



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CONCRETO ARMADO 1
2024

Cesar Grijalva

DIVISIÓN CIENCIAS
DE LA INGENIERÍA

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

Contenido

Prólogo	2
INTRODUCCIÓN Y NOTA ACLARATORIA	3
HISTORIA, INTRODUCCIÓN:	5
CEMENTO PORTLAND	8
AGUA EN EL CONCRETO	11
CURADO DE CONCRETO (ACI 308)	14
ADITIVOS EN CONCRETO	16
CRITERIOS EVALUACIÓN PRUEBAS RESISTENCIA CONCRETO	17
ACI 214.....	17
EXPERIENCIA EN LABORATORIO DEL CUNOC	18
RECOMENDACIONES PARA MEZCLADO.....	19
Protección del Concreto contra Substancias Químicas.....	19
REVESTIMIENTO RECOMENDABLE.....	20
MEZCLAS RESISTENTES A QUÍMICOS	21
PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS:.....	21
Esfuerzos por Flexión en vigas	22
Ejemplo 6-10.....	22
SOLUCIÓN	23
Ejemplo 6-11.....	25
SOLUCIÓN	25
FÓRMULA GENERAL DE FLEXIÓN	29
ANOTACIONES SOBRE VIGAS.....	31
CRITERIOS DE CORTE	51

Prólogo

A lo largo de los años he visto la iniciativa del Dr. César Augusto Grijalva para ser parte del capítulo del American Concrete Institute –ACI- y se estableció una relación directa con el capítulo de Guatemala el cual se formó con estudiantes para que los mismos pudieran tener información pertinente, actualizada de los cambios que el ACI realiza cada cierto tiempo.

Con la actualización que se ha tenido con el código ACI 318 y otros; las competencias que el capítulo a nivel nacional ha propuesto año con año, del cual se han obtenido varios primeros lugares a nivel de investigación y del rompimiento de cilindros a nivel nacional, además se ha actualizado cada uno de los pasos necesarios para poder tener al día documentos de apoyo que él ha realizado a lo largo de los años, para ello el Dr. Grijalva ha mantenido una constante verificación y actualización del documento para el curso de Concreto Armado 1 el cual ha sido muy encomiable dicha labor ya que ha ayudado a estudiantes, profesionales mantener al día los conocimientos y las enmiendas que el capítulo del ACI le ha ido modificando a lo largo del tiempo.

Una de las connotaciones importantes que hay que resaltar es las modificaciones que el Capítulo ACI ha utilizado en los factores de modificación que son de importancia el poder comprender como lo ha ido cambiando a lo largo de los años y de los cuáles son las razones que el capítulo ha tenido para que estos sean utilizados con una mayor confianza, estos factores desde Carga Viva, Carga Muerta, factores de disminución de resistencia para Momento, de corte, etc., Cabe resaltar que además se hace comparaciones de las versiones del capítulo del ACI para que la persona que toma referencia este documento pueda apreciar estas diferencias, así mismo la experiencia en Laboratorio del Centro Universitario de Occidente es de suma importancia tener referencias que conllevan a ciertas conclusiones y recomendaciones para que lo aprendido en clase tenga una relevancia importante en el quehacer académico ya que se define los procedimientos específicos que las normativas establecen para poder realizar las mismas.

El paso a paso que se describe en el diseño de elementos que están sujetos a flexión, corte, torsión son importantes resaltarlos debido a que son el principio que deben tener los estudiantes para iniciar su proceso de formación en la etapa de diseño estructural de elementos que son fundamentales para cualquier estructura hoy día. La descripción para el diseño de losas con el método tres (ACI 318-63), método directo y el portal equivalente, establece que debe de hacerse para poder realizar el diseño que debe de considerarse para que el estudiante realice una comparación de métodos que dan un apreciación elemental de los métodos y asegurar un buen diseño dependiendo del uso que se pueda tener que es algo importante mencionar así también dependerá de su configuración estructural.

Víctor Carol Hernández Monzón

INTRODUCCIÓN Y NOTA ACLARATORIA

Los tiempos cambian y así la tecnología, tal como la del concreto. Han pasado algunos años desde la redacción original de estos apuntes de clases de Concreto Armado. Es un resumen de aspectos básicos, que reúne una teoría resumida y cálculos básicos que parten del equilibrio en la flexión, por ejemplo.

En estas anotaciones, se hace mención de algunos comités del Instituto Americano del Concreto (ACI), donde buena parte es el 318 del año 2019. Este último es lo vigente, pero se hace necesaria la siguiente nota aclaratoria: *se dejan los viejos criterios para que el estudiante compare y tenga idea de los caminos y cambios de los criterios de diseño en el código en mención que ya supera un siglo de existencia.*

La anterior nota aclaratoria puede parecer una pérdida de tiempo y esfuerzo de más, tanto del estudiante como del docente, pero una justificación importante es la no actualización de algunos docentes en materia de concreto armado. Una especie de denuncia, al dejar en este documento la evidencia necesaria, para que el estudiante de ingeniería –civil- de Centro Universitario de Occidente, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, no sea presa de la ignorancia.

Este aspecto, más que considerarlo de manera negativa, es una oportunidad para el estudiante serio del concreto armado. Se remarca la aclaración, para que el estudiante y lector somero y débil, no caiga en confusión. Entones los criterios actuales y vigentes se marcan con verde para mejor comprensión.

Puede que se dé lugar a pensar que se avalan los viejos criterios de diseño, pero no es la realidad al no estar en vigencia, simplemente se intenta dar un recurso comparativo y que se tenga un mapa conceptual sobre la actualización y ruta del docente de estos temas.

En espera de hacer un aporte y colaboración en lo académico del plan de estudios, me suscribo de los amables lectores que me honran con la lectura atenta al presente documento de clase.

César A. Grijalva.

BIBLIOGRAFIA PARA ESTE LIBRETO :

Diseño de Estructuras de Concreto. Arthur H. Nilson & George Winter. McGraw-Hill

Concreto Reforzado. Edward G. Nawy. Prentice Hall

Diseño de Estructuras de Concreto Presforzado. Arthur H. Nilson. Noriega Limusa.

ACI Building Code Requirements of the 20th Century.

Building Code Requirements for Structural Concrete. ACI 318-2019

Manual de Tecnología del Concreto. CFE e Instituto de Ingeniería UNAM. 2001. Limusa.

BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL, publicaciones del IMCYC

Concreto en obra

Agregados para concreto

Curado del concreto ACI 308

Durabilidad del concreto ACI 201

Detalles y detallado del acero de refuerzo ACI 315

Guía práctica para dosificar concreto normal, pesado y masivo ACI 211

Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete. ACI 211.3R-02. Aci, Fermington Hills, Michigan.

Practica recomendable evaluación resultados pruebas de resistencia de concreto ACI 214

LA TEORÍA

HISTORIA, INTRODUCCIÓN:

Griegos, romanos y civilizaciones antiguas utilizan cemento. (*Cemento romano*) Se utilizan componentes volcánicos como puzolanas (cementos *puzolánicos*) Nace en el siglo XIX el uso del concreto.

