	2.0	84.0	0.07
30	0.0	84.0	0.00

Vol.total = 84ml.

b) 1° Exudación total por unidad de área:

$$\text{Exudación} = \frac{\text{Vol. total exudado}}{\text{Area del recipiente}} = \frac{84}{\frac{\pi (24.50)^2}{4}} = 0.178 \text{ ml / cm}^2$$

2° Exudación total en porcentaje

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{\text{Vol. total exudado}}{\text{Vol. de agua en la mezcla del recipiente}} \times 100$$

Vol. total exudado = 84 ml.

Vol. agua en la mezcla del recipiente =

$$= \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Peso de la tanda}} \times \text{Vol. de agua en la tanda}$$

Peso de la muestra = P. unitario del concreto $\times$ Vol. de la muestra =

$$2359 \left[\frac{\pi (0.2450)^2}{4} \times 0.304 \right] = 33.8 \text{ kg.}$$

Peso de la tanda = $(15 + 29.5 + 45.3 + 8.1) = 97.9 \text{ kg.}$

Volumen de agua de la tanda = 8.1 lt.

Luego:

$$\text{Vol. agua en la mezcla del recipiente} = \frac{33.8}{97.9} \times 8.1 = 2.8 \text{ lt.} = 2800 \text{ ml.}$$

Por lo tanto:

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{84}{2800} \times 100 = 3\%$$

P-27 Se ha preparado una mezcla de concreto con el objeto de medir la exudación, teniendo los siguientes datos:

Mezcla

Cemento = 7 kg.

A. fino = 15.2 kg.

A. grueso = 23.1 kg.

Agua = 4.2 lt.

Area del recipiente
= 506.71 cm²

Peso del concreto
contenido en el re-
cipiente = 29.8 kg.

Tiempo (min.)	Vol. Parcial Exudado (ml)
0	0.0
10	7.0
10	8.5
10	8.0
10	9.0
30	24.0
30	18.0
30	13.0
30	6.0
30	0.0

Se pide:

- a) La velocidad de exudación.
- b) La exudación total expresada en sus dos formas.

Solución

- a) Hagamos la siguiente tabla para hallar la velocidad de exudación.

Tiempo (min.)	Vol.Parcial Exud. (ml.)	Vol. Acum. Exud. (ml)	Vel. de Exudación (ml/min) = =Vol. Exud./tiempo
0	0.0	0.0	0.0
10	7.0	7.0	0.70
10	8.5	15.5	0.85
10	8.0	23.5	0.8
10	9.0	32.5	0.9
30	24.0	56.5	0.8
30	18.0	74.5	0.6
30	13.0	87.5	0.43
30	6.0	93.5	0.20
30	0.0	93.5	0.0

Vol. total=93.5 ml.

- b) 1° Exudación total por unidad de área:

$$\text{Exudación} = \frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Area del recipiente}} = \frac{93.5}{506.71} = 0.185 \text{ ml/cm}^2$$

- 2° Exudación total en porcentaje

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{\text{Vol. total exudado}}{\text{Vol. de agua en la mezcla del recipiente}} \times 100$$

Donde :

Vol. total exudado = 93.5 ml.

Sabemos que para 49.5 kg. (7+15.2+23.1+4.2) de mezcla se necesita 4.2 lt. de agua, entonces la cantidad total de agua necesaria para los 29.8 kg. de mezcla en el recipiente será:

Vol. de agua en la mezcla del recipiente =

$$\frac{29.8 \times 4.2}{49.5} = 2.5285 \text{ lt.} = 2528.5 \text{ ml.}$$

Por lo tanto:

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{93.5}{2,528.5} \times 100 = 3.7\%$$

P-28 Se han roto 8 probetas cilíndricas de concreto de 15 cm. de diámetro y 30 cm de altura; habiendo sido las lecturas de la prueba las siguientes:

39, 40, 40, 44, 43, 38, 47, 45 (en toneladas)

Se desea saber la resistencia característica del concreto.

Solución:

Por definición, la resistencia característica del concreto (σ) es:

$$\sigma = \frac{\bar{F}}{A}$$

$$\text{con: } \bar{F} = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{n} =$$

$$= \frac{(39 + 40 + 40 + 44 + 43 + 38 + 47 + 46) \times 10^3}{8}$$

$$= 42,000 \text{ kg.}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (15)^2}{4} = 176.71 \text{ cm}^2$$

$$\text{Entonces: } \sigma = \frac{42000}{176.1} = 237.7 \text{ kg./cm}^2$$

P-29 Se quiere preparar un concreto normal cuya resistencia de diseño es $f_{cp} = 285 \text{ kg/cm}^2$. El concreto será de consistencia plástica, el tamaño máximo del agregado es 3/4" y las características de los agregados son:

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso Unit. suelto seco	1600 kg/m ³	1520 kg/m ³
Peso Unit. comp. seco	1710 kg/m ³	1610 kg/m ³
Peso Esp. de masa	2.65	2.71
Módulo de fineza	2.75	7.10
Contenido de humedad	3.20%	2.40%
Porcentaje de absorc.	0.8%	0.6%

Se pide:

- Las proporciones en peso y volumen de la mezcla en obra.
- Módulo de fineza de los agregados dentro de la mezcla.

Solución

a) 1° Tenemos la resistencia a la compresión promedio del concreto $f'_{cp} = 285$ kg/cm². Si el concreto.

2° Si desea una consistencia plástica, el asentamiento adecuado será de 3" - 4"

3° Con asentamiento = 3" - 4" y tamaño máximo del agregado = 3/4" vamos a la tabla N°2 para obtener los valores de agua de mezclado y aire atrapado (usaremos concreto sin aire incorporado).

Luego :

Agua mezclado = 200 lt/m³

Aire atrapado = 2%

4° Con el valor de $f'_{cp} = 285$ kg/cm² vamos a la tabla N°3 para obtener la relación agua- cemento. Como no existe un valor tabulado para nuestra resistencia interpolaremos de la sgte. manera:

$$\begin{array}{cc}
 f'_{cp} & a/c \\
 50 \left[\begin{array}{cc} 300 & 0.55 \\ 250 & 0.62 \end{array} \right] 0.07
 \end{array}$$

$$50 \text{ kg/cm}^2 \text{ ————— } 0.07$$

$$35 \text{ kg/cm}^2 \text{ ————— } x$$

$$x = 0.049$$

∴ Para una resistencia de 285 kg/cm², la relación agua -cemento será:
 $0.62 - 0.049 = 0.571$

Es decir:

$$\frac{a}{c} = 0.57$$

5° La cantidad de cemento será :

$$\text{cemento} = \frac{\text{agua de mezclado}}{a / c} = \frac{200}{0.57} = 350.88 \text{ kg.}$$

6° Con los valores de tamaño máximo = 3 / 4" y módulo de fineza del A. fino = 2.75, vamos a la tabla N° 5 para determinar el volumen seco y compactado del A. grueso por m³ de concreto:

mf	Vsc
2.60	0.64
2.75	y
2.80	0.62

$$0.20 \left[\begin{array}{c} 0.15 \left[\begin{array}{c} 2.60 \\ 2.75 \end{array} \right] \times \end{array} \right] 0.02$$

$$\begin{array}{ccc} 0.20 & \text{-----} & 0.02 \\ 0.15 & \text{-----} & x \end{array}$$

$$x = 0.015$$

∴ Volumen del A. grueso seco y compactado = $0.64 - 0.015 = 0.625 = y$

Por lo tanto:

Peso del A. grueso seco = Vol. seco compactado x Peso unitario compactado

$$\text{seco} = 0.625 \times 1610 = 1006.25 \text{ kg.}$$

La cantidad del A. fino la hallaremos por diferencia para lo cual llevaremos a volúmenes absolutos:

7° Vol.Absolutos de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = \frac{350.88}{3.15 \times 1000} = 0.1114 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{200}{1000} = 0.2 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 0.02(1) = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1006 \cdot 25}{2 \cdot 71 \times 1000} = 0.3713 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = 1 - (0.1114 + 0.2 + 0.02 + 0.3713) = 0.2973 \text{ m}^3$$

8° Pesos secos de materiales por m³ de concreto

$$\text{Cemento} = 350.88 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 0.2973 \times 2.65 \times 1000 = 787.85 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 1006.25 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua de diseño o de mezclado} = 200 \text{ lt.}$$

9° Corrección por humedad

$$\text{Cemento} = 350.88 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 787.85 \times 1.032 = 813.06 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 1006.25 \times 1.024 = 1030.4 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua añadida o} &= 200 - \left[\frac{(3.2 - 0.8)}{100} \times 787.85 + \frac{(2.4 - 0.6)}{100} \times \right. \\ \text{agua efectiva} &\quad \left. \times 1006.25 \right] = 163 \text{ lt.} \end{aligned}$$

10° Proporción en peso en obra:

$$\frac{350.88}{350.88} : \frac{813.06}{350.88} : \frac{1030.4}{350.88} / \frac{163}{350.88}$$

$$1 : 2.3 : 2.9 / 0.46$$

11° Volúmenes aparentes de los materiales

$$\text{Cemento} = \frac{350.88}{42.5 \times 35.31} = 0.2338 \text{ m}^3$$

$$\text{A fino} = \frac{787.85}{1600} = 0.4924 \text{ m}^3$$

$$\text{A.grueso} = \frac{1006.25}{1520} = 0.6620 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{163 \times 42.5}{350.88} \text{ lt/bolsa} = 19.74 \text{ lt/bolsa}$$

12° Luego, la proporción en volumen será:

$$\frac{0.2338}{0.2338} : \frac{0.4924}{0.2338} : \frac{0.6620}{0.2338} / 19.7 \text{ lt / bolsa}$$

$$1 : 2.1 : 2.8 / 19.7 \text{ lt/bolsa}$$

- b) Para hallar el módulo de fineza de los agregados dentro de la mezcla o lo que es lo mismo el módulo de fineza de la combinación de agregados, usaremos:

$$m_c = r_f m_f + r_g m_g \quad \text{con} \quad r_f + r_g = 1$$

$$r_f = \frac{\text{vol. Abs. fino}}{\text{Vol. Abs. de los agregados}}$$

$$\text{Para nuestro caso: } r_f = \frac{0.2973}{0.2973 + 0.3713} = 0.44$$

$$\text{Luego: } r_g = 1 - 0.44 = 0.56$$

Además por dato:

$$m_f = 2.75$$

$$m_g = 7.10$$

$$\text{Entonces: } m_c = 0.4 (2.75) + 0.56 (7.10) = 5.19$$

P-30 Se mezcla agregado grueso y fino en la proporción 1:6 (en peso) cuyas características son las indicadas en el problema anterior. Se pide calcular:

- Peso unitario compactado saturado superficialmente seco de la mezcla.
- Peso específico de masa seca de la mezcla

- c.) Si en un recipiente cuyas medidas interiores son: 1.30 x 0.80 x 1.00 mt., se introduce 1200 kg. de esta mezcla, cuál será la cantidad de agua máxima que podrá agregarse para llenar los huecos, que deja la mezcla dentro del recipiente.

Solución

a) Sabemos que:

$$P.U.comp.SSS.= \frac{\text{Peso de la Mezcla de Agregados SSS}}{\text{Volumen compactado}} \quad \dots\dots (1)$$

tomaremos:

$$\left. \begin{array}{l} A. \text{ grueso} = 100 \text{ kg.} \\ A. \text{ fino} = 600 \text{ kg.} \end{array} \right\} \text{(húmedos)}$$

Peso sat. sup. seco

$$A. \text{ fino} = \frac{600}{1.032} \times 1.008 = 586.05 \text{ Kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{100}{1.024} \times 1.006 = 98.24 \text{ Kg.}$$

$$\Rightarrow \text{Peso de la mezcla sat. sup. secos} = 684.29 \text{ kg.}$$

Como tenemos el peso unitario compactado seco y los pesos húmedos de los materiales, podemos hallar el volumen compactado de la mezcla.

Vol. compactado:

$$A. \text{ fino} = \frac{600}{1.032 (1710)} = 0.3400 \text{ m}^3$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{100}{1.024 (1610)} = 0.0607 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow \text{Vol.Compactado de la mezcla} = 0.4007 \text{ m}^3$$

Reemplazando valores en (1)

$$P.U.comp.SSS. = \frac{684.29}{0.4007} \cong 1708 \text{ kg. / m}^3$$

b) Sabemos que:

$$\begin{array}{l} \text{Peso específico} \\ \text{de masa seca de} \\ \text{la mezcla} \end{array} = \frac{\text{Peso seco de la mezcla}}{\text{Vol. Abs. de la mezcla} \times 1000} \dots\dots\dots (2)$$

Tomaremos:

$$\left. \begin{array}{l} \text{A. fino} = 600 \text{ kg.} \\ \text{A. grueso} = 100 \text{ kg.} \end{array} \right\} \text{ (húmedos)}$$

$$\text{A. fino} = \frac{600}{1.032} = 581.40 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = \frac{100}{1.024} = 97.66 \text{ kg.}$$

$$\therefore \text{Peso seco de la mezcla de agregados} = 581.40 + 97.66 = 679.06 \text{ kg.}$$

Vol. Absoluto de los agregados

$$\text{A. fino} = \frac{581.40}{2.65 \times 1000} = 0.2194 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{97.66}{2.71 \times 1000} = 0.0360 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow \text{Vol. Abs. de la mezcla} = 0.2554 \text{ m}^3$$

Reemplazando valores en (2) resulta:

$$\text{P.e de masa seca de la mezcla} = \frac{679.06}{0.2554 \times 1000} = 2.66$$

3) Si el recipiente contiene 1200 kg. de la mezcla de agregados gruesos y fino en proporción 1:6 (en peso), entonces:

Peso húmedo de los materiales

$$\text{A. grueso} = \frac{1 \times 1200}{7} = 171.43 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = \frac{6 \times 1200}{7} = 1028.57 \text{ kg.}$$

Cant. Agua Máxima = Vol. recipiente - (Vol. abs. fino + Vol. Abs. grueso + agua presente en los agregados).

Identificando términos:

$$\text{Vol. del recipiente} = 1.3 \times 0.8 \times 1.0 = 1.04 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Abs. del A. fino} = \frac{1028.57}{1.032 \times 2.65 \times 1000} = 0.3761 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Abs. del A. grueso} = \frac{171.43}{1.024 \times 2.71 \times 1000} = 0.0618 \text{ m}^3$$

Agua presente en los agregados = Peso húmedo - Peso seco

$$= \left(1028.57 - \frac{1028.57}{1.032} \right) + \left(171.43 - \frac{171.43}{1.024} \right) = 35.9 \text{ lt.} = 0.0359 \text{ m}^3$$

$$\text{cantidad de agua máx.} = 1.04 - (0.3761 + 0.0618 + 0.0359) = 0.5662 \text{ m}^3$$

$$\text{cantidad de agua máxima} = 566.2 \text{ lt.}$$

P-31 Se tiene una mezcla de concreto normal, cuya relación agua- cemento de diseño es 0.62, el tamaño máximo de los agregados es 3/4", el módulo de fineza de la combinación de agregados es 5.30 y el volumen unitario de agua es 200 lt/m³ de concreto.

Las características de los agregados son.

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso específico de masa seca	2.63	2.70
Contenido de humedad	4.0%	2.0%
Porcentaje de absorción	0.8%	0.6%
Módulo de fineza	2.80	6.80

Se desea encontrar las proporciones en peso de la mezcla en obra.

Solución

- 1° Si el volumen unitario de agua es 200 lt/m³ y la relación agua - cemento de diseño es 0.62, entonces la cantidad de cemento por m³ de concreto será:

$$\text{cemento} = \frac{\text{agua}}{a / c} = \frac{200}{0.62} = 322.58 \text{ kg.}$$

- 2° Como tenemos el tamaño máximo de los agregados: 3/4", el volumen unitario de agua = 200 lt/m³, y el dato de que se trata de un concreto de peso normal (sin aire incorporado), entonces de la tabla N°2 obtenemos el porcentaje esperado de aire atrapado.

$$\text{aire atrapado} = 2\%$$

- 3° No tenemos como dato el peso unitario compactado seco del agregado grueso, como para pensar que utilizando la tabla N°5 podremos hallar el volumen del agregado grueso y luego su peso. Solucionaremos el problema utilizando el método de los volúmenes absolutos.

