

a esto, los valores de resistencia indicados para los diferentes contenidos de agua, a propósito han sido calculados de manera conservadora.

306. El uso de cemento portland de fraguado rápido y alta resistencia.

Tanto la Alternativa A como la B contienen estipulaciones referentes al uso de cemento portland de fraguado rápido y alta resistencia (309-SA y 306-SB). Estas están basadas en la hipótesis de que las resistencias, a los 3 y 7 días, del concreto con cemento de fraguado rápido y alta resistencia, son equivalentes, respectivamente, a las resistencias a los 7 y 28 días, del concreto con cemento portland normal. Cuando los materiales de la revoltura presenten otras relaciones, éstas deberán especificarse.

307. Consistencia y tamaño del agregado.

a) La consistencia del concreto y el tamaño máximo del agregado dependerán de las condiciones prevalecientes en cada obra individual. Los factores influyentes son: Los materiales disponibles, tamaño del miembro estructural, calidad del concreto que se pretende producir, distribución del refuerzo y los métodos de transporte y colado del concreto. La decisión que se tome respecto a cualesquiera de las partidas anteriores debe hacerse teniendo presente los requerimientos de plasticidad y trabajabilidad. En estructuras sometidas a condiciones severas de la intemperie, es de suma importancia que la plasticidad y la trabajabilidad del concreto sean tales que sea posible colarlo y vibrarlo sin que ocurran las secciones porosas (cavernosas), que permitan la entrada del agua.

b) La Tabla 4 muestra unos valores sugeridos para consistencias y tamaños de agregados que son aplicables a varias clases distintas de trabajo. Consúltense las Secs. 504-506 y 854 para recomendaciones relativas al ahogamiento y espaciado del refuerzo.

TABLA 4.—VALORES SUGERIDOS PARA TAMAÑOS DE AGREGADO Y CONSISTENCIA

PARTE DE LA ESTRUCTURA	Consistencia-Revenimiento		Tamaño máximo del agregado grueso. cms.
	Máximo cms.	Mínimo cms.	
Muros de cimentación y cimentaciones reforzadas.	12.7	5.0	3.8
Cimentaciones simples, pozos indios y muros de sub-estructuras.	10.2	2.5	5.0
Losas, vigas y muros reforzados.	15.1	7.5	2.5
Columnas de edificios.	15.1	7.5	2.5
Pavimentos.	7.5	5.0	5.0
Construcción de Grandes Moles.	7.5	2.5	7.5 a 15.1 (*)

(*) Al hacer la prueba de revenimiento, debe eliminarse de la revoltura todo el agregado mayor de 5 cms.

c) Cuando se utilice vibrado mecánico de alta frecuencia, será necesario modificar las consistencias límite de la Tabla 4. Cuando se aplica adecuadamente, el vibrado mecánico permite el uso de consistencias menos flúidas que aquellas admisibles cuando no se usa. Para un contenido de agua dado, por tanto, las revolturas más pobres, es decir, proporciones de cemento más bajas, pueden utilizarse cuando se emplee este método de colado. Generalmente, la relación del agregado fino al agregado grueso deberá reducirse cuando se empleen vibradores mecánicos de alta frecuencia. Léase la Sec. 404 de Prácticas Recomendables relativas al Colado de Concreto Vibrado.

308. Concreto pre-revuelto.

a) Las Secs. 313 y 315-S requieren que el volumen máximo de cada revoltura que se permite poner en un camión revoladora o un agitador, esté de acuerdo con los "límites especificados". En general, es conveniente sujetarse a los límites dados por el fabricante de la revoladora, dado que en ellos ya han sido considerados la resistencia y el balance de todo el mecanismo, así como su eficiencia como revoladora o

PRACTICAS RECOMENDABLES Y ESPECIFICACIONES PARA EL USO DEL CONCRETO Y DEL CONCRETO ARMADO

TRADUCCION DEL REPORTE DE JUNIO DE 1940, DEL "JOINT COMMITTEE"
FORMADO POR REPRESENTANTES DE

AMERICAN SOCIETY CIVIL ENGINEERS
AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS
PORTLAND CEMENT ASSOCIATION
AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
AMERICAN RAILWAY ENGINEERING ASSOCIATION
AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS

TRADUJERON:

INGS. SALVADOR AGUILAR CHAVEZ Y DANIEL NIETO GALLARDO,
DE LOS DPTOS. DE CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE LA C. N. I.,
RESPECTIVAMENTE

REVISARON:

INGS. FEDERICO BARONA Y JOSE GOMEZ GARCIA,
DEL DPTO. DE PROYECTOS DE LA C. N. I.

EDITADAS POR LA
COMISION NACIONAL DE IRRIGACION

SUPLEMENTO DE LA REVISTA "IRRIGACION EN MEXICO"

MEXICO

1944

agitador. Sin embargo, la experiencia con el equipo ahora en uso, demuestra que generalmente las capacidades proporcionadas no deben exceder los siguientes porcentajes del volumen absoluto del tambor:

DESCRIPCION	Porcentaje
1. Camiones revolvedoras, a cargo de toda la operación revolvedora (léase la Sec. 313-S).	
a) Cargado por compuerta superior.....	50 %
b) Cargado por compuerta en los extremos.	57½%
2. Camiones revolvedoras que terminan la revoltura iniciada en la planta central (léase la Sec. 314-S).....	62⅔ %
3. Agitadores o camiones revolvedoras usados para transportar concreto ya revuelto (léase la Sec. 315-S).....	80 %

Con frecuencia, los límites de la maquinaria dados por el fabricante, son menores a los que se acaban de asentar arriba; esto se debe a que el fabricante generalmente considera otros factores además del factor eficiencia de revoltura.

b) En la Sec. 315-S se especifica un término de una hora y media dentro de la cual se debe hacer entrega de concreto ya revuelto. Esto se basa en los resultados obtenidos mediante estudios que han demostrado que el lapso de una hora y media entre el momento en que se inicia la revoltura y el vaciado de la misma, no afecta ni es causa de detrimento alguno del concreto. Los mismos datos obtenidos indican que bajo condiciones especialmente favorables, este período se puede prolongar hasta dos y tres horas, sin que ello afecte la calidad del concreto. La experiencia en la práctica ha demostrado que el uso de agregados suaves y prolongación del período entre la revoltura y el vaciado, tiene como resultado la disminución en tamaño de las partículas del agregado, lo cual corresponde

a un aumento en la proporción del material fino. Cuando la temperatura ambiente es extraordinariamente alta, o los ingredientes de la revoltura del concreto son tales que pueden ser causa de un fraguado excesivamente rápido o pérdida de plasticidad, puede ser necesario que se disminuyan en duración los períodos de $1\frac{1}{2}$ horas para evitar daño alguno al concreto. La duración exacta de este período depende de los materiales utilizados y las temperaturas prevalecientes. Es muy remoto, excepto bajo circunstancias extraordinarias, la necesidad de especificar un período menor de una hora.

309. Cura.

a) La protección del concreto contra las bajas temperaturas y pérdida de humedad durante el período inmediatamente después del colado, es un factor de suma importancia en el desarrollo de la resistencia y durabilidad del mismo. La sección 318-S de las especificaciones, exige que el concreto sea protegido a fin de evitar la pérdida de humedad superficial y el descenso de la temperatura a menos de 10° C. (50° F.), durante períodos de 7 días, para cemento portland normal, y de 3 días para cemento portland de fraguado rápido y alta resistencia. Al fijar estos límites se ha reconocido que, bajo ciertas circunstancias, la cura del concreto no termina precisamente con la remoción de la protección contra la pérdida de humedad. Allí donde las condiciones sean severas, como, por ejemplo, tratándose de secciones delgadas y un ambiente seco y caliente, o simplemente, temperaturas bajas, puede ser conveniente la prolongación de los períodos de protección especificados.

b) La Junta reconoce que, debido a los requisitos en las especificaciones de la Sec. 318-S, puede surgir alguna duda relativa a los métodos que puedan ser aceptables. Ella no está en posición, no obstante, de ofrecer más recomendaciones específicas, pero sí sugiere los siguientes métodos, que a la fecha han sido aplicados, lográndose el fin deseado con éxito variable:

PRACTICAS RECOMENDABLES Y ESPECIFICACIONES PARA EL USO DEL CONCRETO Y DEL CONCRETO ARMADO

TRADUCCION DEL REPORTE DE JUNIO DE 1940
DEL "JOINT COMMITTEE"

EDITADAS POR LA
COMISION NACIONAL DE IRRIGACION

SUPLEMENTO DE LA REVISTA "IRRIGACION EN MEXICO"

MEXICO

1944

TABLA 3.—CANTIDADES APROXIMADAS

Tamaño máximo del agregado grueso en. (1)	Resistencia a la compresión calculada para los 28 días Kg./cm ² (2)	Factor cemento, costales de cemento por metro cúbico. Concreto recién revuelto (3)	Cantidad máxima de agua por costal de cemento (lt) (4)	Agregado fino % del agregado total (Véase la Nota A. abajo) (5)	Pesos aproximados del agregado saturado y con superficie seca por costal de cemento (Kgs) (Véase la Nota B. abajo)		
					Total (6)	Agregado fino (7)	Agregado grueso (8)
2.5	158	6.30	32.7	40-46	300	127	172
5.0	158	5.90	32.7	37-43	335	136	200
7.5	158	5.37	32.7	34-40	380	141	240
2.5	193	7.33	26.5	39-45	254	108	150
5.0	193	6.67	26.5	36-42	290	113	177
7.5	193	6.15	26.5	33-39	327	118	284
2.5	210	7.85	24.6	38-44	236	95	140
5.0	210	7.20	24.6	36-42	268	104	163
7.5	210	6.67	24.6	24-40	300	109	190
2.5	260	8.50	22.7	37-43	213	86	127
5.0	260	7.85	22.7	35-41	240	91	150
7.5	260	7.20	22.7	33-39	272	100	172
2.5	260	9.43	20.8	36-42	190	72.5	118
5.0	260	8.76	20.8	34-40	213	77.0	136
7.5	260	8.10	20.8	32-38	240	81.7	159
2.5	299	9.70	19.0	35-41	168	63.5	104
5.0	299	8.80	19.0	33-39	190	68.0	123
7.5	299	10.50	19.0	31-37	213	72.6	141

Nota A.—Los límites asentados en la columna 5 son aproximados, por lo que se encontrará que con frecuencia serán necesarios porcentajes fuera de estos límites para producir concreto de la trabajabilidad deseada. Son aplicables a los agregados con distintos pesos específicos siempre que estén expresados en términos de volumen absoluto; cuando estén expresados en términos de peso, deben considerarse las diferencias entre los pesos específicos.

Nota B.—Los pesos aproximados en las columnas 6, 7 y 8 están basados en un peso específico global de 2.65 para una condición de agregados saturados y con superficie seca.

CAPITULO I PROPOSITO Y DEFINICIONES

101. Objeto.

La Junta tiene la intención de abarcar, en el presente informe, los usos generales del concreto y concreto reforzado. En las estructuras como arcos, tanques, depósitos de agua, chimeneas, etc., en que la especialización concierne muy principalmente a la técnica del diseño y a los detalles de construcción, será posible la aplicación de los requisitos generales de este informe, siempre que se los modifique para adaptarlos a cualquier caso de condiciones especiales.

102. Definiciones.

No se ha pretendido dar aquí una definición de todos los términos usados en la nomenclatura del concreto; únicamente se incluyen las definiciones de aquellos términos más relacionados con el presente informe y que aún no están completamente establecidos en la literatura común.

Anclaje.

Con este nombre se denomina a la parte de la varilla de refuerzo o de cualquier otro medio de ligadura, que se diseñe especialmente para resistir el deslizamiento, o ser arrancada cuando se le sujeta a esfuerzos.

Sangría.

Así se denomina al escurrimiento de agua del concreto recién colado; generalmente es observada como acumulaciones de agua en una superficie horizontal.

Muro de retención en cantilever.

Es un muro de concreto reforzado, que consta de sección vertical y base, las cuales resisten la presión a que están sujetas mediante una acción de cantilever.

Muro de retención de machones.

Es un muro de retención, con ménsula o machones en el lado opuesto a la cara sobre la cual se aplica la presión, y que unen a la sección vertical con el talón de la base.

Columna.

Es un miembro sujeto a la compresión, puede ser vertical o casi vertical. Para que a un miembro se le pueda considerar bajo este nombre, es necesario que su altura exceda del triple de su dimensión lateral mínima.

Capitel de columna.

En construcciones de losas planas se llama capitel a la cabeza o extremo superior de una columna o pilastra, diseñada y construída para servir de unión entre la columna y la losa.

Faja de columna.

Es una porción de losa plana o de una losa en dos sentidos que abarca el área sobre la columna; generalmente es de media losa de ancho y se utiliza por facilitarse así la distribución de los momentos flexionantes en la losa.

Columna combinada.

Es aquella en que la sección de acero estructural, diseñada para soportar la parte principal de la carga, se envuelve

c) Cuando se estén efectuando las pruebas para determinar las cantidades y proporciones de los materiales que deban ir en la Tabla B, los pesos especificados en las columnas 8 y 9 deberán estar basados en los pesos específicos de los agregados que se pretende usar. Si estos datos son suministrados por la Tabla 3, debe reconocerse que las cantidades aproximadas dadas en las columnas 6, 7 y 8, están basadas en un peso específico en masa igual a 2.65, para condiciones de agregados saturados y con superficie seca. Tratándose de agregados de diferente peso específico, los pesos aproximados deben multiplicarse por la relación entre el verdadero peso específico y el valor supuesto de 2.65.

d) Debe hacerse notar que en la aplicación de la Alternativa B, a las diversas clases de concretos se les determina, ya sea por medio de pruebas o por selección de datos, tales como los dados en la Tabla 3. En los casos en que se deban realizar pruebas, el ingeniero deberá deducir sus propios valores de resistencia, para varios contenidos de agua, y de acuerdo con esto hacer la selección de las clases de concreto. Cuando a la Tabla B de las especificaciones se le van a asentar valores obtenidos de la Tabla 3, debe tenerse presente que las resistencias indicadas están basadas en cemento portland normal y agregados que reúnen los requisitos de estas especificaciones y que han sido determinados de la manera especificada en las Secs. 321-S a 325-S. Estos no serán aplicables si se utiliza otro cemento que no sea el portland normal.

e) De manera muy particular se pide se tome nota de las diferencias entre la Tabla 3 y la Tabla 2. Se propone que la segunda se use en los casos en que el contratista se ha hecho responsable por la calidad del concreto, y donde se efectúen pruebas periódicas para garantizar las resistencias propuestas. La Tabla 3, por otra parte, ha sido formada con una serie de valores sugeridos, que pueden usarse cuando no se cuente con datos verdaderos respecto a los materiales disponibles. Debido

TABLA 2.—“REVOLTURAS RECOMENDABLES”

CONCRETO	Contenido neto de agua máxima admisible. (Litros por costal de cemento)	Probable resistencia mínima a la compresión admisible a los 28 días (Kg. por cm ² .)
Aquí deberá asentarse la designación hecha a favor de la clase apropiada.	18.9	352
	20.8	315
	22.7	282
	24.6	253
	26.5	225
	28.4	197
	30.3	176
	32.2	141

cual también se especifica un contenido máximo de agua, un tamaño máximo para el agregado, límite de revenimiento y los límites de los porcentajes del agregado fino. Las otras partidas por asentarse en la Tabla B (Sec. 310-SB) son puramente informativas, y no debe confundírselas con los valores especificados. Se recomienda al ingeniero que, siempre que resulte práctico, realice pruebas preliminares de los materiales disponibles, a fin de determinar los valores que se deban asentar en la Tabla B, Sec. 303-SB.

b) Cuando resulte impráctico realizar pruebas preliminares, y las especificaciones adoptadas son las propuestas en la Alternativa B, se sugiere la adopción de las revolturas de la Tabla 3. Los valores en la Tabla 3 son para un concreto de consistencia media (10 cms. revenimiento). Será necesario hacer un cambio en las cantidades de cemento indicadas, si diferentes consistencias van a ser asentadas en la Tabla B. Dado que las cantidades en la Tabla 3 son aproximadas, resultará suficientemente exacto con modificar el contenido de cemento, conforme se indica a continuación: por cada 2.54 centímetros de diferencia en el revenimiento, cámbiese el factor cemento $\frac{1}{8}$ de costal por yarda cúbica, aumentando este factor para los revenimientos mayores de 10 cms. y reduciéndolo para aquellos menores de 10 cms.

con alambre y con concreto de calidad tal, que haya margen para cargas adicionales.

Columna compuesta.

Así se llama a la columna de concreto reforzado, con un centro o alma de acero estructural o de fierro fundido, en la cual dicha alma ha sido diseñada para soportar parte de la carga.

Consistencia.

Es un término general que se utiliza para designar la fluidez relativa del concreto o del mortero, recién revueltos.

Muro de retención con contrafuertes.

Es el muro de concreto reforzado, con ménsulas o nervaduras en la cara vertical sujeta a la presión, y diseñados para operar conjuntamente con el muro para evitar el volteamiento y el deslizamiento.

Escurrimiento.

(Véase escurrimiento plástico.)

Varilla corrugada.

Cualquier varilla cuya superficie esté deformada por orejas, hombros, o protuberancias cualesquiera, formadas durante su elaboración.

Banda diagonal.

Con este nombre se denomina al grupo de varillas de refuerzo, colocadas paralelamente a una de las diagonales del tablero, en losas reforzadas en las cuatro direcciones.

Banda directa.

Es el grupo de varillas de refuerzo, colocadas paralelamente a la orilla del tablero, en una losa reforzada en los cuatro sentidos.

Abaco.

La porción estructural de una losa plana que aumenta el peralte de la losa, en el área que circunda el capitel de la columna.

Area efectiva de refuerzo.

El área obtenida multiplicando el área transversal normal del refuerzo por el coseno del ángulo formado por su dirección y la dirección para la cual se va a determinar su efectividad.

Peralte efectivo de una viga.

Es la distancia de la cara de compresión al centro de gravedad del área de refuerzo de tensión.

Módulo de finura.

Es un factor empírico obtenido tomando 1/100 de la suma de los porcentajes de la muestra de agregado retenido en cada una de las mallas de la serie especificada. Las mallas utilizadas son las números 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", 3/4", 1 1/2" y mayores, aumentan de tamaño con una relación de 2 a 1.

Losa plana.

Es una losa de concreto, reforzada en dos o más direcciones, sin vigas o trabes que transmitan la carga a las columnas.

Superficies cacarizas.

El defecto superficial o interior de una masa de concreto, se caracteriza por la falta de mortero entre las partículas de agregado grueso.

Eflorescencia lechosa.

Está formada por el material extremadamente fino, poco o nada endurecido, y que puede aparecer en la superficie del

TABLA 1.—CONTENIDOS DE AGUA SATISFACTORIOS PARA VARIAS CONDICIONES DE LA INTEMPERIE (LITROS POR COSTAL DE CEMENTO)

TIPO O UBICACION DE LA ESTRUCTURA	Clima severo o moderado, variación amplia de temperaturas, lluvias y períodos largos congelantes frecuentes y deshielos		Clima moderado, lluvia o semi-árido, nieve y escarcha con rareza	
	Secciones delgadas	Secciones moderadas	Secciones delgadas	Secciones moderadas
A. Al nivel del agua en las estructuras hidráulicas, muelles, atracaderos, muros costeros, etc.; o en las parrés de aquellas partes de las estructuras en donde sea posible la saturación completa o intermitente, pero no en donde la estructura esté continuamente sumergida.	18.9	20.8	18.9	20.8
	20.8	22.7	20.8	22.7
B. Porciones de las estructuras hidráulicas, costeras, fluviales, etc.; a cierta altura del nivel del agua, pero sujetas a ser mojadas con frecuencia.	20.8	22.7	20.8	24.6
	22.7	24.6	22.7	26.5
C. Estructuras sujetas a exposición ordinaria; construcciones y las partes de puentes no incluídas en los grupos anteriores.	22.7	24.6	22.7	26.5
	22.7	24.6	22.7	26.5
D. Sumersión completa y continua: EN AGUA DE MAR.....	24.6	26.5	24.6	26.5
	a	a-20.8	a	a-20.8
E. Concreto colado a través de agua.....				
F. Losas de pavimentos, apoyadas directamente sobre el suelo: Losas sujetas a uso (banquetas, pisos, etc.).....	20.8	22.7 a	22.7	24.6 a
Losas de cimentaciones.....	24.6	26.5 a	26.5	28.4 a

G. Casos especiales: (a) Para concreto expuesto al contacto de aguas ricas en sulfatos, u otros líquidos o sales corrosivas, el contenido máximo de agua no debe exceder de 18.9 lts. por costal. Léase la Sec. 609.
 (b) Para concreto no expuesto a la intemperie, por ejemplo los interiores de los edificios, partes enterradas de las estructuras, no se presenta problema alguno referente a exposición y la base para la selección del contenido de agua debe ser los requerimientos de resistencia y trabajabilidad.
 a. Estas secciones no son prácticas para el propósito indicado.

usar para las diferentes partes de la obra, también deberá incluir un informe de laboratorio, que compruebe que las revolturas efectivamente están capacitadas para producir las resistencias requeridas y que no exceden del máximo admisible contenido de agua. El método para hacer las pruebas de los límites de las revolturas están incluidos en las especificaciones.

b) Los máximos permisibles contenidos de agua por asentarse en la Tabla A, son aquellos que cumplan con los requisitos de exposición que, a juicio del ingeniero, se presenten para las diversas partes de la obra. Los valores por insertarse en la Tabla A, Sec. 310-SA, pueden obtenerse de la Tabla 1. Puede suceder, con frecuencia, que el contenido de agua que se ajuste a los requisitos particulares de exposición, corresponda a una resistencia del concreto, en exceso a aquella que sirvió de base para los cálculos de diseño. De manera semejante puede encontrarse que, para cumplir con los requisitos de resistencia, se requiere un contenido de agua aún menor de aquel requerido para la exposición.

c) Para evitar la multiplicidad de las revolturas de concreto para una obra determinada se recomienda la serie de revolturas vista en la Tabla 2. Las 8 revolturas presentadas son adecuadas para el límite de exposiciones incluido en la Tabla 1. Las resistencias asentadas para los diferentes contenidos de agua representan aquellas que en la actualidad se obtienen con cemento portland normal. Se recomienda que para trabajos importantes se forme una Tabla semejante, basada en pruebas efectuadas en los materiales disponibles. Estas pruebas deberán llevarse a cabo conforme lo especificado en las Sec. 321-S a 325-S.

305. Revolturas específicas.—Alternativa B.

a) La alternativa B es una especificación basada, principalmente, en un contenido designado de cemento, pero en la

concreto o mortero recién colados como resultado de exceso de agua en la revoltura.

Faja intermedia.

Es la porción media de una losa o de un tablero reforzado en dos sentidos, generalmente de un ancho igual a la mitad del tablero, y simétrica con respecto a la línea de centro del tablero. Se usa como medio para facilitar la distribución de los momentos flexionantes en la losa.

Relación modular.

La relación entre el módulo de elasticidad del acero y el del concreto.

Pedestal.

Es un miembro sujeto a la compresión, generalmente vertical, cuya altura no excede el triple de su dimensión lateral mínima.

Tubo columna.

Es un tubo de acero, relleno con concreto.

Escurecimiento plástico.

Es la deformación permanente que sufre el concreto, como resultado de la aplicación continua de una carga.

Proporción del refuerzo.

Es la relación del área efectiva del refuerzo al área efectiva del concreto, en una sección cualquiera de un miembro estructural.

Saturado y con superficie seca.

Con este término se describe la condición del agregado, en que los poros se encuentran completamente llenos de agua, pero la superficie libre de toda humedad.