Concreto es un material semejante a la piedra, que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de *cemento, arena y grava ú otro agregado más agua*. Mezcla que se endurece en formaletas ó cimbras con formas y dimensiones definidas. Lo anterior es por el estado plástico de la masa recién preparada, lo que hace de este material ideal para colocar en un molde cualquiera.

VENTAJAS:

Fácil molde habilidad,
Resistente al fuego y al agua.

DESVENTAJAS:

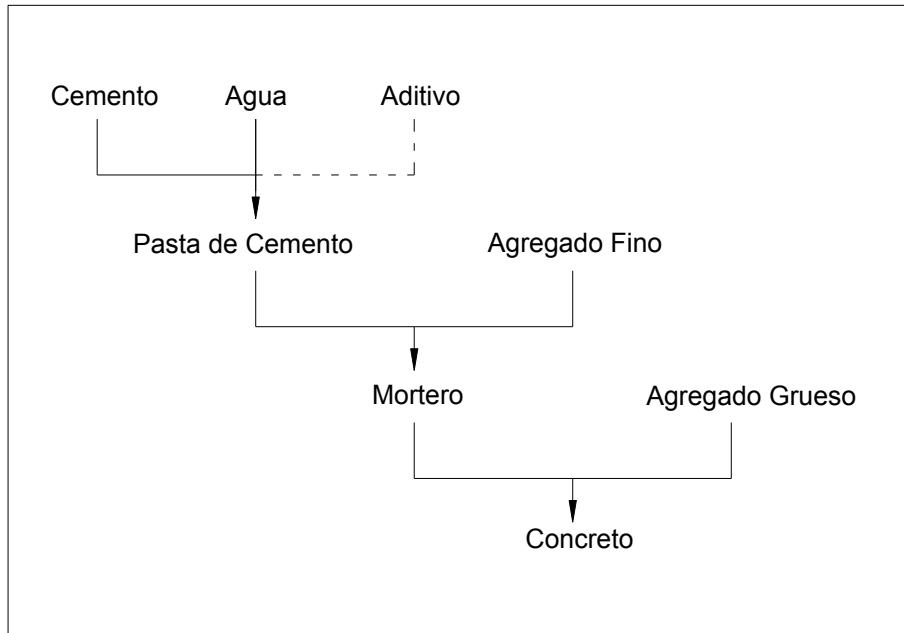
Elemento estructural pesado
Fraguado es la etapa mas crítica (mal fraguado, mal concreto)

En nuestro medio es un material constructivo de uso bastante difundido.

El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024



Esquema de integración del concreto

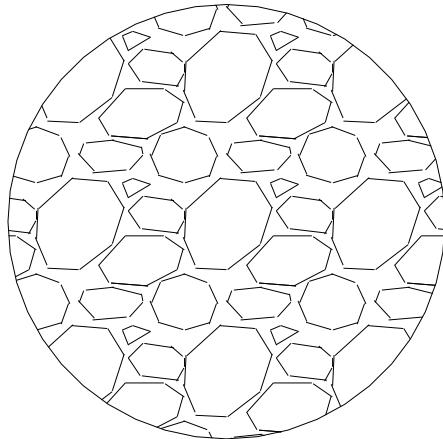
Al mezclar estos componentes y producir lo que se conocer como una revolución de concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire.

Si la mezcla no contiene un aditivo que lo fomente, el aire se presenta en forma de burbujas macroscópicas dispersadas erráticamente en la masa, que corresponden al aire atrapado cuya proporción no excede normalmente a 2 por ciento del volumen del concreto compactado, y es de ordinario indeseable.

Cuando en el concreto se provoca la formación de aire mediante un aditivo, se dice que contiene aire incluido intencionalmente con el propósito de inducirle determinadas propiedades deseables. A diferencia del anterior, el aire incluido adopta la forma de pequeñas burbujas, casi microscópicas y sensiblemente esféricas, que se distribuyen uniformemente en la masa y representan una proporción que suele fluctuar entre 3 y 8 por ciento del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado.

La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido.

La representación común del concreto convencional en estado fresco, lo identifica como un conjunto de fragmentos de roca, globalmente definidos como agregados, dispersos en una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica. Esto significa que en una mezcla así hay muy poco o ningún contacto entre las partículas de los agregados, característica que tiende a permanecer en el concreto ya endurecido



Dispersión de los agregados en el concreto endurecido

Consecuentemente con ello, el comportamiento mecánico de este material y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos: 1) las características, composición y propiedades de la pasta de cemento, o matriz cementante, endurecida, 2) la calidad propia de los agregados, en especial sentido más amplio, y 3) la afinidad de la matriz cementante con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto.

En el primer aspecto debe contemplarse la selección de un cementante apropiado, el empleo de una relación agua/cemento conveniente y el uso eventual de un aditivo necesario, con todo lo cual debe resultar potencialmente asegurada la calidad de la matriz cementante.

En cuanto a la calidad de los agregados, es importante adecuarla a las funciones que debe desempeñar la estructura, a fin de que no representen el punto débil en el comportamiento del concreto y en su capacidad para resistir adecuadamente y por largo tiempo los efectos consecuentes de las condiciones de exposición y servicio a que esté sometido.

Finalmente, la compatibilidad y el buen trabajo de conjunto de la matriz cementante con los agregados, depende de diversos factores tales como las características físicas y químicas del cementante, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados, y la forma, tamaño máximo y textura superficial de estos.

De la esmerada atención a estos tres aspectos básicos, depende sustancialmente la capacidad potencial del concreto, como material de construcción, para responder adecuadamente a las acciones resultantes de las condiciones en que debe prestar servicio. Pero esto, que sólo representa la previsión de emplear el material potencialmente adecuado, no basta para obtener estructuras resistentes y durables, pero requiere conjugarse con el cumplimiento de previsiones igualmente eficaces en cuanto al diseño, especificación, construcción y mantenimiento de las propias estructuras.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

CEMENTO PORTLAND

Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y confirmar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuadas. El concreto utiliza cemento hidráulico, que requiere la adición de agua para completar su proceso de fraguado o hidratación; de los cementos hidráulicos el Pórtland es el más común.

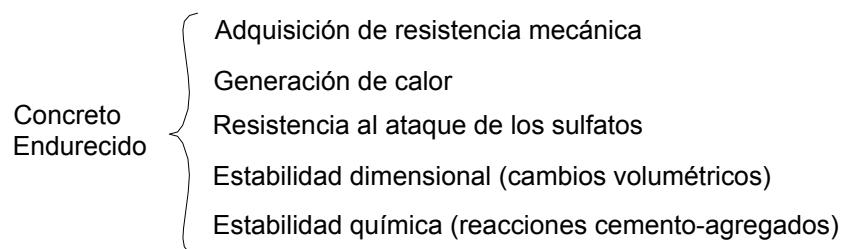
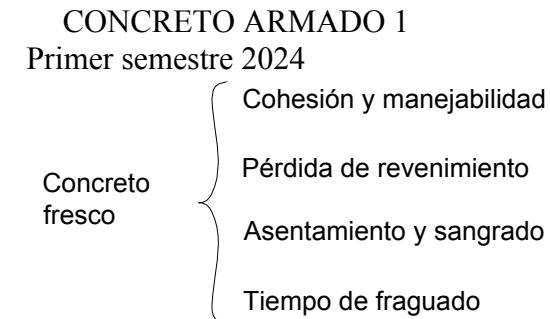
El cemento Portland es un material grisáceo finamente pulverizado, conformado fundamentalmente por silicatos de calcio y aluminio. El material se mezcla y se funde en un horno hasta obtener el clinker, que se enfriá, se muele para lograr la finura requerida.

