



PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO

AICE-PRC-002-0

Revisión 0

VIGENCIA 23 DE ABRIL DEL 2015



ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES
COMITÉ TÉCNICO DE MINERÍA E INDUSTRIAS

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO

Rev.	Fecha	Emitido Para	Por	Revisor	CTMI	Presidente AICE
A	14-10-2013	Revisión CTMI	J. Herrera P. Pineda	R. M.ontecinos R. Riddell R. Boroscheck	P. Pineda R. Montecinos	René Lagos
B	09-07-2014	Revisión Socios AICE	J. Herrera P. Pineda	R. M.ontecinos R. Riddell R. Boroscheck	P. Pineda R. Montecinos	René Lagos
0	23-04-2015	Difusión y Aplicación	J. Herrera P. Pineda	R. M.ontecinos R. Riddell R. Boroscheck	P. Pineda R. Montecinos	René Lagos

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 3 de 26


PREFACIO

El presente procedimiento de diseño – Edificios de Chancado Primario – está orientado a proveer a los ingenieros civiles estructurales de procedimientos y prácticas para la ingeniería estructural en el área Minera e Industrial.

Este procedimiento tiene carácter general, por lo tanto, contiene estándares mínimos y en algunos casos no detallados, según las condiciones geotécnicas, sísmicas, estructurales, disposiciones de equipos, instalaciones y características de cada proyecto en particular.


Estos documentos no tienen carácter normativo, de criterios de diseño o especificaciones, por lo que su aplicación es un complemento a las disposiciones definidas en cada proyecto.

Este procedimiento de diseño ha sido elaborado por el Comité Técnico de Minería e Industrias de AICE y solo puede ser modificado por este.


	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 4 de 26

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
1. ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN	6
2. DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES	7
3. NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA	8
3.1 Normas	8
3.2 Documentos	8
4. BASES DE DISEÑO	9
4.1 Metodología de Cálculo	9
4.2 Materiales	10
4.3 Estudios Geotécnicos	10
4.4 Planos de excavaciones o Movimiento de Tierras.	11
5. ESTRUCTURACIÓN Y DISPOSICIÓN GENERAL	13
5.1 Estructura Resistente	13
5.2 Equipos Principales	13
5.3 Interacción Suelo-Estructura	14
6. ESTADOS Y COMBINACIONES DE CARGAS	14
6.1 Peso Propio (PP)	14
6.2 Sobrecargas (SC)	14
6.3 Empujes de Terreno (H)	15
6.4 Cargas de Operación (Op)	16
6.5 Cargas por Sismo (E)	17
6.6 Carga de Viento (W)	17
6.7 Carga de Nieve (N)	17
6.8 Cargas de Impacto (I)	17
6.9 Cargas de Vibración (V)	18
6.10 Cargas por Temperatura (T)	18
6.11 Cargas de Atollo (Pg)	18
6.12 Cargas de Polvo (D1)	18

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 5 de 26


6.13	Cargas de Montaje / Temporales (E2).....	18
6.14	Combinaciones de Cargas	19
7.	ANÁLISIS.....	19
7.1	Verificación de Estabilidad Global.....	19
7.2	Verificación de Asentamientos.....	20
7.3	Verificación de Presiones de contacto	20
8.	DISEÑO	21
8.1	Losas o Plataformas en Niveles Intermedios	21
8.2	Muros	22
8.3	Fundaciones	22
8.4	Anclaje de Equipos.....	23
9.	DETALLAMIENTO DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN	24
9.1	Criterios de Cuantías Mínimas para Losas, Vigas y Muros.....	24
9.2	Criterios de Armado para Muros de Gran Espesor	24
9.3	Criterios de Armado para Pedestales.....	25
9.4	Criterios para Diseñar al Corte Elementos de Gran Espesor (Losas y Muros)	25
10.	HORMIGONES EN MASA	26

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 6 de 26

1. ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este procedimiento se aplica al diseño de edificios de hormigón armado para Chancadores Primarios Fijos, los cuales forman parte importante del proceso minero principalmente en plantas concentradoras.

El chancador primario es un equipo que realiza el primer proceso de reducción de tamaño de las rocas de material mineralizado extraído de la mina, el cual se ubica al interior de la estructura o “edificio chancado primario” que es una de las principales instalaciones en el proceso de un proyecto minero. Luego de extraer el mineral desde la mina, este se transporta por camiones al chancado primario y posteriormente al edificio de acopio de mineral grueso para continuar con el proceso minero. El edificio de chancado primario consiste en una estructura de gran altura ($\approx 40\text{m}$), sección rectangular ($\approx 15\text{m} \times \approx 30\text{m}$), compuesta por muros ($e_m \approx 1.5\text{m}$), losas (e_{li} (inferior) $\approx 2.5\text{m}$, e_{ls} (superiores) $\approx 1.3\text{m}$) y vigas de hormigón armado, estas dimensiones corresponden a un edificio típico en la minería. Esta estructura generalmente se encuentra confinada en todos sus muros, la cual puede ubicarse al interior de una excavación en roca o rodeada de material geotécnico de diferentes características según su distribución en altura. Por esta razón, los empujes del terreno son aspectos importantes a considerar en el análisis, siendo necesaria la participación de un ingeniero geotécnico con experiencia en minería para la determinación de los empujes estáticos, sísmicos y parámetros de diseño.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 7 de 26

2. DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES

En las faenas mineras, luego de extraer el material de la mina, este debe reducirse de tamaño hasta obtener el necesario para el inicio del proceso minero. En función del mineral extraído o del tratamiento que tendrá, se definen distintos sistemas o equipos para la molienda del material, que van reduciendo cada vez más el tamaño del mineral extraído en cada etapa. Estos equipos pueden ser chancadores de cono, molinos de bolas u otros. El primer edificio al que llega el material luego de ser extraído de la mina es el de Chancado Primario.