Volumen absoluto de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = \frac{322.58}{3.15 \times 1000} = 0.1024 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{200}{1000} = 0.2 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire atrapado} = 0.02 \times 1 = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregados} = 1 - 0.3224 = 0.6776 \text{ m}^3$$

Además sabemos que:

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} \quad \text{y} \quad r_f = \frac{\text{Vol. Abs. del A. fino}}{\text{Vol. Abs. de los agregados}}$$

$$\text{Entonces:} \quad r_f = \frac{6.8 - 5.3}{6.8 - 2.8} = 0.375$$

$$\text{Además:} \quad 0.375 = \frac{\text{Vol. Abs. del A. fino}}{0.6776}$$

$$\therefore \text{Vol. Absoluto del A. fino} = 0.2541 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Absoluto del A. grueso} = 0.6776 - 0.2541 = 0.4235 \text{ m}^3$$

4° Pesos secos de los materiales por m^3 de concreto

$$\text{Cemento} = 322.58 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 0.2541 \times 2.63 \times 1000 = 668.28 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 0.4235 \times 2.70 \times 1000 = 1143.45 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua de diseño} = 200 \text{ lt.}$$

5° Corrección por humedad de los materiales por m^3 de concreto.

$$\text{Cemento} = 322.58 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 668.28 \times 1.04 = 695.01 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 1143.45 \times 1.02 = 1166.32 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 200 - \left[\frac{(4 - 0.8)}{100} \times 668.28 + \frac{(2 - 0.6)}{100} \times 1143.45 \right] = 162.61 \text{ lt.}$$

6° Entonces las proporciones en peso de la mezcla serán:

$$\frac{322.58}{322.58} : \frac{695.01}{322.58} : \frac{1166.32}{322.58} \bigg/ \frac{162.61}{322.58}$$

$$1 : 2.2 : 3.6 / 0.50$$

P-32* Se tiene una mezcla de concreto normal, cuya relación agua - cemento de diseño es 0.55. Las características de los agregados son:

Descripción	A. fino	A.grueso
Contenido de humedad	4%	2.0%
Porcentaje de absorción	0.8%	0.6%
Peso espec.de masa seca	2.63	2.70

GRANULOMETRÍA			
A.fino		A.grueso	
Malla	% retenido	Malla	% retenido
Nº 4	3.0	1"	5.25
Nº 8	12.2	3/4"	6.35
Nº 10	5.0	1/2"	31.15
Nº 16	14.2	3/8"	28.25
Nº 20	15.5	1/4"	23.35
Nº 30	4.5	Nº4	5.65
Nº 40	4.4		
Nº 50	14.0		
Nº 80	8.5		
Nº 100	8.5		
+ 100	10.2		

El módulo de fineza de la combinación de agregados es 5.3 y el asentamiento de la mezcla es de 3" a 4". Se pide determinar:

- El peso unitario compactado superficialmente seco del A. grueso.
- Proporciones de la mezcla en peso.

Solución:

- Para poder utilizar la tabla N°2 en la búsqueda de la cantidad de agua de mezclado, necesitamos el tamaño máximo de los agregados. De la granulometría del A. grueso y por definición:

$$T.M. = \frac{3"}{4}$$

Con los valores de: Asentamiento de 3" a 4" y del T.M. del agregado grueso = 3/4", de la tabla N°2 obtenemos (asumiendo concreto sin aire incorporado):

Agua de mezclado = 200 lt/m³

Aire atrapado = 2%

- La cantidad de cemento será:

$$\text{Cemento} = \frac{\text{agua de mezclado}}{a/c} = \frac{200}{0.55} = 363.6 \text{ kg.}$$

- Utilizando la tabla N°5 con los valores de tamaño máximo de los agregados y módulo de fineza del A. fino (que se puede hallar) podemos hallar el volumen seco y compactado del A. grueso por m³ de concreto, lo cual no

podríamos transformarlo en peso de A. grueso por no tener como dato el peso unitario compactado seco del A. grueso.

Esto nos obliga a utilizar el método de los Volúmenes Absolutos en la búsqueda de la determinación de la cantidad de agregados.

Vol. Absolutos de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{cemento} = \frac{363.6}{3.15 \times 1000} = 0.1154 \text{ m}^3$$

$$\text{agua de mezclado} = \frac{200}{1000} = 0.2 \text{ m}^3$$

$$\text{aire atrapado} = \frac{2}{100} \times 1 = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{agregados} = 1 - 0.3354 = 0.6646 \text{ m}^3$$

Para hallar el vol.absoluto del A. fino, utilizaremos el hecho de que:

$$r_f = \frac{\text{Vol. Abs. del A. fino}}{\text{Vol. Abs. de los agreg.}} \quad \text{con :} \quad r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f}$$

De la granulometría de los agregados tenemos:

Para el agregado fino:

$$m_f = \frac{3 + 15.2 + 34.4 + 54.4 + 72.8 + 89.8}{100} = 2.696 \approx 2.70$$

Para el agregado grueso:

$$m_g = \frac{3 + 71 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100} = 6.826 \approx 6.83$$

$$m_c = 5.30 \text{ (dato)}$$

Luego:

$$r_f = \frac{6.83 - 5.30}{6.83 - 2.70} = 0.3705 \quad \text{y} \quad 0.3705 = \frac{\text{Vol. Abs. A. fino}}{0.6646}$$

Entonces:

$$\text{Vol. Abs. A. fino} = 0.3705 \times 0.6646 = 0.2462 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Abs. A. grueso} = 0.6646 - 0.2462 = 0.4184 \text{ m}^3$$

4° Pesos secos de los materiales por m^3 de concreto

$$\text{Cemento} = 363.6 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 0.2462 \times 2.63 \times 1000 = 647.5 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 0.4184 \times 2.70 \times 1000 = 1129.7 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua de mezclado} = 200 \text{ lt.}$$

A esta altura del problema, podemos responder a la pregunta (a), en la que nos piden el peso unitario compactado Sat. superficialmente seco del A. grueso:

$$\text{P.U.comp.SSS.} = \frac{\text{Peso SSS A. grueso}}{\text{Vol. Comp. seco A. grueso}}$$

De la tabla N° 5, con los valores de T.M. = $3/4"$ y módulo de fineza del A. fino = 2.7, obtenemos que:

$$\text{Vol. compactado seco del A. grueso} = 0.63 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{P.U.comp. SSS.} &= \frac{1129.7 \times 1.006}{0.63} = 1803.9 = \\ &\cong 1804 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

b) Corrección por humedad de los materiales

$$\text{Cemento} = 363.6 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 647.5 \times 1.04 = 673.4 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 1129.7 \times 1.02 = 1152.3 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 200 - \left[\frac{(4-0.8)}{100} \times 647.5 + \frac{(2-0.6)}{100} \times 1129.7 \right] = 163.5 \text{ lt.}$$

Las proporciones de la mezcla en peso serán:

$$\frac{363.6}{363.6} : \frac{673.4}{363.6} : \frac{1152.3}{363.6} / \frac{163.5}{363.6}$$

$$1 : 1.9 : 3.2 / 0.45$$

P-33 Se desea diseñar una mezcla de concreto a ser empleada en un elemento estructural. El coeficiente de variación de la compañía encargada es 15% y el número de muestras para la compañía encargada ha sido mayor de 30. La resistencia especificada por el proyectista es de 175 kg/cm². El tamaño máximo el agregado grueso es de 3/4" y el asentamiento deseado es de 1"-2".

Expresar las proporciones en peso y volumen de obra, siendo las características de los agregados los siguientes:

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso Unit. comp. seco	1720 kg/m ³	1630 kg/m ³
Peso Unit. suelto húmedo	1640 kg/m ³	1570 kg/m ³
Peso específico de masa	2.63	2.7
Contenido de humedad	3.2%	1.9%
Porcentaje de absorción	0.8%	0.6%

GRANULOMETRIA	
A. fino	
Malla	% retenido
Nº 4	4.2
Nº 8	12.2
Nº 10	5.0
Nº 16	13.8
Nº 20	14.1
Nº 30	14.5
Nº 40	4.4
Nº 50	15.0
Nº 80	8.5
Nº 100	5.1
> 100	3.2

Solución:

1º Para el diseño, utilizaremos la resistencia promedio:

$$f'_{cp} = \frac{f'_c}{1 - tv}$$

Si el número de muestras es mayor que 30, y para el caso de no más de 1 de cada 20 ensayos por debajo de la resistencia específica, tendremos que:

$$t = 1.645, \text{ (ver tabla N}^\circ 8) \text{ luego:}$$

$$f'_{cp} = \frac{175}{1 - (1.645)(0.15)} = 232.3 \text{ kg/cm}^2 \approx 235 \text{ kg/cm}^2$$

2° Con asentamiento de 1"-2" y T.M. = 3/4" de la tabla N° 2 tenemos (para concreto sin aire incorporado)

$$\text{agua de mezclado} = 185 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{aire atrapado} = 2\%$$

3° Con el valor de $f'_{cp} = 235 \text{ kg/cm}^2$, de la tabla N°3 tenemos (para concreto sin aire incorporado):

	f'_{cp}	a/c	
	250	0.62	50 ——— 0.08
50	235	y	35 ——— x
	200	0.70	

$$x = \frac{35(0.08)}{50}$$

$$= 0.056$$

$$\text{Entonces para } f'_{cp} = 235 \text{ kg/cm}^2: a/c = y = 0.64$$

$$4^\circ \text{ Factor cemento} = \frac{185}{0.64} = 289 \text{ kg./m}^3$$

5° De la granulometría del A. fino tenemos que :

$$m_f = \frac{4.2 + 16.4 + 35.2 + 63.8 + 83.2 + 96.8}{100} = 2.996 \approx 3$$

Con este valor y T.M. = 3/4", de la tabla N° 5.

$$\text{Vol. Seco y comp. A. grueso} = 0.60 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso seco A. grueso} = 0.60 \times 1630 = 978 \text{ kg/m}^3$$

6° Vol. Abs. de los materiales por m³ de concreto

$$\text{Cemento} = \frac{289}{3.15 \times 1000} = 0.0917 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua diseño} = \frac{815}{1000} = 0.1850 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire atrapado} = \frac{2}{100} \times 1 = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{978}{2.7 \times 1000} = 0.3622 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = 1 - 0.6589 = 0.3411 \text{ m}^3$$

7° Pesos secos de los materiales por m³ de concreto

$$\text{Cemento} = 289 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 0.3411 \times 2.63 \times 1000 = 897 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 978 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua diseño} = 185 \text{ lt.}$$

8° Corrección por humedad

$$\text{Cemento} = 289 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 897 \times 1.032 = 925.7 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 978 \times 1.019 = 996.6 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 185 \left[\frac{(3.2 - 0.8)}{100} \times 897 + \frac{(1.9 - 0.6)}{100} \times 978 \right] = 150.8 \text{ lt.}$$

9° Las proporciones en peso de obra serán:

$$\frac{289}{289} : \frac{925.7}{289} : \frac{996.6}{289} / \frac{150.8}{289}$$

$$1 : 3.2 : 3.4 / 0.52$$

10° Vol. Aparente de los materiales

$$\text{Cemento} = \frac{289}{42.5} = 6.8 \text{ pies}^3$$

$$\text{A. fino} = \frac{925.7 \times 35.31}{1640} = 19.9 \text{ pies}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{996.6 \times 35.31}{1570} = 22.4 \text{ pies}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 150.8 \text{ lt.}$$

11° Las proporciones en volumen de obra serán:

$$\frac{6.8}{6.8} : \frac{19.9}{6.8} : \frac{22.4}{6.8} / \frac{150.8}{6.8}$$

$$1 : 2.9 : 3.3 / 22 \text{ lt/bolsa}$$

P-34 Cuáles serán las mejores soluciones a usar en la construcción de una loza de pavimento de 13 cm. de espesor sin refuerzo estructural, cuyo módulo de rotura es 40 kg/cm² sabiendo que el módulo de rotura es igual a 0.16 f_{cp}

a) Respecto al tamaño máximo de la piedra, cuál debería utilizarse:

$$3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 \frac{1}{2}", 2", 3", 6"$$

b) Sin hacer pruebas previas, que relación agua -cemento en peso se deberá escoger para este caso:

Justificar en ambos casos la respuesta dada.

Solución:

a) Sabemos que en ningún caso el Tamaño Máximo del agregado debe exceder el 1/3 de la altura de las losas y que debe ser el mayor posible.

Como:

$$13 \text{ cm.} = 5.2" \Rightarrow \frac{1}{3}(5.2") = 1.7"$$

$$\therefore \text{ se escogerá: T.M.} = 1 \frac{1}{2}"$$

b) Por dato:

$$40 = 0.16 f'_c \quad f'_{cp} = 250 \text{ kg/cm}^2$$

De la tabla N°3 con $f'_{cp} = 250 \text{ kg/cm}^2$ escogeremos para concretos sin aire incorporado.

$$a/c = 0.62$$

P-35 Se quiere preparar un concreto normal cuya resistencia de diseño es $(240+10n) \text{ kg/cm}^2$, siendo n la cifra de las unidades del código de matrícula del alumno. El concreto será de consistencia plástica; el tamaño máximo del A. grueso es $3/4"$. Las características de los agregados son:

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso unitario suelto seco.	1550 kg/m ³	1450 kg/m ³
Peso unitario compactado húmedo	1680 kg/m ³	1600 kg/m ³
Peso específico de masa seca	2.65	2.68
Módulo de fineza	2.75	6.85
Contenido de humedad	3.20%	2.40%
Porcentaje de absorción.	0.90%	0.60%

Se pide calcular:

- Las proporciones en peso y volumen en la mezcla en obra.
- El módulo de fineza de la combinación de agregados dentro de la mezcla.