Los concretos hechos de cemento Pórtland generalmente requieren de dos semanas para alcanzar la resistencia suficiente para retirar las formaletas o cimbras y llegar a la resistencia de diseño después de los 28 días.

Cementos recomendables por sus efectos en el concreto

Las condiciones que deben tomarse en cuenta para especificar el concreto idóneo y seleccionar el cemento adecuado para una obra, pueden determinarse por la indagación oportuna de dos aspectos principales: 1) Las características propias de la estructura y de los equipos y procedimientos previstos para construirla, y 2) las condiciones de exposición y servicio del concreto, dadas por las características del medio ambiente y del medio de contacto y por los efectos previsibles resultantes del uso destinado a la estructura.

Existen diversos aspectos del comportamiento del concreto en estado fresco o endurecido, que pueden ser modificados mediante el empleo de un cemento apropiado, para adecuarlos a los requerimientos específicos dados por las condiciones de la obra. Las principales características y propiedades del concreto que pueden ser influidas y modificadas por los diferentes tipos y clases de cemento, son las siguientes:



En algunos aspectos la influencia del cemento es fundamental, en tanto que en otros resulta de poca importancia porque existen otros factores que también influyen y cuyos efectos son más notables. No obstante, es conveniente conocer y tomar en cuenta todos los efectos previsibles en el concreto, cuando se trata de seleccionar el cemento apropiado para una obra determinada.

A) Efectos en el concreto fresco

- Cohesión y manejabilidad

La cohesión y manejabilidad de las mezclas de concreto son características que contribuyen a evitar la segregación y facilitar el manejo previo y durante su colocación en las cimbras. Consecuentemente, son aspectos del comportamiento del concreto fresco que adquieren relevancia en obras donde se requiere manipular extraordinariamente el concreto, o donde las condiciones de colocación son difíciles y hacen necesario el uso de bomba o el vaciado por gravedad.

Prácticamente, la finura es la única característica del cemento que puede aportar beneficio a la cohesión y la manejabilidad de las mezclas de concreto, por tanto, los cementos de mayor finura como el Pórtland tipo III o los Pórtland-puzolana serían recomendables en este aspecto. Sin embargo, existen otros factores con efectos más decisivos para evitar que las mezclas de concreto segreguen durante su manejo y colocación. Entre tales factores pueden mencionarse la composición granulométrica y el tamaño máximo del agregado, el consumo unitario de cementante, los aditivos inclusores de aire y el diseño de la mezcla de concreto.

- Pérdida de revenimiento

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

Este es un término que se acostumbra usar para describir la disminución de consistencia, o aumento de rigidez, que una mezcla de concreto experimenta desde que sale de la mezcladora hasta que termina colocada y compactada en la estructura. Lo ideal en este aspecto sería que la mezcla de concreto conservara su consistencia (o revenimiento) original durante todo este proceso, pero usualmente no es así y ocurre una pérdida gradual cuya evolución puede ser alterada por varios factores extrínsecos, entre los que destacan la temperatura ambiente, la presencia de sol y viento, y la manera de transportar el concreto desde la mezcladora hasta el lugar de colado, todos los cuales son aspectos que configuran las condiciones de trabajo en obra.

Para unas condiciones de trabajo dadas, la evolución de la pérdida de revenimiento también puede resultar influida por factores intrínsecos de la mezcla de concreto, tales como la consistencia o fluidez inicial de ésta, la humedad de los agregados, el uso de ciertos aditivos y las características y contenido unitario del cemento. La eventual contribución de estos factores intrínsecos, en el sentido de incrementar la pérdida normal de revenimiento del concreto en el lapso inmediato posterior al mezclado, es como se indica:

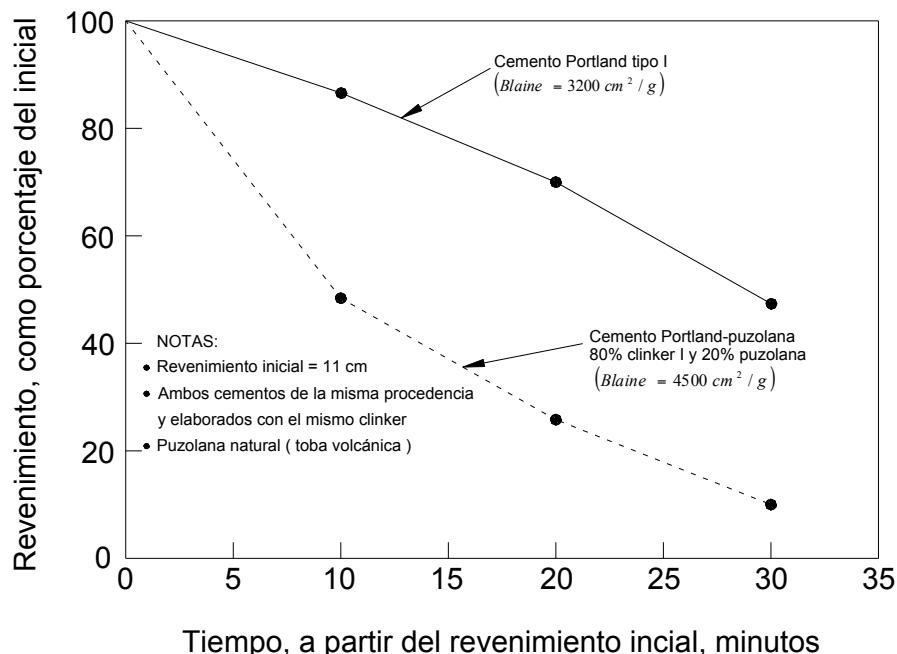
1. Las mezclas de consistencia más fluida tienden a perder revenimiento con mayor rapidez, debido a la evaporación del exceso de agua que contienen.
2. El empleo de agregados porosos en condición seca tiende a reducir pronto la consistencia inicial, por efecto de su alta capacidad para absorber agua de la mezcla.
3. El uso de algunos aditivos reductores de agua y superfluidificantes acelera la pérdida de revenimiento, como consecuencia de reacciones indeseables con algunos cementos.
4. El empleo de cementos Pórtland-puzolana cuyo componente puzolánico es de naturaleza porosa y se muele muy finamente, puede acelerar notablemente la pérdida de revenimiento del concreto recién mezclado al producirse un desecamiento prematuro provocado por la avidez de agua de la puzolana.

En relación con estos dos últimos factores, lo conveniente es verificar oportunamente que exista compatibilidad entre el aditivo y del cemento de uso previsto y, en el caso del cemento Pórtland-puzolana, realizar pruebas comparativas de pérdida de revenimiento con un cemento Pórtland simple de uso alternativo.