El material es transportado hasta el edificio de Chancado Primario mediante camiones, cuyo peso aproximado es de 150ton y pueden cargar del orden de 350ton, para luego ser depositado dentro de la tolva de recepción. Para la llegada de los camiones y la distribución de su peso de mejor manera, se construyen “losas de aproximación”, las cuales tienen un “tope” para que impacte la rueda del camión y este no caiga dentro de la tolva.

En la parte superior de la tolva se ubica otro equipo llamado “pica-rocas” (rock breaker), el cual, en forma de martillo neumático con punta de acero, es capaz de romper las rocas de gran tamaño para que puedan ingresar al chancador.

El principal equipo dentro del edificio es el chancador giratorio (gyratory crusher), el cual tiene un cono central excéntrico que al girar aplasta el material contra las paredes del equipo, hasta que alcanzan un tamaño adecuado para salir por gravedad por la parte inferior. Solamente el equipo puede pesar del orden de 500ton y contener alrededor de 200ton de material.

Generalmente, el material chancado debe transportarse hasta una pila de acopio, donde se almacena una cantidad suficiente en caso de alguna eventualidad que detenga el proceso en la planta.

El traslado del material se realiza mediante correas transportadoras (conveyor belts). Luego de ser chancado, el material es depositado en la correa transportadora por un equipo llamado “alimentador” (feeder). Estos equipos se encuentran dentro de un edificio, que debido al proceso del material, debe tener un acceso por la parte superior y una salida en la parte inferior, razón por la cual, el edificio está “enterrado” o confinado con terreno por al menos dos de sus costados. Este edificio debe ser de hormigón armado, ya que debe resistir empujes de suelo importantes, lo que se traduce en elementos de dimensiones muy robustas.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 8 de 26


3. NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

3.1 Normas

- ACI 318 2005. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary.
- ACI 207 1R. Mass Concrete.
- NCh430.Of2008. Hormigón armado - Requisitos de diseño y cálculo.
- NCh431.Of2010. Diseño estructural – cargas de Nieve.
- NCh432.Of2010. Diseño estructural – cargas de Viento.
- NCh1537.Of2009. Diseño estructural – cargas permanentes y cargas de uso.
- NCh2369.Of2003. Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
- NCh3171.Of2010. Diseño estructural – Disposiciones generales y combinaciones de cargas.
- ASCE 7-2010. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.
- AISE Tech. Rep. 13-2003. Guide for the Design and Construction of Mill Buildings.
- ASTM International Steel Standards.

3.2 Documentos

- Diseño Sísmico de Estructuras de Contención. Roberto E. Terzariol, Gonzalo M. Aiassa y Pedro A. Arrúa. Rev. Int. De Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 4(2) 153.
- Richards, R. y Elms, D. G. (1979). “Seismic behavior of gravity retaining walls”. ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division. Vol. 105, No. 4, pp. 449 – 464.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 9 de 26

4. BASES DE DISEÑO

4.1 Metodología de Cálculo

Se debe definir la estructuración del edificio de la forma más eficiente, de modo de conducir las cargas a las fundaciones de la manera más directa posible. Dependiendo del Layout (disposición general), la estructuración dependerá de la disposición de los equipos y de las áreas disponibles (operación, mantención, desplazamiento, etc.). Una vez definidos los espacios, se deben trazar las vigas para dar soporte a los equipos. En función de las perforaciones en las losas, se debe buscar continuidad en las vigas, evitando cambios de ejes ya que trabajan como puntales.

Una vez definida la geometría, los espesores de los elementos vendrán dados por los requerimientos de esfuerzos solicitantes y armadura. Por lo tanto, se puede realizar un cálculo manual rápido con las cargas más importantes, para evaluar un orden de magnitud.


La modelación matemática del edificio es relevante y normalmente se lleva a cabo mediante el Método de Elementos Finitos, con elementos de tipo placa (shell) y barras (frames o beams). El tamaño de los elementos debe ser tal que describa correctamente el comportamiento de la estructura. El método de Elementos Finitos requiere siempre una comprobación de la convergencia de los resultados en función del tamaño de sus elementos.

La modelación deberá comprender los efectos de penetración y empotramiento de los elementos. Debido a la magnitud de los espesores, se deberán incluir los “cachos rígidos” (offsets) cuando se requieran.

La interacción suelo-estructura puede modelarse mediante resortes o por modelación del suelo con elementos tipo “solid” (con las propiedades mecánicas del suelo). Se recomienda la primera opción, debido a la mayor velocidad del análisis.

Una vez terminado el modelo y el proceso, se recomienda verificar los resultados con un cálculo alternativo (orden de magnitud) considerando las cargas principales. Por ejemplo, verificar los momentos en los muros como una losa cargada con el empuje mayor solicitante. Lo mismo para las vigas principales y las cargas globales (verificar resultantes de peso propio, empujes, etc.).

Se deberán realizar las verificaciones de estabilidad descritas en el capítulo 7 del presente documento. El diseño de los elementos viene dado por el cálculo de las secciones de hormigón armado (ver capítulo 8). Finalmente, se deben diseñar los anclajes y pedestales para los equipos.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 10 de 26

4.2 Materiales

Debido a la magnitud de las cargas y a la demanda de deformaciones, se recomienda utilizar un hormigón de calidad H-30 ó superior. El hormigón de esta calidad también ayudará a reducir la permeabilidad del agua en la estructura aun cuando sus muros serán de un espesor considerable, además se debe aplicar un método de impermeabilización exterior.

En caso de requerirse hormigón pobre, éste puede ser de calidad H-10 a menos que el Mecánico de Suelos especifique otra calidad para utilizar como relleno en sobre-excavaciones o desniveles en fundación.