Solución

- a) 1° Supongamos que el código de matrícula del alumno sea: 25846. Número de unidades = 6:

$$f'_{cp} = 240 + 10 (6) = 300 \text{ kg/cm}^2$$

- Si el concreto tendrá consistencia plástica, el asentamiento correcto será de : $3" \text{ a } 4"$.
- Diseñaremos una mezcla sin aire incorporado. Con los valores de asentamiento $3" \text{ a } 4"$ y tamaño máximo de A. grueso = $3/4"$ entraremos a la tabla N° 2, para

obtener los valores aproximados de agua de mezclado y aire atrapado por m³ de concreto.

$$\text{agua} = 200 \text{ lt.}$$

$$\text{aire atrapado} = 2\%$$

- 4° Con el valor de $f'_{cp} = 300 \text{ kg/cm}^2$ entramos a la tabla N°3, para obtener la relación agua - cemento.

$$a/c = 0.55$$

- 5° La cantidad de cemento por m³ de concreto será:

$$\text{cemento} = \frac{\text{agua}}{a / c} = \frac{200}{0.55} = 363.6 \text{ kg.}$$

- 6° Con los valores de T.máximo de A. grueso = 3/4" y módulo de fineza del A. fino = 2.75, entramos a la tabla N° 5 para determinar el volumen de A. grueso por m³ de concreto:

$$\text{Vol.seco y compactado A. grueso} = 0.625 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$\text{Peso A. grueso seco} = \text{P.U compactado seco} \times \text{Vol. comp. seco} =$$

$$= \frac{1600}{1.024} \times 0.625 = 976.6 \text{ kg.}$$

Para la determinación del requerimiento de A. fino, usaremos el método de los volúmenes absolutos:

- 7° Vol. absoluto de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = \frac{363.6}{3.15 \times 1000} = 0.1154 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{200}{1000} = 0.2 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire atrapado} = \frac{2}{100} \times 1 = 0.02 \text{ m}^3$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{976.6}{2.68 \times 1000} = 0.3644 \text{ m}^3$$

$$A. \text{ fino} = 1 - 0.6998 = 0.3002 \text{ m}^3$$

8° Pasos secos de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 363.6 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ fino} = 0.3002 \times 2.65 \times 1000 = 795.5 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = 976.6 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua} = 200 \text{ lt.}$$

9° Corrección por humedad

$$\text{Cemento} = 363.6 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ fino} = 795.5 \times 1.032 = 821 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = 976.6 \times 1.024 = 1000 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua efectiva} &= 200 - \left[\frac{(3.2 - 0.9)}{100} \times 795.5 + \frac{(2.4 - 0.6)}{100} \times 976.6 \right] \\ &= 164.1 \text{ lt.} \end{aligned}$$

10° Las proporciones en peso de la mezcla en obra serán:

$$\frac{363.6}{363.6} : \frac{821}{363.6} : \frac{1000}{363.6} / \frac{164.1}{363.6}$$

$$1 : 2.3 : 2.8 / 0.45$$

11° Para hallar las proporciones en volumen de la mezcla en obra haremos:

-- Vol. aparente de los materiales (en pies³)

$$\text{Cemento} = \frac{363.6}{42.5} = 8.6 \text{ pies}^3$$

$$A. \text{ fino} = \frac{821 \times 35.31}{1550 \times 1.032} = 18.1 \text{ pies}^3$$

$$A.\text{grueso} = \frac{1000 \times 35.31}{1450 \times 1.024} = 23.8 \text{ pie}^3$$

Agua efectiva = 164.1 lt.

$$\text{Luego: } \frac{8.6}{8.6} : \frac{18.1}{8.6} : \frac{23.8}{8.6} / \frac{164.1}{8.6}$$

$$1 : 2.1 : 2.8 / 19 \text{ lt./bolsa}$$

b) Por definición

$$m_c = r_f m_f + r_g m_g \quad \text{con: } r_f = \frac{\text{Vol. Abs. A. fino}}{\text{Vol. Abs. agregados}}$$

$$r_f + r_g = 1$$

En donde:

$$r_f = \frac{0.3002}{0.3002 + 0.3644} = 0.4517$$

$$r_g = 1 - 0.4517 = 0.5483$$

$$m_f = 2.75 \quad m_g = 6.85$$

$$\text{Luego: } m_c = 0.4517 (2.75) + 0.5483 (6.85) \cong 5$$

P-36 Se desea diseñar una mezcla de concreto para ser empleada en elementos estructurales, los cuales estarán sometidos a cambios bruscos de temperatura en una zona de microclimas en la sierra del Perú.

El coeficiente de variación de la compañía encargada es de 15% y el número de muestras para la compañía encargada ha sido mayor de 30.

La resistencia especificada por el proyectista ha sido de 210 kg/cm². El tamaño máximo del A. grueso de 1" y el asentamiento deseado de 6" -7" Expresar las proporciones en peso y volumen de obra de la mezcla, siendo las características de los agregados las siguientes:

Descripción	A. fino	A. grueso
P.U compactado seco	1600 kg/m ³	1620 kg/m ³
P.U suelto húmedo	1520 kg/m ³	1550 kg/m ³
P.e. de masa	2.66	2.7
Contenido de humedad	5%	2%
Porcentaje de absorción	0.7%	0.5%
Módulo de fineza	2.8	

Solución:

- 1° Si el concreto va a estar sometido a cambios bruscos de temperatura, usaremos concreto con aire incorporado.

De los datos del problema :

$$v = \frac{15}{100} = 0.15$$

Para muestras mayores de 30 y para el caso de no más de 1 de cada 20 ensayos por debajo de la resistencia especificada.

$$t = 1.645 \text{ (ver tabla N°8)}$$

$$\text{Luego: } f'_{cp} = \frac{f'_c}{1 - tv} = \frac{210}{1 - 1.645(0.15)} = 279 \approx 280 \text{ kg/cm}^2$$

- 2° Con TM = 1" y asentamiento de 6" -7", de la tabla N° 2 tenemos:

$$\text{agua de mezclado} = 185 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{contenido total de aire} = 5\%$$

- 3° Cálculo de la relación agua - cemento (a/c).

De la tabla N° 3:

$$50 \left[\begin{array}{cc} f'_c & a/c \\ 300 & 0.46 \\ 280 & y \\ 250 & 0.53 \end{array} \right] x \quad 0.07$$

$$\begin{array}{cc} 50 & \text{---} & 0.07 \\ 30 & \text{---} & x \end{array}$$

$$x = \frac{30(0.07)}{50} = 0.042$$

$$\therefore \text{ para } f'_{cp} = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad a/c = y = 0.53 - 0.042 = 0.488$$

$$a/c \cong 0.49$$

- De la tabla N° 4, para estructuras de secciones delgadas expuestas a congelación y deshielo (caso más extremo).

$$a/c = 0.45$$

De los 2 valores escogemos el menor; es decir:

$$a/c = 0.45$$

$$4^\circ \text{ Factor cemento} = \frac{185}{0.45} \cong 411 \text{ Kg.}$$

5° Con T.M. = 1" y $m_f = 2.8$, de la tabla N° 5 tenemos:

$$\text{Vol. seco compactado del A. grueso.} = 0.67 \text{ m}^3$$

$$\therefore \text{Peso seco A. grueso} = 0.67 \times 1620 = 1085.4 \text{ kg.}$$

6° Vol. Absoluto de los materiales por m^3 de concreto.

$$\text{cemento} = \frac{411}{3.15 \times 1000} = 0.1305 \text{ m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{185}{1000} = 0.185 \text{ m}^3$$

$$\text{aire} = \frac{5}{100} \times 1 = 0.05 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1085.4}{2.7 \times 1000} = 0.402 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = 1 - 0.7675 = 0.2325 \text{ m}^3$$

7° Pesos secos de los materiales por m^3 de concreto.

$$\text{Cemento} = 411 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 0.2325 \times 2.66 \times 1000 = 618.5 \text{ kg}$$

$$\text{A. grueso} = 1085.4 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua diseño} = 185 \text{ lt.}$$

8° Corrección por humedad

$$\text{Cemento} = 411 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 618.5 \times 1.05 = 649.4 \text{ kg.}$$

$$A. \text{ grueso} = 1085.4 \times 1.02 = 1107.1 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua efectiva} &= 185 - \left[\frac{(5-0.7)}{100} \times 618.5 + \frac{(2-0.5)}{100} \times 1085.4 \right] = \\ &= 142.1 \text{ lt.} \end{aligned}$$

9° Las proporciones en peso de obra serán:

$$\frac{411}{411} : \frac{649.4}{411} : \frac{1107.1}{411} / \frac{142.1}{411}$$

$$1 : 1.6 : 2.7 / 0.35$$

10° Vol. aparente de los materiales

$$\text{Cemento} = \frac{411}{42.5} = 9.7 \text{ pies}^3$$

$$A. \text{ fino} = \frac{649.4 \times 35.31}{1520} = 15.1 \text{ pies}^3$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{1107.1 \times 35.31}{1550} = 25.2 \text{ pies}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 142.1 \text{ lt.}$$

11° Las proporciones en volumen de obra serán:

$$\frac{9.7}{9.7} : \frac{15.1}{9.7} : \frac{25.2}{9.7} / \frac{142.1}{9.7}$$

$$1 : 1.6 : 2.6 / 15 \text{ lt. / bolsa}$$

P-37 Se desea diseñar una mezcla de concreto para ser utilizado en la construcción de muros de contención. Como dato de diseño se sabe que la resistencia del concreto especificado por el proyectista es $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

La compañía encargada de la ejecución del proyecto ha hecho un control de su calidad de producción, con los siguientes resultados:

Muestra	f'_c
1	295
2	287
3	256
4	344
5	282
6	263
7	352
8	298
9	302
10	310
11	314
12	308
13	292
14	279
15	291
16	303
17	325
18	264
19	278
20	356

Los requisitos de control de calidad exigen que en la obra a ser construida, se tenga que 9 de 10 probetas estén por encima del 100% de la resistencia mínima especificada y 99 de cada 100 probetas estén por encima del 90% de la resistencia mínima especificada.

El proceso de vaciado se realizará entre los meses de diciembre y marzo. El registro promedio de la temperatura en la zona arroja los siguientes valores:

Enero: 26°C	Mayo: 18°C	Setiembre: - 10°C
Febrero: 27°C	Junio: 12°C	Octubre: 6°C
Marzo: 28°C	Julio: 6°C	Noviembre: 15°C
Abril: 23°C	Agosto: - 4°C	Diciembre: 23°C

La distribución del área de acero y las dimensiones de los elementos estructurales hacen recomendable el empleo de mezclas de consistencia plástica.

El cemento Portland a emplearse es del tipo I con un peso específico de : 3.12.

El agregado fino (arena) a ser utilizado, tiene las siguientes características:

P.U. suelto seco	=	1580 kg/m ³
P.U. comp. seco	=	1710 kg/m ³
P.e. de masa	=	2.65
Contenido de humedad.	=	3.5%
Porcentaje de absorción.	=	1.2%

El agregado grueso (piedra) tiene las siguientes características:

P.U. suelto seco	=	1550 kg/m ³
P.U. comp. seco	=	1660 kg/m ³
P.e de masa	=	2.62
Conten.de humedad.	=	0.4%
Porcentaje de absorción.	=	1 %

La granulometría de los agregados es la siguiente:

AGREGADO FINO		
Malla	% retenido	% acum. reten.
Nº 4	3.0	3.0
Nº 8	12.2	15.2
Nº 10	5.0	20.2
Nº 16	14.2	34.4
Nº 20	15.5	49.9
Nº 30	4.5	54.4
Nº 40	4.4	58.8
Nº 50	14.0	72.8
Nº 80	8.5	81.3
Nº 100	8.5	89.8
Recipiente	10.2	100.0

AGREGADO GRUESO		
Malla	% retenido	%acum. reten.
1"	5.25	5.25
3/4"	6.35	11.60
1/2"	31.15	42.75
3/8"	28.25	71.00
1/4"	23.35	94.35
Nº8	5.65	100.00

/ Se desea conocer cuáles serán las proporciones en peso y volumen en obra.

Solución:

1º: Determinación del coeficiente de variación.

Se sabe que el coeficiente de variación

$$C.V. = 100 \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

con:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad \text{pues } n < 30$$

$$\bar{x} = \frac{\sum f'_c}{n}$$

Haremos la siguiente tabla:

Muestra	$f'_c = x$	$\bar{x}$	$(x - \bar{x})$	$(x - \bar{x})^2$
1	295	299.95	-4.95	24.5
2	287	299.95	-12.95	167.7
3	256	299.95	-43.91	1931.6
4	344	299.95	-44.05	1940.4
5	282	299.95	-17.95	322.2
6	263	299.95	-36.95	1365.3
7	352	299.95	52.05	2709.2
8	298	299.95	-1.95	3.8
9	302	299.95	2.05	4.2
10	310	299.95	10.50	101.1
11	314	299.95	14.05	197.4
12	308	299.95	8.05	64.8
13	292	299.95	-7.95	63.2
14	279	299.95	-20.95	438.9
15	291	299.95	-8.95	80.1
16	303	299.95	3.05	9.3
17	325	299.95	25.05	627.5
18	264	299.95	-35.95	1292.4
19	278	299.95	-21.95	481.8
20	356	299.95	-56.05	3141.6

$$\Sigma = 5999$$

$$\Sigma = 14966.9$$

Luego:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(14966.9)}{19}} = 28.06$$

$$\bar{x} = \frac{5999}{20} = 299.95$$

Por lo tanto:

$$C.V. = 100 \left(\frac{28.06}{299.95} \right) = 9.35$$

2° Cálculo de la resistencia promedio f'_{cp}

- a) Con el valor de $C.V. = 9.35$ y para que 9 de 10 probetas esten por encima del 100% de la resistencia especificada (RE), tendremos de la tabla N° 9:

C.V.	100% R.E.
$5 \left[\begin{array}{c} 4.35 \\ 9.35 \end{array} \right] \begin{array}{c} 5 \\ 10 \end{array}$	$\left[\begin{array}{c} 107 \\ x \end{array} \right] y \left[\begin{array}{c} 8 \\ 115 \end{array} \right]$
$5 \quad \text{————} \quad 8$ $4.35 \quad \text{————} \quad y$	$\therefore y = 6.96$

$$x = 113.96$$

Luego, tendremos que para un $C.V. = 9.35$

$$f'_{cp} = \frac{210(113.96)}{100} = 239.316 \cong 240 \text{ kg./cm}^2$$

- b) Con el valor de $C.V. = 9.35$ y para que 99 de 100 probetas, estén pasando el 90% de la resistencia especificada (RE), tendremos de la tabla N° 9:

C.V. 90 % R.E.

$$5 \left[\begin{array}{cc} 4.35 \left[\begin{array}{cc} 5 & 102 \\ 9.35 & y \end{array} \right] x & \\ & 10 \quad 117 \end{array} \right] 15$$

$$\begin{array}{ccc} 5 & \text{————} & 15 \\ 4.35 & \text{————} & x \end{array} \quad \therefore x = 13.05$$

$$y = 115.05$$

Luego, tendremos que para un C.V. = 9.35:

$$f'_{cp} = \frac{210(115.05)}{100} = 241.605 \cong 242 \text{ Kg. / cm}^2$$

Se elige el f'_{cp} mayor, por cumplir ambas condiciones.

$$\text{Es decir } f'_{cp} = 242 \text{ kg/cm}^2$$

3° Si la mezcla va a ser de consistencia plástica el asentamiento recomendado será de 3" a 4".

4° Del análisis granulométrico del A. grueso, el tamaño máximo del agregado será:

$$\text{T.M.} = 3/4"$$

5° Cálculo de la cantidad de agua de mezclado y aire.

En el registro de temperatura, podemos observar, que el concreto va a estar expuesto a congelación y deshielo, por lo que es recomendable usar concreto con aire incorporado.

Con los valores de asentamiento de 3" a 4" y T.M. = $\frac{3}{4}$ ", de la tabla N° 2

Tenemos que:

$$\text{agua de mezclado} = 180 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{contenido de aire} = 6\%$$

6° Cálculo de la relación agua - cemento (a/c)

Con el valor de $f'_{cp} = 242 \text{ kg/cm}^2$, de la tabla N°3 tenemos:

$$\begin{array}{c}
 f'_{cp} \quad \quad \quad a/c \\
 50 \left[\begin{array}{cc} 250 & 0.53 \\ 42 \left[\begin{array}{cc} 242 & y \\ 200 & 0.61 \end{array} \right] \end{array} \right] \cdot x = 0.08 \\
 50 \text{ ————— } 0.08 \\
 42 \text{ ————— } x \quad \quad x = 0.067
 \end{array}$$

$\therefore$ para $f'_{cp} = 242 \text{ kg/cm}^2$: $a/c = y = 0.54$

Luego, por razones de resistencia a la compresión, tendremos que:

$$a/c = 0.54$$

Por razones de durabilidad (según tabla N° 4)

$$a/c = 0.50$$

De los 2 elegimos la menor, es decir $a/c = 0.50$

7° La cantidad estimada de cemento será:

$$\text{cemento} \quad \frac{180}{0.50} = 360 \text{ kg./m}^3$$

8° Determinar de la cantidad de agregado grueso.