Es importante no confundir la pérdida normal de revenimiento que toda mezcla concreto exhibe en la primera media hora subsecuente al mezclado, con la rápida rigidización que se produce en pocos minutos como consecuencia del fenómeno de falso fraguado en el cemento. Para evitar esto último, es recomendable seleccionar un cemento que en pruebas de laboratorio demuestre la inexistencia de falso fraguado (NOM C 132), o bien especificar al fabricante el requisito opcional de que el cemento no presente falso fraguado, tal como se halla previsto en las NOM C-1 y NOM C-2.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024



Prueba comparativa de pérdida de revenimiento en concretos con cementos Pórtland tipo I y Pórtland-puzolana.

AGUA EN EL CONCRETO

El agua en la mezcla tiene dos funciones:

Hacer que el concreto sea lo suficientemente trabajable para ser colocado y compactado;
Combinación química con el cemento para producir un material duro y resistente.

Si embargo, para la reacción química únicamente te requiere de un 50% del contenido de agua, pues el resto se evapora gradualmente a medida que el concreto endurece, dejando cavidades y vacíos. Los vacíos debilitan al concreto, pues cuanta mas agua tiene la mezcla mas débil es el concreto; además de ser mas débil al itemperismo, especialmente las heladas que pueden romper una mezcla fresca.

Se debe controlar el agregar una cantidad uniforme de agua para lograr un concreto uniforme; el mayor problema es la variación de humedad en los agregados, especialmente en la arena, donde el contenido promedio de agua en una pila es de 6 a 7 % Arena muy húmeda (después de llover) con humedad de 12 al 15% Arena seca con 2% de contenido de agua.

Asentamiento y sangrado

En cuanto el concreto queda en reposo, después de colocarlo y compactarlo dentro del especio cimbrado, se inicia un proceso natural mediante el cual los componentes más pesados (cemento y agregados) tienden a descender en tanto que el agua, componente menos denso, tiende a subir. A estos fenómenos simultáneos se les llama respectivamente asentamiento y sangrado, y cuando se

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

producen en exceso se les considera indeseables porque provocan cierta estratificación en la masa de concreto, según la cual se forma en la superficie superior una capa menos resistente y durable por su mayor concentración de agua. Esta circunstancia resulta particularmente inconveniente en el caso de pavimentos de concreto y de algunas estructuras hidráulicas cuya capa superior debe ser apta para resistir los efectos de la abrasión mecánica e hidráulica.

Los principales factores que influyen en el asentamiento y el sangrado del concreto son de orden intrínseco, y se relacionan con exceso de fluidez en las mezclas, características deficientes de forma, textura superficial y granulometría en los agregados (particularmente falta de finos en la arena) y reducido consumo unitario y/o baja finura en el cementante. Consecuentemente, las medidas aplicables para moderar el asentamiento y el sangrado consisten en inhibir la presencia de dichos factores, para lo cual es pertinente:

- 1) Emplear mezclas de concreto con la consistencia menos fluida que colocarse satisfactoriamente en la estructura, y que posea el menor contenido unitario de agua que sea posible, inclusive utilizando aditivos reductores de agua si es necesario.
- 2) Utilizar agregados con buena forma y textura superficial y con adecuada composición granulométrica; en especial, con un contenido de finos en la arena que cumple especificaciones en la materia.
- 3) Ensayar el uso de un aditivo inclusor de aire, particularmente cuando no sea factible cumplir con la medida anterior.
- 4) Incrementar el consumo unitario de cemento y/o utilizar un cemento de mayor finura, como el Pórtland tipo III o los Pórtland-puzolana.

En relación con esta última medida, es un hecho bien conocido la manera como se reduce la velocidad de sangrado de la pasta al aumentar la superficie específica del cemento (Fig. 5). Si embargo, existe el efecto opuesto ya mencionado en el sentido de que un aumento de finura en el cemento tiende a incrementar el requerimiento de agua de mezcla en el concreto. Por tal motivo, es preferible aplicar esta medida limitadamente seleccionando el cemento apropiado por otras razones más imperiosas y, si se presenta problema de sangrado en el concreto, tratar de corregirlo por los otros medios señalados, dejando el cambio de cemento por otro más fino como última posibilidad.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

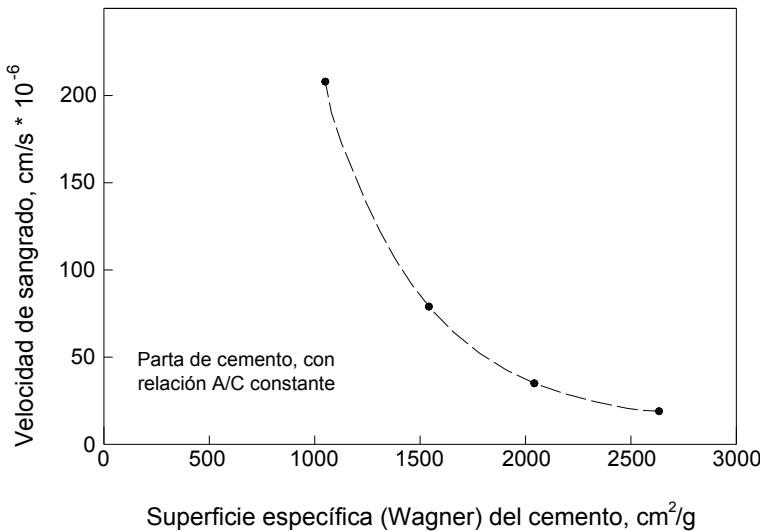


Fig. 5 Influencia de la finura del cemento en el sangrado de la pasta.

AGREGADOS EN CONCRETO

Aspectos a cubrir:

*Limpieza,
Granulometría
Humedad
Inspección de entregas
Almacenamiento*

LIMPIEZA:

Libre de arcilla y lodo, polvo de piedra no es nocivo para el concreto, aunque si las variaciones fuertes de polvo de piedra entre una y otra entrega de agregado si puede afectar. Precaución con utilizar bancos de material expuestos a la lluvia, los finos se llegan a concentrar en las partes bajas de la pila.

GRANULOMETRÍA:

Se tiene agregado fino o grueso si es menor o no al tamiz No. 4 Evitar segregar el agregado (partículas pequeñas se separan de las grandes y se acumulan en la parte baja del banco de material)

HUMEDAD:

Idealmente debe ser constante para lograr un concreto uniforme. Se recomienda utilizar el agregado 16 horas después de almacenado para escurrimiento de exceso de agua. Por lo mismo no es aconsejable utilizar la parte baja de la pila de agregado; concentración de agua.

INSPECCIÓN:

Hay que evaluar en un agregado:

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

Contenido de terrones de arcilla,

Contenido de recubrimientos de arcilla y/o limo vegetal,

Granulometría,

Formas de la partícula.

ALMACENAMIENTO:

No sirve de mucho un buen agregado mal almacenado, ensuciado en obra. Apilar agregados en terreno duro y seco (torta de concreto pobre que facilite lavado) de preferencia con desnivel para facilitar escurrimiento de exceso de agua. Pilas de agregado no son basureros.