Revenimiento.

El acortamiento de una masa normal de prueba de concreto recién revuelto, usado como una medida de la consistencia de acuerdo con el método estándar.

Tornapunta.

Como tal se considera a todo miembro, sujeto a la compresión, que no sea columna o pedestal.

Factor de rigidez.

El valor obtenido dividiendo el momento de inercia de un miembro por su longitud.

Vibrado.

El método de hacer compacto al concreto, produciendo mecánicamente un movimiento ondulatorio de alta frecuencia en el concreto.

resistencia a la compresión. Se ha demostrado que estas propiedades están controladas, principalmente por los mismos factores controladores de la resistencia a la compresión; es decir (para agregados y cementos de calidad conocida), controlados por las proporciones relativas de cemento y agua y el grado de cura que se suministre. El estudio también ha demostrado que para mayor durabilidad, el concreto, ya colado, debe estar libre de secciones porosas (cavernas), o de otros defectos que permitan la entrada del agua. Las recomendaciones de esta Junta, por tanto, están formadas con relación al control del contenido de agua, cura, aquellos factores que influyan en la trabajabilidad del concreto y los métodos de colado y vibrado.

b) En la Tabla 1 están dados los contenidos de agua recomendados, que son satisfactorios para concreto que se propone sujetar a varias condiciones de exposición. Estos están basados en la suposición de que el concreto será plástico y trabajable, y colado y vibrado de manera tal que se garantice un producto con masa homogénea. También suponen que al concreto se le va a proteger, adecuadamente, contra la pérdida de humedad y las bajas temperaturas, a fin de asegurar el fraguado debido.

304. Resistencias especificadas y contenidos de agua.—Alternativa A.

a) La alternativa A está basada en un control dual, en la cual se especifican, tanto el máximo permisible de agua como la resistencia mínima. Al contratista se le hace absolutamente responsable por la resistencia, consistencia y relación agua-cemento. Las resistencias que se asienten en la Tabla A, Sec. 301-SA, de las especificaciones, deben ser aquellas que se ajusten a los requisitos de los cálculos de diseño. Conforme lo requerido en las especificaciones (Sec. 302-SA), el contratista deberá presentar muestras de las revolturas que se propone

dentro de las cuales se le permite al contratista amplio margen para la elección de los materiales y los métodos de manejo de los mismos. Al contratista se le exige que produzca un concreto plástico y trabajable, con la resistencia y contenido de agua requeridos, y que se pueda colar sin que se efectúe la disgregación o formación de superficies cacarizas. En esta alternativa el contratista asume la responsabilidad por la calidad del concreto. Si el producto obtenido no reúne cualesquiera de las cualidades mencionadas arriba, el contratista debe reparar la deficiencia por su cuenta.

c) Bajo la alternativa B el ingeniero designa detalladamente las cantidades de los materiales que deban usarse, el tiempo de revoltura, cantidad de agua, límites de revenimiento, etc.; y, hasta este grado, es responsable por la calidad del concreto. Los cambios en las cantidades o tipos de los materiales, podrán efectuarse solamente con consentimiento del ingeniero; enseguida se deberá reformar la cláusula referente a remuneración, dado que estos cambios pueden ser causa de mayor o menor erogación. El ingeniero, como representante del dueño, es el responsable por lo adecuadas que sean las especificaciones.

d) Al aplicar las especificaciones aquí incluídas, el ingeniero debe designar cuál de las dos alternativas debe usarse, y llenar las tablas necesarias con la información específica requerida para la obra en consideración. Las recomendaciones de la Junta referentes a los puntos arriba expuestos, están incluídas en los párrafos a continuación.

303. Requisitos del concreto para varias condiciones de exposición.

a) Desde la publicación del informe del año 1924 ha habido desarrollo considerable en la tecnología del concreto, en la cual se ha hecho énfasis especial en varias propiedades, particularmente en la durabilidad e impermeabilidad y no en la

CAPITULO II

MATERIALES

201. Generalidades.

Las recomendaciones de esta Junta, relativas a la calidad de los materiales —cementos, agregados secundarios, agua, agregado y acero de refuerzo— van incluídas en las especificaciones a continuación. Los comentarios siguientes indican la base y limitaciones de los requisitos de las especificaciones.

202. Cemento.

a) En el caso de cemento portland normal y cemento portland de fraguado rápido y alta resistencia, se hace referencia a las especificaciones en vigor C 9-38 y C 74-39, de la A. S. T. M. No se recomiendan especificaciones algunas para los cementos para fines especiales varios, que no sean aquellos en que el requerido sea el de fraguado rápido y alta resistencia. No obstante que en la actualidad hay cierto número de especificaciones relativas a los requerimientos especiales, como hidratación de bajo calor, resistencia a los sulfatos, etc., la Junta cree que se debe abstener de aceptar cualquier especificación de esta naturaleza hasta que haya sido aprobada por la A. S. T. M., que en este caso es la corporación con que, generalmente, se cuenta para aprobación previa de especificaciones de esta índole. Mientras no se cuente con métodos estándar, aprobados, el ingeniero se debe satisfacer realizando

sus propias pruebas, o en fuentes fidedignas de información, relativas a la bondad o insuficiencia de los materiales que se propone usar

b) Las especificaciones para cementos especiales, si se llegaran a necesitar, deben asentarse en la Sec. 203-S, de las especificaciones.

203. Agregados secundarios.

a) La Junta considera que los beneficios que se puedan derivar, por el uso en el concreto, de otros ingredientes que no sean los esenciales (cemento, agregados y agua), dependen tanto de las condiciones inherentes a cada obra en particular, que es, virtualmente, imposible la recopilación de especificaciones para estos materiales. Lo anterior es aplicable, particularmente, a los agregados secundarios, usados para aumentar la trabajabilidad del concreto. La conveniencia de usar un agregado secundario, así como la cantidad que se utilice, depende, en gran parte, de las características de los agregados esenciales, especialmente en la granulometría y en las proporciones de la combinación. Antes de aprobar el uso de un agregado secundario, el ingeniero debe compenetrarse de las ventajas o desventajas, así como calidad y economía que se puedan derivar mediante tal determinación. Deben determinarse de una manera precisa los efectos que este agregado pueda tener en la resistencia, cambio de volumen, durabilidad y densidad del concreto. Debe estudiarse la posibilidad de obtener los resultados apetecidos en otra forma, por ejemplo, aumentando la proporción de cemento, mayor cuidado en la selección granulométrica, un control más estricto del agua, durante la construcción, etc. La Junta reconoce que los agregados secundarios podrán, bajo ciertas circunstancias, impartir características deseables, con más economía que si se utilizan otros métodos. Sin embargo, debe hacerse énfasis en que el uso de los agregados secundarios no puede considerarse como un sánalo-todo para los males que puedan resultar de la ignorancia de los

CAPITULO III

PROPORCIONAMIENTO, REVOLTURA, CURA Y PRUEBAS DEL CONCRETO

301. Generalidades.

Las recomendaciones de esta Junta, relativas al proporcionamiento, revoltura, cura y pruebas del concreto, están contenidas en las especificaciones presentadas en los párrafos siguientes:

302. Fundamentos para las especificaciones.

a) Existen dos puntos de vista diferentes respecto a las funciones del contratista, que se pueden reducir para incluirlos en una sola especificación. Uno de estos es aquél en que se supone que la función del contratista es la de contribuir, con sus conocimientos como técnico en concreto y también con su habilidad, en el manejo del equipo de construcción y de los materiales. El otro supone que la función del contratista es puramente constructora, y que el ingeniero, quien es el que prepara los planos y las especificaciones, es el técnico en concreto. Evidentemente que la manera de especificación de la calidad del concreto y la forma en que debe controlarse, no pueden ser iguales mediante las dos suposiciones. La Junta, por tanto, presenta especificaciones alternadas, que abarcan las secciones relativas a proporcionamiento y calidad del concreto.

b) Bajo la alternativa A el ingeniero establece las limitaciones en general, referentes a resistencia y contenido de agua,

principios fundamentales que rigen la elaboración de un buen concreto.

b) Las especificaciones para agregados secundarios, si se llegaran a necesitar, deberán asentarse en la Sec. 204-S de las especificaciones.

204. Agua.

La prueba de resistencia del mortero tiene como fin garantizar el uso de agua, para la revoltura, de calidad satisfactoria desde el punto de vista de la resistencia del concreto. La prueba de referencia se puede omitir si se sabe de antemano que el agua que se pretende utilizar es satisfactoria. La experiencia práctica, así como resultados de investigaciones de laboratorio, indican, en general, que cualquier agua que se considere potable es satisfactoria para uso en el concreto.

AGREGADOS

205. Generalidades.

En la preparación de las especificaciones de los agregados la Junta ha utilizado, en lo que ha sido posible, las especificaciones del Gobierno Federal (E. U. A.) y los métodos normales de corporaciones, como la A. S. T. M., la A. A. S. H. O. y la A. R. E. A. Se ruega se ponga atención particular al hecho de que en el caso de muchos de los requisitos relativos a calidad, se muestran dos límites de prueba: el límite recomendable y el límite admisible. Este arreglo se basa en el hecho de que las especificaciones para agregados tienen que variar, hasta cierto punto, debido a la naturaleza de los materiales obtenibles. Debe acatarse el límite recomendable, en todos los casos en que sea económicamente práctica la obtención de materiales que se ajusten a estos requisitos. Cuando se considere necesario usar agregados que no se ajusten a los límites recomendados, podrán especificarse límites menos restrictivos, pero este hecho

debe tenerse presente en el proyecto de la revoltura del concreto, y para el control del concreto, durante la construcción. Para ningún caso se deberán permitir valores más allá de los máximos admisibles.

206. Granulometría del agregado fino.

Se llama la atención al hecho de que el límite granulométrico, relativamente amplio, en la Sec. 208-S, debe permitirse solamente cuando sea económicamente impráctica la obtención de materiales que se ajusten a requisitos más restrictivos. El grado granulométrico más deseable estará en función del tipo de obra y de la clase del concreto. Para revolturas más delgadas, o cuando se use agregado grueso más delgado, en casos en que el grado de trabajabilidad es importante, es deseable restringir los límites admisibles de los tamaños asentados en la Sec. 208-S, a fin de garantizar un grado granulométrico que se aproxime al porcentaje máximo que pasa por la malla. Por otra parte, para revolturas más ricas, con resistencias y economía máximas como finalidad, debe utilizarse agregado tan grueso como lo permitan las especificaciones y requisitos de trabajabilidad. Sin embargo, en ningún caso deben especificarse límites más restrictivos que los señalados a continuación:

De los que pasan la malla Núm. 16. . . . límite, 20% o menos.
De los que pasan la malla Núm. 50. . . . límite, 15% o menos.
De los que pasan la malla Núm. 100. . . . límite, 5% o menos.

207. Granulometría del agregado grueso.

Los requerimientos para tamaño de agregado grueso especificados en la Sec. 215-S, son los recomendados por el **Joint Technical Committee**, de las asociaciones investigadoras de agregados minerales. Estas han sido adaptadas para uso en ciertas especificaciones federales, por la **American Association of State Highway Officials**, y como Recomendación Práctica Simplificada R. 163-39, de la División de Práctica Sim-

214. Adherencia.

La tendencia hacia el aumento en las fatigas y el uso de concreto de alta resistencia hace patente la necesidad de una adherencia más alta y más segura que la que se pudiera obtener mediante el uso de varillas lisas. En ausencia de especificaciones estándar para tipos aceptables de varillas corrugadas, ha sido la práctica permitir un aumento de 25% en el valor de adherencia de las varillas corrugadas respecto a las varillas lisas. Este aumento en la resistencia por adherencia, para que en realidad sea provechoso, deberá desarrollarse en valores muy pequeños de deslizamiento de los extremos al efectuarse las pruebas de estiramiento.

215. Ductilidad.

La ductilidad necesaria en el refuerzo metálico es aquella que permite su formación en frío, sin que se presenten señas de fractura o reducción en la resistencia a la tensión. La prueba práctica para la ductilidad es la prueba en frío de las diversas especificaciones. El material que se ajuste a la prueba flexionante es suficientemente dúctil para fines de construcción.

216. Tamaños recomendados.

Los siguientes tamaños estándar indicados por "U. S. Department of Commerce Simplified Practice Recommendation R 26-30", son recomendables:

TAMAÑOS	AREA		PESO	
	Pulg. ²	cm. ²	Lb./pie	Kg/m.
1/4" Redonda	(0.05)	.323	(0.167)	.2485
3/8" "	(0.11)	.712	(0.376)	.5590
1/2" "	(0.20)	1.294	(0.668)	.9926
5/8" Cuadrada	(0.25)	1.620	(0.850)	1.2680
3/4" Redonda	(0.31)	2.030	(1.043)	1.4950
7/8" "	(0.44)	2.847	(1.502)	2.2380
1" "	(0.60)	3.880	(2.044)	2.9890
1 1/8" "	(0.79)	5.110	(2.670)	3.9740
1 1/4" Cuadrada	(1.00)	6.452	(3.400)	5.0600
1 3/8" "	(1.27)	8.220	(4.303)	6.445
1 1/2" "	(1.56)	10.090	(5.313)	7.9000

de agregados gruesos, destinados para estructuras a prueba de incendio.

212. Resistencia al desgaste.

Se incluyen algunos requisitos típicos, relativos a la resistencia al desgaste de los agregados gruesos sujetos a desgaste superficial. En la actualidad no se cuenta con pruebas generales definitivas para medir la dureza o resistencia al desgaste de los agregados finos. La Junta reconoce que, bajo ciertas circunstancias, son esenciales los agregados finos, con una alta resistencia al desgaste, y recomienda que, para tales casos, sea ampliada por el ingeniero la cláusula general relativa a los agregados finos (Sec. 207-S), a fin de que quede incluida una descripción de las características deseadas.

REFUERZO METALICO

213. Generalidades.

a) Los requisitos especiales en la selección del refuerzo metálico son el límite de elasticidad, el valor de la adherencia y la ductilidad.

b) La ventaja del acero con un alto límite elástico ha sido reconocida durante muchos años, y es evidente por sí misma, por el hecho de que el límite elástico del refuerzo, prácticamente determina la fatiga de ruptura de miembros, tanto a la flexión como a la compresión.

c) En las categorías ordinarias de acero comercial, el alto límite elástico generalmente va acompañado por una disminución en la ductilidad. Por tanto, el balance entre el alto límite elástico y la ductilidad satisfactoria ha engendrado la diferencia de opinión que existe respecto a la clase de acero que deba usarse. La importancia relativa de estas cualidades depende del carácter y condiciones del servicio de la estructura. La elección del grado del acero, por tanto, en un caso determinado queda a juicio de los ingenieros.

plificada del Departamento de Comercio. Según parece, los tamaños especificados abarcan los requisitos usuales para el concreto. Igualmente, se cree que las limitaciones granulométricas son razonables desde el punto de vista del productor y del consumidor. La Junta recomienda que estos tamaños, con sus límites granulométricos correspondientes, sean usados siempre que resulte práctico.

208. Substancias deletéreas.

Los requerimientos relativos a substancias deletéreas, en la forma dados en las Secs. 210-S y 216-S, son, por necesidad, relativamente generales. Ampliamente hablando, el término "substancias deletéreas", como se aplica a los agregados, incluye cualquier material allí contenido, que afecte de cualquier manera adversa la calidad del concreto. Esto nos lleva a incluir a una extensa variedad de materiales tales como pizarra, hornos impuro, carbón de piedra, ocre, fragmentos excesivamente planos o largos, etc., los revestimientos de varias clases que puedan afectar la adherencia, y materiales que afecten de manera adversa el fraguado del concreto. Con excepción de varias limitaciones generales, reconocidas en la mayoría de las especificaciones, se deberá confiar en los dictados del ingeniero encargado, los cuales deberán estar basados en experiencias previas, con el material que se pretende usar, y dejando margen para las consideraciones económicas inherentes. Teniendo presente estas consideraciones, el ingeniero deberá asentar en las Secs. 210-S y 216-S, las substancias deletéreas adicionales que a juicio suyo deben estar bajo control; deberá proceder igualmente con los límites apropiados, basándolos, siempre que sea posible, en procedimientos de prueba reconocidos y haciendo mención de ellos en la Sec. 229-S.

209. Sanidad.

Cuando el concreto ha de quedar expuesto a la intemperie o a otros agentes destructores, debe ejercerse cuidado en la

selección de agregados cuya durabilidad sea adecuada al grado de exposición. Como lo indican las Secs. 213-S y 217-S, de las especificaciones, debe confiarse principalmente en los informes de servicio, previos, si es que se cuenta con ellos. Si no se tiene a la mano información de esta naturaleza, puede realizarse la prueba acelerada para la sanidad, especificada en las Secs. 213-S y 217-S. Ya han sido usados métodos en el laboratorio, para pruebas aceleradas de sanidad, que se refieren a la congelación y deshielo controlados y el uso de sales, principalmente sulfato de magnesio ($Mg SO_4$) y sulfato de sodio ($Na_2 SO_4$), para simular la congelación y el deshielo. La Junta ha sugerido la prueba acelerada para sanidad con sulfato de sodio ($Na_2 SO_4$) y ha recomendado requerimientos basados en una cantidad relativamente limitada de información, provenientes, principalmente, de la experiencia obtenida en climas en donde con frecuencia se tropieza con condiciones congelantes y de deshielo.

210. Agregados ligeros.

La experiencia, relativamente limitada, en el campo de los agregados ligeros, justifica una especificación más conservadora, por ahora, que lo que se pueda desear posteriormente, particularmente en aquellos casos en que la exposición al desgaste y a la temperatura no son factores primordiales. Por lo tanto, prácticamente no se hace cesión alguna para este tipo de agregado en los requisitos para los agregados generales, a no ser aquel relativo a una resistencia a la compresión más baja en la prueba de resistencia del mortero. Se sugiere, sin embargo, que el agregado grueso que pese menos que los agregados normales y más de 880 Kg./m^3 (55 Lbs./pie^3), (peso máximo recomendable para los agregados ligeros), y que se ajuste a todos los requisitos, excepto en peso, de los agregados ligeros, puede usarse para secciones en que sea permisible el concreto ligero, siempre que en opinión del ingeniero se pueda hacer caso omiso del requerimiento para peso.

211. Agregados para estructuras a prueba de incendios.

a) A los agregados gruesos se les ha dividido en dos clasificaciones debido a las diferencias reconocidas en su comportamiento cuando se les sujeta a temperaturas elevadas. En general, el grupo I incluye a los agregados en cuya composición predominan los materiales cuyo aumento de volumen es relativamente pequeño aun a temperaturas bastante elevadas, y cenizas con bajo porcentaje de materiales combustibles; el grupo II comprende a los agregados que contengan considerables proporciones de partículas cuya dilatación sea grande cuando se les sujeta a temperaturas elevadas, y cenizas con un contenido de materia combustible en exceso del mínimo deseado.

b) La línea divisoria entre ambos grupos es, necesariamente, algo arbitraria, aunque se cree ha sido trazada tan aproximada como lo permiten los datos hasta ahora disponibles. Que hay cierta diferencia en la habilidad de los distintos concretos hechos con diferentes agregados para resistir temperaturas elevadas, es evidente por la información ahora disponible; la importancia que estas diferencias tienen para la protección de la vida humana y de la propiedad, no se puede estimar inmediatamente. Se hace énfasis en el hecho de que es posible la construcción de estructuras adecuadas, a prueba de incendio, con los materiales de uno y otro grupo, pero siempre que las diferencias en sus características se tomen en consideración en el diseño del concreto.

c) La clasificación de los diferentes tipos de agregados concuerda con la presentada en "Recommended Minimum Requirements for Fire Resistance in Buildings", presentado en el informe del "Department of Commerce Building Code Committee", aunque la limitación en el porcentaje de partículas silicosas es más rígida. La Junta cree que las recomendaciones de la Sec. 225-S, consideradas conjuntamente con las de la Sec. 505, ofrecen una base conservadora para la selección

IMPERMEABILIZACION INTEGRAL

612. Agregados secundarios en polvo.

a) El desconocimiento respecto a la verdadera función del agregado secundario y la frecuente exageración de sus propiedades, ha dado lugar a muchos conceptos falsos, relativos a su uso. En las revolturas pobres, con contadas excepciones, cualquier material fino e inerte mejora la impermeabilidad del concreto. En primer lugar, con el material más fino la pasta contará con una consistencia más plástica, cuya segregación será menor y mayor la impermeabilidad. Segundo, esta pasta más plástica mejorará la trabajabilidad del concreto, y por tanto, será factor de importancia para evitar aquellos defectos del colado, que son causa de porosidades, a través de las cuales tiene acceso libre el agua. Por otro lado, en las revolturas ricas, en que la pasta de agua-cemento ya es de consistencia plástica y de cantidad suficiente para proporcionar la trabajabilidad necesaria, salen de más los agregados secundarios en polvo, excepto en lo referente a impermeabilidad. Para las revolturas dentro de la categoría que se acaba de dar, en contraste con las revolturas simples, los agregados secundarios requieren mayor contenido de agua, lo cual reduce la calidad de la pasta y el grado de impermeabilidad. Por tanto, el rendimiento obtenido mediante el uso de un agregado secundario, dependerá tanto del carácter de la revoltura de concreto como de las características del agregado secundario. Las revolturas pobres o normales, que se encuentren deficientes respecto a la finura del agregado, pueden ser mejoradas en calidad, sumándoles algún agregado secundario. Por otro lado, si se trata de una revoltura rica o normal, cuyas finuras de los agregados son adecuadas, es muy posible la reducción de la impermeabilidad mediante la presencia de agregados secundarios en polvo.

b) Agregados secundarios repelentes del agua. Los estearatos y otras sustancias repelentes del agua, han encontrado

- 1) Quedando la superficie en contacto con el cimbrado.
- 2) Protegiendo la superficie de un enlosado, formando cajas de agua.
- 3) Cubriendo la sección con costales de yute, o con lonas de algodón, las cuales deberán tenerse mojadas continuamente.
- 4) Cubriendo la estructura con algún papel de tipo adecuado.
- 5) Cubriendo la superficie con una capa de 2.5 cm. de arena, tierra o serrín perfectamente mojados.
- 6) Cubriendo la superficie con una capa de paja (suelta) o rastrojo, de unos 20 cm. de espesor, y absolutamente mojados.
- 7) Regando continuamente las superficies expuestas.

(La Junta pide que se tome nota de las especificaciones para cura del concreto adoptadas por la A. R. E. A., de marzo de 1936, las cuales definen de manera clara los requisitos que se deben tener en cuenta para proteger el concreto contra las temperaturas bajas y la pérdida de humedad. Estas especificaciones se reproducen en el Apéndice 4.)

310. Pruebas en el campo.

a) Las secciones de las especificaciones relativas a pruebas en el campo (320-S hasta 350-S) son principalmente para usarse con la Alternativa A, bajo la cual el contratista asume la responsabilidad por la resistencia del concreto en producción. En tanto que las pruebas deben efectuarse a expensas del dueño y bajo la supervisión del ingeniero, las cláusulas van incluidas en la especificación a manera que haya un entendimiento completo en lo referente a los métodos por los que se debe juzgar la calidad del concreto en producción.

b) Cuando se apliquen especificaciones a semejanza de la Alternativa B, no serán necesarias unas recomendaciones tan explícitas como las anteriores. Sin embargo, parece que no

hay razón alguna para omitir, en el segundo caso, las cláusulas detalladas.