Para hallar el peso del A. grueso, necesitamos el módulo de fineza del agregado fino. De la granulometría del A. fino:

$$m_f = \frac{3 + 15.2 + 34.4 + 54.4 + 72.8 + 89.8}{100} = 2.696 \cong 2.7$$

Con los valores de $m_f = 2.7$ y $T.M = 3/4"$, de la tabla N° 5, tenemos:

Vol. seco y comp. del A. grueso = 0.63 m^3

Peso seco. A. grueso = $0.63 \times 1660 = 1045.8 \text{ kg/m}^3$

Para hallar el contenido de A. fino, utilizaremos el método de los volúmenes absolutos, luego:

9° Volumen absoluto de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{cemento} = \frac{360}{3.12 \times 1000} = 0.1154 \text{ m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{180}{1000} = 0.1800 \text{ m}^3$$

$$\text{aire} = \frac{6}{100} \times 1 = 0.00600 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1045.8}{2.62 \times 1000} = 0.3992 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = 1 - 0.7546 = 0.2454 \text{ m}^3$$

10° Pesos secos de los materiales por m³ de concreto

$$\text{Cemento} = 360 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 0.2454 \times 2.65 \times 1000 = 650.3 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 1045.8 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua} = 180 \text{ lt.}$$

11° Corrección por humedad

$$\text{Cemento} = 360 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 650.3 \times 1.035 \cong 673 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 1045.8 \times 1.004 \cong 1050 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 180 - \left[\left(\frac{3.5 - 1.2}{100} \right) 650.3 + \frac{(0.4 - 1)}{100} \times 1045.8 \right] = 171.3 \text{ lt.}$$

12° Las proporciones en peso de obra serán:

$$\frac{360}{360} : \frac{673}{360} : \frac{1050}{360} / \frac{171.3}{360}$$

$$1 : 1.9 : 2.9 / 0.48$$

13° Para hallar las proporciones en volumen haremos:

Vol. Aparentes de los materiales (en pies³) :

$$\text{Cemento } \frac{360}{42.5} = 8.5 \text{ pie}^3$$

$$\text{A.fino} = \frac{673 \times 35.31}{1.035 \times 1580} = 14.5 \text{ pies}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1050 \times 35.31}{1.004 \times 1550} = 23.8 \text{ pie}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 171.3 \text{ lt. / m}^3$$

Luego, las proporciones en volumen en obra serán:

$$\frac{8.5}{8.5} : \frac{14.5}{8.5} : \frac{23.8}{8.5} / \frac{171.3}{8.5}$$

$$1 : 1.7 : 2.8 / 20 \text{ lt./bolsa}$$

P-38 Se tiene una mezcla de concreto, la cual al ser diseñada, ha indicado la necesidad de emplear las siguientes cantidades de materiales:

	Diseño		Corregido por humedad
Cemento	300 kg/m ³		300 kg/m ³
Agua	186 lt/m ³		132 lt/m ³
A.fino	786 kg/m ³		835 kg/m ³
A.grueso	1160 kg/m ³		1181 kg/m ³

La mezcla tiene un contenido de humedad del 6.2% para el agregado fino y del 1.8% para el agregado grueso. El porcentaje de absorción es de 0.9% para el A. fino y del 0.7% para el A. grueso.

Se prepara una tanda de ensayo en el laboratorio para un volumen de 0.02 m³ de concreto. Aunque la cantidad teórica de agua añadida debería haber sido de 2.64 lt (132 x 0.02), el volumen real empleado en un intento de obtener el asentamiento deseado de 3" ha sido de 3.0 lt.

El concreto así preparado, tiene un asentamiento de 2" y un peso unitario de 2,410 kg/m³. Se le considera satisfactorio desde los puntos de vista de trabajabilidad y cualidades para un buen acabado.

- Se desea conocer que ajustes serán necesarios realizar en la mezcla para lograr un rendimiento adecuado, el asentamiento deseado, mantener la relación agua-cemento y la resistencia de diseño.

Solución:

Colada de 0.02 m³ de concreto

$$\text{Cemento} = 300 \times 0.02 = 6.0 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 835 \times 0.02 = 16.7 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = 1181 \times 0.02 = 23.6 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua añadida} &= 3.0 \text{ lt.} \\ \Sigma &= 49.3 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\text{Rendimiento de la mezcla de ensayo} = \frac{49.3}{2410} = 0.0205 \text{ m}^3$$

- La cantidad de agua de diseño de la colada de 0.02 m³ de concreto, que ha producido un asentamiento de 2" es:

$$\text{agua} = 3 + \left[\frac{(6.2 - 0.9)}{100} \times \frac{16.7}{1.062} + \frac{(1.8 - 0.7)}{100} \times \frac{23.6}{1.018} \right] = 4.1 \text{ lt.}$$

El agua de diseño empleada por m³ de concreto será:

$$\text{agua diseño} = \frac{4.1}{0.0205} = 200 \text{ lt. / m}^3$$

- Con una cantidad de agua de diseño de = 200 lt/m³ obtenemos un asentamiento de 2", para obtener el asentamiento deseado de 3", se deberá incrementar el agua de diseño en 2 lt. por cada cm. de aumento necesario en el asentamiento. Asi:

$$1" = 2.5 \text{ cm.} \Rightarrow 2.5 \times 2 = 5 \text{ lt.}$$

$$\text{Nueva agua diseño} = 200 + 5 = 205 \text{ lt/m}^3$$

- La relación agua - cemento utilizado fue:

$$a / c = \frac{205}{300} = 0.68$$

$$\text{Nuevo contenido de cemento} = \frac{205}{0.68} = 301.5 \text{ kg/m}^3$$

- Desde que la trabajabilidad ha sido encontrada satisfactoriamente, la cantidad de agregado grueso por m³ de concreto debe mantenerse igual que en la colada de prueba:

$$\text{A.grueso} \quad \frac{23.6}{0.0205} = 1151.2 \text{ kg./m}^3 \quad (\text{húmedo})$$

$$\text{A grueso seco} = \frac{1151.2}{1.018} = 1130.8 \text{ kg./m}^3$$

- Para hallar la cantidad de A. fino por m³ de concreto, llevaremos el A. grueso a saturado superficialmente seco y en la misma condición hallaremos el A. fino por diferencia con el P.U del concreto.

$$\text{A. fino (SSS)} = 2410 - (301.5 + 205 + \frac{1151.2}{1.018} \times 1.007) = 764.7 \text{ kg./m}^3$$

$$\text{A. fino seco} \quad \frac{764.7}{1.009} = 757.9 \text{ kg/m}^3$$

- En resumen, con los ajustes realizados, la cantidad de materiales a ser empleada por m³ de concreto será:

$$\text{Cemento} = 301.5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A.fino} = 757.9 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A.grueso} = 1130.8 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 205.0 \text{ lt/m}^3$$

- P-39** Las proporciones en volumen de una mezcla de concreto son: 1 : 2.8 : 3.5 / 21 lt/saco. Durante el proceso de colocación del concreto, las condiciones de concentración de acero de refuerzo, obliga al empleo de un

aditivo plastificante, lo que da lugar a que el contenido de aire se incremente al 5%, permitiendo una reducción del 8% en el volumen absoluto del Agregado fino, cuyo contenido de humedad se ha reducido al 2.5%. Se desea saber cuales serán las nuevas proporciones de obra, expresadas en volumen, sin que se modifiquen ni el contenido de cemento, ni la relación agua-cemento de diseño de la mezcla.

Las características de los agregados son:

Descripción	A. fino	A.grueso
Peso Específico	2.65	2.68
Peso Unitario suelto seco	1680 kg/m ³	1720 kg/m ³
Peso Unitario Compactado seco	1730 kg/m ³	1780 kg/m ³
Contenido de humedad	4%	0.3%
Porcentaje de absorción	1%	0.6%

Peso Unitario del Concreto

2400 kg/m³

Solución

Colado en base a 1 bolsa de cemento.

1° Pesos de obra de los Materiales

Cemento = 42.5 kg

A. Fino = $\frac{2.8 \times 1680 \times 1.04}{35.31} = 138.5 \text{ kg}$

A. Grueso = $\frac{3.5 \times 1720 \times 1.003}{35.31} = 171.0 \text{ kg.}$

Agua efectiva = $\frac{21.0 \text{ lt.}}{373 \text{ Kg.}}$

Factor cemento = $\frac{2400}{373} = 6.4 \text{ bolsas}$

2° Pesos de Obra por m³ de concreto

Cemento = $6.4 \times 42.5 = 272 \text{ kg.}$

A. fino = $6.4 \times 138.5 = 886.4 \text{ Kg.}$

A. grueso = $6.4 \times 171.0 = 1094.4 \text{ kg.}$

Agua efectiva = $6.4 \times 21.0 = 134.4 \text{ lt.}$

3° Pesos de diseño por m³ de concreto

$$\text{Cemento} = 272 \text{ kg}$$

$$\text{A.fino} = \frac{886.4}{1.04} = 852.3 \text{ kg.}$$

$$\text{A.grueso} = \frac{1094.4}{1.003} = 1091.1 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua diseño} = 134.4 + \left[\frac{(4-1)}{100} \times 852.3 + \frac{(0.3-0.60)}{100} \times 1091.1 \right] = 156.7 \text{ lt}$$

Si a/c = cte y cantidad de cemento = cte, entonces:

$$\text{Agua diseño} = 156.7 \text{ lt/m}^3 = \text{cte}$$

$$\text{Cemento} = 272 \text{ kg/m}^3 = \text{cte}$$

$$\text{Vol. Absolto A.fino} = \frac{852.3}{2.65 \times 1000} = 0.3216 \text{ m}^3$$

$$\text{Nuevo Vol. Absoluto A.Fino} = 0.92 \times 0.3216 = 0.2959 \text{ m}^3$$

$$\text{Nuevo contenido total de aire} = 5\%$$

$$\text{Nuevo contenido de humedad A. fino} = 2.5\%$$

4° Nuevos Volúmenes Absolutos de los Materiales

$$\text{Cemento} = \frac{272}{3.15 \times 1000} = 0.0863 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{156.7}{100} = 0.1567 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{5}{100} \times 1 = 0.05 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{A. fino} &= \frac{0.2959 \text{ m}^3}{\Sigma} = 0.5889 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{A. grueso} = 1 - 0.5889 = 0.4111 \text{ m}^3$$

5° Nuevos Pesos de Diseño

$$\text{Cemento} = 272 \text{ kg/m}^3$$

$$A. \text{ fino} = 0.2959 \times 2.65 \times 1000 = 757.6 \text{ kg/m}^3$$

$$A. \text{ grueso} = 0.4111 \times 2.68 \times 1000 = 1101.7 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 156.7 \text{ lt/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Agua efectiva} &= 156.7 - \left[\frac{(2.5 - 1)}{100} \times 757.6 + \frac{(0.3 - 0.6)}{100} \times 1101.7 \right] \\ &= 148.6 \text{ lt/m}^3 \end{aligned}$$

6° Volúmenes Aparentes (en pies³)

$$\text{Cemento} = \frac{272}{42.5} = 6.4 \text{ pies}^3$$

$$A. \text{ fino} = \frac{757.6 \times 35.31}{1680} = 15.9 \text{ pies}^3$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{1101.7 \times 35.31}{1720} = 22.6 \text{ pies}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 148.6 \text{ lt.}$$

Luego :

$$\frac{6.4}{6.4} : \frac{15.9}{6.4} : \frac{22.6}{6.4} / \frac{148.6}{6.4}$$

$$1 : 2.5 : 3.5 / 23 \text{ lt/bolsa}$$

P-40 El concreto empleado en la construcción de un hospital tiene una relación en volumen de obra de: 1 : 2 : 3 / 20 lt/saco. Se desea conocer la máxima resistencia que puede alcanzar esta mezcla para un grado de hidratación del cemento de 0.6.

Las características de los agregados son:

Descripción	A.Fino	A.grueso
Peso específico	2.65	2.72
Peso unitario suelto seco	1680 kg/m ³	1740 kg/m ³
Peso unitario compactado seco	1750 kg/m ³	1785 kg/m ³
Contenido de humedad	1.8 %	2.3 %
Porcentaje de Absorción	0.5 %	0.3 %

Peso Unitario de Concreto

2400 kg/m³

Solución:

1° La resistencia (S) del concreto está dada por:

$$S = 2380 x^3 \quad \text{con} \quad x = \frac{0.647\alpha}{0.319\alpha + a/c}$$

Por dato $\alpha = 0.6$, para hallar la relación a/c haremos:

2° Colado en base a una bolsa de cemento.

Volumenes aparentes de los materiales (pies³)

Cemento = 1 pie³

A. fino = 2 pies³

A. grueso = 3 pies³

Agua efectiva = 20 lt.

3° Pesos de diseño de los materiales

Cemento = 42.5 kg

$$\text{A. fino} = \frac{2 \times 1680}{35.31} = 95.2 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = \frac{3 \times 1740}{35.31} = 147.8 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua diseño} = 20 + \left[\frac{(1.8 - 0.5)}{100} \times 95.2 + \frac{(2.3 - 0.3)}{100} \times 147.8 \right] = 24.2 \text{ lt.}$$

$$a/c = \frac{24.2}{42.5} = 0.57$$

$$\text{Luego:} \quad x = \frac{0.647(0.6)}{0.319(0.6) + 0.57} = 0.510$$

$$\therefore S = 2380 \times 0.5103 = 315.7 \text{ kg/cm}^2$$

P-41 Se diseña una mezcla de concreto para una resistencia a la compresión de 350 kg/cm³ a los 28 días, obteniéndose como valores de volumen de obra la relación 1 : 1.3 : 1.6 / 18 lt / saco y 2% de aire atrapado.

Al efectuar la rotura de las probetas, la resistencia promedio que se obtiene es de solo 300 kg/cm^2 ¿Cuál será la relación en volumen de obra que nos permite obtener la resistencia deseada con solo una variación del 8% en el contenido de cemento, una disminución al 1.5% en el contenido de aire y manteniendo el mismo tiempo y condiciones de curado.

Se sabe que:

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso específico	2.68	2.72
Peso unitario suelto seco	1649 kg/m^3	1680 kg/m^3
Peso unitario compactado seco	1740 kg/m^3	1720 kg/m^3
Contenido de humedad	1.8 %	2.5 %
Porcentaje de Absorción	0.5 %	0.3 %

Peso unitario del concreto 2400 kg/m^3

Solución:

Proporción en volumen de obra usado:

1 : 1.3 : 1.6 / 18 lt /saco

1° Colado en base a 1 bolsa de cemento

Volumen aparente de los materiales

Cemento = 1 pie^3

A. fino = 1.3 pies^3

A. grueso = 1.6 pies^3

Agua efectiva = 18 lts

2° Pesos de obra de los materiales.

Cemento = 42.5 kg

A.fino = $\frac{1.3 \times 1649 \times 1.018}{35.31}$ = 61.8 kg.

A.grueso = $\frac{1.6 \times 1680 \times 1.025}{35.31}$ = 78 kg.