CURADO DE CONCRETO (ACI 308)

Consiste en mantener un contenido satisfactorio de humedad y temperatura en el concreto recién colado para lograr propiedades deseadas.

Congelación no es peligrosa cuando el concreto alcanza 35 kg/cm^2 de resistencia a compresión ($f'c$)

HUMEDAD:

Agua de mezclado en el momento del colado es mas de la que debe retenerse en el curado.

Tiempo de fraguado

A partir del momento en que se elabora el concreto, dan principio las reacciones químicas entre el cemento y el agua que conducen primero a la pérdida de fluidez y rigidización de la mezcla y después a su endurecimiento y adquisición de resistencia mecánica. El proceso evolutivo de este cambio de aspecto y propiedades se caracteriza por un periodo inicial, también llamado “durmiente”, durante el cual la mezcla de concreto permanece sin grandes cambios en su consistencia o fluidez inicial; a continuación se manifiesta un segundo periodo en que la mezcla comienza a perder fluidez notoriamente hasta convertirse en una masa rígida pero quebradiza que ya no es moldeable, y al cual se le denomina periodo de fraguado; finalmente, en este punto se inicia un tercer periodo que puede durar varios años, que se manifiesta por el endurecimiento propiamente dicho o adquisición de resistencia mecánica del concreto.

No hay características precisas que permitan establecer con exactitud las fronteras entre estos periodos, ya que se trata de la evaluación gradual de un mismo proceso. Sin embargo, en forma un tanto arbitraria se considera que el periodo durmiente termina cuando el concreto exhibe una resistencia a la penetración (NOM C-177/ASTM C 403) igual a 35 kg/cm^2 (500 lb/pulg^2) a cuya condición se le denomina fraguado inicial porque marca el comienzo del segundo periodo, y este termina cuando la resistencia a la penetración del concreto es igual a 280 kg/cm^2 (400 lb/pulg^2) que define el estado conocido como fraguado final.

Para fines constructivos se considera que el tiempo que se mezcla el concreto hasta que adquiere el fraguado inicial, es el lapso disponible para realizar todas las operaciones inherentes al colado hasta dejar el concreto colocado y compactado dentro del espacio cimbrado. De esta manera, este lapso previo al fraguado inicial adquiere importancia práctica pues debe ser suficientemente

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

amplio para permitir la ejecución de esas operaciones en las condiciones del trabajo en obra, pero no tan amplio como para que el concreto ya colocado permanezca demasiado tiempo sin fraguar, ya que esto acarrearía dificultades de orden técnico y económico.

La duración del tiempo de fraguado del concreto depende de diversos factores extrínsecos dados por las condiciones de trabajo en obra, entre los que destaca por sus efectos la temperatura. En condiciones fijas de temperatura, el tiempo de fraguado puede experimentar variaciones de menor cuantía derivadas del contenido unitario, la clase y la finura del cemento. Así, por ejemplo, tienden a fraguar un poco más rápido: a) las mezclas de concreto de alto consumo de cemento que las de bajo consumo, b) las mezclas de concreto de cemento Pórtland simple que las de cemento Pórtland-puzolana (Fig. 6) y c) las mezclas de concreto de cemento Pórtland tipo III que las de Pórtland tipo II. Sin embargo, normalmente estas variaciones en el tiempo de fraguado son de poca significación práctica y no justifican hacer un cambio de cemento por este solo concepto.

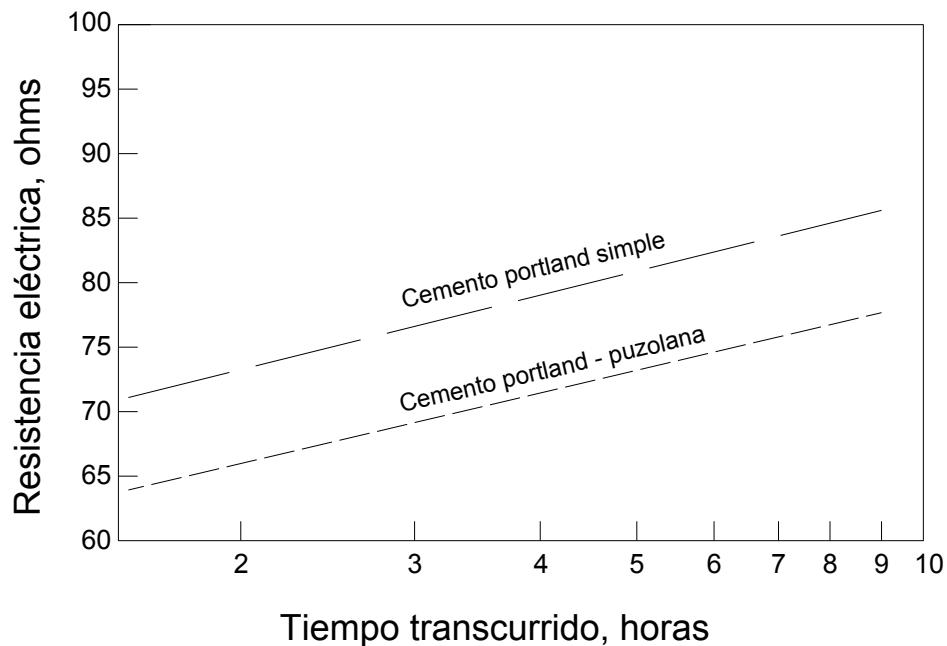


Fig. 6 Influencia del cambio de cemento en el proceso de fraguado de la pasta, seguido por medio de su resistencia eléctrica.

Otro aspecto relacionado con la influencia del cemento sobre el tiempo de fraguado del concreto, se refiere al uso que frecuentemente se hace de aditivos con el fin de alargar ese tiempo en situaciones que lo requieren, como es el caso de los colados de grandes volúmenes de concreto, particularmente cuando se realizan en condiciones de alta temperatura ambiental. Hay antecedentes en el sentido de que algunos aditivos retardadores del fraguado pueden reaccionar adversamente con ciertos compuestos del cemento, ocasionando una rigidez prematura en la mezcla que dificulta su manejo. Para prevenir este inconveniente, es recomendable verificas mediante pruebas efectuadas anticipadamente, el comportamiento del concreto elaborado con el

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024

cemento y el aditivo propuestos.

ADITIVOS EN CONCRETO

Productos químicos que se añaden a una porción de concreto durante el mezclado para modificar sus propiedades.

Una mezcla diseñada apropiadamente no requiere de aditivos

ADITIVOS EN CONCRETO FRESCO:

Mejor cohesión,

Reducir segregación,

Reducir sangrado (*escurrimiento*),

Retardar fraguado,

Acelerar fraguado.

ADITIVOS EN CONCRETO ENDURECIDO:

Aumentar resistencia a heladas,

Aumentar velocidad de resistencia temprana,

Aumentar resistencia, reducir permeabilidad.