La calidad del acero de refuerzo para el hormigón armado normalmente es A630-420H.

Los pernos de anclaje, normalmente, serán de acero de calidad ASTM A36 en hormigón y ASTM A325 en estructuras metálicas. También pueden utilizarse de calidades diferentes, como A490, SAE, etc. Deben estar de acuerdo con los criterios de diseño del proyecto.

4.3 Estudios Geotécnicos

Es necesario disponer de un estudio detallado que entregue las propiedades del suelo que confina el edificio, con el fin de representar la interacción suelo-estructura de la mejor forma posible. Los estudios geotécnicos deben comprender a lo menos los siguientes temas:

- Empujes de suelo (estático y sísmico).
- Empujes por efecto de sobrecargas.
- Superficies de contacto de las fundaciones con el suelo.
- Coeficientes de balasto (verticales y horizontales, estáticos y sísmicos).
- Criterios para control de asentamientos.
- Capacidad de soporte (casos: estático y sísmico).
- Factores de Seguridad al Volcamiento y Deslizamiento (estáticos y sísmicos).
- Parámetros del suelo y/o rellenos (ángulo de fricción interna, peso específico, cohesión, etc.).

En caso de haber zonas con acumulación de material, como la cama de piedras que se forma en la tolva de recepción (sobre el chancador), se deberá contar con estudios que indiquen las cargas que dicho efecto provoca sobre la estructura.

Se deben incluir análisis y recomendaciones para el efecto del empuje de los camiones sobre el edificio al apoyarse y golpear contra las losas de aproximación.


	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 11 de 26

Los estudios de equipos deberán comprender al menos lo siguiente:

- Peso propio del equipo y el mineral (si corresponde), con sus respectivos centros de gravedad.
- Cargas de operación (normales, máximas, de detención, etc.).
- Cargas sísmicas.


4.4 Planos de excavaciones o Movimiento de Tierras.

- a. La caracterización del terreno que entregue el estudio de mecánica de suelos debe ser suficiente para que el diseñador se forme una idea clara del suelo de fundación y su estratigrafía, de sus principales propiedades y de su comportamiento frente a cargas estáticas y dinámicas. Sin embargo, como el proyecto posiblemente deberá contemplar movimientos de tierras que alteraran los niveles de suelo, es preciso que tanto el mecánico de suelos como el estudio correspondiente, cuenten con la definición geométrica en planta y elevación de las diferentes terrazas, excavaciones y cortes que formen parte de las tareas de movimiento de tierras previsto. En el caso particular de los chancadores primarios, la profundidad y calidad de la roca/relleno es un punto determinante ya que de ella dependen las acciones del terreno sobre la estructura y la respuesta que ella tendrá tanto en el dominio estático como sísmico. La caracterización indicada debe ser consistente con la situación natural o inicial del terreno, previo a los trabajos de movimiento de tierras y contar con el o los vínculos geométricos necesarios (Cotas).
- b. Si los movimientos de tierras necesarios generaran rellenos, se deberá contar con la información de las propiedades resistentes y dinámicas del terreno final de las terrazas o rellenos, considerando la interacción del relleno con el suelo existente, lo que podría modificar algunas de las conclusiones o recomendaciones entregadas en los informes.
- c. La clasificación sísmica de los suelos de las diferentes áreas del proyecto deberá ser revisada según lo anterior. Notar que la clasificación del suelo de la normativa sísmica Chilena no solo se basa en las características del suelo superficial, sino también en las de los estratos inferiores. Si el estrato superficial es de poco espesor, la normativa reconoce que el comportamiento sísmico del suelo completo queda controlado por el estrato inferior. Estos aspectos deben ser aclarados con el asesor de riesgo sísmico.
- d. El estudio debe contener la información y metodología necesaria para determinar los empujes del suelo sobre los muros del edificio de chancado primario. Los especialistas en geotecnia deben entregar recomendaciones para la aplicación de los modelos cinemáticos. Esas recomendaciones, al igual que las de empujes en general, deben asumir las condiciones geométricas de los rellenos, especialmente en los casos en que las estructuras se emplacen en cortes en la roca y los rellenos sean de poco ancho o profundidad. El especialista en geotecnia debe considerar en sus modelos la estimación de presiones sobre la estructura, las variaciones en geometría que razonablemente se espera para una excavación en roca con métodos de trabajo y control que se vayan a

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 12 de 26

utilizar. Si ello no es posible, los modelos se deberán revisar una vez concluida la excavación en roca.

- e. Se debe contar con los parámetros y la metodología que permita determinar la resistencia al deslizamiento de las fundaciones del edificio de chancado y de los restantes elementos de contención.
- f. Los diseñadores deberán realizar el análisis de la fundación del edificio de chancado primario, entendiéndolo como la fundación de un equipo vibratorio.
- g. En general la información que caracteriza los resortes aplicables a modelos de cuerpos rígidos o flexibles solicitados dinámicamente no siempre es suficiente desde el punto de vista del análisis y es posible que las modelaciones más refinadas (elementos finitos) requieran apoyo complementario de geotecnia.
- h. El estudio de geotecnia debe incluir la caracterización de la roca (de apoyo y de entorno) y de los rellenos correspondientes, entregando toda la información necesaria para el desarrollo del proyecto estructural:
 - Capacidades de soporte.
 - Empujes.
 - Deformaciones de corto y largo plazo.
 - Criterios para determinar la dependencia o independencia de los sistemas estructurales y de la roca.
 - Separaciones mínimas recomendadas.
 - Criterios sísmicos particulares.
- i. El informe de geotecnia debe considerar las recomendaciones constructivas necesarias para materializar las hipótesis de empujes o interacción suelo-estructura que el contenga. Por ejemplo, si las leyes de empujes propuestas contemplan deformaciones suficientes para materializar la condición activa u otra intermedia, las deformaciones necesarias para ello deben estar indicadas en el informe y si mediante procesos constructivos especiales ello se puede asegurar, debe estar la especificación constructiva en el informe u otro documento.
- j. El estudio de geotecnia debe incluir la información necesaria para el diseño de los muros mecánicamente estabilizados que contemple el proyecto, en caso de existir.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 13 de 26

5. ESTRUCTURACIÓN Y DISPOSICIÓN GENERAL

5.1 Estructura Resistente

Debido a que estos edificios se encuentran generalmente enterrados y confinados por a lo menos dos planos verticales, es conveniente estructurar un edificio de muros de hormigón armado.