Agua efectiva = $\frac{18 \text{ lt}}{200.3 \text{ kg}}$

$$3^{\circ} \text{ factor cemento} = \frac{2400}{200 \cdot 3} \cong 12 \text{ bolsas}$$

4° Pesos de diseño de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 12 \times 42.5 = 510 \text{ kg}$$

$$\text{A.fino} = \frac{12 \times 61.8}{1.018} = 728.5 \text{ kg}$$

$$\text{A.grueso} = \frac{12 \times 78}{1.025} = 913.2 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua diseño} &= 12 \times 18 + \left[\frac{(1.8-0.5)}{100} \times 728.5 + \frac{(2.5-0.3)}{100} \times 913.2 \right] \\ &= 245.6 \text{ lt.} \end{aligned}$$

$$\text{Luego } a/c = \frac{245.6}{510} = 0.48$$

5° Sabemos además que:

$$S = 2380 x^3 \quad \text{con} \quad x = \frac{0.647\alpha}{0.319\alpha + a/c}$$

Por dato:

$$300 = 2380 x^3$$

$$x = 0.501$$

$$0.501 = \frac{0.647\alpha}{0.319\alpha + 0.48}$$

$$\alpha = 0.49$$

6° Si se desea obtener la resistencia de 350 kg/cm², manteniendo el mismo tiempo y condiciones de curado:

$$(\alpha = \text{cte.} = 0.49)$$

$$350 = 2380 x^3$$

$$x = 0.528$$

$$0.528 = \frac{0.647(0.49)}{0.319(0.49) + a/c}$$

$$a/c = 0.44$$

Correcciones en el cemento y aire.

$$\text{Cemento} = 1.08 \times 510 = 550.8 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Contenido de aire} = 1.5 \%$$

$$\text{Nueva agua diseño} = 550.8 \times 0.44 = 242.4 \text{ lt}$$

Mantendremos la misma proporción en volumen absoluto de agregados; es decir:

Vol. Absoluto A. fino

$$\frac{728.5}{2.68 \times 1000} = 0.2718 \text{ m}^3$$

Vol. Absoluto A. Grueso

$$\frac{913.2}{2.72 \times 1000} = 0.3357 \text{ m}^3$$

$$v_f = \frac{0.2718}{0.2718 + 0.3357} = 0.4474$$

7° Nuevos valores para el volumen absoluto de los materiales.

$$\text{Cemento} = \frac{550.8}{3.15 \times 1000} = 0.1749 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{242.4}{1000} = 0.2424 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{1.5}{100} \times 1 = 0.0150 \text{ m}^3$$

$$\Sigma = 0.4323 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregados} = 1 - 0.4323 = 0.5677 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = 0.5677 \times 0.4474 = 0.2540 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = 0.5677 - 0.2540 = 0.3137 \text{ m}^3$$

8° Nuevos pesos de diseño de los materiales

$$\text{Cemento} = 550.8 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. fino} = 0.2540 \times 2.68 \times 1000 = 680.7 \text{ kg/m}^3$$

$$A. \text{ grueso} = 0.3137 \times 2.72 \times 1000 = 853.3 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua diseño} = 242.4 \text{ lt/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Agua efectiva} &= 242.4 - \left[\frac{(1.8 - 0.5)}{100} \times 680.7 + \frac{(2.5 - 0.3)}{100} \times 853.3 \right] \\ &= 214.8 \text{ lt. / m}^3 \end{aligned}$$

9° Nuevos volúmenes aparentes

$$\text{Cemento} = \frac{550.8}{42.5} = 13 \text{ pies}^3$$

$$A. \text{ fino} = \frac{680.7 \times 35.31}{1649} = 14.6 \text{ pies}^3$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{853.3 \times 35.31}{1680} = 17.9 \text{ pies}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 214.8 \text{ lt/m}^3$$

10° Las proporciones en volumen de obra serán:

$$\frac{13}{13} : \frac{14.6}{13} : \frac{17.9}{13} / \frac{214.8}{13}$$

$$1 : 1.1 : 1.4 / 16.5 \text{ lt / bolsa}$$

P-42 Una mezcla de concreto con una relación en volumen de obra de: 1 : 2.3 : 3.3; con 18 lt por bolsa, ha sido diseñado para obtener una resistencia a la compresión de 280 kg/cm² a los 28 días. Al efectuar la rotura de las probetas se obtiene una resistencia de 320 kg/m² a los 28 días. ¿Cuál será la relación en volumen de obra que permite obtener la resistencia deseada sin variar el agua de diseño y el contenido de aire, manteniendo el tiempo y condiciones de curado?

Se sabe que:

Descripción	A.fino	A. grueso
Peso específico	2.65	2.72
Peso unitario suelto seco	1680 kg/m ³	1740 kg/m ³
Peso unitario compactado seco	1750 kg/m ³	1785 kg/m ³
Contenido de humedad	1.8 %	2.3 %
Porcentaje de Absorción	0.5%	0.3%

$$\text{Peso unitario del concreto} \dots\dots\dots 2400 \text{ kg/m}^3$$

Solución:

1° Sabemos que la proporción en volumen de obra es:

1 : 2.3 : 3.3 / 18 lt / bolsa. Prepararemos un colado en base a 1 bolsa de cemento.

Vol. aparentes de los Materiales (en pies³)

$$\text{Cemento} = 1 \text{ pie}^3$$

$$\text{A. fino} = 2.3 \text{ pies}^3$$

$$\text{A. grueso} = 3.3 \text{ pies}$$

$$\text{Agua} = 18 \text{ lt.}$$

2° Pesos de obra para la colada

$$\text{Cemento} = 42.5 \text{ kg}$$

$$\text{A. fino} = \frac{2.3 \times 1680 \times 1.018}{35.31} = 111.4 \text{ kg}$$

$$\text{A. grueso} = \frac{3.3 \times 1740 \times 1.023}{35.31} = 166.4 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 18.0 \text{ lt.}$$

$$\text{Peso de la Colada} = 338.3 \text{ kg.}$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} 3^{\circ} \text{ Factor cemento} &= \frac{\text{P.U. del Concreto fresco}}{\text{Peso de la colada en base a 1 bolsa de cemento}} \\ &= \frac{2400}{338.3} = 7.1 \text{ bolsas} \end{aligned}$$

Ahora:

4° Pesos de obra por m³ de concreto

$$\text{Cemento} = 7.1 \times 42.5 = 301.8 \text{ kg}$$

$$\text{A.fino} = 7.1 \times 111.4 = 790.9$$

$$\text{A.grueso} = 7.1 \times 166.4 = 1181.4$$

$$\text{A.efectiva} = 7.1 \times 18 = 127.8 \text{ lt}$$

Pesos de diseño por m^3 de concreto

$$\text{Cemento} = 301.8 \text{ kg}$$

$$\text{A. fino} = \frac{790.9}{1.018} = 776.9 \text{ kg.}$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1181.4}{1.023} = 1154.8 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned}\text{Agua diseño} &= 127.8 + \left[\frac{(1.8-0.5)}{100} \times 776.9 + \frac{(2.3-0.3)}{100} \times 1154.8 \right] \\ &= 161 \text{ lt.}\end{aligned}$$

6° Vol Absoluto de los Materiales por m^3 de concreto

$$\text{Cemento} = \frac{301.8}{3.15 \times 1000} = 0.0958 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = \frac{776.9}{2.65 \times 1000} = 0.2932 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1154.8}{2.72 \times 1000} = 0.4246 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{161}{1000} = 0.1610 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 1 - 0.9746 = 0.0254 \text{ m}^3$$

7° Ya tenemos los valores de agua de diseño y aire atrapado por m^3 de concreto, que de acuerdo al enunciado del problema no deben variar.

Como la mezcla se diseñó para obtener $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días y se ha obtenido $f'_c = 320 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días, nos piden variar las proporciones de manera de alcanzar la resistencia de diseño, pero manteniendo el tiempo y condiciones de curado, lo que en otras palabras significa que el grado de hidratación alcanzado para $f'_c = 320 \text{ kg/cm}^2$ no debe variar.

Del desarrollo matemático de Powers tenemos que:

$$S = 2380x^3 \quad \text{con} \quad x = \frac{0.647}{0.319\alpha + a/c}$$

Para $f'_c = 320 \text{ kg/cm}^2$: $\frac{a}{c} = \frac{161}{301.8} = 0.53$ y

$$320 = 2380 x^3$$

$$x = 0.5123 \rightarrow 0.5123 = \frac{0.647\alpha}{0.319\alpha + 0.53}$$

$$\alpha = 0.5614 = 56.14\%$$

Entonces para $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ $\alpha = 0.5614$ y $280 = 2380 x^3$

$$x = 0.49 \rightarrow 0.49 = \frac{0.647(0.5614)}{0.319(0.5614) + a/c}$$

$$\frac{a}{c} = 0.56$$

Como el agua de diseño se debe mantener:

$$\text{Cemento} = \frac{161}{0.56} = 287.5 \text{ kg.}$$

8° Vol.Absoluto de los materiales corregidos.

$$\text{Cemento} = \frac{287.5}{3.15 \times 1000} = 0.0913 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{161}{1000} = 0.1610 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{2.54}{100} \times 1 = 0.0254 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregados} = 1 - 0.2777 = 0.7223 \text{ m}^3$$

El agregado grueso no debe variar pues no ha variado el módulo de fineza del A. fino.

Por lo tanto:

$$\cdot \text{Vol. Abs. A. grueso} = 0.4246 \text{ m}^3 \text{ (no varía)}$$

$$\text{Vol. Abs. A. fino} = 0.7223 - 0.4246 = 0.2977 \text{ m}^3$$

Entonces:

9° Pesos de diseño corregidos por m³ de concreto (secos)

$$\text{Cemento} = 287.5 \text{ kg.}$$

$$\text{A. fino} = 0.2977 \times 2.65 \times 1000 = 788.9 \text{ kg}$$

$$\text{A.grueso} = 0.4246 \times 2.72 \times 1000 = 1154.9 \text{ kg}$$

$$\text{Agua diseño} = 161 \text{ lt.}$$

10° Pesos de obra de los materiales corregidos por m³ concreto.

$$\text{Cemento} = 287.5 \text{ kg}$$

$$\text{A.fino} = 788.9 \times 1.018 = 803.1 \text{ kg}$$

$$\text{A.grueso} = 1154.9 \times 1.023 = 1181.5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua efectiva} = 161 - & \left[\frac{(1.8-0.5)}{100} \times 788.9 + \frac{(2.3-0.3)}{100} \times \right. \\ & \left. \times 1154.9 \right] = 127.6 \text{ lt} \end{aligned}$$

11° Vol. Aparente de los materiales corregidos (en pies³)

$$\text{Cemento} = \frac{287.5}{42.5} = 6.8 \text{ pies}^3$$

$$\text{A.fino} = \frac{788.9 \times 35.31}{1680} = 16.6 \text{ pies}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1154.9 \times 35.31}{1740} = 23.4 \text{ pies}^3$$

$$\text{Agua} = 127.6 \text{ lt.}$$

12° Entonces la nueva proporción en volumen de obra será :

$$\frac{6.8}{6.8} \quad \frac{23.4}{6.8} \bigg/ \frac{127.3}{6.8}$$

$$1 : 2.4 : 3.4 / \text{ lt /bolsa}$$

P-43 La Compañía Constructora “Artesa S.A.” ganó la buena pro para la construcción de una presa de contención en los nevados de Chalcantay a 5,300 metros sobre el nivel del mar. Las características sísmicas de diseño de la región determinan una resistencia de diseño de 280 kg/cm^2 a los 7 días para una relación 28/7 de 1.25. Igualmente, las condiciones de colocación y el tipo de estructura permiten trabajar con mezclas de consistencia seca; el coeficiente de variación V_1 de la Compañía corresponde a la clasificación de “BUENO” y el de laboratorio de control, para muestras de cinco cilindros compañeros, se obtiene a partir de:

Muestra	C - 1	C - 2	C - 3	C - 4	C - 5
1	219	217	225	222	218
2	236	238	226	245	227
3	221	211	215	218	219
4	218	226	215	216	217
5	223	224	219	218	214
6	235	228	216	223	224
7	219	224	225	217	232
8	232	219	221	223	232
9	225	233	228	219	218
10	232	225	223	231	229
11	215	219	218	217	221
12	224	226	222	219	226
13	219	225	226	228	215
14	218	214	212	215	213
15	221	223	218	226	225

Las especificaciones del proyecto indican que para la selección de la resistencia promedio se deberá elegir la mayor de estas dos alternativas:

- No más de 1 en 10 muestras están por debajo de la resistencia especificada.
- Nueve de cada 10 muestras están por encima del 100% de la resistencia especificada.

Se pide diseñar la mezcla por el método del comité 211 del ACI y el método del módulo de fineza de la combinación de agregados.

Expresar las proporciones en valores de obra en peso y en volumen.

Las características físicas de los agregados son las siguientes:

Descripción	A.fino	A. grueso
Peso específico	2.65	2.68
Peso unitario compactado seco	1658 kg/m ³	1722 kg/m ³
Peso unitario suelto seco	1622 kg/m ³	1650 kg/m ³
Contenido de humedad	5%	2%
Porcentaje de Absorción	1.2%	0.4%

GRANULOMETRÍA			
A.fino		A. grueso	
Malla	% Retenido	Malla	% Retenido
Nº 4	7	1 1/2"	5
Nº 8	6	1"	12
Nº 16	18	3/4"	40
Nº 30	24	1/2"	15
Nº 50	21	3/8"	12
Nº 100	19	1/4"	15
Nº 100	5	Nº4	1

Solución:

Por dato sabemos que:

$$\frac{f'_{c28}}{f'_{c7}} = 1.25 \rightarrow \frac{f'_{c28}}{280} = 1.25 \rightarrow f'_{c28} = 350 \text{ kg./cm}^2$$

Si el coeficiente de variación de la Compañía, corresponde a la clasificación de “BUENO”; entonces:

$$V_1 = 15\% \text{ (ver tabla Nº 7)}$$

Para hallar el coeficiente de variación (V_2) haremos:

MUESTRA	x	R
1	220	8
2	234	19
3	217	10
4	218	11
5	220	10
6	225	19
7	223	15
8	225	13
9	225	15
10	228	9
11	218	6
12	223	7
13	223	13
14	214	6
15	223	8

$$\Sigma = 3336$$

$$\Sigma = 169$$

$$V_2 = \frac{\sigma}{\bar{x}} : (100) \dots\dots\dots (1)$$

$$\sigma = \frac{1}{d_2} \times \bar{R}$$

$$\text{de la tabla N}^\circ 10 \quad 19 \quad \frac{1}{d_2} = 0.4299$$

$$\bar{R} = \frac{\Sigma R}{15} = \frac{169}{15} = 11.3 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma = 0.4299 \times 11.3 = 4.9 \text{ kg / cm}^2$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{15} = \frac{3336}{15} = 222.4 \text{ kg / cm}^2$$

Reemplazando valores en (1)

$$V_2 = \frac{4.9}{222.4} (100) = 2.2\%$$

$$\text{Por lo tanto:} \quad V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} = \sqrt{15^2 + 2.2^2} = 15.2\%$$

Selección de la resistencia promedio (f'_{cp})

- a) Para que no mas de 1 de cada 10 muestras estén por debajo de f'_c , de la tabla N° 8 para más de 30 muestras

$$t = 1.282$$

$$f'_{cp} = \frac{f'}{1 - tV} = \frac{350}{1 - (1.282)(0.152)} = 434.7 \text{ Kg. / cm}^2$$

- b) Para que 9 de cada 10 muestras, estén por encima del 100% de f'_c de la tabla N° 9

C.V.	100% R.E.
$3 \left[\begin{array}{c} 0.2 \left[\begin{array}{c} 15 \\ 15.2 \end{array} \right] \end{array} \right]$	$\left[\begin{array}{c} 124 \\ y \end{array} \right] x$
18	130
3 ——— 6	
0.2 ——— x	

De donde:

$$x = 0.4$$

$$\therefore y = 124 + 0.4 = 124.4$$

$$f'_{cp} = \frac{124.4}{100} \times 350 = 435.4 \text{ kg. / cm}^2$$

Como las especificaciones del proyecto, indican elegir la mayor de las 2 alternativas, entonces:

$$f'_{cp} = 435.4 \text{ kg/cm}^2$$

A. METODO DEL COMITE 211 DEL A.C.I.

- 1° A una mezcla de consistencia seca le corresponde un asentamiento de 0" a 2".
- 2° De la Granulometría de los agregados: T.M = 1 1/2"
- 3° Como el concreto estará sometido a exposiciones severas, se utilizará concreto con aire incorporado.

4° Cálculo del agua de mezclado y contenido de aire.

Entrando a la tabla N° 2, con asentamiento de 1 a 2" y

T.M = 1 1/2", tenemos que:

Agua de mezclado = 145 lt/m³

Contenido de aire = 4.5 %

5° Cálculo de la relación agua - cemento (a/c):

- Determinación de la relación a/c por requisitos de resistencia.

La tabla N° 3, no nos da valores para un $f'_c = 435.4 \text{ kg/cm}^2$

(con aire incorporado, por no ser recomendable utilizar aire incorporado para altas resistencias) por lo que escogeremos lo menor.

$$a/c = 0.40$$

- Determinación de la relación a/c por requisitos de durabilidad.