TRABAJO: hacer investigación sobre aditivos para concreto, FECHA:

1. El efecto de los aditivos no está en relación directamente proporcional a la cantidad agregada.¹

2. PLASTIFICANTES: conducen a una mejor trabajabilidad del hormigón.

3. FLUIDIFICANTES: aumentan la medida de extensión del hormigón hasta valores que alcanzan los 60 cm. En el caso de hormigones transportados los aditivos se agregan recién antes de la entrega del hormigón en la obra.

4. IMCORPORADORES DE AIRE: favorecen la formación de poros artificiales en el seno del hormigón. De esta manera es posible aumentar la capacidad del hormigón a resistir heladas y sales para el deshielo.

5. IMPERMEABILIZANTES: disminuyen la absorción de agua o bien la penetración d la misma es muy limitada. Hormigón elaborado y vibrado correctamente en general no podrá ser mejorado con la incorporación de aditivos impermeabilizantes.

6. RETARDANTES: de fraguado retardan el proceso del curado del hormigón fresco. El uso de estos aditivos hace necesario un control de aptitud especialmente cuidadosa.

7. ACELERANTES: de fraguado fomentan el endurecimiento o fraguado del hormigón. La resistencia inicial será mas elevada. La resistencia después de los 28 días y aún mas tarde podrá ser menor.

8. MEDIOS AUXILIARES DE INYECCIÓN: son utilizados para el mortero de inyección en caso de elementos pretensados. Su eficacia depende de la temperatura y la composición del hormigón.

9. ESTABILIZADORES: reducen el afloramiento de la lechada del cemento e impiden entre otros efectos la disgregación del hormigón con bajo porcentaje de mortero.

DISEÑO DE MEZCLAS: ACI 211

¹ fundamentos sobre la compactación del hormigón. Publicación WACKER. Capítulo 2

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

MÓDULO DE FINURA (MF) de la arena, se obtiene por la suma de % acumulados retenidos entre los tamices #4 a #100, dividido entre 100.

CLASIFICACIÓN DE LA ARENA POR MÓDULO DE FINURA (MF)

Gruesa	2.9 a 3.2
Media	2.2 a 2.9
Fina	1.5 a 2.2
Muy fina	Menos de 1.5

Normalmente para concreto se utiliza arena con “MF” entre 2.2 y 3.2, prefiriéndose arena media

Ejemplo de MF = $315.2/100 = 3.15 \sim 3.2$

Tamiz # (mm)	Peso retenido (kg)	% retenido separado	% retenido acumulado
4 (4.760)	50.0	9.4	9.4
8 (2.380)	114.4	21.6	31.0
10 (1.190)	135.5	25.6	56.6
30 (0.590)	36.0	6.8	63.4
50 (0.297)	23.0	4.3	67.7
100 (0.149)	103.5	19.5	87.2
Fondo	67.5	12.7	99.9
Sumatoria	530.0		315.1

CRITERIOS EVALUACIÓN PRUEBAS RESISTENCIA CONCRETO

ACI 214

Implica el hacer una correlación estadística para obtener un promedio, una desviación típica ó estándar, un coeficiente de variación y un intervalo en los datos de las diferentes mezclas de concreto.

Existen algunos lineamientos que no hay que perder de vista.

CRITERIO 1.

Una proporción máxima definida de pruebas de resistencia individuales aleatorias, en las cuales el “f'c” no debe caer menos de un 10% de lo especificado en una probabilidad 1 en 100.

CRITERIO 2.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

Una cierta probabilidad de que en un promedio de “n” pruebas de resistencia consecutiva no se esté por debajo del “ f'_c ” especificado de 1 en 100.

CRITERIO 3

Una cierta probabilidad de que una prueba de resistencia individual al azar no este bajo el “ f'_c ” especificado a mas de 35 kg/cm^2 en probabilidad 1 en 100.

CRITERIO 4

Una cierta probabilidad de 1 en 100, de que una prueba de resistencia individual al azar no sea menor al 85% del “ f'_c ” especificado.

EXPERIENCIA EN LABORATORIO DEL CUNOC

1. cilindros que fallan por falta de fraguado. Un curado no adecuado ni uniforme que induce grietas antes de que se ensayan los cilindros.
2. en caso extremo, cilindros que llegan fracturados (fallados) por mal manejo y manipuleo poco adecuado. Tratar de que los testigos sean tratados lo mejor posible.
3. en nuestro medio, una práctica frecuente es fundir cilindros de testigos de concreto en un pedazo de 1 pie de tubo de PVC de 6” diámetro. La idea es buena. El gran problema es la poca rigidez del tubo, lo que genera: A. Cilindros mal aliñados, mas de 4° de no alineación con el plano horizontal y vertical, prueba no axial fuera de norma; B. Cilindros de sección elíptica, que dificultan su refrentado por no entrar en el molde o plato con azufre en estado líquido.
4. falta de adherencia en el concreto de testigo. Agregado sucio. Presencia de materia orgánica como limos, basura plástica, mal olor a drenaje de aguas negras.

Recordar que estos cilindros precisamente son testigos del trabajo del ingeniero ejecutor. Dicen mucho de la forma de trabajo.

PRINCIPALES FUENTES DE VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA

VARIACIÓN EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO	DISCREPANCIAS DE LOS MÉTODOS DE PRUEBA
Cambios en la relación agua / cemento: Deficiente control de agua, Excesiva variación humedad agregado, Retemplado	Procedimientos incorrectos de muestreo
Variación en requerimiento agua: Granulometría agregado Adsorción, Forma de la partícula, Propiedades cemento y aditivos, Contenido aire, Tiempo entrega y temperatura	Variaciones debidas a técnicas de fabricación, Manejo y curado de cilindros recién fabricados, Moldes de calidad deficiente.

Variaciones, características y proporciones: Agregados, Cementos, Puzolanas, Aditivos	Cambio en el curado: Variaciones en temperatura, Humedad variable, Retraso acarreo cilindros laboratorio.
Variaciones en transportación, colocación y compactación	Deficientes procedimientos de prueba: Cabeceado de los cilindros, Pruebas compresión.

BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL:

1. EFECTO DEL VIENTO EN LAS ESTRUCTURAS. Pedro Baudilio Castro Aguirre. Tesis de graduación de Ingeniería Civil, USAC, Guatemala noviembre de 1994.
2. RESISTENCIA DE MATERIALES. William A. Nash. Serie Schaum, McGraw-Hill. Capítulo 6: Esfuerzo Cortante y Momento Flector.

RECOMENDACIONES PARA MEZCLADO.²

- 1.Utilizar mezcladora.
- 2.*El orden de colocación de los materiales debe ser: agua + agregado grueso + agregado fino + cemento + agua para no secar muestra.*
- 3.La velocidad del tambor de la mezcladora debe ser constante entre 18 a 20 revoluciones por minuto.
- 4.*Si la capacidad de la mezcladora es de un saco, su tiempo de mezclado estará entre los 2 y 3 minutos después de haber colocado todos los materiales.*
- 5.Si el concreto se coloca a una altura mayor de un (1) metro usar canal de descarga.

Un buen mezclado logra: trabajabilidad, resistencia y uniformidad.

Protección del Concreto contra Substancias Químicas.³

GRUPO 1.