Estos edificios de hormigón armado tienen grandes espesores de muros y losas, por lo cual deberá tenerse presente el efecto de penetración de los elementos en la modelación, así como también la verificación del empotramiento o continuidad de momento entre los distintos elementos.


La estructuración está íntimamente ligada al layout de proyecto, debido a la operación de los equipos.

Los equipos deberán apoyarse sobre vigas, losas o pedestales, que lleven las cargas lo más directamente posible a las fundaciones a través de muros o columnas.

5.2 Equipos Principales

Entre los principales equipos que pueden encontrarse en el edificio de Chancado Primario, y que deben considerarse debido a la magnitud de sus cargas, están los siguientes:

- Chancador Primario.
- Grúa estática o móvil (puente grúa).
- Pica-rocas.
- Alimentadores.
- Correas transportadoras.
- Carros de mantención.
- Electroimán.
- Chutes de descarga.
- Sistemas de Lanzas.
- Equipos menores (Unidades hidráulicas, elevadores, supresores de polvo, tanques acumuladores de aire/agua/aceite, tecles, sistemas de refrigeración, entre otros).
- Camión Minero.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 14 de 26

5.3 Interacción Suelo-Estructura

En un edificio enterrado es muy importante incluir el efecto de la interacción suelo-estructura en la modelación; ya sea como resortes (constante de balasto) o como elementos sólidos. Modelar el edificio empotrado en su base no permitirá determinar asentamientos y puede resultar demasiado favorable para el análisis.

En el caso de modelar el suelo con resortes, se deberá contar con valores para la constante de balasto vertical y horizontal del suelo, de manera de reproducir el efecto de confinamiento del suelo sobre la estructura. Estos resortes deben ser no lineales y trabajar solo a compresión.

6. ESTADOS Y COMBINACIONES DE CARGAS

6.1 Peso Propio (PP)

Se deberán incluir en este estado las cargas provenientes del peso de los elementos permanentes en la estructura. Es decir:

- Peso de la estructura (muros, losas, vigas, columnas, pedestales, etc.).
- Rellenos de suelo u otro material directamente sobre la estructura.
- Escaleras, plataformas, barandas, paneles, tabiques, revestimientos, etc.
- Peso de los equipos, estanques, ductos (piping), etc.
- Placas de desgaste.

Nota: En el caso de material acumulado (camas de piedras), se debe notar que es un empuje desde el interior del edificio. Esta carga se contrapone con el empuje de terreno desde fuera del edificio, por lo tanto, para el diseño de los muros es más desfavorable no considerar ambas cargas actuando simultáneamente.

6.2 Sobrecargas (SC)

Deben considerarse las siguientes sobrecargas:

- Sobrecarga de uso en losas.
- Sobrecarga en plataformas, pasarelas, escaleras, etc.
- Sobrecarga de techo.
- Vehículos que puedan circular sobre la estructura.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 15 de 26

6.3 Empujes de Terreno (H)

El diseño estructural del chancador, de manera análoga al de otras estructuras en que los esfuerzos son resultado de su interacción con el suelo en condiciones estáticas y sísmicas, requiere como primer paso evaluar dos criterios de comportamiento del suelo que interactúa con la estructura y cuyas consecuencias afectan de manera importante los esfuerzos internos y en consecuencia el diseño, tanto en lo referido a su geometría como a las cuantías de armadura necesarias.

Por una parte, se tiene la condición sin desplazamientos, en que se limitan las deformaciones del suelo, lo que conduce por un lado a niveles de presiones del terreno que se aproximan a la condición de reposo y a aceleraciones del bloque estructura-relleno solidario asimilables a las efectivas del suelo (A_0).

Normalmente esa hipótesis de trabajo conduce a un diseño conservador, con dimensiones grandes para la fundación y cuantías y espesores elevados para los muros. Como alternativa a lo anterior, el diseño puede ser hecho bajo hipótesis que permiten la deformación del sistema, ya sea por giro global del conjunto y/o por deformación de la estructura misma y/o introduciendo materiales (rellenos de material geotécnico) semi compresibles en la o las caras de apoyo del suelo contra la estructura, de manera de llevar al suelo a su condición activa. Consistente con la condición de corrimiento controlado permitido y recurriendo a los desarrollos de “Richard y Elms” para muros rígidos asimilables a bloques con roce, se pueden rebajar los coeficientes sísmicos equivalentes a valores cercanos a la mitad las aceleraciones de diseño para el bloque muro relleno solidario ($A_0/2$). El diseño bajo ese segundo sistema de hipótesis conduce a una geometría del chancador con reducciones significativas en relación al diseño anterior. El punto clave en la discontinuidad entre los dos escenarios de diseño tiene relación con los desplazamientos y deformaciones que el proyecto y el mandante pueden tolerar. En general esta decisión rebasa el plano de lo estrictamente estructural y necesariamente compromete al propietario y a los especialistas en geotecnia.