311. Especímenes curados en la obra.

a) La pregunta puede surgir de por qué las especificaciones para las pruebas de campo del concreto (Secs. 320-S a 325-S), piden que la cura de los especímenes se efectúe en el laboratorio y no en el campo. La Junta toma en consideración el hecho de que las condiciones prevalecientes en la mayoría de las estructuras hace prácticamente imposible el almacenamiento, en el campo, de los especímenes y, aun cuando esto se lograra, lo más probable sería que las resistencias obtenidas de éstas no fueran representativas fidedignas de la verdadera resistencia del concreto en la estructura. Se hace una excepción para el caso de losas de pavimentación, en la cual se usa de un procedimiento (descrito en d), a continuación), mediante el cual se obtienen indicaciones certeras respecto a la resistencia del concreto.

b) Bajo una especificación como la de la Alternativa A, la calidad del concreto colado en una estructura de tipo común puede ser aquilatada únicamente basándose en especímenes almacenados con procedimientos estándar de laboratorio.

c) Los especímenes curados en el campo son un índice informativo de valor, pues mediante ellos es posible conocer las condiciones de cura implantadas en el campo; los resultados deben interpretarse con precaución, pero, bajo ningunas circunstancias deben utilizarse para determinar la condescendencia con los requisitos de una especificación para resistencia, incluida por la Alternativa A.

d) El lector se habrá dado cuenta, por lo anterior, que es de práctica común, en la construcción de pavimentos de concreto, hacer uso de los resultados de las pruebas de campo en especímenes de vigas, para determinar la edad a que es ya seguro sujetar la carretera al tránsito. La práctica usual es la siguiente: Después de sacados de los moldes, al haber pasado

las grietas en el concreto sean picadas, antes de proceder con el revestimiento.

b) Los revestimientos de mortero con cemento portland, aplicados en las caras opuestas a la sometida a la presión del agua, han sido utilizados con éxito, aun siendo considerable la carga del agua. Las grietas y lunares defectuosos son fácilmente eliminados aplicando el mortero desde el interior. Cuando se ejecuta con destreza, este método puede servir aun para eliminar verdaderas corrientes. Cuando la corriente de filtración sea considerable, puede ser posible que sea necesario el uso de algún agente acelerador que reduzca el tiempo de fraguado a unos cuantos minutos.

c) Este método de impermeabilización tiene la ventaja de poder localizar y reparar las grietas que aparezcan después de haber aplicado el revestimiento. Desde luego que evita los daños que a la estructura le pudieran sobrevenir a causa de la corrosión, o de las condiciones climáticas, aun cuando el interior se haya mantenido seco. No debe utilizarse para los casos en que la superficie está expuesta a temperaturas congelantes. Sin embargo, el método tiene sus aplicaciones diversas, y puede darse el caso de que sea el único del cual se puede echar mano.

d) Se requiere una técnica sana para lograr éxito en la aplicación del mortero con cemento portland, ya sea que éste se aplique en el exterior o en el interior. Para esto se requieren detalles, como el que las superficies se encuentren limpias, succión apropiada en el momento de la aplicación, consistencia plástica debida, y la cura adecuada, de cada capa de revestimiento. El mortero debe llevar una proporción de 1:2 y ser aplicado, cuando menos, en dos capas sucesivas, cada una de un centímetro aproximado, de espesor. En algunos casos (Sec. 613 e) se le agrega hierro en polvo al mortero.

efecto derivado del contacto con ciertos tipos de substancias. La Junta ha reunido en el Apéndice 1 la mejor información disponible respecto de los efectos de algunas de las substancias de tipo más común y los procedimientos que han resultado beneficiosos, ya sea retardando o evitando la corrosión.

610. Revestimiento en la cara opuesta a la presión del agua.

El procedimiento adecuado para impermeabilizar una estructura es el de la aplicación de una capa protectora en la cara sometida a la presión del agua. Sin embargo, con mucha frecuencia, esto resulta imposible y, por tanto, la capa protectora necesariamente se pone en la cara opuesta. Allí donde la superficie impermeabilizada esté protegida contra las temperaturas congelantes, este procedimiento tendrá ciertas ventajas, ya que, en caso de falla de la impermeabilización, es más fácil localizar el punto de falla y efectuar las reparaciones necesarias. Sin embargo, este método no se recomienda para los casos en que la superficie impermeabilizada va a estar sujeta a temperaturas congelantes. La congelación del agua en el concreto, inmediatamente abajo del revestimiento protector, no solamente daña el revestimiento, sino también el concreto. Cuando la oportunidad de saturación superficial del concreto es menor, es muy posible que el concreto se afecte con más rapidez si está provisto de revestimiento, que si no estuviera.

611. Impermeabilización con mortero de cemento portland.

a) Una capa, debidamente aplicada y curada, de mortero con cemento portland, en la cara de un muro sometido a la presión del agua, protegerá de manera efectiva a cualquier concreto poroso contra la penetración del agua a presión. Sin embargo, cualquier movimiento estructural que resulte de la carga, asentamiento, contracción, etc., que agriete la estructura, también agrietará el revestimiento, por tanto, destruyendo sus propiedades impermeabilizantes en esos puntos. El uso de este tipo de revestimiento, desde luego, requiere que

24 horas, los especímenes son enterrados en el terraplén, a un lado de la carretera, cubriéndolos por todos lados, pero dejando la superficie expuesta. Se pone cuidado especial en dar a las superficies de esta viga el mismo tratamiento de cura que el dado al pavimento. Se deben hacer suficientes especímenes diariamente, a fin de permitir una prueba con especímenes de diversas edades, hasta que los resultados demuestren que el concreto ha adquirido la resistencia requerida para flexión. Las pruebas, generalmente, se ejecutan en la obra utilizando para ello uno de los varios tipos de máquinas portátiles para probar vigas, que en la actualidad se encuentran en el mercado.

312. Cumplimiento de los requisitos de resistencia.

Todo lo contrario que especifique concreto de determinada resistencia, debe contener alguna cláusula que indique el procedimiento que se deba seguir, si se descubre, después de haber colado partes de la estructura, que el concreto no se ajusta a los requisitos. Las objeciones a las especificaciones de resistencia han estado basadas, en muchos casos, en la ausencia de cláusulas de esta naturaleza. Las Secs. 326-SA a 328-SA tienen como finalidad evitar esta contingencia. Estas secciones deben omitirse, si es que se ha adoptado la especificación de la Alternativa B.

en su totalidad a la filtración de agua a través del muro. Con frecuencia, la humedad en el interior del muro es erróneamente atribuída a la penetración de la humedad, cuando en realidad solamente se trata del resultado de condensación, en el muro frío, de humedad que se originó en alguna otra parte.

c) Es factible el desarrollo de la humedad debida a la absorción de agua, o al vapor de agua condensada en y dentro de aquellos concretos que no permitan la infiltración, aun a presiones muy grandes. El remedio contra esta anomalía consiste en tapar los poros en la cara en contacto con la humedad. La mayor parte de los métodos impermeabilizadores que se enuncian a continuación deben resultar efectivos en la prevención de las infiltraciones de agua en el concreto. Hay otros métodos que pueden ser más simples, cuya aplicación quizá también resulte satisfactoria. El uso de una capa impermeabilizadora en la cara opuesta al agua podrá ser efectiva durante algún tiempo, pero si el muro está sujeto a temperaturas congelantes, el uso de un revestimiento tal, con el tiempo puede resultar peor que si se hubiera dejado el muro sin protección alguna.

608. Protección del refuerzo.

El astillamiento del concreto debido a la corrosión del refuerzo es, con mucha frecuencia, la causa de daños considerables a las estructuras. Sin duda alguna que esta es la causa más común de deterioro en las estructuras mojadas y secadas alternadamente. Cuando al concreto se le haya dado una protección conforme lo indicado por la Sec. 506, el único requisito especial para protección del refuerzo, será aquel necesario para evitar que la humedad llegue al refuerzo a través de las grietas o de los lunares porosos.

609. Protección contra las sustancias corrosivas.

La investigación y la experiencia han desarrollado varios tipos de procedimientos de protección del concreto contra el

los deshielos, y las humedecidas y secadas repetidas en la estructura. Las pruebas de laboratorio, así como la experiencia práctica han demostrado la posibilidad de obtener un alto grado de resistencia en un cemento colado y curado debidamente, mediante el uso de una relación agua-cemento reducida. Las relaciones bajas de agua-cemento requieren la adopción de una mezcla rica o de algún método de colado que facilite el manejo y consolidación del concreto de consistencia menos flúida.

b) Igualmente existen datos, tanto de laboratorio como prácticos, en el sentido de que ciertos revestimientos protectores, que son efectivos para no permitir la penetración de humedad a la estructura, también lo son para aumentar la resistencia a la acción destructora de las congelaciones y deshielos alternados. El revestimiento protector y una membrana impermeabilizadora, por tanto, pueden, con frecuencia, ser indispensables para proteger la estructura contra los ataques de la intemperie.

607. Prevención de la humedad causada por capilaridad.

a) El agua que penetra, por absorción, en el muro de concreto, es distribuída a través de todo el concreto, por las fuerzas capilares, hasta que se llega a cierto grado de saturación, o hasta que la evaporación equilibra la infiltración. Si en una de las superficies hay un abastecimiento continuo de agua libre disponible, y en otra superficie se efectúa la evaporación, tendremos una filtración continua del agua. Si el aire se llega a saturar, o si la temperatura desciende lo suficiente, la humedad se condensará sobre el muro. Cuando esto ocurre, o bien, si a la superficie opuesta a la fuente de la humedad se la ha provisto con algún revestimiento protector, cesa el escape del agua, lo cual aumenta el grado de saturación del concreto.

b) La aparición de humedad en un muro, desde luego, no siempre indica que el vapor de agua en el ambiente es debido

CAPITULO IV

CIMBRAS Y COLADO

401. Generalidades.

Con excepción de los siguientes casos especiales citados a continuación, las recomendaciones de la Junta están en su totalidad ya incluídas en las especificaciones.

402. Colado neumático del concreto.

a) Para poder obtener los mejores resultados con el equipo disponible en la actualidad, se recomienda la observación de las siguientes reglas generales:

1) El equipo para el vaciado debe colocarse tan cerca del punto de colado como sea práctico, y el concreto debe conducirse desde la revolovedora al sitio del colado, tomando todas las precauciones necesarias a fin de evitar la disgregación de los ingredientes.

2) El volumen de concreto en cada descarga del inyector, por lo general, no debe pasar de .198 m³ (7 pies³). Deben evitarse distancias mayores a 300 m. entre el inyector y la boquilla de salida del concreto. La pendiente general de la línea de descarga puede variar de la horizontal a la vertical, pero en ningún caso deberá inclinarse hacia abajo.

3) La posición de la boquilla debe ser tal que el concreto vaya dirigido directamente al punto de colado, sin que choque directamente con el refuerzo y evitando, hasta donde sea posible, el rebote excesivo del material.

4) El concreto con una consistencia media es el que rinde los mejores resultados. Las revolturas aguadas no son satisfactorias.

b) Cuando se implante este método, deben hacerse taladros a distancia adecuada uno del otro, para comprobar si en realidad el concreto que se está colando es de la calidad deseada.

403. Concreto bombeado.

a) El equipo de bombeo, la tolva, y los mecanismos usados en el extremo de salida de la tubería deben estar acondicionados en forma tal que sea fácil la transportación de concreto de la calidad y consistencia especificadas; no debe haber disgregación de los ingredientes al llegar el concreto al punto de colado. Los mecanismos que se coloquen en la extremidad de salida de la tubería: deflectores, embudos, conexiones para mangueras, codos montados en charnela, "trompas de elefante", etc., deben haberse elegido para cumplir los requisitos particulares de la obra.

b) La bomba debe estar capacitada para una presión de trabajo no menor de 21 Kg./cm². (300 lbs./pulg².); la tubería, coples, etc., deben estar diseñados para soportar una presión, aproximadamente, doble a ésta.

c) La línea de tubería debe presentar tan pocos quiebres como sea posible, y los cambios de dirección deben hacerse con ángulos de 45° o menores. Los quiebres a 90° sólo se harán cuando sea materialmente imposible evitarlos.

d) Cuando sea necesario bombear por una tubería con pendiente hacia abajo, deberá proveerse el extremo de descarga de la tubería con un ahogador, con el propósito de tener en la línea una corriente continua de concreto. Cuando se bombea en sentido vertical, es preciso proveer al extremo inferior de la línea con una válvula que evite el retroceso del concreto, cuando por algún motivo se deje de bombear.

interior, es un drenaje adecuado. La opinión de esta Junta es que el drenaje no debe considerarse como complemento de la impermeabilidad, sino como necesidad básica a la cual se le suma la impermeabilización para mayor protección.

605. La necesidad de algún tipo de protección.

En muchas estructuras expuestas solamente en un lado a la presión del agua, es muy importante que el otro permanezca seco. En casos como éstos, es necesario emplear algún método de impermeabilización adecuado, para contrarrestar los efectos de las grietas o porosidad que se pudieran formar. Algunos de los métodos para impermeabilizar el concreto se describen a continuación, en los cuales no se hace uso de una membrana, pueden ser efectivos para los casos ya citados, pero puede suceder que sea necesario el uso exterior de la membrana impermeabilizante. Cuando sea necesario el uso de una membrana, se recomienda que la elección del material impermeabilizador se haga teniendo en consideración las necesidades específicas de la estructura o su localización. Los problemas inherentes a este tipo de impermeabilización no son peculiares de la construcción de concreto; por tanto, queda fuera del objeto de estas recomendaciones.

606. Protección contra la intemperie.

a) No obstante que un concreto con proporcionamiento normal y cura y colado adecuados, en realidad evita el paso del agua, cuando la estructura se encuentra sometida a presiones, no es inmune a la filtración debida a las fuerzas capilares. Como se indica en la Tabla 1 de la Sec. 303 b), el concreto, aun cuando haya sido elaborado y curado debidamente, es afectado por la intemperie en proporción a la magnitud de las condiciones climatéricas y de la relación agua-cemento de la pasta. Cuanto mayor sea la relación agua-cemento, mayor será la cantidad presente de agua libre, e igualmente mayores serán los efectos destructores de las congelaciones y

características estructurales, tales como grietas, juntas, etc., que permiten el paso del agua.

b) Observaciones efectuadas en estructuras en servicio, han demostrado que cuando el agua logra traspasar la masa de concreto, se debe a la existencia de lunares porosos o defectuosos, a causa de una indebida observancia respecto a los métodos de colado y de proporcionamiento. La fuente de filtración más común ha sido observada en los planos formados entre colados sucesivos. Esto, generalmente, viene como resultado de la falta de adherencia en el plano en cuestión, o debido al concreto poroso que se puede formar en la parte superior del colado, por las acumulaciones de agua libre. Otra causa muy común de que aparezcan lloraderos, es la debida a áreas defectuosas, motivadas por las porosidades o segregaciones habidas durante el colado. Evidentemente que la eliminación y prevención de tales defectos es primordial para poder contar con una construcción impermeable.

c) Las grietas que aparezcan como resultado de las cargas, asentamiento, cambios de temperatura, o construcción del concreto, podrán ser causa de filtraciones molestas en una estructura sometida a la presión directa del agua. Estas grietas se podrán evitar si se le da la atención debida al cálculo de cada una de las características del diseño. Dos medidas muy importantes que se deben tomar en consideración, si se desea evitar la formación de grietas, son: el distanciamiento entre juntas de construcción y su forma, y la distribución adecuada del refuerzo.

604. Importancia que tiene el drenaje.

Nunca será demasiado el énfasis que se haga respecto a la necesidad de drenaje alrededor de una estructura, ya que por falta de él la estructura puede sufrir gran daño, o cuando menos desmejorar en su apariencia. En muchos casos, lo único necesario para conservar la estructura o para proteger su

e) Es fácil el colado por bombeo de concreto cuyo revenimiento es de .5 cm. o más, independientemente del carácter y tipo del agregado grueso, es decir, que éste sea redondo o angular. De las revolturas con revenimiento menor de .5 cm., la que contiene grava se bombea con más facilidad que la que tiene piedra triturada.

El conocimiento de la calidad y grado granulométrico de la arena, para poder bombear con éxito, es muy importante en los concretos cuyo contenido de cemento es de 5.8 costales, o menos, por metro cúbico. Para esta clase de concreto, la arena deseable es aquella con un porcentaje alto de finura, que retenga el agua y evite la "sangría".

f) Un paro de media hora no impide que la bomba vuelva a arrancar, ni que el concreto deje de llegar en buen estado. La duración máxima permisible de un paro, teniendo la línea cargada, dependerá de la temperatura prevaleciente y de la rapidez de fraguado.

g) Inmediatamente antes de dar principio al colado, debe llenarse de agua la tubería e inyectarse mortero a fin de lubricar la línea. De este mortero deben inyectarse, aproximadamente un pie cúbico por cada 1000 pies cuadrados de superficie interior de tubería. Por delante de este mortero debe ponerse un tapón, de tal manera que el mortero lo vaya empujando por delante y este tapón vaya expulsando el agua.

h) Al terminar las labores, siempre se debe recorrer la tubería con el tapón mencionado en g), con objeto de dejar la línea limpia de todo concreto.

i) La experiencia en la práctica recomienda la adopción de los siguientes tamaños de tubería, tamaños máximos del agregado grueso, y revenimiento del concreto para distancias máximas de bombeo.

404. Colado con vibradores.

a) El uso de la vibración como medio para asentar y colar el concreto es relativamente nuevo; existen divergencias

Tamaño de la tubería (% cm)	Revenimiento del concreto (cms).	Distancia máxima del bombeo- Mts.		Tamaño máximo del material: deberá pasar el cedazo cuyo tamaño se indica
		Horizontal ^a	Vertical ^b	
20	no menor a 2.5	300	30	3"
17.5	no menor a 2.5	243.8	30	2 5"
15	no menor a 7.5	182.8	30	2"

(a) Un codo a 90° se considera equivalente a 12 m. de línea horizontal.

(b) Que en realidad no pase de 60 m. de tubería.

de opinión respecto a cuáles son los mejores métodos; la divergencia se acentúa especialmente en lo referente a la frecuencia (4) de los aparatos, métodos y su posición de aplicación, amplitud, duración del vibrado, fuerza de los golpes vibrátiles (relacionados con el tamaño del vibrador) y el área o volumen sobre la cual o a través de los cuales el vibrado resulta efectivo. Por tanto, lo mejor será que el personal supervisor, así como los operarios sean personas competentes, con experiencia reconocida.

Nota: 4. Léanse definiciones en el capítulo I.

b) El vibrado no imparte al concreto ninguna propiedad nueva. Sin embargo, su aplicación redundará en cierta economía y mejoramiento de la calidad del concreto, pues permite usar revolturas poco flúidas y con un contenido de agua inferior de las permitidas mediante los otros métodos de colado. La consistencia del concreto deberá ajustarse a las condiciones particulares del colado en cuestión y con consideración al equipo disponible. El concreto no debe estar tan seco que se dificulte el colado, ni tan pasado de agua que después del colado aparezcan formaciones de agua libre. Por lo general, el vibrado no debe aplicarse cuando el revenimiento del concreto exceda de 7.5 cm., excepto como medio auxiliar, en colados con condiciones difíciles.

c) Todas las obras en que el uso del vibrado sea nuevo deberá comenzar a trabajar con una revoltura de las que se

CAPITULO VI

PROCEDIMIENTOS IMPERMEABILIZANTES Y PROTECTORES

601. Generalidades.

Las cuestiones de cuándo es necesario impermeabilizar y cuál es el método que se debe aplicar, tienen relación solamente con un caso en particular; por lo tanto, no es posible presentar una sección de recomendaciones que tengan aplicación general. En los párrafos a continuación, se presentan algunas opiniones referentes a los aspectos generales del problema. Se reconoce como certero el hecho de que la mayoría de los ingenieros están versados en el problema; sin embargo, el desarrollo amplio de los factores que nos interesan, tiene como propósito servir de base para la solución satisfactoria de cualquier caso individual.

602. Impermeabilidad del concreto.

a) Los estudios de impermeabilidad han demostrado que el concreto de proporciones satisfactorias para obras hidráulicas o estructurales, si es colado y curado debidamente, tiene la impermeabilidad necesaria para todas las aplicaciones prácticas, aun bajo presiones muy grandes. Por tanto, si no se logra obtener un concreto impermeable, esto se debe necesariamente, a no haberse ajustado a los requisitos necesarios para la obtención de un concreto bueno, o a la presencia de

pueden colar por medios comunes. Partiendo de esta mezcla, la cantidad de cemento, agua y la relación entre el agregado fino y el agregado grueso, podrán ajustarse hasta llegar a la obtención de la revoltura deseada.

Esto, generalmente, requiere cierto ajuste en la relación del agregado fino al grueso; por lo regular esto resulta en un aumento de la proporción del agregado grueso.

Si lo que se desea es la economía, se deberá aumentar el volumen total de los agregados. Por otro lado, si se desea mejorar la calidad, se deberá reducir la relación agua-cemento.

d) Si ocurre un escurrimiento excesivo, el cual no es posible remediar reajustando la revoltura, deberá aumentarse el porcentaje de la arena, con finura mayor a la malla Núm. 50.

e) El vibrado no debe aplicarse directamente o a través del refuerzo a las secciones o capas de concreto que ya hayan fraguado, al grado de no ser plásticas con la vibración. El vibrado no debe prolongarse en un mismo punto hasta el grado de provocar la formación de secciones faltas de agregado grueso.

f) Una advertencia de que el vibrado es suficiente, es la formación de una delgada capa de pasta de cemento en la cara de unión del concreto con las cimbras, o del concreto con la superficie del refuerzo metálico. El vibrado ha sido suficiente cuando ya no sea aparente la disminución de volumen del concreto.

g) El vibrado no debe usarse como medio para lograr el traslado del concreto a partes distantes de las formas, debido a que puede ser causa de la disgregación de los ingredientes.

h) El vibrado se puede aplicar en varias maneras; todo depende del tipo y tamaño del miembro que se esté colando y si la aplicación se hace en el campo o en el taller de ensaye. El vibrado se aplica a los moldes, para secciones de muros, columnas, losas de pisos y unidades pre-vaciadas, de tamaño,

o ancho tan pequeños que no permiten el uso de vibradores internos. Para el vibrado del concreto en estructuras pesadas, se usa tanto el vibrado interno como el de plataforma. Un vibrador de mesa se usa para la elaboración de productos de concreto, o para la fabricación de piedra artificial. Para trabajos de pavimentación se utiliza un vibrador en forma de tira larga.

i) El vibrado aumenta la presión contra los moldes; por tanto, se les debe diseñar para soportar la mayor presión en las juntas y los soportes. Deben tomarse las medidas necesarias para evitar la fuga de mortero a través de las formas, durante el vibrado.

405. Tamaño y cantidad de vibradores requeridos.

a) Los factores que influyen en la selección del tipo, cantidad, y tamaño de los vibradores son los siguientes: La profundidad y área de la sección; volumen de cada revoltura; número de revolturas por hora; tamaño del agregado; cantidad y distribución del refuerzo, y las proporciones, particularmente las cantidades respectivas de los agregados grueso y fino y las consistencias de la revoltura.

b) La cantidad y tamaño de los vibradores que se utilicen (de cualquier tipo), deben ser tales que se garantice un vibrado absoluto, hasta en la parte más remota del volumen que se está vibrando. Los vibradores deben aplicarse sucesivamente en puntos uniformemente espaciados unos de otros; la distancia no debe ser mayor al radio de las ondas vibratorias visibles.

El vibrado debe ser tal que se logre un concreto uniformemente plástico.

406. Aplicación neumática del mortero.

a) La construcción utilizando la aplicación neumática del mortero, ha estado hasta ahora en manos de unas cuantas

514. Juntas impermeables.

Cuando sean necesarias las juntas de construcción en estructuras sometidas a la presión del agua, o cuando por alguna otra razón las juntas deben ser impermeables, deben emplearse empaques de metales no corrosivos.

vador. Debe haber juntas que garanticen la separación absoluta entre la parte superior de los cimientos y el techo, de preferencia mediante columnas y vigas separadas.