Estos químicos no se consideran dañinos para el concreto, pero se mencionan porque en algunos

² Diseño y Control de Mezclas. IMCYC. 1992

³ ESTRUCTURAS DE CONCRETO PARA EL MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE. ACI 350 IMCYC. Sección 5.7, Pág. 79-79.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

casos se desea un tratamiento decorativo o se debe evitar la absorción del líquido en el concreto.

- 1.CARBÓN ACTIVADO (cuando se agita al Grupo 3)
- 2.SÍLICE ACTIVADO (cuando de agita al grupo 3)
- 3.HIDRÓXIDO DE CALCIO
- 4.ÓXIDO DE CALCIO
- 5.PERMANGANATO DE POTASIO
- 6.BICARBONATO DE SODIO
- 7.CARBONATO DE SODIO
- 8.FLORURO DE SODIO
- 9.HIDRÓXIDO DE SODIO (concentración menor al 20%)
- 10.SILICONFLURATO DE SODIO
- 11.FOSFÁTO TRISÓDICO

GRUPO 2.

El concreto que esté expuesto a alguno de estos productos químicos, debe hacerse con cemento resistente a los sulfatos o revestirse con capa protectora.

- 1.SULFATO DE COBRE
- 2.SULFATO FÉRRICO

GRUPO 3.

Concreto se debe proteger contra estos productos químicos con revestimiento protector.

- 1.CARBÓN ACTIVADO (agitado)
- 2.SÍLICE ACTIVADO (agitado)
- 3.ALUMBRE LÍQUIDO
- 4.SULFATO DE ALUMINIO AMONIACAL
- 5.SOLUCIÓN DE CLORURO DE ALUMINIO
- 6.SULFATO DE POTASIO Y DE ALUMINIO
- 7.SULFATO DE ALUMINIO
- 8.SULFATO DE AMONIO
- 9.HIPOCLORURO DE CALCIO
- 10.CLORO
- 11.CLORURO FÉRRICO
- 12.ÁCIDO FLUOSÍLICO
- 13.BISULFATO DE SODIO
- 14.HIDRÓXIDO DE SODIO (concentraciones de mas del 20%)
- 15.ÁCIDO SULFÚRICO.

REVESTIMIENTO RECOMENDABLE.

Plantas de tratamiento de Aguas: por lo menos 0.508 mm de espesor.

Aguas de Desecho industrial: si hay desechos ACIDOS con ph~1 (potencial de hidrógeno) usar mortero resistente al ataque químico, ladrillos o mosaicos resistentes a los ácidos, revestimientos bituminosos gruesos, epóxicos y láminas de caucho o plástico.

Pisos Industriales y Pisos de Plantas de Tratamiento de Aguas laca vinil, epóxico, hule clorinado o revestimientos fenólicos.

MEZCLAS RESISTENTES A QUÍMICOS⁴

CEMENTOS:

1. PORTLAND de acuerdo a ASTM 150, Tipo: I, IA, II, IIA, III, IIIA, V.
2. PORTLAND ESCORIA ALTO HORNO de acuerdo a ASTM C 595, Tipo: IS, IS-A
3. PORTLAND PUZOLANA de acuerdo a ASTM C 595, Tipo: IP, IPA, donde la puzolana no exceda el 25% por peso.
4. HIDRÁULICO EXPANSIVO, de acuerdo a norma ASTM C 845, Tipo K.
5. **CEMENTOS RESISTENTES A SULFATOS** el contenido de C₃A (aluminato trícálcico, rápido nivel de reacción y grande calor liberado) menor al 8% en concretos expuestos directamente a Aguas Negras y ataque moderado de sulfatos (150 a 1000 ppm) Si los sulfatos en mas de 1000 ppm, C₃A de 5 al 8% con una reducción del 10% de la relación agua / cemento o, en su defecto un PORTLAND PUZOLANA de acuerdo a ASTM C 595 para un C₃A no mayor al 5%.

ADITIVOS:

1. Deben cumplir con ASTM C 260, que mejoren: trabajabilidad, disminución de sangrado, mejor estructura de pasta y reducción de contracción.
2. El contenido máximo de cloruro soluble en agua, expresado como porcentaje de la masa de cemento y medido a nivel del acero es de 0.15%. Si la estructura está expuesta a cloruros el contenido máximo es de un 0.10%.

AGREGADOS:

1. Agregados Finos y Gruesos deben cumplir con ASTM C 33.
2. Dimensión Nominal de Agregado Grueso no mayor a **la quinta parte de la dimensión mas angosta, una tercera parte del peralte de losa o tres cuartos de separación entre varillas de refuerzo**. Hacer caso omiso cuando a juicio de ingeniero exista una trabajabilidad que permita colocar concreto libre de cavidades o ratoneras.

PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS:

1. f'c = 250 kg/cm² a 28 días si no existe exposición severa a ciclos de congelamiento y deshielo. Caso contrario f'c = 280 kg/cm²
2. Cementos, de acuerdo a lo anotado anteriormente,
3. **Relación máxima agua / cemento = 0.45**
4. Contenido Mínimo de Cemento

<i>Agregado Grueso No.</i>	<i>Cemento kg/m³</i>
----------------------------	---------------------------------

Contenido de Aire:

- 5 ½ ± 1 % para agregado grueso de 1 ½" en malla no. 4.

⁴ESTRUCTURAS DE CONCRETO PARA EL MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE. IMCYC. Sección 5.7, Pág. 55-60.

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024
• $6 \pm 1\%$ para agregado grueso de: 1" y $\frac{3}{4}$ " en malla no. 4.

Revenimiento:

- 2.54 cm mínimo,
- 7.62 cm máximo para zapatas, pilas de cimentación y muros de subestructuras,
- 10.2 cm máximo para losas, vigas, muros reforzados y columnas.

Cilindros de Prueba a cada 75 m³ de concreto colocado. Hacer 2 cilindros de pruebas para 7 y 28 días

Esfuerzos por Flexión en vigas⁵

Ejemplo 6-10

Determine el esfuerzo máximo en el concreto y en el acero de una viga de concreto reforzado cuya sección transversal es como se muestra en la figura 6-23(a), cuando se la somete a un momento flexionante positivo de 700 000 cm kg. El esfuerzo consiste en dos varillas de acero N° 8. (estas varillas son de 2.5 cm de diámetro y tienen un área transversal de 5 cm².) Suponga que la relación del módulo elástico del acero al del concreto es 15, o sea. $n = 15$.