En la práctica del diseño, los siguientes puntos son relevantes:

- a- El diseño del edificio del chancador primario enterrado tiene dos escenarios de diseño diferentes y que conducen a geometrías y cuantías de armadura distintas, ya sea que el proyecto soporte o no deformaciones y/o corrimientos globales del sistema.
- b- La decisión de aceptar corrimientos debe tener presente la situación del chancador en sí mismo, el proceso constructivo y en su relación con los restantes equipos o edificaciones que podría ser afectadas por esos corrimientos y la capacidad del Mandante de tolerar riesgos controlados y eventuales reparaciones luego de la ocurrencia de sismos severos.
- c- Si los equipos (correas transportadoras, salas de control, etc.) cercanos o interrelacionados con el chancador forman parte de un sistema sensible a las deformaciones relativas, las exigencias correspondientes a las fundaciones serán severas, esto es, corrimientos prácticamente nulos.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 16 de 26

- d- Si el chancador, por otra parte, tiene un nivel de interacción con el resto del proyecto con suficiente flexibilidad para tolerar corrimientos relativos y/o el mandante puede asumir daños locales reparables y cuenta con protocolos de reparación adecuados y sistemas de seguros compatibles, la posibilidad de instalar el diseño en el marco de corrimientos controlados es factible de aplicar.

Dentro de este estado de cargas, deben considerarse al menos los siguientes empujes:


- Empuje de los camiones. De acuerdo a la geometría, tipo de camión, losas de aproximación, y según Informe de Mecánica de Suelos o estudio aprobado por revisor estructural (por ejemplo, ecuación de Boussinesq).
- Empujes estático y sísmico del terreno sobre los muros.

Se debe tener especial consideración en la determinación y aplicación de los empujes del terreno sobre el edificio, considerando que se pueden presentar varios casos diferentes, tales como, empuje por relleno de material geotécnico desde una a todas sus caras confinado completamente. Según lo anterior, el tipo de relleno puede variar siendo de un solo tipo de suelo, varios estratos de diferentes características o roca con relleno. Considerando que las leyes de empujes pueden variar considerablemente, es necesario que un ingeniero geotécnico determine las características de los estratos, así como los empujes que deben aplicarse en el edificio.

6.4 Cargas de Operación (Op)

Se debe considerar en este estado las cargas provenientes de la operación de los equipos, generalmente provenientes de información proveedores. En este estado se incluye:

- Peso del material en equipos (chancador, correas, alimentadores, tecles, tolvas, estanques, etc.).
- Cargas provenientes del uso regular de los equipos (motores, carros, equipos móviles o vibratorios, etc.).

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 17 de 26

6.5 Cargas por Sismo (E)

Se deben incluir los empujes del terreno producto del sismo, de acuerdo al Informe de Mecánica de Suelos, previamente visado por el revisor estructural.

Para el edificio sobre el nivel de terreno, a menos que se indique lo contrario, puede analizarse de acuerdo a NCh2369.Of2003 o norma aplicable, mediante cargas estáticas o análisis modal espectral, u otro tipo de análisis aprobado por el revisor sísmico.

Para el caso de los equipos, se deberá contar con las cargas producto del sismo por parte del proveedor, o con un estudio aprobado por el revisor sísmico.

Pueden aplicarse los criterios de la norma NCh2369.Of2003, en función del nivel sobre el suelo y los parámetros de diseño.

6.6 Carga de Viento (W)

De acuerdo a la norma o Criterios de Diseño aplicables al proyecto. En el caso de Chile, la norma correspondiente es la NCh432.

Se deberá incluir esta carga en los elementos estructurales expuestos al viento, ya sea una estructura abierta o cerrada, en las direcciones de análisis, incluyendo efectos de succión.

6.7 Carga de Nieve (N)


De acuerdo a la norma o Criterios de Diseño aplicables al proyecto. En el caso de Chile, la norma correspondiente es la NCh431. Se recomienda ver ASCE 7 (Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures).

Se deberá incluir esta carga en todos los elementos expuestos a la acción de la nieve, como techos o plataformas, en caso que corresponda.

6.8 Cargas de Impacto (I)

Este estado de carga incluye todos los efectos de impacto de equipos sobre la estructura, como cambios de dirección, aceleración, frenado (lateral y longitudinal), cortes de emergencia, etc. Es aplicable a correas, puentes grúa, pica-rocas, impacto de camión sobre losa de aproximación, equipos móviles en general.

Generalmente, se aplica de acuerdo a información de los proveedores en caso de equipos; AISE Technical Report N°13 en caso de puentes grúa; y de acuerdo a los Criterios de Diseño del proyecto, previamente validado por el revisor estructural.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 18 de 26

6.9 Cargas de Vibración (V)

En función de la masa de los equipos y la frecuencia de rotación, éstos generan cargas de vibración. Estas cargas deben ser entregadas por el fabricante del equipo. En caso de no contar con ellas, se deberá aplicar criterios o diseño según estudio de fuerzas por maquinarias vibratorias.

Se deberá verificar, además, que las vibraciones se encuentren dentro del rango tolerable y no perjudicial para las personas.

6.10 Cargas por Temperatura (T)

Considera efectos de esfuerzos internos en elementos producto del cambio en la temperatura con respecto a la de montaje.

Debe considerarse de acuerdo a los Criterios de Diseño del proyecto, previamente validado por el revisor estructural.

Este efecto se presenta con mayor importancia en estructuras de acero arriostradas y en edificios de grandes dimensiones.

6.11 Cargas de Atollo (Pg)

Debe considerarse la carga de atollo en el caso de chutes, tolvas, correas, y equipos donde pueda haber atollo de material.

6.12 Cargas de Polvo (D1)

Las cargas de polvo pueden llegar a ser muy importantes y no deben ser despreciadas sin un estudio que lo fundamente. En el caso de un edificio de chancado primario las cargas por acumulación de polvo deben ser consideradas en todos los elementos, plataformas u otro lugar donde se pueda acumular material. La magnitud de esta carga será dada por el peso específico del material, la altura de acumulación acordada o descrita en los Criterios de Diseño, y por el ángulo de fricción interna del material acumulado.