De la Tabla N° 4, para estructuras expuestas a congelación y deshielo.

$$a/c = 0.45$$

elegiremos la menor: $\therefore a/c = 0.40$

$$6^\circ \text{ Factor cemento} = \frac{145}{0.4} = 362.5 \text{ kg./m}^3 = 8.5 \text{ bolsas/m}^3$$

7° Cálculo de la cantidad de agregado grueso.

Entrando en la tabla N° 5 con:

T.M. = 1 1/2"

$$m_f = \frac{7 + 13 + 31 + 55 + 76 + 95}{100} = 2.77$$

Interpolando:

$$0.20 \left[\begin{array}{cc} m_f & v_{sc} \\ 0.17 \left[\begin{array}{cc} 2.60 & 0.74 \\ 2.77 & x \end{array} \right] & ? \\ 2.80 & 0.72 \end{array} \right] 0.02$$

$$0.2 \text{ ————— } 0.02$$

$$0.17 \text{ ————— } ?$$

De donde:

$$x = 0.017 \text{ m}^3$$

$$x = 0.74 \text{ m}^3 - 0.017 \text{ m}^3 = 0.723 \text{ m}^3$$

Volumen Seco y Compactado del A. Grueso = 0.723 m^3

Peso seco A. grueso = $0.723 \times 1722 = 1245 \text{ kg/m}^3$

La cantidad de A. fino, lo hallaremos utilizando el método de los volúmenes absolutos.

8° Volumen absoluto de los materiales.

$$\text{Cemento} = \frac{362.5}{3.15 \times 1000} = 0.1151 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{4.5}{100} \times 1 = 0.0450 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{145}{1000} = 0.1450 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1245}{2.68 \times 1000} = 0.4646 \text{ m}^3$$
$$\Sigma = 0.7697 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = 1 - 0.7697 = 0.2303 \text{ m}^3$$

9° Pesos de diseño de los materiales

$$\text{Cemento} = 362.5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. fino seco} = 0.2303 \times 2.65 \times 1000 = 610.3 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A.grueso seco} = 1245 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua diseño} = 145 \text{ lt/m}^3$$

10° Corrección por humedad

$$\text{Cemento} = 362.5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. fino} = 610.3 \times 1.05 = 641 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. grueso} = 1245 \times 1.02 = 1270 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 145 - \left[\frac{(5 - 1.2)}{100} \times 610.3 + \frac{(2 - 0.4)}{100} \times 1245 \right] =$$
$$= 102 \text{ lt/m}^3$$

11° Las proporciones en peso de obra serán:

$$\frac{362.5}{362.5} : \frac{641}{362.5} : \frac{1270}{362.5} / \frac{102}{362.5}$$

$$1 : 1.8 : 3.5 / 0.28$$

12° Cálculo de la proporción en volumen de obra

- Volúmenes aparentes (en pie³)

$$\text{Cemento} = \frac{362.5}{42.5} = 8.5 \text{ pies}^3$$

$$\text{A. fino} = \frac{610.3 \times 35.31}{1622} = 13.3 \text{ pies}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1245 \times 35.31}{1650} = 26.6 \text{ pies}^3$$

Agua efectiva = 102 lt.

Las proporciones en volumen de obra serán:

$$\frac{8.5}{8.5} : \frac{13.3}{8.5} : \frac{26.6}{8.5} / \frac{102}{8.5}$$

$$1 : 1.6 : 3.1 / 12 \text{ lt. / bolsa}$$

B. METODO DEL MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS

1° Sabemos, por cálculos anteriores que:

$$\text{Cemento} = \frac{362.5}{42.5} = 8.5 \text{ bolsas / m}^3$$

$$\text{Agua} = 145 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Aire} = 4.5 \%$$

$$\text{T.M.} = 1 \frac{1}{2} \text{", } m_f = 2.77$$

2° Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados (m_g)

$$m_g = \frac{5 + 57 + 84 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100} = 7.46$$

Entrando en la tabla N° 12 con T.M. 1 1/2" y cemento = 8.5 bolsas/m³:

$$m_c = 5.75$$

3° Cálculo del valor de r_f

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} = \frac{7.46 - 5.75}{7.46 - 2.77} = 0.3646$$

4° Volumen Absoluto de los materiales

$$\text{Cemento} = \frac{362.5}{3.15 \times 10000} = 0.1151 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{145}{1000} = 0.145 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{4.5}{100} \times 1 = 0.045 \text{ m}^3$$

$$\Sigma = 0.3051 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregados} = 1 - 0.3051 \text{ m}^3 = 0.6949 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = 0.3646 \times 0.6949 = 0.2534 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = 0.6949 - 0.2534 = 0.4415 \text{ m}^3$$

5° Pesos de diseño de los agregados

$$\text{Cemento} = 362.5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. fino} = 0.2534 \times 2.65 \times 1000 = 671.5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. grueso} = 0.4415 \times 2.68 \times 1000 = 1183.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 145 \text{ lt/m}^3$$

6° Corrección por humedad

$$\text{Cemento} = 362.5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. fino} = 671.5 \times 1.05 = 705 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. grueso} = 1183.2 \times 1.02 = 1207 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 145 - \left[\left(\frac{5 - 1.2}{100} \right) \times 671.5 + \left(\frac{2 - 0.4}{100} \right) \times 1183.2 \right] =$$

$$= 101 \text{ lt/m}^3$$

7° Proporciones en peso de obra

$$\frac{362.5}{362.5} : \frac{705}{362.5} : \frac{1207}{362.5} / \frac{101}{362.5}$$

$$1 : 1.9 : 3.3 / 0.28$$

8° Cálculo de las proporciones en volumen de obra

- Volúmenes aparentes.

$$\text{Cemento} = \frac{362.5}{42.5} = 8.5 \text{ pies}^3$$

$$\text{A. fino} = \frac{671.5 \times 35.31}{1622} = 14.6 \text{ pies}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1183.2 \times 35.31}{1650} = 25.3 \text{ pies}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 101 \text{ lt/m}^3$$

Las proporciones en volumen de obra será:

$$\frac{8.5}{8.5} : \frac{14.6}{8.5} : \frac{25.3}{8.5} / \frac{101}{8.5}$$

$$1 : 1.7 : 3 / 12 \text{ lt / bolsa}$$

P-44 La Compañía Constructora “Plasencia Asociados” ha obtenido la buena pro para la construcción del Hospital Regional de la ciudad de Juliaca, obra en la que los proyectistas han indicado una resistencia a la compresión de 200 kg/cm² a los 7 días, con una relación 28/7 de 1.4, para mezclas de consistencia plástica.

Diseñar la mezcla por el método del comite 211 del ACI y el método del modulo de fineza de la combinación de agregados.

Como información para el diseño se tiene lo siguiente:

- 1) El control de calidad de la Compañía que ha obtenido la buena pro, le adjudica un coeficiente de variación V_1 obtenido a partir de los siguientes resultados:

Muestra	f'_c	Muestra	f'_c
1	212	16	264
2	216	17	245
3	248	18	292
4	215	19	268
5	263	20	264
6	225	21	226
7	246	22	233
8	238	23	246
9	321	24	235
10	295	25	236
11	217	26	248
12	222	27	254
13	239	28	263
14	248	29	292
15	254	30	248
		31	246

- 2) El Laboratorio de Juliaca ha realizado un control de sus operaciones para determinar su coeficiente V_2 , con los siguientes resultados para muestras de cuatro cilindros compañeros.

Muestra	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4
1	222	217	225	219
2	238	236	227	246
3	211	215	221	217
4	215	218	226	216
5	218	224	214	219
6	233	228	216	223
7	219	225	217	219
8	232	219	221	223
9	225	233	225	218
10	232	225	223	231
11	215	218	217	221
12	222	221	219	226
13	219	225	228	226
14	218	214	210	215
15	221	223	218	226

- 3) Las especificaciones del proyecto indican que para la selección de la resistencia promedio se deberá elegir la mayor de estas 3 alternativas:
- No más de 1 de cada 5 muestras por debajo de la resistencia de diseño especificada.
 - Nueve de cada diez muestras por encima del 100% de la resistencia de diseño especificada.
 - Noventa y nueve de cada cien muestras por encima del 80% de la resistencia de diseño especificada.
- 4) De acuerdo al cronograma de trabajo, el proceso de vaciado de las estructuras se realizará entre los meses de abril a setiembre. El Registro promedio de temperaturas en la zona es el siguiente:

Enero	18°C	Julio	18°C
Febrero	16°C	Agosto	21°C
Marzo	10°C	Septiembre	18°C
Abril	2°C	Octubre	15°C
Mayo	8°C	Noviembre	5°C
Junio	15°C	Diciembre	- 2°C

- 5) Las características de los materiales son:

- **Cemento**

Portland ASTM tipo I

Peso específico 3.13

Descripción	A. fino	A.grueso
Peso Específico	2.65	2.62
Peso Unitario Compactado seco	1750 kg/m ³	1685 kg/m ³
Peso Unitario Suelto seco.	1695 kg/m ³	1620 kg/m ³
Contenido de Humedad	0.8%	2%
Porcentaje de Absorción	1.2%	0.3%

GRANULOMETRIA			
A.fino		A. grueso	
Malla	% Retenido	Malla	% Retenido
N° 4	3	1"	6
N° 8	10	3/4"	5
N° 16	20	1/2"	15
N° 30	22	3/8"	42
N° 50	23	1/4"	28
N° 100	19	N°4	4
+N° 100	3		

La dosificación elegida se expresará como valores en volumen en obra.

Solución:

Hallaremos primero, el coeficiente de variación de la compañía (V_1):

$$V_1 = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (1)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{7719}{31} = 249 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} = 25.15 \text{ kg./cm}^2$$

En (1):

$$V_1 = \frac{25.15}{249} \times 100$$

Luego:

$$V_1 = 10.1\%$$

Coefficiente de variación del laboratorio (V_2)

Muestra	$\bar{x}$	R
1	221	8
2	237	19
3	216	10
4	219	11
5	219	10
6	225	17
7	220	8
8	224	13
9	225	15
10	228	9
11	218	6
12	222	7
13	224	9
14	214	8
15	222	8

$$\Sigma = 3334$$

$$\Sigma = 158$$

$$V_2 = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 \dots\dots\dots (2)$$

Para 4 especímenes: $\frac{1}{d_2} = 0.4857$ (Ver tabla N° 10)

$$\bar{R} = \frac{\Sigma R}{15} = \frac{158}{15} = 10.53$$

Luego:

$$\sigma = \frac{1}{d_2} \bar{R} = 0.4857 \times 10.53 = 5.11 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\Sigma \bar{x}}{15} = \frac{3334}{15} = 222.27 \text{ kg./cm}^2$$

En (2):

$$V_2 = \frac{5.11}{222.27} \times 100$$

$$V_2 = 2.3\%$$

Por lo tanto:

$$V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$$

$$V = \sqrt{(10.1)^2 + (2.3)^2}$$

$$V = 10.4\%$$

Por dato:

$$\frac{f'_{c_{28}}}{f'_{c_7}} = 1.4 \rightarrow \frac{f'_{c_{28}}}{200} = 1.4$$

$$f'_{c_{28}} = 200 \times 1.4 = 280 \text{ kg./cm}^2$$

Selección de la resistencia promedio (f'_{cp})

- a) Para que no más de 1 de cada 5 muestras caiga por debajo de f'_c , de la tabla N° 8, para más de 30 muestras.

$$t = 0.842 \rightarrow f'_{cp} = \frac{f'_c}{1 - tV} = \frac{280}{1 - 0.842(0.104)}$$

$$f'_{cp} = 306.9 \text{ kg/cm}^2$$

- b) Para que 9 de cada 10 muestras estén pasando el 100% de f'_c de la Tabla N°9, obtenemos:

C.V. = 100 %

$$2 \left[0.4 \left[\begin{array}{cc} 10 & 115 \\ 10.4 & y \end{array} \right]^x \right] 3$$

$$\begin{array}{cc} 12 & 118 \end{array}$$

$$\begin{array}{cc} 2 & 3 \\ 0.4 & x \end{array}$$

De donde:

$$x = 0.6$$

Luego:

$$y = 115 + 0.6$$

$$y = 115.6$$

$$f'_{cp} = \frac{115.6}{100} \times 280 = 323.7 \text{ kg./cm}^2$$

- c) Para que 99 de cada 100 muestras estén pasando el 80% de f'_c de la Tabla N°9, obtenemos:

C.V. 80 %

$$2 \left[\begin{array}{c} 0.4 \left[\begin{array}{cc} 10 & 104 \\ 10.4 & y \end{array} \right] x \\ 12 & 111 \end{array} \right] 7$$

$$\begin{array}{cc} 2 & \text{————} 7 \\ 0.4 & \text{————} x \end{array}$$

Donde:

$$x = 1.4$$

Luego:

$$y = 104 + 1.4$$

$$y = 105.4$$

$$f'_{cp} = \frac{105.4}{100} \times 280 = 295.1 \text{ kg./cm}^2$$

Eligiendo la mayor de las 3 alternativas:

$$f'_{cp} = 323.7 \text{ kg/cm}^2$$

A. DISEÑO DE LA MEZCLA POR EL METODO DEL COMITE 211 DEL ACI

1° Diseñaremos una mezcla de consistencia plástica, es decir con un asentamiento de 3" a 4"

2° De la Granulometría del A. grueso T.M. = 3/4"

3° Como el concreto estará expuesto a congelación y deshielo (Diciembre = -2°C), usaremos concreto con aire incorporado:

4° Cálculo del agua de mezclado y contenido de aire. Entrando a la Tabla N°2 con:

Asentamiento = 3" a 4"

Agua de mezclado = 180 lt/m³

Contenido de aire = 6%

T.M. = 3/4"

5° Cálculo de la relación agua - cemento (a/c)

- Entrando a la Tabla N° 3 con $f'_{cp} = 323.7 \text{ kg/cm}^2$, para concretos con aire incorporado y teniendo en cuenta requisitos de resistencia.

$$50 \left[\begin{array}{cc} f'_{cp} & a/c \\ 350 & 0.40 \\ 23.7 \left[\begin{array}{cc} 323.7 & y \\ 300 & 0.46 \end{array} \right] x & \end{array} \right] 0.06$$

$$\begin{array}{ccc} 50 & \text{---} & 0.06 \\ 23.7 & \text{---} & x \end{array}$$

De donde:

$$x = 0.03$$

Luego:

$$y = a/c = 0.46 - 0.03$$

$$y = a/c = 0.43 \dots\dots\dots (\alpha)$$

- Selección de la relación a/c, teniendo en cuenta requisitos de durabilidad.

De la tabla N° 4 y por condiciones del problema.

$$a/c = 0.50 \dots\dots\dots (\beta)$$

De α y β escogemos el menor valor:

$$a/c = 0.43$$

$$6^{\circ} \text{ Factor cemento} = \frac{180}{0.43} = 418.6 \text{ kg./m}^3$$

7° Cálculo de la cantidad de agregado grueso

Entrando a la tabla N° 5 con:

$$\text{T.M.} = 3/4''$$

$$m_f = \frac{3 + 13 + 55 + 78 + 97}{100} = 2.79 \cong 2.80$$

$$\text{Vol. seco y compactado de A. grueso} = 0.62 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso seco A. grueso} = 0.68 \times 1685 = 1044.7 \text{ kg/m}^3$$

Para hallar la cantidad de A. fino utilizaremos el método de los volúmenes absolutos:

8° Vol. Absoluto de los materiales

$$\text{Cemento} = \frac{418.6}{3.13 \times 100} = 0.1337 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{180}{1000} = 0.180 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{6}{100} \times 1 = 0.0600 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = \frac{1044.7}{2.62 \times 1000} = 0.3987 \text{ m}^3$$

$$\text{A. fino} = 1 - 0.7724 = 0.2276 \text{ m}^3$$

9° Pesos de diseño de los Materiales

$$\text{Cemento} = 418.6 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. fino} = 0.2276 \times 2.65 \times 1000 = 603.1 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. grueso} = 1044.7 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 180 \text{ lt/m}^3$$

10° Corrección por humedad de agregados.

$$\text{Cemento} = 418.6 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. fino} = 603.1 \times 1.008 = 608 \text{ kg/m}^3$$

$$A. \text{ grueso} = 1044.7 \times 1.02 = 1065.6 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Agua efectiva} &= 180 - \left[\left(\frac{0.8-1.2}{100} \right) \times 603.1 + \left(\frac{2-0.3}{100} \right) \times 1044.7 \right] = \\ &= 164.7 \text{ lt / m}^3 \end{aligned}$$

11° Las proporciones en peso de obra serán:

$$\begin{aligned} \frac{418.6}{418.6} : \frac{608}{418.6} : \frac{1065.6}{418.6} / \frac{164.7}{418.6} \\ 1 : 1.5 : 2.5 / 0.4 \end{aligned}$$

B. METODO DEL MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS

1° Sabemos: Agua = 180 lt/m³, contenido total de aire = 6%

$$m_f = 2.79$$

$$m_g = \frac{11 + 68 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100} = 6.79$$

$$T.M. = 3/4"$$

$$\text{Cemento} = \frac{418.5}{42.5} = 9.8 \text{ bolsas / m}^3$$

2° Calculo del modulo de fineza de la combinación de agregados (m_c).