511. Muros de retención.

Para los muros de retención y estructuras similares sujetas a grandes variaciones de temperatura y condiciones de humedad, se recomiendan los datos sugeridos en la Sec. 877.

512. Caballetes de concreto.

Para los caballetes de concreto y estructuras similares las distancias entre juntas dependerán de las variaciones de la temperatura, flexibilidad de los soportes, y otras condiciones estructurales. Por lo general, en estructuras de este tipo lo deseable es localizar las juntas a distancias no mayores de 38 m. Para este tipo de juntas de construcción, en que se transmiten cargas pesadas, no se deben adoptar las juntas de deslizamiento.

JUNTAS DE CONSTRUCCION

513. Localización de las juntas.

Siempre que sea necesario interrumpir el colado del concreto, debe hacerse un esfuerzo a fin de que la junta quede donde menos perjudique en la apariencia o resistencia del miembro o estructura. Allí donde el uso de tales juntas sea censurable, los planos deberán indicar con toda claridad los límites de las diversas secciones que se pueden colar en una sola operación, e indicar y detallar las juntas que se crean prudentes. Cuando no se pueda evitar el uso de las juntas de construcción, se recomienda someterse al método dado en las Secs. 508-S a 511-S de las especificaciones.

firmas especializadas en este campo y utilizando equipo producido solamente por un número limitado de fabricantes. Este método de construcción ha estado en uso durante muchos años y se ha logrado considerable adelanto, tanto en la técnica como en el desarrollo del equipo, pero aún existe considerable divergencia de opinión respecto a cuál es el procedimiento más adecuado. Esta sección tiene como finalidad presentar como suplemento de las especificaciones generales un resumen de la práctica aceptada.

b) Los resultados obtenidos con la aplicación neumática del mortero dependen en gran escala de la habilidad del operario; por tanto, el trabajo debe ejecutarse solamente por personas experimentadas.

c) En la actualidad hay elección de dos tipos de equipo, el de cámara simple y el de cámara doble. El de cámara simple es de operación intermitente y es adaptable a las obras pequeñas solamente. El de cámara doble es de operación continua y es el tipo de uso más común.

d) La granulometría de la arena es un factor de importancia para la obtención de altas resistencias y densidades. La arena debe pasarse a través de una malla de $\frac{3}{8}$ ", el módulo de finura debe ser de 3.0 ó menos. Será satisfactorio el uso de arena de piedra, siempre que se le sujete a iguales limitaciones que a la arena natural.

e) Para diversos usos, las proporciones de cemento y arena deben variar de una parte de cemento a tres partes de arena, a una parte de cemento a $4\frac{1}{2}$ partes de arena; los volúmenes de ambos deben estar constituidos por partículas sueltas y secas, para poder considerar la proporcionalidad anterior. El mortero ya colado tendrá una proporción menor de arena, debido a la pérdida de este agregado en el rebote.

f) El control del contenido de agua es importante en el colado neumático del concreto, a fin de obtener un colado adecuado. El contenido de agua debe ser tal que una vez termi-

nado el vaciado se forme una delgada capa de agua en la superficie. Agua insuficiente tiene como resultado la presencia de lunares secos y poros, en tanto que el agua en exceso produce una resistencia baja y el deslizamiento del mortero.

g) Las presiones del agua y del aire deben mantenerse uniformes. La presión del agua debe ser, cuando menos, 15 lbs./pulg²., mayor que la del aire, la cual, a su vez, debe ser la suficiente para dar al material la velocidad adecuada en su punto de salida, o sea la boquilla. Para evitar un impacto excesivo se recomienda que la presión del aire no exceda de 75 lbs./pulg².

h) La arena no debe encontrarse excesivamente mojada o seca; es recomendable el 4% de humedad por peso. La arena y el cemento deberán ser revueltos, previamente, en alguna máquina adecuada, ya que durante su colado no se efectúa ningún proceso de revoltura.

i) La velocidad del material que sale de la boquilla, debe mantenerse uniforme y debe graduarse en forma de disminuir a su máximo la cantidad de arena desperdiciada a causa del rebote. La boquilla debe colocarse a una distancia de tres a cuatro pies de la superficie que se está revistiendo, y mantenerse en constante movimiento para obtener la uniformidad de la capa.

j) Debe tenerse sumo cuidado con la remoción de las formas y con la cura de las secciones muy delgadas, para evitar el agrietamiento. No debe intentarse el colado si la temperatura es inferior a (50° F.) 4.5° C., excepto si se han tomado las medidas necesarias a fin de mantener al mortero con una temperatura superior a (50° F.) 4.5° C., durante y después del colado. La superficie a la que se va a aplicar mortero deberá estar libre de escarcha.

k) En las esquinas, filos y lugares incómodos puede hacerse uso de tiras de madera, a fin de lograr un chaflán y obtener el espesor deseado. Cuando se quiera que la superfi-

adicional. Por lo general, no es aplicable el espaciamiento arbitrario de las juntas en una estructura larga. La distancia entre juntas puede ser mayor en los edificios con calefacción que en aquellos sin ella. También cuando las paredes exteriores son de ladrillo, o de sillares de piedra con ladrillo por detrás, o aisladas en alguna otra forma, la distancia entre las juntas puede ser mayor que si se tratara de paredes de materiales con un valor aislante menor.

b) En los lugares característicos por sus amplias fluctuaciones de temperatura, la distancia entre juntas para las condiciones más severas de exposición (paredes no aisladas y edificios sin calefacción) no debe exceder de 60 m. Bajo condiciones favorables, y aun en localidades con grandes fluctuaciones de temperatura, se han llegado a construir edificios de 120 a 150 metros de longitud, sin haberseles dotado de juntas.

c) En las localidades cuyas variaciones de temperatura sean pequeñas, las distancias entre juntas en edificios sin calefacción, o con paredes no aisladas, no deben exceder de 90 m. En lugares como éstos, se han llegado a construir edificios de 210 m. de longitud, sin haberseles dotado de juntas, pero interviniendo varios factores favorables que las hicieron innecesarias.

d) En la construcción de techos, las medidas que se tomen a fin de evitar el efecto de la expansión, son un factor de importancia. Es muy posible que, debido a una exposición más severa, las juntas del techo se requieran a intervalos más frecuentes. En algunos casos las juntas de expansión se han colocado a distancias de 30 m. una de otra en los techos, pero no en las paredes ni en los pisos.

e) Las juntas deberán estar localizadas en las uniones de las estructuras en "L", "T" o en "U", y en los puntos que se hayan debilitado a causa de aberturas grandes en el piso, es decir, aberturas para tragaluces, escaleras o tiros para ele-

movimientos, o cuando las variaciones en temperatura y las condiciones de humedad no son uniformes, se presentan fatigas para las que es necesaria dar margen en el cálculo de diseño.

b) Los puntos que en este sentido merecen consideración especial, son aquellos donde ocurre un cambio grande en la sección transversal, o en las esquinas de los miembros largos, en donde las expansiones o dilataciones pueden ser causa de la ruptura de los miembros laterales. Por excesivo que sea el refuerzo, no podrá evitar la formación de grietas en una estructura restringida, en la cual el cambio de longitud requerido excede la extensibilidad del concreto, no obstante, si el refuerzo se diseña debidamente se logrará la distribución equitativa de las formaciones de grietas.

c) Las juntas que permiten la separación absoluta de la estructura, siempre que estén debidamente situadas, evitan la sobre-fatiga y tienden a aminorar el crecimiento de las grietas. Estas juntas deben diseñarse con todo cuidado, teniendo en cuenta, para ello, el tipo de la estructura, y debiendo estar capacitadas para anular los efectos de los movimientos de contracción o dilatación esperados, pero sin que sean causa de fatigas locales, tan severas que ocasionen la ruptura del concreto. Deben colocarse en puntos predeterminados y perfectamente detallados por los planos. Pueden diseñarse o para la carga total o para una distribución de fatiga a través de la sección de la junta. Con frecuencia este tipo de junta requiere cierta clase de protección, a fin de evitar la introducción de materiales extraños.

510. Juntas de expansión en edificios largos.

a) Las juntas de expansión son costosas y, en algunos casos, es difícil su manutención; por tanto, deben evitarse siempre que sea posible. Las juntas pueden omitirse en los edificios relativamente cortos, mediante el empleo de refuerzo

cie del mortero quede lisa, aplánese con planchas de fierro hasta adquirir la tersura deseada.

l) El equipo para el colado deberá limpiarse perfectamente siempre que se haga un paro mayor de 30 minutos.

m) La posición y el tamaño del refuerzo, allí donde sea requerido, y el espesor del revestimiento varía con el uso del mortero aplicado neumáticamente y deben mantenerse dentro de las limitaciones dadas a continuación. Deberá eliminarse el uso de varillas cuadradas.

USO	REFUERZO	ESPESOR
Recubrimiento del acero.	Tela soldada galvanizada 2×2-Nº12 y Nº12 o 3×3-Nº10 y Nº10, doblada al temple y perfectamente asegurada al acero y a una distancia de 2 cms. del acero.	3 cms. a 5 cms. colocado en dos capas, la segunda con un espesor de 3 mm.
Losas de pisos, muros y techos.	Varillas y tela galvanizada soldada no mayor de 3/8" de diámetro, suficiente para los requisitos de peso. El refuerzo no debe quedar a menos de 2 cms. de cualquier superficie expuesta.	Conforme lo determinado por los requisitos de carga. Colado en dos o más capas. La capa final debe tener un espesor de 3 mm.
Estuco o revestimiento de tejas, terra cota y concreto.	No es necesario, excepto para las superficies muy desintegradas en cuyo caso úsese tela galvanizada en cantidad igual al 0.2% del área transversal del mortero, soldada a la estructura colocada en el centro de la capa de revestimiento.	De 1.5 a 2.5 cms. colado en dos capas. la segunda aproximadamente de unos 3 mm. de espesor. Se debe nivelar antes de proceder a poner la segunda capa.
RESTAURACION de concreto.	Tela galvanizada soldada 2×2-Nº 12 y Nº 12 o 3×3-Nº 10 y Nº 10 perfectamente sujeta a la estructura que se va a reparar y en el centro de la capa de revestimiento. Se necesitarán dos capas de tela de refuerzo si el revestimiento tiene 7.5 cms. o más de espesor.	No debe ser menor a 2.5 cms. y colocado en dos capas o más. Emparéjese la superficie antes de poner la capa final de 6 mm. de espesor.
Revestimientos para estanques y depósitos.	Tela galvanizada soldada 4×4-Nº 8, colocada en el centro del revestimiento.	Que no sea menor de 5 cms. y colocada en dos capas.
Revestimientos de canales y zanjás.	Tela galvanizada soldada, en cantidad no menor al 0.20% del área transversal del mortero en el centro de la losa.	De 2.5 a 5 cms. puesto en dos capas o más.

d) Se recomienda que los valores mínimos dados arriba sean ampliados cuando se trate de estructuras grandes y monumentales, como puentes, compuertas, presas, etc.

e) Las estructuras o los elementos estructurales que están expuestos a la acción de líquidos corrosivos y vapores, requieren el diseño especial de un revestimiento protector.

507. El concreto en agua de mar.

a) Para protección del refuerzo en lugares donde el concreto está en contacto con el agua de mar, tanto la calidad del concreto como el espesor de la capa protectora deben ser tales que superen los requisitos para casos ordinarios. Para estos casos se recomienda la adopción de los contenidos de agua mínimos, vistos en la Tabla 1, Sec. 303. El colado debe ajustarse a los requisitos de los párrafos especificadores, 420-S y 421-S.

b) El espesor de la capa protectora de todo refuerzo metálico, incluyendo soportes, amarres y estribos, debe ser de un mínimo de 7.5 cm. en todas las superficies planas o curvas, y de 10 cm. cerca de todos los ángulos de los miembros expuestos.

508. Anclaje para futuros colados.

En los casos en que se deje una prolongación del refuerzo, para futuras prolongaciones de la estructura, se recomienda que este acero se proteja contra daños materiales y corrosión.

JUNTAS DE EXPANSION Y DE CONTRACCION

509. Objeto y colocación.

Si una estructura de concreto reforzado es libre de dilatarse o contraerse con las variaciones de temperatura o las condiciones de humedad (variaciones uniformes a lo largo de toda la estructura), no se desarrollarán fatigas de importancia. Sin embargo, cuando la estructura no es libre en estos

RESISTENCIA AL FUEGO	Espesor mínimo del concreto (cms)			
	4 hrs.	3 hrs.	2 hrs.	1 hr.
Para columnas, traveses, vigas y losas nervuradas no protegidas.				
Grupo 1, Agregados	3.8	3.8	3.8	2.5
Grupo 2, Agregados	5	3.8	3.8	2.5
Para losas sólidas.				
Grupo 1, Agregados	2	2	2	2
Grupo 2, Agregados	2.5	2	2	2

para las nervaduras deben ser aquellos indicados en la Tabla para las losas sólidas.

506. Protección contra la humedad.

a) En las superficies de las cimentaciones y de todos los principales miembros estructurales en que el concreto se vacía directamente sobre el suelo, el refuerzo metálico debe ir ahogado a una distancia no menor de 7.5 cm. de la superficie. En todas las demás superficies del concreto expuestas a contacto con la tierra o a condiciones severas de temperatura, el refuerzo debe quedar cuando más cerca a 5 cm. de la superficie. La distancia debe ser de 2.5 cm. para la cara inferior de losas expuestas a la intemperie.

b) En los casos en que se use tela metálica o metal desplegado, como revestimientos protectores en las columnas, traveses o vigas, es necesario darle una capa protectora de 3.8 cm. en las estructuras expuestas al agua, tierra o intemperie, y un mínimo de 2 cm. en las estructuras no expuestas en esta forma.

c) Cuando sea necesario usar mortero aplicado neumáticamente, como medida contra la humedad, la capa del revestimiento no debe ser menor de 3.8 cm. de espesor y reforzada con tela metálica, conforme lo exige la Sec. 406 m). La tela debe ir firmemente sujeta a la superficie que se va a proteger.

CAPITULO V

DETALLES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION

501. Generalidades.

a) El carácter monolítico de la construcción con concreto reforzado, crea problemas en ciertos detalles del diseño y construcción que exigen una resolución sensata para que la estructura resulte durable, sana y con apariencia aceptable.

b) Para garantizar la durabilidad de la estructura cuando se encuentra expuesta a la intemperie, es preciso que el refuerzo vaya protegido dentro de una capa adecuada de concreto. Cuando la estructura está en contacto con agua de mar, flúidos corrosivos o sujeta a temperaturas altas, es necesario tomar precauciones adicionales. El refuerzo debe sujetarse perfectamente en su lugar, a fin de evitar su desplazamiento y garantizar el espesor de la capa de concreto con que se desea proteger.

c) Son las estructuras relativamente pequeñas las únicas que se pueden colar sin interrupción alguna. Por tanto, tratándose de estructuras mayores es necesario formar juntas de construcción y hacer empalmes de varillas.

d) Además de las juntas de construcción, con frecuencia es necesario articular la sección para dar margen a la dilatación o contracción debidas a los cambios de temperatura. En algunos casos se introducen las juntas solamente con fines estructurales o de diseño; ejemplo: en los arcos articulados y algunos tipos de estructuras enmarcadas. Las juntas de esta

naturaleza exigen atención especial de parte del proyectista y de la firma constructora, si es que se desea que funcionen debidamente. Cuando una estructura va a estar sometida a la presión del agua, hay necesidad de sumar a los siguientes requisitos el de la impermeabilidad.

e) Debe dársele especial atención al uso del refuerzo para la distribución y disminución de las formaciones de grietas.

f) Las recomendaciones citadas a continuación incluyen algunos de los detalles de construcción más importantes, y tienen como fin servir de guías para el logro de un diseño y construcción adecuadas.

Se deben considerar en conexión con las Secs. 501-S a 511-S de las especificaciones.

DETALLES DEL REFUERZO

502. Empalme del refuerzo.

Siempre que sea necesario efectuar un empalme entre dos varillas, en toda la longitud de dicho empalme deberá desarrollarse una resistencia, creada por la adherencia, igual a la resistencia de la varilla. Los extremos en traslape de las varillas deben estar perfectamente juntos y atados con alambre. La distancia mínima recomendada en la Sec. 504, debe considerarse representativa de la distancia entre un par de varillas en esta forma traslapadas y varillas o traslapes adyacentes. Siempre que sea posible, es conveniente deformar los extremos traslapados de dos varillas adyacentes, a fin de obtener un amarre mejor. Un empalme soldado o mecánico debe estar capacitado para desarrollar una resistencia igual a la de la varilla.

503.

Cuando ocurren cambios en la sección transversal de un miembro a compresión, el refuerzo longitudinal deberá llevar una pendiente igual en la longitud total del miembro de tran-

sición, o bien, quebrado en una región donde el soporte lateral sea capaz de resistir la componente transversal del empuje en la porción inclinada del quiebre. En estos quiebres la pendiente de la porción inclinada de las varillas no debe ser mayor de 1:6 con respecto al eje de los miembros.

504. Espaciamiento y recubrimiento del refuerzo.

Las varillas del refuerzo deben ir a una distancia adecuada de las superficies de los miembros, e igualmente una de otra, a fin de garantizar su recubrimiento total y, por tanto, su máxima resistencia por adherencia, y para facilitar el colado. La distancia mínima entre varillas paralelas debe ser igual a 2.5 veces el diámetro del acero redondo, o 3 veces el lado, si se usa acero cuadrado; no obstante esto, en ningún caso podrá ser esta distancia menor a 1.5 veces del tamaño máximo del agregado grueso; no deberá ser de 2.5 cm. en las trabes y vigas, ni menor de 3.75 cm. en las columnas. (Léase la Sec. 854 para recomendaciones relativas al refuerzo en las columnas.)

505. Protección contra incendios.

a) El refuerzo metálico debe protegerse de los incendios por los espesores mínimos de concreto que muestra la Tabla a continuación, y en la cual se consideran varias clases de miembros estructurales y tipos de agregados (designados como Grupo 1 y Grupo 2, y definidos en las especificaciones de la Sec. 225-S).

b) En la construcción de pisos nervurados, en donde las nervaduras no están a más de 75 cm. y formadas en medio de bloques permanentes de mampostería, o en medio de formas permanentes o desmontables, llevando las nervaduras y los bloques de mampostería una capa adicional, protectora, de cemento portland o de yeso, aplicado directamente o sobre tiras de metal adheridas o suspendidas debajo de la construcción nervurada, los requisitos de protección contra incendios

direcciones diagonales. El monto total de tal esfuerzo por metro de ancho deberá ser igual al del momento positivo en la faja intermedia. Este se requiere tanto en la parte superior como en la inferior de la losa. Monto efectivo de refuerzo quiere decir el área normal multiplicada por el seno del ángulo que la varilla forma con la sección crítica. En la parte superior de la losa la sección crítica es perpendicular a la diagonal: en la parte inferior de la losa es paralela a la diagonal.

812. Distribución de momentos negativos desequilibrados en los apoyos.

a) Al aplicar los coeficientes de momentos de la tabla 5 a losas adyacentes de dimensiones variables y cargas desiguales, los momentos negativos a ambos lados de la trabe de apoyo pueden diferir considerablemente. En estas condiciones, deberán hacerse algunas modificaciones a los momentos, basados en las rigideces relativas de las losas y en la resistencia a la torsión de los apoyos. Con tal objeto, la suposición de que las trabes de apoyo, son capaces de un empotramiento equivalente al promedio de los factores de rigidez de las losas adyacentes, puede utilizarse en forma semejante a la del párrafo 808 b) para vigas apoyadas en trabes. De acuerdo con esto, $\frac{2}{3}$ del momento negativo desequilibrado deberá distribuirse a los dos claros, en proporción a sus respectivos factores de rigidez.

b) Cuando las condiciones sean tales que requieran modificación a los momentos de los apoyos como se indica en a) anterior, los momentos correspondientes de los centros de los claros pueden obtenerse mediante el procedimiento seguido comúnmente para vigas continuas. Con tal objeto, los momentos negativos desequilibrados obtenidos de la tabla 5, considerados como momentos de empotramiento pueden multiplicarse por 1.5 para obtener los momentos de apoyos libres. El momento del centro sería igual entonces al promedio de los momentos extremos a distribuir. Los coeficientes de la tabla 5 para mo-

aplicación considerable como agregados secundarios del concreto, para retardar la penetración de la humedad. Estos materiales reducen la absorción y retardan la penetración de la humedad por la acción capilar. Parece que no son muy efectivos como impermeabilizantes cuando el concreto está sometido a la presión del agua. Algunos de estos agregados secundarios repelentes del agua aumentan la trabajabilidad del concreto, y, por tanto, la impermeabilidad del muro expuesto a la presión directa del agua.