6.13 Cargas de Montaje / Temporales (E2)

Se deberá considerar todo tipo de carga temporal o que esté presente durante el montaje de los equipos o elementos estructurales.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 19 de 26

6.14 Combinaciones de Cargas

Las combinaciones de carga serán las descritas en los Criterios de Diseño del Proyecto, y deberán incluir las requeridas por las distintas normas que estén involucradas en el diseño de la estructura (AISC, ACI-318, NCh3171, etc.) y de acuerdo al tipo de diseño (ASD, LRFD).

Combinaciones ASD:

- $PP + Op + H$
- $PP + Op + SC \pm T + H$
- $PP + Op + H \pm W$
- $PP + Op + H \pm E$
- $PP + Op + H \pm 0.75 \cdot W \pm 0.75 \cdot SC$
- $PP + Op + H \pm 0.75 \cdot E \pm 0.75 \cdot SC$
- $0.6 \cdot (PP + Op) + H \pm W$
- $0.6 \cdot (PP + Op) + H \pm E$


Combinaciones LRFD:

- $1.4 \cdot (PP + Op) + 1.6 \cdot H$
- $1.2 \cdot (PP + Op) + 1.6 \cdot H + 1.6 \cdot SC$
- $1.2 \cdot (PP + Op) + 1.6 \cdot H + 1.0 \cdot SC \pm 1.6 \cdot W$
- $1.2 \cdot (PP + Op) + 1.6 \cdot H + 1.0 \cdot SC \pm 1.4 \cdot E$
- $0.9 \cdot (PP + Op) + 1.6 \cdot H \pm 1.6 \cdot W$
- $0.9 \cdot (PP + Op) + 1.6 \cdot H \pm 1.4 \cdot E$

7. ANÁLISIS

7.1 Verificación de Estabilidad Global

El conjunto edificio-chancador-relleno sometido a los empujes del suelo en la condición estática y a los empujes del suelo más las fuerzas inerciales, en la condición sísmica, debe ser estable, con factores de seguridad al volcamiento y al deslizamiento normalmente superiores a 1.5 para el deslizamiento y sobre 2.0 para el volcamiento, considerando la exigencias de la superficie comprimida (losa inferior) impuestas en la normativa y criterios de diseño del proyecto, las que normalmente se refieren a 100% de apoyo en caso estático y 80% en caso sísmico, se pueden dar situaciones con valores menores que deben estar

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 20 de 26

justificados por el geotécnico y aceptados por el cliente. Un tema de especial relevancia tiene relación con el deslizamiento del sistema, cuya resistencia debe ser estudiada en detalle por el especialista en geotecnia. Puntos importantes sobre esto son:

- a- En el caso de chancadores apoyados en suelo, la resistencia al deslizamiento depende de peso y del roce entre la fundación y el suelo. El coeficiente de roce es función del ángulo de fricción interna que varía entre $2/3$ y 1.0 veces la tangente del ángulo de fricción interna, debiendo el especialista en geotecnia entregar el valor final que se adopte.
- b- Si el chancador se apoya en roca de relativa buena calidad, la resistencia que predomina es la cohesiva que depende de la resistencia de la roca y del área de la fundación. El especialista en geotecnia debe entregar el valor final del parámetro.
- c- En general el buen diseño exige que el factor de seguridad al volcamiento sea superior al del deslizamiento, ya que este es un mecanismo efectivo de disipación con distorsiones menores que las que se relacionan con aquel.

La estabilidad debe ser verificada para combinaciones ASD.

7.2 Verificación de Asentamientos

El cálculo de los asentamientos deberá ser consistente con los parámetros del suelo utilizados y deberá estar de acuerdo con el Informe de Mecánica de Suelos. Los valores de asentamiento máximo estarán dados por la capacidad de deformación de los materiales de la estructura, por la tolerancia de los equipos, y por lo aceptado en los Criterios de Diseño del proyecto.

Los asentamientos deben ser verificados para combinaciones ASD.

7.3 Verificación de Presiones de contacto

Las presiones de contacto, tanto verticales bajo las fundaciones, como horizontales en los muros en contacto con terreno, deberán estar limitadas de acuerdo a los valores máximos de capacidad de soporte indicados en el Informe de Mecánica de Suelos del proyecto.

En caso de no cumplir con lo anterior, se deberá incrementar la superficie de las fundaciones.

Las presiones de contacto deben ser chequeadas para combinaciones ASD.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 21 de 26

8. DISEÑO

8.1 Losas o Plataformas en Niveles Intermedios

Los edificios de chancado primario en sitio cuentan con niveles normalmente de losas de hormigón cuyo diseño presenta particularidades que es preciso puntualizar:

- a- La losa que se ubica en el nivel superior corresponde al fondo del buzón o tolva de descarga de los camiones. En general es una losa de gran espesor (entre 1000 y 1500mm) con una perforación central para la entrada del material al chancador. El criterio de diseño establecido para los diferentes proyectos contempla una situación estática de atollo con el buzón lleno y una situación de diseño sísmico con el buzón cargado con el material de las camas muertas y el contenido de uno o dos camiones. Si el buzón no contempla camas muertas, se debe realizar un estudio de los impactos de las piedras sobre las paredes.
- b- La losa inmediatamente bajo la anterior, normalmente es la que apoya el chancador y en general es de gran espesor con un pedestal de apoyo del equipo donde se alojan los pernos de anclaje y los topes sísmicos. Una alternativa a la losa de gran espesor uniforme, es el diseño con vigas de apoyo y losa de espesor menor.

En general, para que las vigas sean efectivas, deben tener una altura a lo menos el doble o el triple del espesor de la losa.