Entrando en la tabla N° 12 con:

$$T.M. = 3/4" \text{ y } \text{Cemento} = 9 \text{ bolsas/m}^3:$$

$$m_c = 5.19$$

3° Cálculo del factor r_f

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} = \frac{6.79 - 5.19}{6.79 - 2.79} = 0.4$$

4° Vol. Absoluto de los materiales

$$\text{Cemento} = \frac{418.6}{3.13 \times 100} = 0.1337 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{180}{1000} = 0.1800 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{6}{100} \times 1 = 0.0600 \text{ m}^3$$

$$\Sigma = 0.3737 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregados} = 1 - 0.3737 = 0.6263 \text{ m}^3$$

$$r_f = \frac{\text{Vol. Abs. A. Fino}}{\text{Vol. A. Agregados}} \rightarrow 0.4 = \frac{\text{Vol. Abs. A. Fino}}{0.6263}$$

$$\text{A. fino} = 0.4 \times 0.6263 = 0.2505 \text{ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = 0.6263 - 0.2505 = 0.3758 \text{ m}^3$$

5° Pesos de diseño de los materiales

$$\text{Cemento} = 418.6 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. fino} = 0.2505 \times 2.65 \times 1000 = 663.8 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. grueso} = 0.3758 \times 2.62 \times 1000 = 984.6 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 180 \text{ lt/m}^3$$

6° Corrección por humedad de agregados.

1m.

$$\text{Cemento} = 418.6 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. fino} = 663.8 \times 1.008 = 669.1 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. grueso} = 984.6 \times 1.02 = 1004.3 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 180 - \left[\frac{(0.8 - 1.2)}{100} \times 663.8 + \frac{(2 - 0.3)}{100} \times 984.6 \right]$$

$$= 166 \text{ lt/m}^3$$

7° Las proporciones en peso de obra serán:

$$\frac{418.6}{418.6} : \frac{669.1}{418.6} : \frac{1004.3}{418.6} / \frac{166}{418.6}$$

$$1 : 1.6 : 2.4 / 0.40$$

8° Para obtener las proporciones en volumen de obra haremos:

Vol. Aparente de los Materiales (en pies³)

$$\text{Cemento} = \frac{418.6}{42.5} = 9.8 \text{ pies}^3$$

$$\text{A.fino} = \frac{663.8}{1695} \times 35.31 = 13.8 \text{ pies}^3$$

$$\text{A.grueso} = \frac{984.6}{1620} \times 35.31 = 21.5 \text{ pies}^3$$

Luego:

$$\frac{9.8}{9.8} : \frac{13.8}{9.8} : \frac{21.5}{9.8} \bigg/ \frac{166}{9.8}$$

$$1 : 1.4 : 2.2 \bigg/ 17 \text{ lt. / bolsa}$$

MEZCLADO , TRANSPORTE Y COLOCACION DEL CONCRETO

1.0 MEZCLADO

El mezclado del concreto tiene por finalidad cubrir la superficie de los agregados con la pasta de cemento, produciendo una masa homogénea.

1.1 Equipo usado

El equipo empleado en el mezclado de concreto son mezcladoras de ejes horizontales y ejes verticales que existen de diferentes capacidades, las más empleadas son aquellas de tamaño medio entre 6 pie³ y 16 pie³

1.2 Procedimiento para cargar la mezcladora

Generalmente se acepta que se coloque inicialmente en el tambor una pequeña porción del agua de mezcla, aproximadamente 10%, añadiendo luego los materiales sólidos (piedra, cemento, arena, en este orden) conjuntamente con el 80% del agua.

El 10% restante se termina de introducir cuando todos los materiales se encuentran en la mezcladora.

1.3 Tiempo del mezclado

La duración del mezclado se establece a partir del instante en que los componentes del concreto, incluyendo el agua, están en el tambor, hasta la descarga misma.

El tiempo mínimo de mezclado depende en gran parte de la eficiencia de la mezcladora, pero un tiempo de minuto y medio se considera satisfactorio.

El concreto deberá ser transportado desde la mezcladora hasta su ubicación final en la estructura tan rápido como sea posible y empleando procedimientos que prevengan la segregación o pérdida de materiales y garanticen la calidad deseada para el concreto.

2.1 Equipo utilizado

El concreto puede ser transportado satisfactoriamente por varios métodos: carretillas, canaletas, elevadores, latas, fajas, bombas, etc. La decisión de qué método emplear depende sobre todo de la cantidad de concreto a transportarse, de la distancia y dirección (vertical u horizontal) y de consideraciones económicas.

El abastecimiento de las carretillas, tolvas, baldes, deberá ser vertical, dentro de lo posible. Cuando la descarga de concreto se realiza en ángulo, la piedra tiende a desplazarse hacia un extremo produciendo segregación.

Las exigencias básicas de un buen transporte son:

- 1º No debe ocurrir segregación, es decir separación de los componentes del concreto. La segregación ocurre cuando se permite que parte del concreto se mueva más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo: El traqueteo de las carretillas con ruedas metálicas tienden a producir que el agregado más grande se hunda mientras que la lechada ascienda a la superficie, cuando se suelta el concreto desde una altura mayor de el efecto es semejante.
- 2º No debe ocurrir pérdidas de materiales, especialmente de la pasta de cemento.
- 3º La capacidad de transporte debe estar coordinado con la cantidad de concreto a colocar, debiendo ser suficiente para impedir la ocurrencia de juntas frías.

2.1.1 Carretillas

No deben utilizarse las ruedas metálicas, de tener que usar este equipo es recomendable que tengan ruedas de jebe, deben ser conducidas sobre superficies suaves y rígidas, lo que se consigue colocando tablas por donde se correrá la carretilla.

2.1.2 Canaletas

Deben ser metálicas, deben tener una pendiente adecuada para que resbale el concreto (60° con la horizontal).

Si tuvieran más de 2 metros de longitud, deben protegerse del viento y/o del sol para evitar efectos sobre la consistencia. Al extremo de ellas se debe instalar un dispositivo para que el concreto caiga verticalmente.

El empleo de canaletas no es recomendable como sistema de transporte del concreto por la facilidad de segregación y secado de la mezcla.

2.1.3 Fajas transportadoras

Presenta similares defectos que las canaletas

2.1.4 Elevadores

Llamados también montacargas o winches, existen varios tipos, unos permiten subir el concreto en carretillas, otras más pequeñas, suben solamente un cubo con el concreto. De acuerdo al tamaño y condiciones de la obra. Se puede escoger en el sistema que sea más apropiado.

2.1.5 Bombeo

El bombeo es un método satisfactorio, para transportar concreto, al utilizar este sistema debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) No se puede bombear concreto con menos de 3" de asentamiento (slump); segregará y la tubería se obstruirá.
- b) No se puede bombear concreto con menos de 7 bolsas de cemento por m³. El cemento trabaja como lubricante y por debajo de esta cantidad es insuficiente, se obstruirá la tubería.
- c) Antes de iniciar el bombeo del concreto, debe lubricarse la tubería, bombeando una mezcla muy rica en cemento o, alternativamente, una lechada de cemento y arena con un tapón que impida el flujo descontrolado.
- d) La obstrucción de la tubería puede ocurrir por:
 - Bolsas de aire
 - Concreto muy seco o muy fluido
 - Falta de arena en el concreto
 - Concreto dejado demasiado tiempo en la tubería
 - Escape de lechada por las uniones de la tubería.

2.1.6 Latas

El transporte de concreto, con este equipo, sólo debe efectuarse en obras pequeñas ya que originan segregación.

3.0 CONCRETO PREMEZCLADO

3.1 Definición

Se denomina así al concreto preparado en planta, en instalaciones fijas y transportado hasta el lugar de utilización por camiones mezcladores o agitadores, según el caso.

No se podrá emplear concreto que tenga más de 1.5 horas mezclándose desde el momento que los materiales comenzaron a ingresar al tambor mezclador.

3.2 Ventajas

Entre las ventajas que posee el concreto premezclado, sobre aquel que se fabrica en obra, podemos señalar:

- La capacidad de producción de una central de concreto premezclado es muy superior a cualquier instalación clásica de producción en obra; de esta manera se puede incrementar la colocación diaria de concreto y disminuir los plazos de ejecución.
- El constructor puede dedicarse a su actividad fundamental: la construcción, sin aumentar su personal innecesariamente.
- El costo del m³ del concreto premezclado es plenamente conocido por el usuario, mientras que el costo de fabricación del concreto producido en obra es difícil de conocer previamente con precisión.
- Economía en materiales de fabricación en el almacenamiento y en gastos para almacenamiento del concreto en obra.
- Precisión en la dosificación de mezcla.

3.3. Recomendaciones

Cuando el concreto es premezclado, requiere tomar ciertas providencias; por ejemplo, el equipo de transporte y la organización del personal debe ser compatible con el volumen y rapidez de provisión del concreto con que abastecen los camiones.

Es preciso determinar anticipadamente el volumen requerido para efectuar el pedido y en mitad de jornada o faltando algunos viajes, establecer con mayor aproximación el volumen necesario para evitar que falte o que sobre el concreto. Debe especificarse al proveedor de concreto premezclado la resistencia a la compresión, el tamaño máximo del agregado grueso, el asentamiento.

* Cuando se requiera concreto que contenga aire incorporado, se deberá especificar el contenido de aire promedio y su tolerancia.

Además se debe dar información relacionada con la organización en obra, se debe especificar el día, hora de remisión, intervalo de llegada de los camiones a la obra, etc., acondicionar adecuadamente el acceso, tener los encofrados listos en número y capacidad suficiente de acuerdo al volumen solicitado.

No debe permitirse la adición de agua en obra para soltar la mezcla sin la autorización del Ingeniero.

3.4 Proveedoras de concreto premezclado

En nuestro medio existen las siguientes compañías: Copresa, Premix, Concretera Lima y Hormec, las cuales surten al mercado de concreto de diferentes resistencias además de incluir en su servicio el bombeo de concreto en edificaciones altas.

4.0 COLOCACION Y CONSOLIDACION

4.1 Colocación

El concreto deberá ser colocado tan cerca como sea posible de su ubicación final, a fin de evitar segregación debida a remanipuleo o flujo.

El concreto no deberá ser sometido a ningún procedimiento que pueda originar segregación.

4.2 Consolidación

El mejor sistema actualmente conocido para la consolidación es la vibración. La vibración por sí mismo, no hace al concreto más fuerte, ni más resistente a los agentes externos, pero permite el uso de mezclas más secas y menos trabajables.

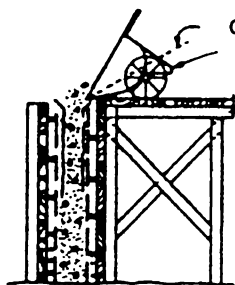
No debe concentrarse la vibración en un solo sitio por más tiempo del necesario que se recomienda no sobrepasar 10 segundos. Una referencia de orden práctico es retirar el vibrador cuando comienza a aflorar lechada de cemento en la superficie. Vibrados excesivos en un solo sitio generan segregación.

La aguja o “cabezote” del vibrador de inmersión debe ser introducido verticalmente, evitando movimientos bruscos que podrían ocasionar bolsas de aire.

En la vibración interna, debe evitarse el vibrador de los encofrados o armaduras, pues se puede producir fallas en aquellos y pérdida de adherencia en éstas.

A continuación se muestra los métodos correctos e incorrectos de colocación y consolidación del concreto.

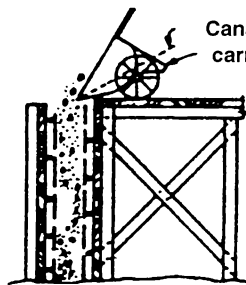
a.



Canalón o
carretilla

CORRECTO

Descárguese el concreto en un colector con una manguera ligera y flexible. Esto evita la segregación. La cimbra y el acero estarán limpios hasta que los cubra el concreto.



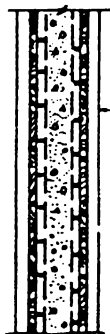
Canalón o
carretilla

INCORRECTO

Permite que el concreto del canalón o la carretilla se golpee contra la cimbra y rebote en las varillas y la cimbra causando segregación y huecos en el fondo.

COLOCANDO CONCRETO EN LA PARTE SUPERIOR DE CIMBRAS ESTRECHAS

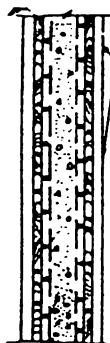
b.



El revenimiento se reduce conforme se va llenando la cimbra.

CORRECTO

Necesariamente el concreto es más húmedo en el fondo de cimbras estrechas y profundas, y se hace mas seco conforme se alcanza la parte superior. El aumento de agua tiende a igualar la calidad del concreto. La contracción por asentamiento es mínima.

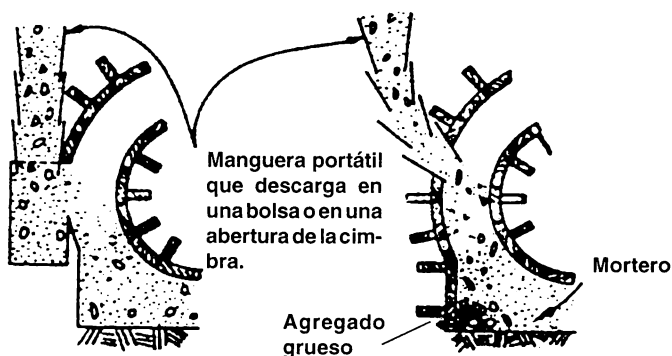


Revenimiento constante.

INCORRECTO

Usar el mismo revenimiento en la parte superior como se requiera en el fondo del vaciado. Un alto revenimiento en la parte superior produce un exceso de agua y decoloración, pérdida de calidad y durabilidad en la capa superior.

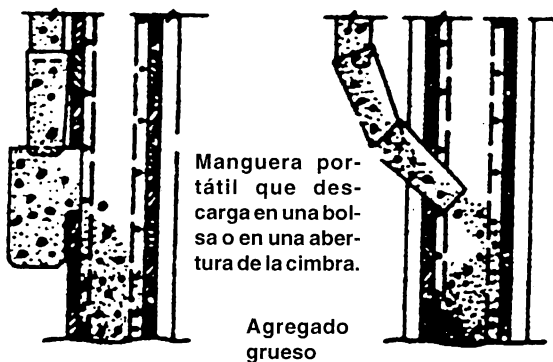
CONSISTENCIA DEL CONCRETO EN CIMBRAS PROFUNDAS Y ESTRECHAS



CORRECTO

INCORRECTO

Bolsa



CORRECTO

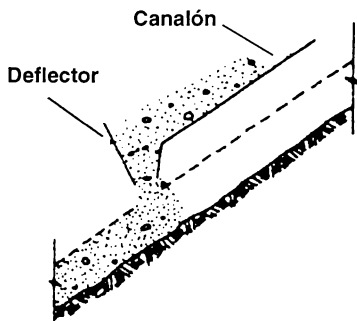
INCORRECTO

Caida vertical del concreto en bolsas exteriores debajo de cada abertura de la cimbra, permitiendo que el concreto se detenga y fluya fácilmente a la cimbra sin segregación.