613. Impermeabilización por tratamientos de la superficie.

a) Hay cierto número de materiales para las superficies que se pueden aplicar al concreto para proteger la superficie contra la intemperie u otros ataques. Aquellos mencionados en la Sec. 609 y enumerados en detalle en el Apéndice 1, se ha averiguado que son especialmente efectivos para ciertos usos. Las cualidades de algunos de estos materiales pueden ser tales que se les pueden utilizar en revestimientos para evitar las infiltraciones o la humedad. En los párrafos a continuación, se enumeran algunos de estos materiales que se han encontrado especialmente adaptables. Semejantes al mortero de cemento, cualquier movimiento estructural capaz de producir grietas, también lo es de agrietar estos revestimientos, y, por tanto, destruir su valor impermeabilizante en estos puntos. Asimismo, ninguno de estos tratamientos superficiales cuenta con la resistencia necesaria para tapar grietas ya existentes en el concreto, y evitar la entrada del agua. Ya se hizo ver en la Sec. 610, que si estos materiales se utilizan en la cara de la estructura opuesta a la presión son capaces de acelerar la deterioración, siempre que el muro esté expuesto a temperaturas congelantes.

b) **Revestimientos bituminosos.** En la actualidad se dispone de cierto número de revestimientos de asfalto y de brea. Algunos de éstos deben aplicarse en caliente, en tanto que otros, cuyo endurecimiento depende de la evaporación de un

licuador, deben aplicarse en frío. El grado en que estos materiales son capaces de impermeabilizar el concreto y la duración del período de protección efectiva depende no sólo de los materiales, sino también de la condición en que se encuentre el concreto sobre el cual se han de aplicar, y las condiciones de exposición a que las superficies se encuentran sometidas. Lo dicho respecto a estos materiales, también es aplicable a los que se mencionarán a continuación.

c) **Aceite, pinturas de aceite** o combinaciones aceite-resina. El revestimiento de aceite de linaza solo, o en combinación con barnices resinosos, resulta satisfactorio contra los casos ordinarios de exposición y aun para muchas condiciones no ordinarias. También son de valor las pinturas de aceite, a base de aceite de linaza, o de otro aceite con propiedades análogas de resistencia a la intemperie. La preparación de la superficie y de los materiales debe hacerse de acuerdo con la mejor técnica en materia de pintar y teniendo en cuenta el tipo de los materiales que se pretende usar.

d) **Pinturas de cementos portland.** Se ha demostrado que las revolturas de cemento portland y agua o las combinaciones especialmente preparadas con cemento portland, como mayor ingrediente, tienen un valor considerable de resistencia a la penetración del agua en las superficies, bajo condiciones moderadas de exposición. La efectividad de estos materiales depende de la atención que se le haya dado a la cura.

e) **Preparaciones de hierro en polvo.** Se han usado revolturas de hierro en polvo y cemento, generalmente agregando algún agente que acelere la oxidación del hierro, para impermeabilizar superficies de concreto. Estas revolturas, generalmente, se aplican con brocha, ya sea en una capa delgada, como si se tratara de una pintura, o a un espesor relativamente grande, si se le da mayor consistencia. Se considera que la impermeabilización viene como resultado de la formación de óxido de hierro dentro de los poros del concreto. El agente

TABLA 5.—COEFICIENTES DE MOMENTOS FLEXIONANTES PARA TABLEROS DE LOSAS RECTANGULARES APOYADAS EN CUATRO LADOS Y CONSTRUIDAS MONOLITICAMENTE CON LOS APOYOS
LOS COEFICIENTES SON PARA MOMENTOS EN LAS FAJAS INTERMEDIAS

MOMENTOS	C L A R O C O R T O						CLARO LARGO Para todos los valores de m
	Valores de m						
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5 y menores	
Caso 1.—Losas interiores. Momento negativo en: Lado continuo..... Lado discontinuo..... Momento positivo al centro del claro.....	0.033 0.040 0.030	0.033 0.040 0.030	0.048 0.048 0.036	0.055 0.062 0.041	0.063 0.069 0.047	0.083 0.085 0.062	0.033 0.041 0.025
Caso 2.—Un lado discontinuo. Momento negativo en: Lado continuo..... Lado discontinuo..... Momento positivo al centro del claro.....	0.041 0.021 0.031	0.048 0.024 0.036	0.055 0.027 0.041	0.062 0.031 0.047	0.069 0.035 0.052	0.085 0.042 0.064	0.041 0.021 0.031
Caso 3.—Dos lados discontinuos. Momento negativo en: Lado continuo..... Lado discontinuo..... Momento positivo al centro del claro.....	0.049 0.025 0.037	0.057 0.028 0.043	0.064 0.032 0.048	0.071 0.036 0.054	0.078 0.039 0.059	0.090 0.045 0.068	0.049 0.025 0.037
Caso 4.—Tres lados discontinuos. Momento negativo en: Lado continuo..... Lado discontinuo..... Momento positivo al centro del claro.....	0.058 0.029 0.044	0.066 0.033 0.050	0.074 0.037 0.056	0.082 0.041 0.062	0.090 0.045 0.068	0.098 0.049 0.074	0.058 0.029 0.044
Caso 5.—Cuatro lados discontinuos. Momento negativo en: Lado continuo..... Lado discontinuo..... Momento positivo al centro del claro.....	0.033 0.050	0.038 0.057	0.043 0.064	0.047 0.072	0.053 0.080	0.055 0.083	0.033 0.050

Estos coeficientes multiplicados por pl^2 , dan el momento por metro de ancho. p = carga por metro cuadrado; l = Longitud del claro corto según se define en el párrafo 810 (c).
Nótese que pl^2 es factor, tanto para los momentos en el claro corto como en el claro largo.

m de claro corto a claro largo. Estos coeficientes multiplicados por pl^2 dan el momento flexionante por ancho unitario de losa. La base de esta tabla es un momento negativo máximo de $0.033 pl^2$ por ancho unitario de losa en la faja intermedia de losas cuadradas interiores. Los coeficientes para losas no cuadradas y losas con una o más orillas discontinuas están basados en las siguientes modificaciones al momento básico anterior, mencionado:

1. El momento flexionante en el claro corto se incrementa cuando la relación m disminuye.

2. El momento flexionante en el claro corto se incrementa sucesivamente, con la introducción de uno o más lados discontinuos, siendo este incremento independiente de la posición de los lados discontinuos.

3. El momento flexionante para el claro largo, para todos los valores de m , es igual al momento flexionante en una losa cuadrada cuyos lados sean iguales al del claro corto.

4.—Los momentos negativos en los lados discontinuos se toman iguales a la mitad del momento correspondiente a la orilla continua.

5. Los momentos positivos en el centro se consideran iguales a los $\frac{3}{4}$ del momento negativo en los lados continuos.

b) Fajas de columnas.—Los coeficientes de momentos en las fajas de columnas son iguales a los $\frac{2}{3}$ de los correspondientes a las fajas intermedias dados en la tabla 5. Al determinar el espaciamiento de refuerzo en las fajas de columnas, puede suponerse que el momento en una sección cualquiera varía de un máximo en el lado de la faja intermedia, a un mínimo en el extremo de la losa, pero el valor medio debe ser el calculado por medio de los coeficientes dados.

c) Refuerzo en las esquinas.—La experiencia y consideraciones teóricas han mostrado la necesidad de colocar refuerzos en las esquinas exteriores para evitar agrietamientos en

más comúnmente usado para acelerar la oxidación del hierro es el amonio-clorinado. A estos materiales algunas veces se les revuelve con mortero de cemento, para fines de impermeabilización (léase la Sec. 611).

f) Tratamientos para las superficies. Muchos tratamientos usados actualmente para las superficies del concreto están basados en algunos de los materiales enumerados a continuación, o sus semejantes. El uso de estos compuestos debe restringirse a aquellos que mediante pruebas en el servicio hayan demostrado su uniformidad. Su aplicación debe limitarse al tipo de servicio para el cual se les creó y el método de aplicación debe sujetarse de manera estricta a lo estipulado por el fabricante.

614. Impermeabilización mediante una membrana bituminosa.

a) Este método es, en particular, adaptable a áreas grandes, en las cuales existe la posibilidad de algún agrietamiento posterior, lo cual haría inefectivos los otros tipos de impermeabilización. Este método incluye el uso de una membrana consistente en una o más capas de tela de algodón o fieltro, o una combinación de ambas, saturadas de betún y adheridas fuertemente una con la otra (y a la superficie que se va a impermeabilizar, si se ha dado una capa primaria), con manos sucesivas de la substancia bituminosa. El material bituminoso que se utiliza, bien puede ser asfalto o brea. La técnica de la aplicación de este tipo de impermeabilización es de dominio general; por tanto, es fácil encontrar el personal competente que lo ejecute.

b) Siempre que haya la probabilidad de que se pueda romper la membrana por las operaciones de relleno de la estructura, debe ir protegida por un revestimiento adicional de mampostería, o por algún otro método, tal como mortero de cemento portland, mastique bituminoso, una cubierta asfáltica, o por bloques de mastique bituminoso.

gadas en su totalidad con carga uniformemente repartida. Para valores de m intermedios a los indicados en la tabla 5, se interpolará para encontrar los coeficientes de momentos correspondientes. Para valores de m menores de 0.5, deberán utilizarse los coeficientes correspondientes a esta relación.

b) Se considera que los tableros de losas están divididos en fajas intermedias y fajas de columnas como en "Losas planas". Para losas en las cuales la relación m es menor de 0.5, la faja intermedia en el sentido del claro corto deberá tener un ancho igual a la diferencia de longitudes entre los claros, largo y corto, y el resto del área representará las dos fajas de columnas.

c) Nomenclatura.—La longitud de los claros de las losas debe tomarse igual a la distancia entre centros de apoyos o bien, el claro libre más el doble del espesor de la losa, debiendo aceptarse el que resulte de menor valor.

l = Longitud del claro corto de acuerdo con el párrafo anterior.

$$m = \text{relación } \frac{\text{claro corto.}}{\text{claro largo.}}$$

$$p = \text{carga unitaria.}$$

d) Secciones principales de diseño.—Las secciones críticas para cálculo de momentos se designan secciones principales de diseño y están localizadas como sigue:

Para momento negativo a lo largo de las orillas de las losas, en las caras de las trabes de apoyo.

Para momento positivo en las líneas medias de las losas.

811. Coeficientes de momentos flexionantes.

a) Fajas intermedias.—En la tabla 5 se dan los coeficientes de momentos flexionantes para las fajas intermedias en los claros corto y largo y para valores variables de la relación

pliándolos, para considerar algunos casos no incluídos por el Dr. Westergaard. Al hacer estas modificaciones y ampliaciones se han tomado en cuenta los resultados de las pruebas experimentales.

El análisis muestra que para tableros de losas cuadradas, los momentos son sustancialmente menores que los determinados tomando como base elementos prismáticos de vigas independientes. Igual acontece con los tableros de losas no cuadradas, pero en proporción menor hasta llegar a una relación de lado menor a lado mayor de 0.5. Para esta relación y valores menores de ella, se considera que toda la carga (excepto la de las fajas de columnas) la toman los claros cortos de las losas. Las pruebas experimentales realizadas indican que estas hipótesis están justificadas.

b) Los datos de que se dispone indican, asimismo, que cuando se construyen losas apoyadas en dos sentidos con las trabes de apoyo, la distribución y valores numéricos de los momentos flexionantes en losas con uno o más lados discontinuos no difieren mucho de los de losas interiores. Sin embargo, estos datos son muy limitados, pero los coeficientes de momentos recomendados en la Tabla 3 para losas con lados discontinuos son conservadores y están, en general, de acuerdo con las consideraciones teóricas y la práctica.

c) En el caso especial de losas discontinuas en cuatro lados (losas aisladas, caso 5, tabla 5) puede considerarse que los coeficientes se aplican también a losas apoyadas en muros de mampostería, siempre que el peso del muro arriba de la losa sea lo suficiente para proporcionar empotramiento en los apoyos de la losa. El parapeto comúnmente empleado probablemente no satisface la condición anterior.

810. Limitaciones y nomenclatura.

a) Los coeficientes de momentos recomendados en la tabla 5, párrafo 811, deberán aplicarse a tableros de losas car-

CAPITULO VII

ACABADO DE LAS SUPERFICIES

701. Generalidades.

a) Acabado de una superficie es el término usado para denominar el proceso o método de revoltura, vaciado y cura del concreto, mediante el cual se produce una apariencia y textura deseadas en el concreto.

b) Los requisitos de las secciones de este informe, relativos a materiales formas, revoltura, cura, transporte, colado y protección del concreto, deben regir siempre, excepto cuando intervengan los requisitos especiales.

c) La operación de colado entre dos juntas de construcción o expansión, prescritas, debe ser continuo, amén que los planos demuestren algún punto o puntos donde éste puede ser suspendido.

d) Siempre que se desee lograr una apariencia uniforme de la superficie, se debe utilizar, para toda la obra, una sola marca de cemento y la misma clase y tamaños de los agregados.

702. Moldes.

a) Los moldes para las superficies bien acabadas deben ser tersos y a prueba de fugas del mortero. Si los moldes son de madera, las tablas deben ser de un espesor uniforme, de madera con machimbre, acepilladas en la cara que vaya con el

concreto, y unidas y sujetadas fuertemente, excepto en aquellos casos en que sea necesario un tratamiento especial.

b) Los moldes deben construirse en forma tal que sea posible su desmantelamiento por secciones, y sin riesgo de dañar la superficie del concreto. Los moldes deben retirarse tan pronto como sea posible, a fin de efectuar las reparaciones necesarias para dar a la superficie el acabado deseado. Tan luego como se quiten, hay que proceder a rebasar todas las protuberancias indebidas y rellenar los vacíos y partes defectuosas con concreto o mortero, de composición semejante al usado en la superficie. Después de efectuar las reparaciones necesarias, la superficie debe acabarse con una plancha de madera, a fin de evitar el rayado, decoloramiento u otras imperfecciones en la misma. No debe permitirse el uso de enyesados, ni tampoco debe usarse la cuchara de acero del albañil, para dar el acabado a las superficies.

703. Preparaciones para el acabado de la superficie.

a) Cuando un mortero para superficies sea la base del acabado, valiéndose de alguna herramienta adecuada se deberá retirar el agregado de la superficie de los moldes, de manera que contra éstos quede una capa pareja de mortero, teniendo cuidado que no se formen vacíos ni bolsas de agregado grueso.

b) Si los planos o las especificaciones piden una superficie con acabado especial, el trabajo de preparación debe ejecutarse conforme lo especificado.

704. Generalidades.

a) Pueden utilizarse métodos y materiales modernos para el decorado del concreto arquitectónico, expresando las ideas y gustos del proyectista con una variedad muy amplia de motivos, colores y texturas.

b) Los acabados decorativos en superficies expuestas, de concreto, pueden clasificarse como sigue:

se ligan en las juntas. Cuando no hay mucha irregularidad en los claros, altura de los pisos o cargas, el método general del apéndice 2 puede utilizarse para la determinación de los momentos en los centros de los apoyos. En el caso de vigas apoyadas en traveses, el empotramiento debido a la resistencia a la torsión de la trabe puede considerarse igual al que proporcionaría una columna que tuviera un factor de rigidez igual a la mitad de la rigidez de la viga que se apoya en la trabe.

c) Los momentos flexionantes deben calcularse de acuerdo con la distribución de carga viva recomendada en 803 a).

d) Para proporcionar la pieza puede utilizarse el momento correspondiente a la cara del apoyo. Este momento puede obtenerse aproximadamente restando al momento correspondiente al centro del apoyo $Va/3$, en donde V es el esfuerzo cortante en la cara del apoyo y a es el ancho del mismo.

e) Los momentos positivos pueden calcularse por los métodos comunes de estática, pero el mínimo admisible será $0.04 pl^2$.

LOSAS DE DOS SENTIDOS APOYADAS EN LOS CUATRO LADOS

809. Generalidades.

a) Estas recomendaciones se refieren a losas (nervuradas o planas) aisladas o continuas, apoyadas en sus cuatro lados sobre muros o traveses construídas monolíticamente con las losas. Los coeficientes recomendados como en el caso de losas planas están basados, en parte, en análisis y, en parte, en pruebas experimentales. †

† En general, los coeficientes y métodos contenidos en estas especificaciones están basados en los coeficientes propuestos por el Dr. H. M. Westergaard (Fórmulas for the design of rectangular floor slabs and supporting girders, p. 26. Proceedings of the American Concrete Institute for 1926). Se han hecho algunas modificaciones a estos coeficientes, am-

3.—El momento resultante (positivo o negativo) cerca del centro de un claro, considerando éste descargado y los adyacentes cargados.

c) Al calcular el momento flexionante cerca del centro de claros descargados de acuerdo con b) 3 anterior, puede considerarse que la resistencia a la torsión de las trabes de apoyo proporcionan un empotramiento a la losa, en forma tal, que los claros adyacentes pueden considerarse cargados con la mitad de la carga viva especificada.

d) Para proporcionar las secciones de las losas o nervaduras, pueden considerarse los momentos negativos correspondientes a las caras de los apoyos.

e) En el apéndice 2, se indica el método general para el cálculo de los momentos en el centro de los apoyos, que se puede aplicar a las especificaciones anteriores. El momento positivo en el centro del claro puede obtenerse por los métodos ordinarios de estática, siendo el mínimo admisible el especificado en el párrafo 805 d).

807. Momentos flexionantes en losas apoyadas en un sentido (nervuradas o planas) de claros iguales.

a) Para el caso especial de claros y rigideces iguales con carga uniforme, las especificaciones 806 a), b) y c) se satisfacen con los coeficientes del apéndice 3.

808. Momentos flexionantes en vigas y trabes.

a) Los momentos positivos y negativos en vigas y trabes, diseñadas para construirse monolíticamente con las columnas, vigas o muros, deben calcularse de acuerdo con la teoría de los marcos elásticos.

b) En construcción de edificios, las piezas horizontales de la estructura deben proyectarse como empotradas, por la continuidad de unas con otras, por los apoyos y otras piezas que

1º Decorados prevaciados, 2º, ornamentación monolítica, 3º, tratamiento de la superficie después del desmantelamiento de los moldes, y 4º, aplicación de algún acabado.

705. Decorados precolados.

Las piezas ornamentales precoladas deben aplicarse a la cara interior de los moldes, colocadas en las aberturas de los moldes, que con tal objeto se dejen. Estas piezas, generalmente, se hacen de piedra vaciada, sirviéndose para ello de modelos aprobados. El anclaje de la pieza con la superficie estructural se logra por medio de ensambladuras, asas, anclas, de metal no corrosivo, o algún otro método de anclaje aprobado.

706. Ornamentación monolítica.

a) Se consigue la ornamentación monolítica colando el concreto en moldes, con modelos negativos. Los modelos o formas estampadas, pre-construídas, deberán ir aseguradas perfectamente al cimbrado. Los moldes de material absorbente deben tratarse, a fin de evitar la absorción de la humedad. Se requiere un cuidado especial en el diseño de las revolturas y en el colado para el concreto ornamental, a fin de garantizar su sanidad estructural y el acabado deseado.

b) Las muestras ya terminadas de los modelos positivos, deben llenar los requisitos referentes a artesanado, forma, textura y vista.

c) En caso que sean necesarias, se podrán hacer juntas de construcción en la ornamentación monolítica, pero deberán situarse y construirse de tal manera que no constituyan un defecto para la obra acabada. Cuando los moldes sean quitados antes de los 7 días, inmediatamente se deberá comenzar a regar la superficie, y mantenerla mojada, cuando menos, durante los 7 días subsiguientes. Todo trabajo de decoración debe resguardarse contra cualquier daño, hasta que haya sido aceptado.

707. Tratamiento de la superficie después de la remoción de los moldes.

a) La vista, textura y acabado deseados para una superficie, deben determinarse por medio de otras superficies de muestra. Si se desea que la superficie presente determinados dibujos, marcas, etc., se puede valer, para ello, de fibra, tabla manufacturada para tal efecto y lámina, los cuales deberán ir sujetos a la cara interior de las formas.

b) Si se va a utilizar para la superficie una revoltura especial, con agregados seleccionados, su colado debe efectuarse de manera que el espesor de esta capa superficial sea el requerido, y asegurando la adherencia entre ella y el concreto.

c) El tiempo que deba transcurrir antes de poder quitar los moldes, depende de la clase de acabado superficial que se desee. Si se desea una superficie áspera, las formas se deberán quitar tan luego como sea posible, y antes de que el concreto esté demasiado duro. La superficie deberá haber fraguado en forma absoluta, si su acabado se va a hacer con herramientas, raspado, o con arena lanzada a presión.

708. Tipo del acabado.

a) **Superficie rasada.** La superficie debe encontrarse perfectamente mojada, enseguida se raspará o esmerilará con carborundo, o algún otro material raspante, hasta que se logre una superficie tersa y uniforme. Se podrá utilizar mortero de cemento para raspar; en todo caso, no se le deberá dar a la superficie ninguna mano de brocha de mortero o cemento, después de haberle raspado.

b) **Superficie áspera.** La superficie debe encontrarse perfectamente mojada, enseguida se prosigue a tallarla con alguna piedra gruesa, o con cepillos de alambre, usando agua en abundancia, hasta que la capa de mortero haya desaparecido y quede expuesto el agregado, de manera uniforme. Habiendo terminado con esto, se lavará la superficie con agua

tierra, asentamiento desigual de la cimentación, etc., el análisis deberá incluir el efecto de estas fuerzas adicionales.

b) Para estructuras de edificios fuera de lo común, traveses de puente continuas, arcos u otros tipos de estructuras estáticamente indeterminadas, se recomienda el empleo de métodos rigurosos de análisis.

c) Para construcción de edificios comunes, los métodos aproximados de análisis de marcos, son satisfactorios.

d) Independientemente del método empleado para la determinación de los momentos flexionantes, todas las piezas horizontales de la estructura deben calcularse para resistir un momento positivo cerca del centro del claro no menor de $0.04 w l^2$.

806. Momentos flexionantes en losas apoyadas en un sentido. (Planas o nervaduras).

Claros de cualquier longitud y carga.

a) Las losas de pisos sobre una serie de claros deberán diseñarse como empotradas por la continuidad de unas con otras. Los empotramientos originados por los apoyos, pueden despreciarse, salvo cuando éstos sean rígidos y cuando se provea especialmente como se indica en c) a continuación. Sin embargo, deberá considerarse un momento negativo de no menos de $0.12 pl^2$ por metro de ancho de losa en el lado discontinuo.

b) Se recomienda que se calculen los momentos flexionantes de acuerdo con la siguiente distribución de carga viva:

1. El momento negativo máximo en el apoyo para dos claros adyacentes cargados.
2. El momento positivo máximo cerca del centro de un claro, considerando los claros adyacentes descargados.

mente en el concreto, con espaciamento máximo de 16 diámetros de la varilla. La efectividad del refuerzo a la compresión para resistir flexión puede aceptarse como el doble del valor indicado por los cálculos, suponiendo una relación lineal entre el esfuerzo y la fatiga y la relación de módulos dado en la tabla 7, párrafo 878. Sin embargo, en ningún caso deberá admitirse una fatiga mayor de 1 125 Kg/cm².

d) Limitaciones en vigas T y vigas L.

1. En vigas T y L, el colado de la losa y la viga deberá hacerse conjuntamente o bien lograrse una buena junta.

2. El ancho efectivo de patín utilizado en el diseño de vigas T no deberá exceder un cuarto del claro de la viga, ni la parte que vuela fuera del alma deberá exceder ocho veces el espesor de la losa o la mitad del claro libre a la siguiente viga.

3. Para vigas con patín a un lado solamente, el ancho efectivo del patín que vuela fuera del alma, no excederá 1/12 del claro de la viga ni seis veces el espesor de la losa, ni la mitad del claro libre a la siguiente viga.

e) Refuerzo transversal en el patín de vigas T y L.

Cuando el refuerzo principal de la losa es paralelo a la viga, deberá proveerse con refuerzo transversal en el lecho superior de la losa. Este refuerzo puede proyectarse para tomar la carga en la porción de la losa que se considera como patín de la viga T.

805. Momentos flexionantes en los marcos.

a) En marcos monolíticos o estructuras continuas, las piezas deberán calcularse para resistir los momentos flexionantes y esfuerzos cortantes producidos por las cargas viva, muerta y las originadas por la presión del viento, de acuerdo con los métodos de análisis del marco elástico. Para condiciones especiales, tales como fuerza centrífuga, impacto, fuerzas de tracción y frenado de cargas de ferrocarril, temblores de

limpia. Si algunas partes de la superficie se han endurecido al grado de no poderlas rebajar al nivel de lo demás, se diluye ácido hidrociorhídrico (ácido comercial, diluido con 4 hasta 10 partes de agua), el cual se aplica y facilita la tarea. Finalmente, el ácido se remueve lavando la superficie con agua limpia.

c) **Acabado con arena a presión.** Para este método la superficie del concreto debe estar perfectamente curada; se le dirige la arena a presión, usando, para el caso, arena dura y cortante, hasta que el agregado aparezca en forma uniforme.

d) **Acabado a herramienta.** El concreto debe encontrarse perfectamente curado, enseguida se procede a rebajarlo, hasta dejar una superficie tersa y pareja. Las herramientas que, generalmente, se usan son eléctricas o neumáticas. Se pueden obtener varios grados de tersura, como el llamado "acabado a mano", áspero, o con puntos finos, rugoso o amartelinado, de acuerdo con lo especificado o elegido de las superficies de muestra.

e) **Tallado con arena.** Los moldes deben quitarse antes que el concreto esté bien endurecido; luego se moja la superficie y se talla con una tabla, a la vez que se riega arena fina en la superficie. Se debe imprimir un movimiento circular, uniforme, hasta que el acabado se vea parejo y uniforme.

709. Acabado aplicado.

a) Si se trata de revestir el concreto con algún acabado en la superficie, ésta se deberá quitar en una profundidad de unos 2 mm., hasta dejar expuesto el agregado y obtener una superficie limpia, firme y granulosa, adecuada a la adherencia con el acabado. Se puede usar algún compuesto químico en la cara interior de las formas, para retardar el fraguado del concreto; si esto se hace, es necesario limpiar la superficie y quitar todo el material suelto antes de proceder con la aplicación del colado. Si se adopta algún acabado por medios mecá-

nicos, hay que tener cuidado de no dejar lugares sin haberlos tratado. Es posible obtener una superficie de adherencia adecuada, si para los moldes se usa la madera indicada, o se reviste ésta con algún material adecuado.

b) Cuando se aplique la primera capa de mortero o estuco, el concreto debe encontrarse perfectamente mojado, pero pero sin que haya acumulaciones de agua libre en la superficie.