El pedestal de apoyo del chancador debe tener dimensiones suficientes para asegurar el completo desarrollo dúctil de los pernos de anclaje y de los dispositivos de transmisión del corte.

Generalmente, esas exigencias hacen que el pedestal del chancador deba tener dimensiones generosas.

Se debe tener especial precaución con las vigas y losas de edificios enterrados, debido a que estos elementos trabajarán en flexo-compresión ya que actúan como puntales que sostienen el empuje del suelo.

Las vigas al estar sometidas a carga axial, deberán ser diseñadas como elementos en compresión, considerando efectos de esbeltez (armadura longitudinal mínima de 1% del área de la sección, estribos de confinamiento, longitud efectiva de pandeo, etc.).


Lo mismo ocurre para las losas, donde se deberá verificar el efecto de esbeltez de las mismas y realizar análisis de flexo-compresión para determinar su armadura.

Se recomienda incluir armadura de confinamiento en losas, de manera de evitar el pandeo de las barras en compresión.

En función de la geometría y las cargas, puede ser necesaria armadura de corte en las losas, la que se deberá incluir como estribos o trabas. Se debe notar la presencia de esfuerzo de corte en ambas direcciones del plano de la losa, y diseñar para el esfuerzo combinado de éstos.

Del mismo modo, se debe verificar que las cargas no produzcan punzonamiento en las losas. Es posible estructurar con vigas, o agregar armadura de punzonamiento.

Los elementos de hormigón deberán ser diseñados para cumplir con el código ACI-318, especialmente con el capítulo 21 ante la presencia de solicitaciones sísmicas.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 22 de 26

8.2 Muros

Los muros afectos a empuje de suelo trabajan principalmente con esfuerzos fuera de su plano, y deben ser analizados como placas (losas). Sin embargo, también presentan cargas en su plano, producto del apoyo de los muros perpendiculares y por transmisión de esfuerzo de corte sísmico, por lo cual su diseño debe incluir los efectos de estas cargas.

Las armaduras principales de los muros estarán generalmente en la dirección más corta, y por lo tanto, estas barras deberán estar en las caras exteriores (tanto por el lado interior como en el lado del terreno).

Producto del empuje del suelo y las grandes dimensiones, se deberán verificar los esfuerzos de corte en los muros, producto de lo cual posiblemente sea necesario incluir armadura transversal (estribos o trabas).

Se deberá tener precaución con la ubicación de los empalmes de las armaduras (mallas) y ubicarlos en zonas comprimidas. Si la geometría lo permite, se recomienda además alternar los empalmes dentro de la misma malla.

En el caso de existir cargas interiores en los muros, producto de acumulación de material u otros efectos, se recomienda no considerarlas al momento del diseño, ya que estas cargas son favorables y su presencia puede no ser permanente.


Se debe verificar la presencia de perforaciones para ductos u otros elementos que pudieran requerir atravesar algunos muros. En estos casos de deberá reforzar debidamente la zona afectada a fin de evitar fallas locales o concentración de tensiones.

8.3 Fundaciones

Para el diseño de las fundaciones, ya sean aisladas o como losa de fundación, se deberá cumplir con los requerimientos del código ACI-318. Las combinaciones de carga utilizadas para el diseño en hormigón armado son LRFD.

Las fundaciones, idealmente, deben diseñarse de modo tal que no requieran armadura por corte; es decir, que: $\phi \cdot V_c > V_u$. Si lo anterior no se cumple, será necesario disponer armadura al corte en forma de estribos o trabas.

La armadura por flexión deberá cubrir lo requerido en cada dirección, y ser mayor que el mínimo requerido por la sección.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 23 de 26

8.4 Anclaje de Equipos

El anclaje de los equipos debe considerar todas las cargas asociadas (sismo, operación, vibraciones, etc.).

Para el caso del sismo, en caso de tener una fuerza de corte mayor a 5 ton por soporte, deberá llevar llaves de corte.

Las fuerzas por caso sísmico pueden venir dadas por el proveedor del equipo (proveedor) o pueden determinarse según la norma NCh2369 o la que corresponda al proyecto; con la debida aprobación del revisor sísmico.

Debido a que el edificio está enterrado, puede ser discutible qué coeficiente sísmico utilizar. La norma NCh2369.Of2003 ofrece 3 alternativas:

- Equipos apoyados en el suelo (capítulo 5.6),
- Equipos en estructuras (capítulo 7.2),
- $C_{m\acute{a}x}$, a nivel de piso (capítulo 5.3).

Debe verificarse en los pernos:


- La tracción o interacción tracción/corte.
- Distancias entre pernos y al borde de las placas (si corresponde).

Debe verificarse en las llaves de corte:

- Esfuerzo de corte en la sección de la llave.
- La flexión de la sección (máxima tracción en la sección).

Debe verificarse en el hormigón:

- Aplastamiento del hormigón por llave de corte.
- Arrancamiento de los pernos de anclaje (cono, interacción entre pernos, distancias al borde, etc.).

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 24 de 26

9. DETALLAMIENTO DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN

El diseño de hormigón armado del edificio tiene algunos aspectos especiales que si bien se diseñan en el marco de la norma ACI 318, requieren consideraciones adicionales, ya que esta norma no tiene en su objetivo primero diseñar elementos de estas dimensiones. En particular se deben tratar temas como:


- a- Criterio de cuantías mínimas para losas, vigas y muros.
- b- Criterios de armado para muros de gran espesor.
- c- Criterio de armado para pedestales.
- d- Criterio para diseñar al corte elementos de gran espesor (losas y muros).