Permitir que el concreto fluya a gran velocidad dentro de las cimbras, o que forme un ángulo con la vertical. Esto invariablemente resulta en segregación.

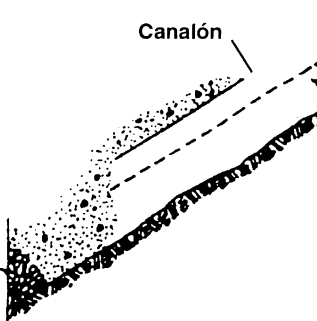
COLOCACION EN MUROS PROFUNDOS O CURVOS A TRAVES DE UNA ABERTURA EN LA CIMBRA

d.



CORRECTO

Colóquese el deflector en el extremo del canalón de tal manera que se evite la segregación y el concreto conserve su pendiente.

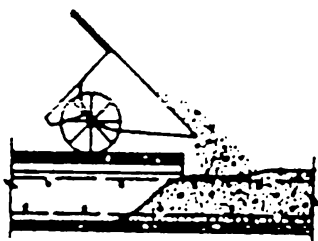


INCORRECTO

Descargar el concreto desde el extremo libre de un canalón en una pendiente que va a pavimentarse. La grava se segrega y va al fondo de la pendiente. La velocidad tiende a arrastrar al concreto hacia abajo.

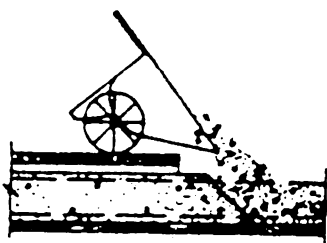
COLOCACION DE CONCRETO SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA

e.



CORRECTO

Descargar el concreto hacia atrás del concreto ya colocado.



INCORRECTO

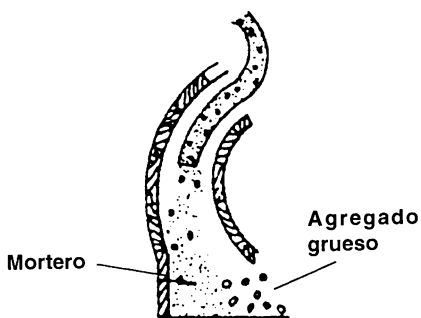
Descargar el concreto sobre el concreto ya colocado.

COLOCACION DEL CONCRETO DESDE CARRETILLAS

f.



CORRECTO

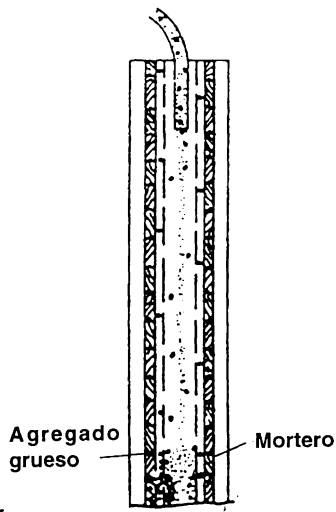


INCORRECTO

Vaciada del concreto por medio de bomba y mangueras, en cimbras hondas y curvas.



CORRECTO

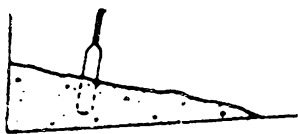


INCORRECTO

El concreto bombeado es vaciado en una cimbra angosta por medio de mangueras.

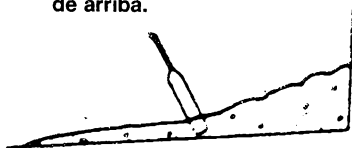
CORRECTO

Se empieza la colocación en el fondo de la pendiente de tal manera que se aumente la compactación por el peso del concreto nuevo que se agrega. La vibración consolida.

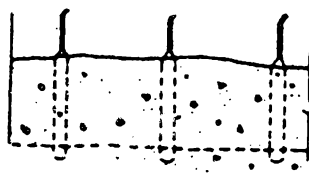


INCORRECTO

Se empieza la colocación en la parte superior de la pendiente. El concreto de arriba tiende a segregarse, sobre todo cuando se vibra en la parte inferior, puesto que la vibración inicia el flujo, y anula el apoyo del concreto de arriba.

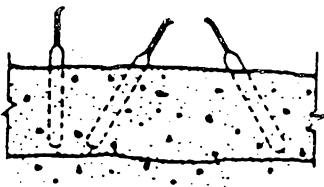


CUANDO SE TIENE QUE COLOCAR CONCRETO EN PENDIENTES



CORRECTO

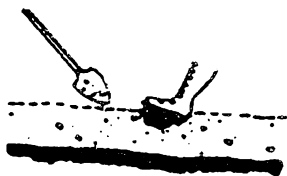
Con una pala se pasa la grava de las bolsas de piedras a otra zona con suficiente cantidad de arena y se consolida o vibra.



INCORRECTO

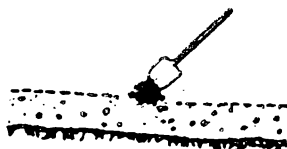
Tratar de corregir la bolsa de piedra traspalando mortero y concreto fresco en la zona.

LA VIBRACION SISTEMATICA DE CADA CAPA



CORRECTO

Con una pala se pasa la grava de las bolsas de piedras a otra zona con suficiente cantidad de arena y se consolida o vibra.



INCORRECTO

Tratar de corregir la bolsa de piedra traspalando mortero y concreto fresco en la zona.

EL TRATAMIENTO DE BOLSAS DE PIEDRA AL COLOCAR CONCRETO

CURADO DEL CONCRETO

1.0 INTRODUCCION

El curado es un proceso que consiste en mantener húmedo al concreto por varios días después de su colocación, con el fin de permitir la reacción química entre el cemento y el agua (hidratación del cemento).

Si el concreto se seca muy rápidamente se producen rajaduras superficiales y además se le impide alcanzar la resistencia especificada. Los agentes más perjudiciales son el sol y el viento, debe evitarsè que estos lleguen al concreto fresco.

El concreto alcanza el 70% de su resistencia especificada a los 7 días del vaciado. La resistencia final del concreto depende en gran manera de las condiciones de humedad y temperatura durante este periodo inicial. El 30% o más de la resistencia, puede perderse por un secado prematuro del concreto o si la temperatura baja a 5C° o menos durante los primeros días, a menos que se mantenga el concreto continuamente húmedo durante un largo tiempo después del descenso de temperatura. La congelación del concreto fresco puede reducir su resistencia hasta en 50%.

Para evitar estos peligros, el concreto debe protegerse de las pérdidas de humedad al menos durante SIETE DIAS y, en trabajos más delicados hasta CATORCE DIAS. Cuando se utilizan cementos de alta resistencia inicial, los periodos de curado pueden reducirse a la mitad.

2.0 METODOS DE CURADO.

Existen diversos materiales, métodos y procedimientos para el curado del concreto, pero el objetivo es el mismo: garantizar el mantenimiento de un contenido satisfactorio de humedad y temperatura para que desarrolle las propiedades deseadas.

Los sistemas para mantener un contenido satisfactorio de humedad son los siguientes:

- a) La continua o frecuente aplicación de agua por anegamiento, aspersión, vapor o materiales de cubrimiento saturados, como carpetas de yute o algodón, alfombras, tierra, arena, aserrín, paja o heno.
- b) Evitar la pérdida excesiva de agua en la superficie del concreto, mediante el empleo de materiales tales como hojas de plástico o de papel impermeable, o bien mediante la aplicación de compuestos de curado formadores de membrana sobre el concreto recién colado.

2.1. Curado con agua

Cuando se elige este sistema se debe considerar la economía del método particular que se utilizará en cada obra, pues la disponibilidad de agua, mano de obra, materiales de curado, influirán en el costo. El método elegido debe proporcionar una cubierta de agua continua y completa libre de cantidades perjudiciales de materias deletéreas o de otras que ataquen, manche, o decoloren el concreto. Se debe evitar el impacto térmico debido al empleo de agua fría.

A continuación se describen varios métodos de curado con agua:

2.1.1. Anegamiento o inmersión

Se emplea cuando se trata de losas como pisos de puentes, pavimentos, techos planos, es decir en cualquier lugar donde sea posible crear un charco de agua mediante un bordo o dique de tierra u otro material en el borde de una losa. Debe evitarse los daños provocados por la liberación prematura o súbita del agua encharcada.

El agua de curado no debe ser de 11°C mas fría que el concreto, ya que el posible desarrollo de esfuerzos de temperatura en la superficie puede causar agrietamiento.

2.1.2. Rociado de niebla o aspersión

El rociado de niebla o aspersión mediante boquillas o aspersores proporciona un curado excelente, cuando la temperatura es bastante superior a la de congelación. Los aspersores de jardín son efectivos cuando no hay que preocuparse por el consumo de agua. La aspersión o rociado intermitentes no son recomendables si permiten que se seque la superficie del concreto.

El uso de mangueras es útil, especialmente para empapar superficies verticales. Debe tenerse cuidado de no provocar la erosión de dicha superficie.

2.1.3 Costales, carpetas de algodón y alfombras

Los costales, carpetas de algodón, alfombras y otras cubiertas de material absorbente retendrán agua sobre la superficie del concreto, sea ésta horizontal o vertical. Estos materiales deben estar libres de cantidades dañinas de azúcar o fertilizantes, para lo cual se lavarán con anticipación y después de cada uso.

Mientras más pesado sea el costal, más agua retendrá y será necesario mojarlo con menos frecuencia. Es ventajoso colocarlo doble, trasladando las tiras hasta la mitad de su ancho, lo cual proporcionará una mejor retención de humedad y ayudará a que no se levante cuando sople viento fuerte o cuando llueva.

Las carpetas de algodón y las alfombras retienen el agua más tiempo que el costal y su empleo es similar.

2.1.4 Curado con tierra

El curado con tierra mojada se emplea con éxito en losas y pisos pequeños. Lo principal es que la tierra este libre de partículas mayores de 1" (25 mm) y que no contenga cantidades peligrosas de materia orgánica.

2.1.5 Arena y aserrín

La arena limpia y el aserrín mojados se emplean para el curado de la misma forma que la tierra. El aserrín no debe contener cantidades excesivas de ácido tánico.

2.1.6 Paja o heno

Pueden emplearse la paja o el heno mojados, pero se corre el riesgo de que el viento los levante, a menos que se cubran con tela de alambre. También existe el

peligro de incendio si se dejan secar. La paja y el heno suelen causar, una decoloración en la superficie del concreto que se aprecia hasta varios meses después de haber sido retirados. Cuando se empleen estos materiales, la capa que se aplica debe tener como mínimo 15 cm. de espesor.

2.2 Curado con materiales selladores

Los materiales selladores son hojas o membranas que se colocan sobre el concreto para reducir la pérdida de agua por evaporación. El empleo de materiales selladores para el curado representa ventajas que hacen preferible su empleo en muchos casos. Por ejemplo, cuando se impide la pérdida de humedad mediante el sellado, existen menos posibilidades de que el concreto se seque antes de tiempo debido a un error en el mantenimiento de la cubierta húmeda. Asimismo, los materiales selladores son más fáciles de manejar y pueden aplicarse más temprano, a veces sin necesidad de curado inicial.

2.2.1 Película plástica

La película plástica es de peso ligero y está disponible en hojas transparentes, blancas o negras. La película debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 171 que especifica un espesor mínimo de 0.10 mm. Las blancas para climas cálidos y las de color negro para climas fríos.

Cuando la apariencia es de gran importancia, el concreto debe ser curado por otros medios, ya que el empleo de película plástica lisa generalmente da como resultado una superficie moteada.

La película plástica debe colocarse sobre la superficie mojada del concreto fresco lo más pronto posible, sin dañarla y cubriendo todas las partes expuestas.

Sobre superficies planas, tales como pavimentos, la película debe extenderse más allá de los bordes de la losa, hasta una distancia de por lo menos el doble del espesor de ésta.

2.2.2 Papel impermeable

El papel impermeable debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 171. Está compuesto de dos hojas de papel Kraft unidas entre sí mediante un adhesivo bituminoso, e impermeabilizadas con fibras y debidamente tratados para reducir su grado de expansión y contracción al mojarse y secarse. Las hojas pueden unirse entre si mediante material bituminoso.

La aplicación del papel impermeable se hace de la misma manera que la de la película plástica.

2.2.3 Compuestos líquidos para formar membrana

Estos compuestos consisten esencialmente en ceras, resinas naturales o sintéticas, así como solventes de volatilidad elevada a la temperatura atmosférica y deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 309.

Deben formar una película que retenga la humedad poco después de haber sido aplicados. Se sugiere que, cuando sea posible, se hagan dos aplicaciones, perpendiculares una con respecto a la otra, para lograr un cubrimiento completo.

3.0 EN QUE MOMENTO SE DEBE INICIAR EL CURADO

El proceso debe iniciarse tan pronto como sea posible sin causar maltrato a la superficie del concreto. Se puede utilizar el siguiente cuadro como referencia:

CLIMA	TIEMPO DESPUES DEL VACIADO		
Calurosos y secos	1	a	3 hrs.
Templados	2 1/2	a	5 hrs.
Frios	4 1/2	a	7 hrs.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- **Tecnología del concreto**
Neville, Adam M.
- 2.- **Asocem**
Boletines técnicos
- 3.- **Aditivos y tratamiento de morteros y hormigones**
M. Venaut
- 4.- **Composition and properties of concrete**
Troxell, Davis and Kelly
- 5.- **Algunos aspectos importantes para lograr un buen concreto.**
De las Casas Pasquel, J.
- 6.- **Concreto armado, norma técnica de edificación E-060**
Ininvi - 1989
- 7.- **Especificaciones técnicas generales de las obras de concreto simple y armado.**
Ininvi 1990
- 8.- **El concreto en la obra**
Instituto Mexicano del cemento y del concreto- IMCYC
- 9.- **Admixtures for concrete - ACI 212**
- 10.- **Concrete Technology Orchard D.F.**
- 11.- **Proyecto de estructuras de hormigón**
G. Winter, A. H.Nilson
- 12.- **Aspectos fundamentales del concreto reforzado**
Gonzales Cuevas O., Robles Francisco.
- 13.- **La cartilla del concreto**
Instituto Mexicano del cemento y del concreto - IMCYC

- 14.- **Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight and mass concrete-1989**
Report ACI Commitee 211
- 15.- **Tecnología del concreto y del mortero**
Sánchez de Guzman D.
- 16.- **Tables for concrete mix proportioning N° 6**
Sandor Popovich- Auburn University
17. **Diseño simplificado de concreto reforzado**
Harry Parker.
- 18.- **Normas ITINTEC**
- 19.- **Normas ASTM**
- 20.- **Enciclopedia de la construcción. Arquitectura e Ingeniería-1990.**
Merritt Frederick S.

Este libro se terminó de imprimir
en los talleres gráficos de Editorial San Marcos situados en
Av. Las Lomas 1600, Urb. Mangomarca, S.J.L., Lima, Perú
RUC 10090984344

OBRAS PUBLICADAS POR EL AUTOR:

- **VIVIENDAS: NUEVOS CRITERIOS ESTRUCTURALES.**
- **ANÁLISIS Y DISEÑO DE EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA.**

Cualquier consulta o sugerencia respecto a la presente obra llamar al telef. 459-3956

El Autor.

EDITORIAL SAN MARCOS

Jr. Natalio Sánchez 220 - Of. 303 - 602
Alt. Cuadra 5 de Av. Arenales
Av. Garcilaso de la Vega 911 Of. 404