SUPERFICIES DE DESGASTE

710. Colados de una capa.

En los colados de una sola capa, las losas deben vaciarse de manera continua, hasta lograr el peralte necesario y sin cambio de proporciones. Debe usarse la menor cantidad de agua para la revoltura, sujetándose a las condiciones del colado. Las proporciones deben ser tales que no se utilicen más de 5 galones de agua (incluyendo lo del agregado), para cada costal de cemento de 94 lbs.

711. Colados de dos capas.

a) En los colados de dos capas, la superficie de desgaste se puede colar antes o después de que la base fragüe. Para los pavimentos o carreteras, la capa superior debe tener un espesor mínimo de 5 cm. Para los pisos sujetos a un desgaste secero, esta capa no debe ser menor de 2.5 cm. de espesor; en las banquetas o pisos de uso ordinario se puede reducir a 2 cm.

b) La capa superior deberá vaciarse a los 45 minutos de haber colado la base, si es que no se desea esperar hasta que endurezca.

El firme, fresco, debe encontrarse libre de agua, acumulaciones lechosas, materia extraña y partículas sueltas.

c) Si el colado de la capa superior se va a hacer sobre una base endurecida, esta se debe picar para aumentar la adhe-

d) Estructuras en regiones sujetas a temblores.—En estructuras sujetas a temblores deberá hacerse un análisis especial para determinar los esfuerzos probables que resulten y que deberán agregarse a los que se obtengan con las cargas estáticas o móviles.

DISEÑO DE MARCOS, TRABES Y LOSAS DE UN SENTIDO

804. Generalidades.

a) Claro efectivo para la determinación de momentos flexionantes.

1. En las trabes, losas o marcos elásticos continuos, el claro efectivo que debe tomarse es el de la distancia de centro a centro de apoyos.

2. En trabes o losas de un claro, libremente apoyadas, el claro efectivo que debe tomarse es la distancia de centro a centro de apoyos, pero sin exceder del claro libre más las distancias a los centros de las áreas de apoyo necesarias.

3. En losas coladas junto con los apoyos, cuando éstos son suficientemente rígidos para asegurar empotramiento a la losa, el claro efectivo puede tomarse igual al claro libre entre apoyos.

b) Apoyo lateral.—Si la distancia entre apoyos laterales de trabes excede 24 veces el ancho menor de la cara de compresión, la fatiga unitaria admisible deberá reducirse. En ningún caso deberá ser la distancia entre apoyos, mayor de 26 veces la dimensión menor, en cuyo límite la reducción de fatiga deberá ser del 50%. Para relaciones intermedias de claro a ancho deberán hacerse reducciones proporcionales.

c) Refuerzo de compresión en trabes.—El refuerzo a la compresión en trabes o vigas deberá asegurarse contra flambes por medio de amarres o estribos anclados conveniente-

7. Cuando se considere la contracción como factor importante en el diseño, puede suponerse que varía de .00015 a .00045, dependiendo del tamaño de la pieza y de las condiciones de humedad del lugar.

803. Cargas.

a) Carga uniforme.—Se reconoce que la hipótesis convencional de carga uniforme es un procedimiento empleado para facilitar el diseño y es solamente una aproximación a las cargas de los pisos en servicio. Sin embargo, se ha encontrado que la carga uniforme cubre convenientemente las variaciones de carga parciales en los edificios y que puede aceptarse salvo cuando haya cargas fijas. Para un edificio común, el siguiente arreglo de claros cargados para la determinación de los momentos flexionantes máximos positivos y negativos, es el que se recomienda, excepto cuando hay condiciones especiales que indiquen la conveniencia de un análisis más cuidadoso:

1. Claros alternados cargados, con un máximo de tres claros cargados.
2. Dos claros adyacentes cargados y los otros descargados.

b) Cargas móviles: En estructuras sujetas a cargas móviles, los momentos flexionantes y esfuerzos cortantes que deben utilizarse en el diseño, deben ser los valores máximos que resulten para una posición probable cualquiera, del sistema de cargas convencional o real.

c) Impacto.—Para cargas móviles u otras que produzcan impactos, deberán tomarse las medidas necesarias en las diversas porciones de la estructura para resistir estos efectos. En el cálculo deberá tomarse en consideración la relación de carga viva a carga muerta.

rencia, mojar, inmediatamente antes de principiar el colado, y aplicar, con una brocha gorda, una capa delgada de pasta de cemento. Habiendo hecho esto se deberá proceder al inmediato colado de la capa de desgaste.

712. Agregados.

Los agregados deben sujetarse a los requisitos de las especificaciones, en las Secs. 207-S hasta 219-S. El grado granulométrico del agregado grueso debe ser del Núm. 4 a $\frac{3}{8}$ ", o del Núm. 4 a $\frac{1}{2}$ ".

713. Proporciones.

Para las superficies que no estén sometidas a acciones raspantes o de severo desgaste, las proporciones deben ser 1 parte de cemento y no más de 2 partes de agregado fino. Para superficies de un desgaste severo, las proporciones deben ser, 1 parte de cemento, no más de 1 parte de agregado fino y no más de 2 partes de agregado grueso de la granulometría especificada.

714. Acabado.

a) La capa colada sobre el firme, no endurecida, debe terminarse en una superficie verdaderamente plana y luego acabarse, a la textura deseada, con una madera o cuchara de albañil. También podrán usarse maquinas adecuadas para el caso. La superficie no debe regarse con cemento o una revoltura de cemento y agregado fino, con el fin de absorber la humedad o aumentar la consistencia de la revoltura.

b) La capa colada sobre una base endurecida debe terminarse y vibrarse, utilizando rodillos, vibradores o pisones. El acabado puede lograrse con una madera o con cucharas de acero, también mecánicamente.

715. Cura.

Tan luego como esté terminada la superficie de desgaste, y que haya endurecido al punto que no se le pueda causar daño, debe regarse o cubrirse con arena o algún otro material apropiado. Debe mantenerse húmeda durante un período no menor de 10 días, si se utilizó cemento portland normal y de 3 días, si se trata de cemento portland de fraguado rápido y alta resistencia.

GRANITO ARTIFICIAL**716. Métodos de adherencia.**

El acabado de granito artificial debe ir adherido al firme de concreto estructural, de acuerdo con el método 1; si va separado de el firme de concreto, o de la superficie de apoyo, debe seguirse el método 2.

GRANITO ARTIFICIAL**Método 1****717. Tratamiento del firme.**

La superficie del firme estructural de concreto, sobre la cual se va a colar el granito artificial, debe estar cuando menos, a 5 cm. abajo del nivel del piso ya acabado. El firme debe estar libre de toda partícula suelta y materia extraña, perfectamente mojado con una capa de cemento, aplicado con brocha gorda, en una distancia que siempre vaya adelante del colado del mortero.

718. Capa de mortero.

Sobre el firme de concreto deberá colarse una capa de mortero, de espesor no menor de 3.2 cm., y terminarse a una distancia no menor de 2 cm. de la superficie del piso acabado.

1. Las secciones planas, normales al eje, permanecen planas después de la deformación.

2. Se considera que al flexionarse la pieza, el concreto no toma tensiones.

3. La relación de los módulos de elasticidad del acero y del concreto para una resistencia dada, dentro de los límites de las fatigas de trabajo, es constante en miembros sujetos a flexión. Esta relación, sin embargo, no se considera tan fija en el caso de columnas o en el caso de refuerzo de compresión en piezas a flexión, donde, debido al escurrimiento plástico, el refuerzo tomará mayor fatiga de la que le correspondería considerando constante el valor de la relación de los módulos.

4. El momento de inercia de miembros sujetos a flexión para los fines de la determinación de la rigidez relativa, puede ser el correspondiente al área de la sección transversal de la pieza, considerando una tolerancia razonable para el efecto del ancho del patín en vigas T permitido según el párrafo 804 d). Para columnas u otras piezas sujetas a compresión, el área transformada del acero de refuerzo deberá incluirse.

5. Los esfuerzos originados por cambios de temperatura y contracciones se desprecian en el cálculo para edificios de dimensiones ordinarias (véase párrafo 510 para recomendaciones relativas a juntas de dilatación y refuerzo de temperatura).

6. En estructuras tales como arcos, puentes de marco elástico y tipos semejantes, en donde los cambios de temperatura son un factor importante para los esfuerzos resultantes, se supone que la variación de temperatura se distribuye uniformemente en toda la pieza afectada. Para los fines de diseño, el coeficiente de dilatación puede tomarse igual a 0.000 011 por grado C.

ladas; las columnas, como miembros sujetos a compresión con carga axial y el sistema de pisos mediante coeficientes aplicados a los momentos en los extremos y centro de los claros. En algunos casos también se han utilizado coeficientes aplicados a los momentos para la determinación de la flexión en columnas, originada por cargas asimétricas en los pisos.

d) Aunque tal procedimiento ha dado por resultado, aparentemente, diseños seguros en el caso de edificios con columnas espaciadas uniformemente, sin embargo, con el advenimiento de nuevos métodos de análisis, se ha hecho evidente que el grado de seguridad no era uniforme en toda la estructura y en algunos casos, ni siquiera igual al que se había intentado dar en el diseño. En el caso frecuente de espaciamiento irregular de las columnas o alturas variables en los pisos, el diseño basado en los coeficientes de momentos usuales conduce, a menudo, a diseños inadecuados y muy frecuentemente a falta de uniformidad en el factor de seguridad en los diversos miembros de la estructura.

e) La Junta reconoce que en la actualidad hay métodos de análisis más exactos para uso general aplicable al diseño de edificios y otras estructuras de marcos, que dichos métodos se pueden simplificar sin sacrificar exactitud. En ellos se toman en cuenta los efectos de continuidad, y, por lo tanto, aseguran mayor uniformidad en el factor de seguridad. La necesidad de tal mejora en el diseño resalta más con la introducción de concretos de mayor resistencia y menor peso y el consiguiente aumento en las fatigas de trabajo. La consideración de continuidad es especialmente importante en los casos de claros desiguales cargados alternativamente cuando la relación de carga viva a carga muerta es grande.

802. Hipótesis.

El diseño de marcos, trabes y losas de concreto reforzado, está basado en las siguientes hipótesis:

El mortero debe consistir de 1 parte de cemento portland y no más de 4 partes de arena, y con el agua suficiente para producir un mortero de la mayor consistencia, que permita terminarlo dejando rectas sus aristas.

719. Tiras metálicas.

Se deben encajar en el mortero, y antes que endurezca, unas tiras metálicas seccionadoras. Deben situarse de manera que controlen la formación de grietas, y estén de acuerdo con el diseño y presentación requeridos. El metal no debe ser menor del calibre 20. El borde superior de las tiras metálicas debe sobresalir, cuando menos, 1 mm. de la superficie ya acabada del piso.

720. Revoltura para granito artificial.

La revoltura para granito artificial debe consistir de una parte de cemento portland blanco, gris o de color (según se desee), y no más de 2 partes por peso de pedacería de mármol, piedra, o de algún agregado cortante, o bien una revoltura de éstos, pero teniendo en cuenta el color, calidad y grado granulométrico deseados. La consistencia de la revoltura para granito artificial debe ser plástica y trabajable, debiéndose evitar las revolturas mojadas y fluídas. Las materias colorantes deben ser pigmentos minerales.

721. Colado.

Cuando el firme de concreto haya fraguado lo bastante para soportar el peso de los rodillos, se deberá hacer el colado de la revoltura para granito artificial, hasta una altura igual con el nivel superior de las tiras metálicas, después de haberse emparejado a este nivel, se procederá a la consolidación, pasando las varillas en sentido longitudinal y transversal. Durante la consolidación, la superficie se deberá regar con agregados adicionales, de color, granulometría y calidad requeridos, hasta que, aproximadamente un 70% de la super-

ficie esté formada por este agregado. Inmediatamente después de pasar los rodillos, la superficie debe emparejarse a cuchara, pero sin tratar de borrar las huellas de la cuchara.

722. Esmerilado y acabado.

Ya que el concreto Terrazo ha endurecido bastante, se debe esmerilar a mano, o con algún mecanismo apropiado, provisto de piedra carborundo o algún otro material cortante. El piso debe encontrarse húmedo durante el esmerilado. El material rebajado a esmeril debe quitarse por medio de escobillas de goma, o lavando con agua. Las bolsas de aire y lunares defectuosos, deben rellenarse con un mortero delgado, de cemento. Después de que esta pasta del cemento haya endurecido, durante unas 72 horas, la superficie debe someterse a otro esmerilado final, suficiente para remover la delgada película de pasta.

723. Cura.

Léase la Sec. 715.

724. Aseo.

Después de haber quitado todo el material suelto, la superficie debe lavarse con escobetón y jabón, usando para ello agua tibia y limpia; efectuado lo anterior, se secará.

TERRAZO

Método 2

725. Aplicación de arena y papel.

La superficie de la base estructural sobre la cual debe ir la revoltura para granito artificial, debe quedar a unos 5.6 cm. abajo del nivel del piso acabado. Sobre esta superficie se debe regar una capa, de unos 6 mm. de espesor, de arena fina y seca. La superficie de la capa de arena debe em-

CAPITULO VIII.

DISEÑO

801. Generalidades.

a) Al presentar recomendaciones para el diseño de estructuras de concreto reforzado, la Junta ha tomado en consideración los estudios recientes sobre escurrimiento plástico y tiempo de fraguado del concreto y la aplicación de la teoría del marco elástico en el diseño. Respecto al escurrimiento plástico, la Junta adopta la opinión dominante de que en miembros sujetos a flexión hay un ajuste en las fatigas del concreto y acero en cantidades moderadas, para que la capacidad de carga de la pieza no se altere. De hecho, de acuerdo con este criterio el escurrimiento plástico puede ayudar a la estructura dando lugar a una distribución más uniforme de esfuerzos al ceder las secciones más fatigadas.

b) Respecto a la teoría del marco elástico, la Junta adopta el criterio de que el diseño de un marco monolítico considerado como la agrupación de miembros aislados no es factible. Las estructuras de edificios y otros tipos se construyen, generalmente, con las diversas piezas unidas rígidamente entre sí. Esta característica de continuidad en la construcción complica el problema de la determinación del valor y clase de flexión en las secciones críticas de las estructuras.

c) En el diseño de edificios ha sido práctica común por muchos años, proyectar las columnas y trabes como piezas ais-

731. Aplicación de las pinturas de cemento portland.

a) **Condición de la superficie.** La superficie debe encontrarse limpia y libre de tierra, aceite, grasa y eflorescencias y estar uniformemente humedecida al momento de iniciar su pintura. La superficie se debe humedecer con anticipación, a fin de dar lugar a que el agua en exceso escurra y, por tanto, no se encuentren acumulaciones de agua libre.

b) **Aplicación y cura.** Después de que la primera mano de pintura haya endurecido suficientemente, se debe rociar con agua toda la superficie, antes de poder aplicar la segunda capa. Tan luego como esta segunda capa de pintura haya secado suficientemente, se debe rociar de igual manera que en la capa anterior, y mantenerse mojada, cuando menos, durante 3 días, para garantizar la cura y endurecimiento adecuados de la pintura.

parejarse hasta quedar uniforme. En seguida, sobre la arena se colocará papel impermeabilizado; el papel debe sobresalir unos 2.5 cm. en los extremos y lados del colado.

726. Construcción.

A continuación, se colará la base de mortero sobre el papel; el colado para granito artificial, para este caso, será idéntico al descrito en el método 1 (Secs. 717 a 724).

USO DE COLORANTES

727. Pigmentos.

a) **Calidad de los colorantes.** Deben usarse solamente aquellos colorantes que sean insolubles en el agua, que no contengan ácidos y sales solubles, que se conozca de manera definitiva que no reaccionen con el hidróxido de calcio puesto en libertad durante el fraguado del concreto, y que no destiñan. Los pigmentos inorgánicos son preferidos; los agentes colorantes orgánicos deben usarse solamente cuando reúnan las características anteriores.

b) **Proporción del colorante.** Los pigmentos con peso específico igual a 3.0, o más, no deben intervenir en una cantidad mayor de 10% del peso del cemento. Aún menor será la cantidad admisible de pigmentos cuyo peso específico sea menor de 3.0. Cuando haya duda respecto de la cantidad de pigmento que se debe usar para una obra determinada, deberán efectuarse pruebas en las cuales intervengan todos los materiales en sus proporciones prescritas para la obra. En estas muestras de prueba se tomará nota de su apariencia, efecto que el pigmento produce en las propiedades físicas y, particularmente, la resistencia y cambio de volumen del concreto.

c) **Revoltura.** De preferencia el pigmento debe agregarse en el momento en que se muele el concreto, es decir, en la fábrica; si éste no es obtenible, se debe efectuar la revoltura

simultánea del pigmento, cemento y agregado fino, todo en seco, prosiguiendo la revoltura hasta lograr que el color sea uniforme en toda la masa.

728. Agregados de color.

Se pueden usar agregados de color siempre que, mediante pruebas, se haya confirmado que un concreto, producto de estos agregados, tiene las propiedades deseadas, que los colores son firmes y que no reaccionarán con el hidróxido de calcio puesto en libertad durante el fraguado del concreto. Por lo general, ha sido satisfactorio el uso como agregado de color, de los agregados naturales, aquellos producidos triturando y tamizando los productos vitrificados de la cerámica, vidrios de color, etc. Estos materiales deben considerarse y usarse como agregados normales.

PINTURAS

Las pinturas que generalmente se usan para el concreto, pueden considerarse de tres clases: pinturas oleaginosas con plomo, pinturas oleaginadas con cemento y pinturas de cemento portland.

a) "Oleaginosas con plomo", es el término general que se aplica a las pinturas que se basan en el principio de moler el pigmento, por ejemplo, el plomo blanco, en un vehículo, como es el aceite de linaza, al cual se le suman sustancias adelgazadoras y secadoras. Las pinturas modernas de este tipo, pueden consistir de muchos otros pigmentos que no sean el plomo blanco; igualmente, hay numerosas sustancias que pueden substituir el aceite de linaza.

b) "Oleaginosas con cemento", es el término general que se aplica a las pinturas que se fabrican moliendo el cemento portland y el pigmento, en un aceite o vehículo resinoso sintético.

c) "Pinturas de cemento portland", es la denominación general dada a las revolturas de cemento portland y pigmento. Para su aplicación, la revoltura se prepara revolviéndose con agua.

730. Aplicación de las pinturas oleaginosas, con plomo, y oleaginosas con cemento.

a) **Tiempo que debe transcurrir antes de pintar el concreto.** Pasado el período de cura del concreto, debe transcurrir un lapso de unas 8 a 10 semanas, antes de que se pueda proceder a pintar. La alcalinidad de la superficie por pintar se debe reducir aplicando una solución consistente en dos o tres libras de sulfato de zinc por galón de agua. Cuando esta solución se haya secado, se deberán barrer todos los cristales que hayan aparecido en la superficie. La aplicación de esta solución no es necesaria tratándose de cemento o estuco antiguos.

b) **Condición de la superficie.** La superficie debe encontrarse limpia y libre de tierra, aceite, grasa y eflorescencias, y estar absolutamente seca al ser pintada. Se supondrá que la superficie está adecuada para recibir la pintura si al mojarse absorbe rápidamente el agua.

c) **Número de capas de pintura.** El número necesario de capas de pintura dependerá de la porosidad del concreto y, por regla general, no deberá ser menor de tres para las superficies que nunca hayan sido pintadas. La primera capa debe ir con pintura muy delgada, a fin de que penetre en la superficie. La segunda capa debe contener mayor proporción de pigmento (la proporción necesaria depende del poder de absorción que aún tenga la superficie). El número de capas preliminares debe ser tal que a la capa final no se le reste nada de su contenido de aceite, y, por tanto, no presente el acabado brillante y uniforme deseado.

cm² (40000 lbs/pulg²) para varilla de acero medio laminada en caliente, 3500 Kgs/cm² (50000 lbs/pulg²) para acero duro y 4200 Kgs/cm² (60000 lbs/pulg²) para alambre laminado en frío.

El refuerzo en espiral deberá consistir en espirales continuas con espaciamiento uniforme sujetas firmemente en su lugar por medio de no menos de 3 barras verticales o separadores. Para columnas hasta de 45 cms. (18") de diámetro en el corazón, el diámetro mínimo de las espirales deberá ser de 1/4". Para columnas mayores de 45 cms. (18") de diámetro en el corazón el diámetro mínimo de las espirales será de 3/8". Deberá anclarse refuerzo en espiral mediante 1.5 vuelta adicional de la varilla o alambre en el extremo de cada hélice. Cuando sean necesarios los empalmes, deberán hacerse mediante soldadura o traslape de 1.5 vuelta. El paso de las hélices no será mayor de 1/6 del diámetro del corazón. El claro libre entre las espirales no será mayor de 7.5 cms. (3") ni menor de 3 cms. (1 3/8") o 1.59 vez el tamaño máximo del agregado grueso empleado.

El refuerzo de la columna deberá quedar protegido en todos los lugares por un recubrimiento de concreto colado juntamente con el corazón de la columna, para el cual el espesor no será menor de 4 cms. ni menor de 1 1/2 vez el tamaño máximo del agregado grueso ni será menor del requerido para protección contra incendios y medio exterior según los párrafos 505 y 506. El refuerzo helicoidal deberá extenderse del nivel del piso al nivel del refuerzo horizontal más bajo de la losa, o del ábaco o de la viga. En una columna con capitel deberá prolongarse hasta el plano en que el área de la sección del capitel sea doble de la sección de la columna.

e) Límites de secciones de columnas.—Para columnas construídas monolíticamente con muros o pilas de concreto,

mentos positivos al centro del claro, son suficientemente conservadores para considerar los casos comunes. Sin embargo, cuando se requiera hacer una distribución de momentos de apoyos muy considerable, los momentos del centro deberán investigarse.

813. Esfuerzo cortante en losas.

Las fatigas por esfuerzo cortante en las losas deben calcularse, considerando que las cargas están distribuídas a las trabes de apoyo de acuerdo con el párrafo 815.

814. Espesor mínimo de losas.

El espesor de las losas no deberá ser menor de 10 cms. ni menor que el valor calculado con la siguiente fórmula:

$$t = \left(1 + \frac{l}{m} - \frac{N}{10} \right) \times \frac{1}{72} \times \sqrt[3]{\frac{176}{f'_c}}$$

Donde t = Espesor de la losa en cms.

l = en cms. y m como en párrafo 810 (c).

N = Longitud total en cms. de perímetro de losa, que es continua con las losas adyacentes.