9.1 Criterios de Cuantías Mínimas para Losas, Vigas y Muros

- a- Para elementos predominantemente flexurales, como son las vigas y las losas, se recomienda utilizar la cuantía que para ellos entrega el ACI 318 (0.33 a 0.50%) de manera de asegurar la figuración del elemento sin falla frágil.
Se recomienda no utilizar el criterio de 1/3 adicional de armadura en relación a la de diseño.
- b- Para muros cargados en su plano, considerarlos elementos flexurales y aplicar lo indicado en el punto anterior.

9.2 Criterios de Armado para Muros de Gran Espesor

- a- Los muros de espesores grandes (mayores de 600mm) no deberían tener una capa de armadura por cada cara. Como recomendación:
 - Espesor: Menos de 600mm: una malla por cada cara.
 - Espesor. 600 mm a 1000mm: dos mallas por cada cara. Distancia entre barras verticales de cada malla 150mm.
 - Espesor de más de 1000mm: dos mallas por cada cara. Distancia entre barras verticales de cada malla: 200 a 300mm.
- b- Si se trata de elementos comprimidos (en condición estática o sísmica), todos ellos deben verificar las exigencias para elementos comprimidos del ACI, incluso en las condiciones de tensiones de compresión bajas.
Al utilizar dobles mallas (no dobles capas), es relativamente sencillo cumplir las restricciones para armaduras de elementos comprimidos, ya que siempre se puede tomar las barras verticales de la malla exterior, contra los correspondientes de la malla interior, que no se pueden pandear.
- c- En consideración a los espesores, todos los elementos deben tener armadura transversal suficiente para facilitar la salida del calor de hidratación generado durante el fraguado.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 25 de 26

9.3 Criterios de Armado para Pedestales

El diseño de los pedestales estará relacionado con el tipo de equipo, tamaño del pedestal, solicitaciones estáticas, de operación y sísmicas (factor de reducción R).

Los pedestales son elementos en los que predomina la compresión, por lo que deben ser diseñados considerando efectos de esbeltez y pandeo. Sin embargo, en algunos casos puede ser discutible su aplicación (por ejemplo, en pedestales chatos de gran área y pequeña altura puede ser muy conservador disponer un área mínima de 1%). Asimismo, debido a que en ocasiones el factor de reducción de respuesta sísmica “R” es bajo, sus requerimientos de ductilidad también lo son.

Sin embargo, para los equipos de gran costo presentes en este tipo de edificios, se recomienda considerar todas las especificaciones indicadas en el Código ACI-318, incluyendo el capítulo 21 (Estructuras Sismo-Resistentes) especialmente para efectos de confinamiento.

Para efectos del esfuerzo de corte, se debe considerar que los soportes pueden requerir “Llaves de Corte”. En caso de que el corte basal por pedestal sea menor a 5ton, esta fuerza puede ser tomada por los pernos (tal como indica NCh2369.Of2003). Se recomienda no espaciar los estribos a más de 150 mm; y los tres primeros de arriba a 75mm.


Los anclajes deberán ser diseñados como se indica en el capítulo 9 del presente procedimiento.

9.4 Criterios para Diseñar al Corte Elementos de Gran Espesor (Losas y Muros)

El diseño de elementos de gran espesor controlados por corte, se realiza con la normativa ACI, aplicando expresiones y conceptos cuya validez para elementos gruesos es incierta, lo que hace recomendable adoptar las siguientes precauciones:

- a- Elegir espesores tales que la capacidad del hormigón solo sea suficiente para tomar los esfuerzos de operación normal ojala sin requerir armadura o requiriendo solo una fracción pequeña.
- b- Diseñar la armadura de corte para la condición de carga más severa, considerando que el aporte del hormigón es menor que el normativo (por ejemplo, la mitad).
- c- Verificar la sección o secciones críticas al corte con un factor de reducción más bajo que el normativo (por ejemplo $\Phi = 0.60$).

Se debe tener presente que las recomendaciones anteriores provienen solo de la experiencia de los redactores y en consecuencia, están sujetas a discusión.

	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS CIVILES ESTRUCTURALES	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	
		EDIFICIOS DE CHANCADO PRIMARIO	
		AICE-PRC-002-0	Página 26 de 26

10. HORMIGONES EN MASA

Dado que en un edificio de estas características los elementos pueden llegar a tener espesores importantes, se debe tener presente que para efectos de construcción pueden presentarse efectos que deben prevenirse.

Por ejemplo, las losas de fundación y los muros sometidos a flexión y corte, es decir, sus dimensiones y armaduras estarán dadas por resistencia. Esto significa que posiblemente el área de acero requerida no será la mínima por retracción y las barras serán de gran diámetro.

Las disposiciones de ACI-207.1R (Mass Concrete) recomiendan controlar los cambios de volumen debido al calor generado por la hidratación del cemento con el fin de minimizar la fisuración del hormigón. En este reporte, se indican recomendaciones como el tamaño máximo del agregado. Además es posible utilizar agregado de tamaño máximo de 6" (150mm). Esto resulta muy útil en elementos con las armaduras lo suficientemente separadas. Sin embargo, en el caso de elementos diseñados por resistencia puede resultar contraproducente especificar agregados de este tamaño, ya que es posible que existan congestiones de armaduras.

Se recomienda evitar disponer armaduras a separaciones menores de 150mm, ya que puede complicar enormemente el hormigonado. Esto puede solucionarse disponiendo barras en capas interiores, pero debe tenerse presente que esto reduce la distancia al centro de gravedad de las armaduras, situación que debe considerarse dentro del cálculo.

Otros temas a considerar:

- Hormigonado en secuencias.
- Juntas de construcción.
- Control de temperatura interior durante el curado (termocuplas).
- Problemas de vibrado.
- Utilización de hielo picado en el agua para disminuir la temperatura.

Esto significa que en elementos de espesor mayor a 600mm la armadura requerida para resistir los efectos de la retracción puede determinarse como la armadura mínima para un elemento de 600mm.