815. Cargas y momentos flexionantes en las trabes de apoyo.

a) Distribución de la carga.—Las cargas en las trabes de apoyo para un tablero de losas en dos sentidos puede considerarse como la carga uniformemente repartida dentro del área tributaria del tablero limitada por la intersección de líneas a 45° a partir de las esquinas, con la línea central del tablero, paralela al lado mayor.

b) Carga total y esfuerzo cortante.—De acuerdo con la distribución de carga de a) anterior, las cargas totales en los claros corto y largo en las trabes de apoyo, debidas a una losa cargada, están dadas respectivamente por las fórmulas siguientes:

$$P_c = \frac{pl^2}{4}$$

$$P_L = \frac{pl^2}{4} \left(\frac{2-m}{m} \right)$$

Los esfuerzos cortantes en los extremos pueden obtenerse de las cargas anteriores haciendo las modificaciones usuales en las reacciones para cualquier diferencia en los momentos de los extremos.

c) Momentos flexionantes.—Los momentos flexionantes pueden obtenerse, para la distribución de carga supuesta, por los métodos de estática apropiados a las condiciones de apoyo, o pueden determinarse aproximadamente, transformando la carga sobre las traveses, a la carga uniforme equivalente por metro lineal de trabe como sigue:

$$\text{Para el claro corto, } = \frac{pl}{3}$$

$$\text{Para el claro largo, } = \frac{pl}{3} \left(\frac{3-m^2}{2} \right)$$

TENSION DIAGONAL Y ESFUERZO CORTANTE

816. Generalidades.

a) Para traveses homogéneas, el esfuerzo de tensión diagonal está dado por fórmulas bien conocidas como un esfuerzo combinado. Este esfuerzo es una función del esfuerzo cortante y esfuerzo de flexión en un punto cualquiera de la trabe. Donde el esfuerzo de flexión es nulo, por ejemplo, en el plano neutro, en los puntos de inflexión, o en los apoyos de traveses libremente apoyadas, el esfuerzo de tensión diagonal es igual al esfuerzo cortante y está inclinado un ángulo de 45° con el plano neutro.

b) Debido al carácter compuesto de las traveses de concreto reforzado, la acción del refuerzo resistiendo la tensión dia-

2. Para barras lisas, la longitud mínima de traslape deberá ser 25% más grande que la especificada para barras corrugadas.

Cuando ocurran cambios en la sección transversal de una columna, las barras longitudinales deberán inclinarse para abarcar toda la longitud de la columna, o interrumpirse en una zona donde haya apoyos laterales por el capitel, la losa del piso, amarres metálicos o refuerzo en espiral. En donde se corten las barras, el total de la porción inclinada no deberá exceder de 1 a 6 respecto al eje de la columna, y las barras a cada lado deberán ser paralelas al eje de la columna.

Pueden hacerse empalmes de barras por medio de soldadura u otros medios eficaces en lugar de los traslapes. Los empalmes soldados deberán usarse preferentemente en los casos en que el diámetro de la barra es mayor de 1 1/4". Un empalme soldado adecuado es aquel en que las barras están soldadas a tope y que admiten un esfuerzo en tensión cuando menos igual a la fatiga crítica del acero de refuerzo empleado.

d) Refuerzo en espiral.—La relación de refuerzo en espiral p' no deberá ser menor que el valor dado por la fórmula (10).

$$p' = 0.45 \left(\frac{A_c}{A_g} - 1 \right) \times \frac{f'_c}{f'_s} \dots \dots \dots (10)$$

en donde p' = relación del volumen de refuerzo en espiral al volumen de concreto en el corazón (de exterior a exterior de las espirales).

$\frac{A_g}{A_c}$ = relación del área total de la columna al área del corazón de la misma.

f'_s = fatiga límite del refuerzo en espiral que deberá considerarse igual a 2825 Kg/

f'_c = resistencia del concreto a la compresión determinada por prueba experimental sobre cilindros normales para control, de 6 por 12 pulgadas según el párrafo 310.

f_s = fatiga **nominal** de trabajo en el refuerzo vertical de la columna, que debe tomarse igual al 40% del valor mínimo del punto crítico, esto es 1125 Kg/cm² (16,000 lbs/pulg.²) para acero de mediana calidad y 1400 Kg/cm.² (20,000 lbs/pulg.²) para acero duro o acero de riel.

b) Refuerzo longitudinal.—Cantidad y espaciamiento.—La relación p_g no deberá ser menor de 0.01 ni más de 0.08. El número mínimo de varillas será de 6 y el diámetro mínimo de las mismas de $\frac{5}{8}$ ". El espaciamiento centro a centro de las barras en la periferia del corazón de la columna no será menor de 2.5 veces el diámetro de barras redondas o 3 veces el lado de barras cuadradas. El espacio libre entre barras solas o pares de barras en los traslapes no deberá ser menor de 3.8 cms. ($1\frac{1}{2}$ " ϕ o 1.5 vez el tamaño del agregado grueso empleado). (Léase Sec. 504.)

c) Traslapes en el refuerzo longitudinal.—Cuando se hagan traslapes en el refuerzo vertical de la columna, el traslape mínimo deberá ser como sigue:

1. Para barras corrugadas, y concreto de 210 Kg/cm² (3000 lbs/pulg²) o más utilizando acero mediano, 24 diámetros; y para acero duro 30 diámetros. Para barras de acero con valor crítico de ruptura más alto, la longitud de traslape debe incrementarse en proporción a la fatiga nominal de trabajo. Cuando la resistencia del concreto sea menor de 210 Kg/cm² (3000 lbs/pulg²) la longitud de traslape deberá ser $\frac{1}{3}$ mayor que la dada anteriormente.

gonal no es susceptible de un análisis exacto. El diseño de este refuerzo está basado, por lo tanto, en métodos empíricos o racionales modificados. Estos métodos se dedujeron por observación de estructuras existentes y por pruebas experimentales, que no se aplican con certeza a las nuevas distribuciones de refuerzo, las cuales no han sido experimentadas.

c) Sin embargo, cuando se usa refuerzo del alma, tal como estribos verticales, barras dobladas o una combinación de éstos, la resistencia a la tensión diagonal se incrementa considerablemente.

Esto es especialmente cierto si se asegura una buena adherencia, ya sea mediante una fatiga de adherencia reducida o bien anclando convenientemente el refuerzo. La importancia del esfuerzo de adherencia es tal, que únicamente cuando todo el refuerzo está adecuadamente anclado, son admisibles altos valores para el esfuerzo cortante.

d) En vista de los datos disponibles, se recomiendan las siguientes hipótesis como bases apropiadas para el diseño.

1. El esfuerzo cortante vertical es una medida de la tensión diagonal en las vigas.

2. La efectividad del esfuerzo a la tensión diagonal está dada por la proyección de dicho refuerzo, sobre un plano inclinado a 45° respecto del eje neutro.

3. El refuerzo a la tensión diagonal toma los esfuerzos cortantes excedentes del admisible en vigas armadas, con refuerzo longitudinal solamente.

817. Esfuerzo cortante y tensión diagonal en vigas.

a) Las vigas (incluyendo nervaduras y otras piezas sujetas a flexión) deben proyectarse para resistir la tensión diagonal sin exceder las fatigas prescritas en el párrafo 878. La sección crítica para la tensión diagonal es la de la cara de los apoyos.

b) Para fines de diseño, se supone que la tensión diagonal está inclinada a 45° con el eje de la viga y su intensidad es la correspondiente al esfuerzo cortante, que está dada por la fórmula:

$$v = \frac{V}{b_j d} \dots \dots \dots (1)$$

en la que V = esfuerzo cortante total, vertical, en la sección.

jd = brazo de palanca del par.

d = ancho de la viga.

Para vigas de sección L o T, b es el ancho del alma de concreto. En el caso de que las caras del alma no sean paralelas puede aceptarse el ancho medio, siempre y cuando no exceda al ancho menor en más de 20%.

c) En una construcción, donde se utilicen nervaduras y se hagan rellenos de tabique o de concreto con una resistencia neta de compresión en la cubierta cuando menos igual a la del concreto de las nervaduras, y colocadas en tal forma que las juntas en hileras alternadas están a su vez alternadas, las cubiertas del relleno en contacto con las nervaduras pueden considerarse, al calcular el esfuerzo cortante, en una sección cualquiera de la nervadura.

d) Cuando el esfuerzo cortante calculado con la fórmula (1) exceda la fatiga (v_c) admisible para vigas, sin refuerzo por este concepto, (párrafo 878) se proveerá el refuerzo necesario para el esfuerzo cortante excedente del admisible sin refuerzo.

e) Cuando el esfuerzo cortante exceda $0.06 f'_c$, el refuerzo correspondiente debe proyectarse para resistir el esfuerzo cortante en su totalidad.

cuando el ancho de la ménsula sea igual al de la viga o tornapuntas y cuando menos la mitad del de la columna, y, además, que la cara de la ménsula forme un ángulo con la cara de la columna de cuando menos 45°.

b) Para todas las columnas, deberá considerarse la longitud que dé la mayor relación de largo a ancho de la sección.

854. Columnas con refuerzo helicoidal.

a) Carga admisible.—La carga axial máxima admisible P, en columnas reforzadas con barras longitudinales y refuerzo helicoidal, hélices de corto paso, rodeando a un corazón circular, está dado por la fórmula (9).

Las fatigas nominales de trabajo para el refuerzo de punto crítico superior pueden considerarse como el 40% de la fatiga del punto crítico, pero no mayores de 2 100 Kgs/cm² (3000 lbs/pulg.²) siempre que las propiedades de estos aceros que se utilizarán para refuerzo hayan sido especificadas concienzudamente mediante Standards de designación A. S. T. M. Si esto se ejecuta, las longitudes de los traslapes requeridos por c) deberán aumentarse proporcionalmente.

$$A_s = p_g A_g.$$

p_g = relación entre el área transversal efectiva del refuerzo vertical y el área total, A_g . Para ser lógicos el área de acero debería restarse de A_g en la fórmula. Sin embargo, el efecto de la pequeña área de concreto desplazada por el refuerzo se ha tomado en consideración al deducir el coeficiente 0.225 aplicado a f'_c .

$$P = 0.226 f'_c A_g + A_s f_s \dots \dots \dots (9)$$

en la que A_g = el área total de la columna.

nas cortas en las que la longitud del tramo libre no es mayor de 10 veces la menor dimensión de la sección. Cuando la longitud del tramo libre exceda este valor, el diseño deberá modificarse de acuerdo con el párrafo 858. Las columnas principales en edificios deben tener un diámetro o ancho mínimo de 25 cms. (10 pulgadas). Las demás columnas, muros de carga, pilas, etc., que no son continuas de un piso al otro deben tener un diámetro o ancho mínimo de 15 cms. (6 pulgadas).

853. Longitud libre de columnas.

a) Para los fines de la determinación de las dimensiones límites de columnas de concreto reforzado, la longitud del tramo libre deberá tomarse igual a la distancia entre las losas de los pisos, con las siguientes excepciones:

1. En la construcción de losas planas, deberá ser la distancia entre el piso y la extremidad inferior del capitel de la columna.

2. En construcción de vigas y losas deberá ser la distancia entre el piso y el lecho inferior de la viga más aperlaltada que se une a la columna en cada dirección en el nivel del siguiente piso.

3. En columnas sujetas lateralmente, con tornapuntas, deberá ser la distancia o claro libre entre tornapuntas en cada plano vertical; entendiéndose que los tornapuntas constituyen apoyos adecuados cuando 2 de ellos se unen con la columna, aproximadamente al mismo nivel y el ángulo entre los planos verticales que pasan por los tornapuntas no deben variar en más de 30° de un ángulo recto. Tales tornapuntas deberán ser de las dimensiones y anclajes adecuados para sujetar a la columna contra deflexiones laterales.

4. En columnas sujetas lateralmente con tornapuntas o vigas mediante ménsulas para la unión, deberá ser el claro entre el piso y el extremo inferior de la ménsula, siempre y

818. Tipos de refuerzo a la tensión diagonal en vigas.

El refuerzo a la tensión diagonal puede consistir en estribos verticales o inclinados, en barras dobladas o combinaciones de estos tipos. Las barras dobladas con una inclinación menor de 15° respecto al eje de la viga no deben considerarse como efectivas para refuerzo de tensión diagonal. Cuando el esfuerzo constante unitario v exceda de 0.06 f'_c deberá proveerse con barras dobladas o estribos inclinados además de los estribos verticales.

819. Diseño de refuerzo de tensión diagonal en vigas.

a) Se considera que el refuerzo a la tensión diagonal es efectiva solamente cuando está anclado en ambos extremos de acuerdo con los párrafos 828 y 830.

b) El refuerzo a la tensión diagonal, ya sea vertical o inclinado, se considera que contribuye a tomar únicamente la componente de dicha tensión diagonal según una dirección a 45° con el eje de la viga.

El espaciamiento de estribos (o longitud de viga en la cual es efectiva la barra de refuerzo) está dado por la fórmula:

$$s = \frac{A_r f_r j d (\cos x + \operatorname{sen} x)}{V} \dots \dots \dots (2)$$

en la que: s = distancia horizontal entre barras según el eje de la viga:

x = ángulo que forman las barras con el eje de la viga.

A_r = área total del refuerzo a la tensión diagonal normalmente a un plano cualquiera.

V = esfuerzo cortante vertical total, en exceso del que puede tomar la viga sin refuerzo a la tensión diagonal, de acuerdo con lo expresado en los párrafos 817 d) y e).

Para estribos verticales la fórmula se convierte en:

$$s = \frac{A_v f_s j d}{V} \quad (3)$$

y para estribos inclinados o barras dobladas a 45° :

$$s = \frac{A_v f_s j d}{0.7 V} \quad (4)$$

en donde $f_s = 1\ 265\ \text{Kg/cm}^2$ o menos, independientemente de la clase de acero empleado. Cuando se usen barras dobladas en un solo plano, la longitud efectiva s dada por la fórmula (2) deberá medirse: la mitad a cada lado del punto en que la barra corte al centro de la viga y no deberá exceder de $\frac{3}{4} d$.

c) El refuerzo a la tensión diagonal deberá espaciarse en tal forma que cada línea a 45° trazada a partir de la mitad del peralte de la viga (hacia abajo y en dirección al apoyo más cercano) al refuerzo longitudinal, deberá ser interceptada, cuando menos, por una línea de refuerzo a la tensión diagonal. Si el esfuerzo cortante unitario es mayor de $0.06 f'_c$ cada línea de las mencionadas anteriormente deberá ser interceptada, cuando menos, por dos líneas de refuerzo a la tensión diagonal.

d) Cuando se emplee más de un tipo de refuerzo para tensión diagonal, en un mismo tramo de viga, la resistencia total al esfuerzo cortante de este tramo es el correspondiente a la suma de las resistencias de los dos tipos de refuerzo calculados separadamente.

820. Esfuerzo cortante y tensión diagonal en losas planas.

a) El esfuerzo cortante en una sección vertical que dista el peralte efectivo de la orilla del capitel de la columna (o ménsula) paralela o concéntrica con ella, no deberá exceder

Si se provee de refuerzo en espiral que es un tanto más resistente que el recubrimiento, estos dos elementos (que no pueden trabajar simultáneamente) son intercambiables y justifican la fórmula en la que utiliza el área bruta de la columna, sin hacer referencia a la espiral. Las fórmulas para columnas zunchadas y en espiral se hacen idénticas entonces, excepto que en la última se admite 25% más de capacidad de carga debido a la presencia de refuerzo en espiral adecuado que toma parte de la carga en el caso de que el recubrimiento se agrietara o astillara.

c) El diseño de columnas largas, tanto zunchadas como reforzadas en espiral está considerado en una sola ecuación basada en la relación de la altura al diámetro. Con los datos de pruebas experimentales disponibles no se aumentaría la exactitud con basar el coeficiente de esbeltez en el radio de giro.

d) La forma de considerar la flexión en columnas es semejante a los métodos del párrafo 805 para vigas y marcos continuos. Los estudios recientes sobre escurrimiento plástico indican que los métodos comunes para analizar la combinación de flexión y esfuerzo directo no son exactos y que para casos en que el esfuerzo de compresión gobierne el diseño, la teoría de la "sección de concreto sin agrietar" se aplica sin grave error. Los esfuerzos combinados admisibles de los párrafos 860 y 861 están basados en datos de pruebas experimentales y consideran el hecho de que los esfuerzos admisibles de flexión pueden ser mayores que los esfuerzos axiales y están basados en el valor convencional de n que produce las condiciones probables más severas que pueden verificarse en el concreto con carga fija.

852. Limitación de dimensiones.

Los siguientes párrafos sobre columnas de concreto reforzado y compuestas (excepto párrafo 858) se aplican a colum-

los capiteles de columnas o ménsulas, salvo que el análisis y pruebas experimentales adecuadas, indiquen que los esfuerzos en las secciones principales e intermedias no exceden de los admisibles especificados en el párrafo 878.

b) Para estructuras que tengan un ancho de uno o dos tableros o que tengan losas de dimensiones marcadamente diferentes, deberá hacerse un análisis de los momentos tanto en las losas como en las columnas y las especificaciones recomendadas en los párrafos precedentes modificadas de acuerdo con el resultado de dicho análisis.

COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO

851. Generalidades.

a) Las siguientes recomendaciones están basadas, principalmente, en los resultados del American Concrete Institute Column Investigation. Reconociendo la presencia de un acortamiento perjudicial en la longitud de las columnas debido a escurrimiento y contracción cuando se utilizan porcentajes pequeños de refuerzo vertical, el valor mínimo aceptado para dicho porcentaje es 1%; aún más se recomienda un factor de seguridad que varía de 3.6 con $p = 0.01$ para columnas con refuerzo en espiral cargadas axialmente a 2.75 con $p = 0.08$. Una variación semejante se ha considerado para columnas zunchadas de 4.5 con $p = 0.01$ a 4.0 con $p = 0.04$.

b) La fórmula para columnas con refuerzo en espiral está basada en el hecho reconocido de que la resistencia producida por las espirales es acompañada de un agrietamiento en el recubrimiento del refuerzo de la columna y un acortamiento excesivo de la misma, por lo tanto, el refuerzo en espiral se utiliza solamente como un elemento que le da mayor resistencia o como una seguridad contra una falla repentina de la columna.

de los siguientes valores cuando se calculen con la fórmula (1):

1.— $0.03 f'_c$ en el caso en que cuando menos el 50% del refuerzo total negativo de la faja de columna pase por la sección.

2.— $0.025 f'_c$ en el caso en que el 25% del refuerzo total negativo de la faja de columna pase por la sección.

3.—Para porcentajes intermedios pueden utilizarse valores proporcionales de los esfuerzos cortantes.

b) El esfuerzo cortante vertical en una sección que dista un peralte efectivo de la losa (sobreraltada) y paralelo a la misma, no deberá ser mayor de $0.03 f'_c$ calculado con la fórmula (1). Cuando menos, el 50% del área de la sección transversal del refuerzo negativo a la faja de la columna deberá colocarse en la faja directamente de la losa, en la parte sobreraltada. (Véase párrafo 843.)

821. Esfuerzo cortante y tensión diagonal en cimientos.

a) El esfuerzo cortante calculado por la fórmula (1) en las secciones críticas (según se definen en párrafo 866 c) y d) no excederá de $0.02 f'_c$ para cimientos armados con barras rectas únicamente, ni de $0.03 f'_c$ cuando el refuerzo esté adecuadamente anclado por medio de ganchos u otras formas según lo manifestado en los párrafos 827 y 828.

b) Para cimientos combinados y cimentaciones de losa corrida los esfuerzos cortantes y refuerzo de tensión diagonal para vigas y trabes pueden tratarse en la misma forma que piezas sujetas a flexión, según se trató en los párrafos 818 y 819, excepto que el esfuerzo cortante unitario no debe ser mayor de $0.06 f'_c$.

822. Vigas acarteladas.

En vigas de peralte variable el esfuerzo cortante interior, resultante en una sección, está incrementado o reducido por las componentes verticales de esfuerzos inclinados (tensión o compresión) como se describe en el párrafo 825.

ADHERENCIA Y ANCLAJE**823. Generalidades.**

a) La teoría del concreto reforzado está basada en la hipótesis de que el esfuerzo se transmite de un material a otro por adherencia. En consecuencia, todas las piezas de la estructura deben proyectarse en tal forma que la transmisión de esfuerzos se realice sin que se excedan los valores límites recomendados como admisibles para adherencia.

b) En piezas sujetas a esfuerzos directos así como en los anclajes de refuerzo para flexión, se supone que el esfuerzo de adherencia se distribuye uniformemente en toda la superficie de la barra ahogada en el concreto.

c) En piezas sujetas a flexión, el esfuerzo de adherencia varía en proporción al monto de esfuerzo cortante exterior, y es máximo, generalmente, cerca de los apoyos. Con objeto de conservar la integridad estructural de la pieza, debe evitarse el deslizamiento o movimiento apreciable del refuerzo. El anclaje en los extremos es efectivo para aumentar la resistencia al deslizamiento y sirve, por lo tanto, como un factor de seguridad adicional contra una falla por tensión diagonal.

824. Esfuerzos de adherencia en vigas de peralte uniforme.

a) En vigas en las cuales el refuerzo de tensión es paralelo a la zona de compresión, esto es, excluyendo a las vigas acarteladas, el esfuerzo de adherencia u está dado por la fórmula: (')

845. Esfuerzos de compresión y refuerzo a compresión.

Las pruebas experimentales realizadas indican que los esfuerzos no se distribuyen uniformemente a lo ancho de la faja de columna. Esto se ha reconocido en el párrafo 839 donde se hacen recomendaciones para peraltes de las losas. Sin embargo, ocurren casos como en los claros extremos en donde es deseable mantener el mismo espesor de las losas como en las losas interiores. Esto puede lograrse mediante el empleo de refuerzo de compresión en la sección de momento negativo máximo.

846. Esfuerzos cortantes en losas planas.

Véase párrafo 820.

847. Esfuerzos de adherencia.

Véanse párrafos 823 a 830.

848. Huecos en losas planas.

En las losas planas pueden cortarse huecos de cualquier tamaño si se toman las medidas necesarias para absorber los momentos totales positivos y negativos de acuerdo con el párrafo 835 sin exceder las fatigas límites dadas en el párrafo 878.

849. Columnas que soportan las losas planas.

Para especificaciones relativas a momentos flexionantes en columnas, y limitaciones en las dimensiones de las mismas cuando se utilicen para la construcción de losas planas. Véase párrafo 859.

850. Construcción especial.

a) Las recomendaciones precedentes para el diseño de losas planas no deben aplicarse a otro sistema de refuerzo diferente de los dos descritos, ni a sistemas en los que se supriman

y a la sección intermedia de momento positivo crítico. No menos de 1/4 de las barras utilizadas para refuerzo positivo en la faja de columna deberá prolongarse dentro de la faja de mayor peralte, una longitud no menor de 20 diámetros de la barra, o, en caso de que no se haya utilizado el engrosamiento, deberá prolongarse a un punto no mayor de 1/12 de la longitud del claro del centro de la columna o del apoyo. Cuando se usen (ábacos), cuando menos la mitad de la sección transversal del área del refuerzo negativo en la faja de columna, deberá quedar dentro de la faja arriba de la sección engrosada.

844. Esfuerzos de tensión y área del acero de refuerzo.

El refuerzo de tensión f_s en el acero y el área total A_s de refuerzo para una sección crítica cualquiera, de una faja de diseño, puede calcularse por la fórmula.

$$f_s = \frac{M_s}{A_s j d} \dots \dots \dots (8)$$

en donde M_s = el momento dado en la tabla 6 para una faja de columna o faja central.

j = la relación del brazo de palanca del par al peralte efectivo.

d = peralte efectivo de la losa en el punto considerado; esto es, la distancia del centro de gravedad del acero de tensión al lecho del lado de la compresión.

A_s = área efectiva de la sección transversal de refuerzo que cruza cualquiera de las secciones principales de diseño y cumple los requisitos del párrafo 834 d).

El esfuerzo así calculado no deberá exceder del admisible de acuerdo con el párrafo 878.

$$u = \frac{V}{\sum_o j d} \dots \dots \dots (5)$$

en donde: \sum_o = la suma de los perímetros de todas las barras en la sección considerada, y

V y jd = como se explicó en párrafo 817 b).

Se reconoce que cuando se utilicen anclajes, la hipótesis en la que se basa la fórmula (5) puede no aplicarse estrictamente. Sin embargo, la Junta cree que el uso de la fórmula (5) con los valores de esfuerzos de adherencia admisibles más altos, aceptados en el párrafo 827 para anclajes, está corroborado ampliamente por las pruebas experimentales.

b) Al aplicar la fórmula número 5 a cualquier sección de la viga en la cual existan barras dobladas, aquellas porciones de las mismas barras que estén dentro del primer tercio del peralte efectivo de la viga, considerado a partir del centro de gravedad del refuerzo principal, deberán considerarse como contribuyendo a soportar los esfuerzos de adherencia.

825. Vigas acarteladas.

a) En vigas de profundidad variable, el esfuerzo cortante resultante en una sección cualquiera, está incrementado o disminuído por las componentes verticales de los esfuerzos inclinados (tensiones o compresiones), dependiendo en si son de igual signo o contrarias a la dirección del esfuerzo cortante exterior. El esfuerzo de adherencia se obtiene sustituyendo por V en la fórmula (5) el valor V_1 , expresado por la siguiente fórmula:

$$V_1 = V \pm \frac{M}{d} (\tan e + \tan t) \dots \dots \dots (5a)$$

El signo negativo debe usarse cuando el peralte de la viga aumenta en el sentido en que aumenta el momento flexionante

y el signo positivo, cuando el peralte disminuya conforme el momento aumenta.

En la fórmula:

M = momento flexionante.

d = peralte de la viga en la sección considerada y

c y t = los ángulos que las caras de la viga forman con una dirección normal a la dirección del esfuerzo cortante, respectivamente.

b) En vigas de este tipo, incluyendo cimientos con talud, ménsulas acunadas y vigas cantiliver, los esfuerzos de adherencia pueden ser excesivos. Esto es cierto particularmente tratándose de vigas cantiliver acarteladas, cargadas en el extremo en cantiliver. Este caso y otros similares pueden requerir anclaje en la extremidad.

826. Anclajes en los extremos del refuerzo.

a) En vigas donde el esfuerzo de adherencia calculado con la fórmula (5) sea mayor al admisible, el empleo de anclajes en los extremos permite que se realice una forma distinta de distribución de estos esfuerzos. Sin intentar presentar racionalmente la forma precisa en que trabaja el anclaje, se tiene confianza en las pruebas realizadas, las que indican que los anclajes en los extremos del refuerzo dan por resultado un incremento en la resistencia a la adherencia. En consecuencia, con anclaje efectivo en los extremos se admite una fatiga de adherencia mayor que la admitida para refuerzo sin anclaje.

b) Como la resistencia a la tensión diagonal es esencialmente función de la resistencia de adherencia, también se admite un incremento en las fatigas de esfuerzo cortante cuando se toman precauciones especiales para evitar un deslizamiento de las barras de refuerzo.

c) Abacos.—El ábaco debe tener una longitud en cada dirección, no menor de $1/3$ de la longitud de la losa en esa dirección. Si el esfuerzo cortante en el extremo del ábaco excede de los valores admisibles dados en el párrafo 878, entonces las dimensiones del ábaco, o el peralte de la losa fuera del ábaco deberán aumentarse.

d) Si se usan (ábacos) para columnas interiores deberán usarse también para las columnas de los muros.

842. Puntos de inflexión.

Para fines de diseño, el punto de inflexión en una línea cualquiera paralela a un lado del tablero, en tableros interiores simétricos, sin (engrosamiento) deberá suponerse a una distancia del centro del claro igual a $3/10$ de la distancia entre 2 secciones de momento negativo crítico; para losas con engrosamiento ha sido aumentado el coeficiente, deberá ser 0.25. Para claros extremos, la posición del punto de inflexión debe modificarse de acuerdo con la mecánica de vigas empotradas.

843. Colocación del refuerzo.

El diseño deberá incluir medios adecuados para asegurar la posición del refuerzo, para soportar no solamente los momentos críticos sino también los momentos en secciones intermedias. Deben proveerse los medios adecuados para un posible cambio del punto de inflexión, prolongando todas las barras en dirección rectangular o diagonal a cada lado de la sección de momento crítico, ya sea positivo o negativo, a puntos distantes cuando menos $1/15$ del claro adelante del punto de inflexión supuesto de acuerdo con el párrafo 842. No deben permitirse traslapes en las secciones de esfuerzos máximos o cerca de ellas. Cuando menos $4/10$ de todas las barras en cada dirección deben ser de tal longitud y deben colocarse en tal forma que proporcionen refuerzo a dos secciones de momento crítico negativo

lados discontinuos de losas planas. Pueden colocarse arriba o abajo de la losa (coladas o construídas), monolíticamente con ella. Tales trabeş deben proyectarse para soportar, además de las cargas sobre ellas, una carga uniformemente distribuída igual a un cuarto de la carga viva y muerta total para la que se haya proyectado la losa adyacente.

(1) Para claros extremos iguales en longitud a los claros interiores, el aumento en el peralte es aproximadamente el 8%. Puede obtenerse la uniformidad del peralte de las losas que formen el piso, si a las losas de los extremos se les construye 8% más cortas que las losas interiores.

b) Trabes interiores.—Cuando una trabe interior que se apoya en columnas va a soportar alguna carga especial, debe proyectarse como viga T para soportar, además de la carga especial, una uniformemente distribuída igual a un cuarto de la carga total sobre las losas adyacentes.

Cuando haya vigas interiores apoyadas en trabes que a su vez se apoyan en columnas, toda la losa deberá apoyarse en vigas para evitar inseguridad en los momentos y distribución de carga.

841. Capiteles de columnas, ménsulas, ábacos.

a) El diámetro efectivo del capitel de una columna según se especificó en el párrafo 833 no deberá ser menor de 0.20 l, en donde l=longitud del claro en losas cuadradas o el promedio de la longitud de los lados en losas rectangulares.

b) Ménsulas.—En columnas exteriores, las ménsulas pueden substituirse por capiteles, siempre que la cara inclinada de la ménsula forme un ángulo no mayor de 45° con la cara de la columna y no sea de menor anchura que la columna.

El valor de c es el doble de la distancia del centro de la columna al punto donde la ménsula tiene un peralte de 4 cm. (1½").

827. Fatigas admisibles para vigas con anclajes en los extremos del refuerzo.

El incremento en las fatigas de esfuerzo cortante y adherencia, recomendadas en el párrafo 878, está basado en el uso de anclajes en los extremos, de acuerdo con el párrafo 828, además de los requisitos comunes de prolongación del refuerzo señalados en el párrafo 829. Cuando se admitan estas fatigas mayores, todas las barras longitudinales deberán proveerse con anclajes en los extremos, excepto aquellas que se doblan en la viga con un ángulo no menor de 15° respecto al plano neutro y que se hagan continuas con el refuerzo colocado en la cara opuesta de la viga.

828. Capacidad admisible de los anclajes en los extremos.

Ganchos.—Las barras ancladas a las cuales se transmite un esfuerzo directo ya sea tensión o compresión, dentro de los límites de fatiga de adherencia admisible, se supone que resisten dicho esfuerzo mediante una distribución uniforme de adherencia en toda la superficie ahogada en el concreto. Sin embargo, siendo el anclaje en los extremos una forma para incrementar la adherencia y el esfuerzo cortante, debe limitarse a una cantidad fija. Se recomienda que se suponga que el anclaje en los extremos puede tener una resistencia máxima de 700 Kg./cm.² para la barra. El anclaje en el extremo puede estar constituído por la prolongación de la barra o un gancho. En cualquier caso la longitud adicional de barra deberá proveer el anclaje necesario para adherencia suponiendo éste distribuído uniformemente sobre la superficie adicional ahogada en concreto. Un gancho de dimensiones apropiadas es aquel en que la barra está doblada 180° con un radio no menor de 3 diámetros más una prolongación en el extremo libre de cuando menos 4' diámetros. Angulos rectos u otros dobleces bruscos, que no enlacen (engage) a una pieza de acero estructural, no deben con-

siderarse como anclajes, salvo que el radio del gancho sea cuando menos de 4 diámetros de la barra y la longitud total desde su iniciación hasta el extremo libre de la barra, de cuando menos 16 diámetros.

829. Prolongación del refuerzo.

a) Para prever las contingencias que se puedan presentar debidas a una distribución de cargas no consideradas, asentamiento de los apoyos, giración de los puntos de inflexión, u otra falta de concordancia con las condiciones supuestas para el diseño de estructuras elásticas, se recomienda que el refuerzo se prolongue en los apoyos y en otros puntos entre los apoyos, como se indica de b) a f) a continuación. Estos párrafos se refieren a anclajes comunes y son los requisitos mínimos admisibles para considerar las fatigas normales de adherencia y esfuerzo cortante.

b) El refuerzo negativo de tensión en el extremo apoyado de una viga empotrada, cantiliver, o miembro de un "marco rígido" deberá prolongarse en la pieza de apoyo o a través de ella en tal forma, que se desarrolle la máxima tensión en la barra con una fatiga de adherencia que no exceda a la normal de trabajo de acuerdo con el párrafo 878.

c) Entre los apoyos de una viga continua o libremente apoyada, cada barra de refuerzo deberá prolongarse cuando menos 12 diámetros, y no menos de 1/20 del claro, adelante del punto en donde los cálculos indiquen no ser ya necesarios para resistir esfuerzos.

d) En vigas libremente apoyadas y en los apoyos libres de vigas continuas, cuando menos un tercio del refuerzo positivo debe prolongarse a los apoyos una distancia suficiente para que desarrolle la mitad del esfuerzo admisible en las barras.

e) En vigas empotradas o continuas, cuando menos un cuarto del refuerzo positivo debe prolongarse a los apoyos y el resto tratarse como se indica en el inciso c).

- a) Tableros extremos 0.030 l
- b) Tableros interiores 0.026 l
- 4. Losas de azotea: concreto de 76 Kg/cm² (2500 lbs/pulg²).
 - a) Claros extremos: 0.025 l
 - b) Claros interiores: 0.023 l
- 5. Para concreto que tenga una resistencia a la compresión a los 28 días, diferente de 176 Kg/cm² (2500 lbs/pulg²), las limitaciones 3 y 4 pueden modificarse multiplicando los coeficientes por

$$\sqrt[3]{\frac{176}{f'_c}}$$

c) Losas interiores.—El espesor total t₁, de la losa con o sin engrosamiento, puede determinarse por la fórmula (7) como sigue:

$$t_1 = 1.2 d + 4 \text{ cm} \dots \dots \dots (7)$$

en la que d == peralte efectivo de la losa calculado de acuerdo con el momento negativo de la tabla 6, y las fatigas admisibles (utilizando refuerzo compensado).

Para losas cuyo engrosamiento es el ancho de la sección que resiste a la flexión negativa en la faja de columna, deberá limitarse al ancho del engrosamiento. Para losas sin engrosamiento, el ancho total de la faja de columna puede utilizarse.

El espesor t₂ de la losa fuera de la zona del engrosamiento no deberá ser menor de 2/3 de t₁.

d) Tablero exterior.—Para tableros exteriores, el espesor de las losas variará de acuerdo con las modificaciones de momentos dados en el párrafo 838. (1)

840. Trabes en la construcción de losas planas.

a) Trabes marginales apoyadas en columnas.—Las trabes o extremos de losas engrosadas deberán usarse en todos los

c) Cuando hay una trabe o muro de apoyo en la línea central de las columnas en una porción interior de una losa plana continua, el momento negativo en la faja central perpendicular al muro o trabe debe incrementarse en 30%. La faja de columnas adyacentes y paralela al muro de apoyo puede tratarse como se indicó en a) 3 y las fajas restantes como en la tabla 6.

d) En los lados discontinuos los refuerzos positivo y negativo deberán prolongarse hasta 5 cms., de la orilla de la losa y anclarse de acuerdo con el párrafo 828.

839. Espesor de la losa y del engrosamiento.

a) El peralte efectivo de la losa, con o sin el engrosamiento se determina tomando en consideración los factores siguientes: el momento flexionante negativo, el esfuerzo cortante en el apoyo y las cargas unitarias permisibles. Como el momento negativo no es uniforme en todo el ancho de la faja de columna, siendo mayor en la línea central que en los extremos el espesor o peralte determinado de acuerdo con los coeficientes de la tabla 6 y las fatigas admisibles, darán por resultado esfuerzos de compresión excesivos en la mitad de la sección. El peralte calculado en esta forma deberá, por lo tanto, incrementarse de acuerdo con lo que se previene en c).

b) Con objeto de evitar una deflexión indebida y dar el peralte adecuado donde se colocan dos o más fajas de refuerzo en capas en cualquier sección, el espesor al centro de la losa no deberá ser menor que los valores límites siguientes, independientemente de los valores determinados según c):

1. Losas de pisos con engrosamiento 11.5 cm.
- „ „ „ sin aumento en el peralte marginal, 13 cm.
2. Losas de azotea con engrosamiento, 9 cm.
- „ „ „ sin „ „ 10 cm.
3. Losas de piso: concreto de 176 Kg/cms² (2500 lbs/pulg²).

f) En vigas empotradas o continuas, cuando menos un tercio del refuerzo total para momento negativo, deberá prolongarse adelante del punto de inflexión una distancia suficiente para que desarrolle la mitad del esfuerzo admisible en las barras prolongadas. El refuerzo negativo que no se prolongue deberá tratarse como se indica en el inciso c).

830. Anclaje de refuerzo a la tensión diagonal.

a) El esfuerzo en un estribo u otro refuerzo de tensión diagonal no deberá exceder la capacidad de su anclaje en las mitades superior o inferior del peralte efectivo de la viga.

b) El refuerzo de tensión diagonal que está formado por una o más barras dobladas del refuerzo principal de tensión, en donde no sea necesario para resistir momentos positivos o negativos, puede considerarse anclado completamente por la continuidad con el refuerzo principal de tensión, o por prolongación de la longitud requerida en las mitades superior o inferior de la viga, siempre que, cuando menos la mitad de dicha prolongación, esté tan próxima al lecho superior o inferior de la viga como lo permitan las especificaciones para protección contra el fuego. Un gancho colocado próximo al lecho superior o inferior de la viga puede sustituirse por una porción de tal prolongación.

c) Los estribos deben anclarse en ambos extremos por uno de los siguientes métodos o por la combinación de ellos.

1. Unión rígida, por ejemplo, con soldadura al refuerzo longitudinal principal.
2. Doblando con gancho alrededor de una barra de refuerzo longitudinal debiendo quedar íntimamente en contacto con ella, para formar un estribo en U.
3. Un gancho colocado tan próximo al lecho superior o inferior de la viga como lo permitan los requisitos para protección contra fuego y oxidación. Al estimar la capacidad de

este anclaje a la resistencia debida a la adherencia entre el plano neutro de la viga y el centro del gancho, puede agregarse a la capacidad de éste.

4. Prolongando adecuadamente la varilla (embedment) en las mitades superior o inferior del peralte efectivo de la viga, ya sean rectas o dobladas. Anclaje de este solo tipo no es de confianza en estribos en los casos en que el esfuerzo cortante excede al recomendado para vigas con refuerzo sin anclaje en los extremos. (Véase párrafo 878.)

LOSAS PLANAS (Flat Slabs)

831. Generalidades.

El diseño de losas planas está basado en métodos empíricos generalmente aceptados. Estos métodos se han creado en parte por análisis y en parte por pruebas experimentales en modelos, tableros de losas de tamaño natural y en un amplio número de estructuras terminadas.

Por lo tanto, las recomendaciones especiales relativas al diseño de "losas planas" se aplican únicamente cuando se observan ciertas limitaciones generales.

832. Limitaciones.

a) Estas recomendaciones se aplican a:

1. Losas de concreto, en vigas o trabes construídas monolíticamente con las columnas de apoyo. Estas losas pueden incrementarse de espesor en los apoyos, mediante el uso de ábacos de fajas sobreperaltadas sobre las columnas para formar cielos (entablerados).

2. Una serie de losas rectangulares de dimensiones uniformes aproximadamente, dispuestas en 3 o más hileras de losas en cada dirección y en las cuales la relación de largo a ancho de las losas no excede de 1.33.

por las trabes de apoyo que se apoyan a su vez en las columnas de rigidez adecuada. Una columna (o dos columnas, una arriba de la otra) que tengan un factor de rigidez de $\frac{I}{h}$, cuando menos igual a $1\frac{1}{2}$ veces el factor de rigidez de la losa $\frac{I}{l}$, puede considerarse como adecuada. El momento de inercia I de la sección de la losa puede calcularse tomando como base un ancho igual al espaciamiento de columnas y un peralte igual al de la losa, más un tercio del aumento del peralte en el engrosamiento.

838. Momentos en losas discontinuas.

a) En el caso de losas extremas o de las orillas, cuando no es continua en un lado o dos lados adyacentes, y en las cuales el empotramiento en el lado discontinuo es como se definió en el párrafo 837, el momento flexionante dado en la tabla 6, debe modificarse como sigue:

1. En la faja de columna, el momento negativo en la primera línea exterior de columnas, y el momento positivo en el centro de la losa extrema, deben incrementarse 15% más que los momentos para losas interiores. Para la faja central, el momento correspondiente debe incrementarse en 30%.

2. En el muro o lado discontinuo, los momentos negativos en la faja de columnas intermedias perpendiculares a tal lado pueden reducirse en un 20% de los correspondientes para losas interiores.

3. La media faja de columnas adyacentes y paralelas a un lado apoyado, puede proyectarse para el momento correspondiente a un cuarto de faja de columna según la tabla 6.

b) En losas apoyadas sobre el lado discontinuo sobre muros de apoyo, o cuando no están empotradas, los momentos positivos en las fajas perpendiculares al muro deben incrementarse en un 50%.

c) Distribución de momentos.

Para losas interiores, la distribución del momento total M_o en las secciones principales de diseño está dado en la tabla 6. Esta distribución coincide con la recomendada por el Joint Committee en 1924 y con los requisitos establecidos en los Estados Unidos, además, está de acuerdo en muchos aspectos con la práctica europea.

TABLA 6. — MOMENTOS QUE DEBEN UTILIZARSE EN EL DISEÑO DE LOSAS PLANAS PARA TABLEROS DE LOSAS INTERIORES

FAJA	Losas planas sin engrosamiento		Losas planas con engrosamiento marginal	
	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo

LOSAS CON REFUERZO EN DOS SENTIDOS

Faja de columnas.....	0.46 M_o	0.22 M_o	0.50 M_o	0.20 M_o
Faja central.....	0.16 M_o	0.16 M_o	0.15 M_o	0.15 M_o

LOSAS CON REFUERZO EN CUATRO SENTIDOS

Faja de columnas.....	0.50 M_o	0.20 M_o	0.54 M_o	0.19 M_o
Faja central.....	0.10 M_o	0.20 M_o	0.08 M_o	0.19 M_o

836. Tolerancias aplicables a la Tabla 6.

a) Los coeficientes de momentos dados en la tabla 6 pueden variarse en no más del 6%, siempre que la suma numérica de los momentos positivo y negativo en las secciones principales de diseño no se reduzca.

b) La relación o proporción de refuerzo en una sección cualquiera de cualquier faja no deberá ser menor de 0.0025.

837. Condiciones de empotramiento en los lados discontinuos.

Las modificaciones de momentos en los lados discontinuos están basadas en la suposición de que la losa está empotrada

3. Losas con (ábacos) que tengan una longitud en cada dirección aproximadamente de $1/3$ de la longitud de la losa en esa dirección. También a (engrosamientos) continuos que forman cielos (entablerados) en los que las fajas engrosadas continuas tengan aproximadamente un ancho de $1/3$ del ancho de la losa.

4. Losas con (engrosamientos) en las que el espesor total de las losas en (engrosamiento) no exceda de una y media vez el espesor de la losa adelante de los engrosamientos.

b) Las estructuras que tengan un ancho menor de 3 hileras de losas, o en las cuales las dimensiones de las losas adyacentes varíen en más de 15%, están fuera de estas especificaciones y requieren un análisis especial.

833. Nomenclatura.

La siguiente nomenclatura se aplica al diseño de losas planas excepto cuando se especifique lo contrario.

M_o = Suma de los momentos flexionantes totales, positivos y negativos en las secciones principales de diseño, en cualquier dirección, siendo las secciones paralelas a las orillas (margins) de las losas.

c = Diámetro efectivo en metros de capitel de columna circular abajo de la losa o (del ábaco). Ninguna porción del capitel de la columna deberá considerarse efectiva si queda fuera del cono más grande de 90° que puede quedar incluido dentro de las líneas exteriores del capitel de la columna. Cuando se use un capitel cuadrado o de otra sección simétrica, c es el diámetro del círculo cuya área es igual al área de la base de la mayor pirámide de 90° puede incluirse en las líneas exteriores del capitel de la columna.

l = Longitud del claro en metros, de centro a centro de columnas a lo largo de los extremos de las losas y en la dirección en la cual se calculan los momentos.

l = Longitud del claro en metros, de centro a centro de columnas, perpendicularmente a la dirección del claro en la que se han calculado los momentos.

p = Carga unitaria es el total de carga viva mas carga muerta, en Kg/m².

d = Peralte efectivo de la losa en un punto cualquiera.

t_1 = Peralte total de la losa con o sin el engrosamiento en las cercanías de los capiteles de columna.

t_2 = Peralte total de la losa lejos del engrosamiento.

834. Fajas de losas (panel) y secciones principales de diseño.

a) Un tablero de losas planas se considera como integrado con fajas en cada dirección como sigue:

Una faja central de $1/2$ tablero de ancho, simétrica respecto a la línea central del tablero y prolongada en los tableros adyacentes en la dirección en la cual se consideren los momentos.

Una faja sobre columnas de media losa de ancho ocupando las áreas de $1/4$ del tablero a cada lado de la faja central.

b) Las secciones críticas para cálculo de momentos son las llamadas secciones principales de diseño y están localizadas como sigue:

Secciones para momento negativo a lo largo de las orillas de los tableros según líneas que unen los centros de las columnas, excepto en que siguen el perímetro del capitel de la columna en lugar de pasar a través de él.

Secciones para momento positivo según las líneas centrales de los tableros.

c) En el sistema de armado en dos sentidos, se supone que los esfuerzos de tensión debidos a momentos en las diversas fajas, son resistidos por las barras de refuerzo localizadas dentro de la faja.

d) En el sistema de armado en **cuatro sentidos** o cualquier otro sistema de refuerzo, en el que una parte o todo el refuerzo no sea paralelo a la dirección del claro, puede suponerse que la tensión debida a momentos flexionantes en una sección cualquiera de una faja, está resistida por las componentes, en la dirección del claro, de todo el refuerzo incluido en la zona de la sección considerada.

e) El ancho de la sección de cabeza de la columna, para calcular la compresión debe tomarse igual al ancho de la faja cuyo peralte se aumentó, o la mitad del ancho de tablero cuando no exista este aumento de peralte.

835. Momentos flexionantes en losas planas rectangulares.

a) El momento flexionante total M_o , en la dirección de cualquier lado del tablero, está dividido entre las secciones de momento positivo y negativo, estando basada la división en las dimensiones de las columnas, de los capiteles de las mismas y de las losas. Para condiciones medias, aproximadamente $3/8$ del total, puede considerarse momento positivo y $5/8$ momento negativo. Las losas con engrosamiento (drops) se supone que originan un momento negativo como 5% mayor que en las losas de espesor uniforme, teniendo la correspondiente disminución en el momento positivo. Aún más, se supone que las fajas de columnas toman de un 75 a 80 % del momento total negativo y del 50 al 56% del momento total positivo. El detalle de distribución del momento total varía en cantidad moderada de acuerdo con el sistema de refuerzo empleado.

b) Momento flexionante total.—Para losas interiores que soportan una carga uniformemente distribuida supuesta, la suma numérica de los momentos positivo y negativo en las secciones principales de diseño en la dirección de cualquier lado de una losa rectangular, es dado por la fórmula:

$$M_o = .09 (l - 2/3 c)^2 p l \dots \dots \dots (6)$$