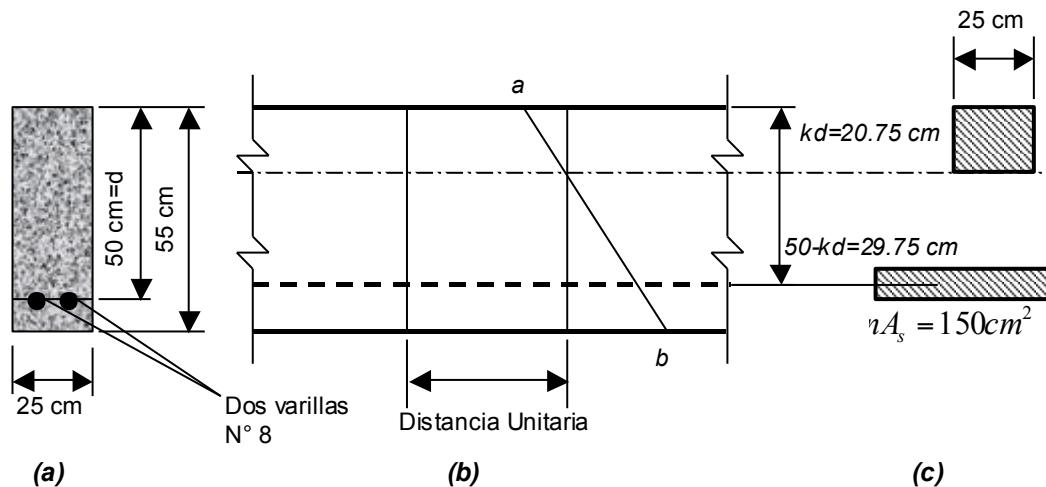
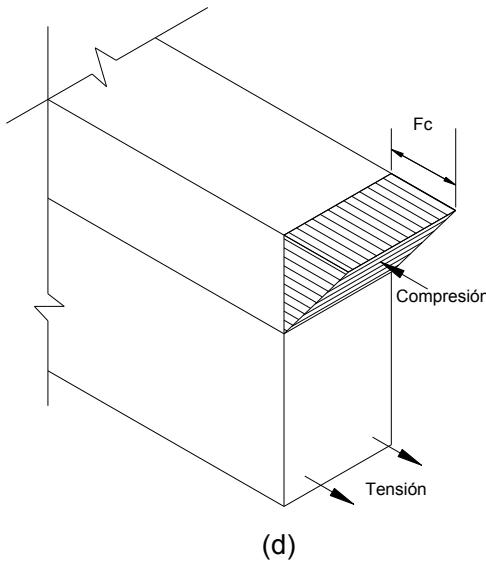


Fig. 6-23

⁵ Introducción a la Mecánica de Sólidos, Egor P. Popov, Editorial Limusa, Capítulo 6 Esfuerzos por flexión en vigas, Pág. 252, 253 y 254.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024



SOLUCIÓN

Se supone que las secciones planas de una viga de concreto reforzado no se alabeán y las deformaciones varían linealmente desde el eje neutro, como se indica en la figura 6-23(b) por la recta *ab*. **Para resolver este problema se utilizará una sección transformada de concreto. Sin embargo, el concreto es tan débil a la tensión que no hay ninguna seguridad de que no se produzcan pequeñas grietas en la zona de tensión de la viga. Por tal razón se considera que el concreto no resiste tensión.** Con esta hipótesis, el concreto solo mantiene en su lugar al refuerzo de acero en la zona de tensión de una viga. Por tanto, en este análisis virtualmente no existe en absoluto y la sección transformada toma la forma que se indica en la figura 6-23(c). La sección transversal de concreto tiene su propia forma por encima del eje neutro; por debajo de ésta no se indica dicho material.

Desde luego, el acero puede resistir tensión, de manera que *se muestra* como el área de concreto transformada. Para fines de cálculo, el acero se localiza por una sola dimensión que va desde el eje neutro hasta su centroide. Hay una diferencia despreciable entre esta distancia y las distancias verdaderas de las diversas fibras del acero. La colocación burda de las varillas que se efectúa en la obra concuerda con esta práctica.

Hasta ahora se ha utilizado la idea del eje neutro, pero su localización se ignora. Sin embargo, se sabe que tal eje coincide con el que pasa por el centroide de la sección transformada. Se sabe además que el momento estático del área a un lado del eje centroidal es igual al momento estático del área en el otro lado. Por tanto, sea kd la distancia desde la parte superior de la viga hasta el eje centroidal, como se indica en la figura 6-23(c) siendo k una relación desconocida y d la distancia desde la parte superior de la viga hasta el centroide del acero. La expresión algebraica de lo anterior permite determinar la situación del eje neutro con respecto al cual se calcula I , y se determinan los esfuerzos como en el ejemplo anterior.

$$\begin{array}{c} \overbrace{\text{Area de Concreto}}^{25(kd)} = \overbrace{\text{Area transf. de acero}}^{150} \\ \text{Brazo} \qquad \qquad \qquad \text{Brazo} \\ (kd/2) \qquad \qquad \qquad (50-kd) \end{array}$$

$$\begin{aligned} 25(kd)^2 &= 300(50 - kd) \\ (kd)^2 &= 12(50 - kd) \\ (kd)^2 &= 12kd - 600 = 0 \end{aligned}$$

Por tanto. $kd = 19.22\text{cm}$ y $50 - kd = 30.78\text{cm}$

$$I = \frac{25(19.22)^3}{12} + (25)(19.22)(19.22/2)^2 + 0 + 150(30.78)^2 = 201278\text{cm}^4$$

$$\begin{aligned} (\sigma_c) \frac{Mc}{I} \frac{700000(19.22)^2}{201278} &\stackrel{\text{max}}{=} \\ \sigma_s = n \frac{Mc}{I} = \frac{15(700000)(30.78)}{201278} &= 1606\text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

SOLUCIÓN ALTERNATIVA

Una vez determinada kd , en vez de calcular I , se puede utilizar un procedimiento evidente en la figura 6-23(d). La fuerza resultante producida por los esfuerzos que actúan de manera “hidrostática” en el lado de compresión de la viga se debe localizar a una distancia $kd/3$ desde la parte superior de la viga. Además, si b es el ancho de la viga, dicha fuerza resultante será $C = 1/2(\sigma_c)_{\text{max}}$ o sea, esfuerzo medio multiplicado por área. La fuerza de tensión resultante, T , actúa en el centro del acero y es igual a $A_s\sigma_s$, donde A_s es el área transversal del acero. Entonces, si jd es la distancia entre T y C , como $T = C$, el momento aplicado, M , es resistido por un igual a Tjd o Cjd .

$$jd = d - kd/3 = 50 - 19.22/3 = 43.59\text{cm}$$

$$M = Cjd = 1/2b(kd)(\sigma_c)_{\text{max}}$$

$$(\sigma_c) \frac{2M}{b(kd)(jd)} \frac{2(700000)}{25(19.22)(43.59)} \stackrel{\text{max}}{=}^2$$

$$M = T(jd) = A_s\sigma_s jd$$

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s(jd)} = \frac{700000}{10(43.59)} = 1606 \text{ kg/cm}^2$$

Ambos métodos dan naturalmente la misma respuesta. El segundo es más conveniente en las aplicaciones de la práctica. Como el acero y el concreto tienen diferentes esfuerzos permisibles, se dice que la viga tiene un refuerzo equilibrado o balanceado cuando está diseñada de manera que los esfuerzos respectivos están simultáneamente en su nivel permisible. Observe que la viga se muestra, sería virtualmente inútil si los momentos flexionantes se aplicaran en sentido contrario.

Ejemplo 6-11

Determine la capacidad última de resistencia a momento de la viga de concreto reforzado del ejemplo anterior. Suponga que el refuerzo de acero fluye a 2800 kg/cm^2 y que la resistencia última de concreto es $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

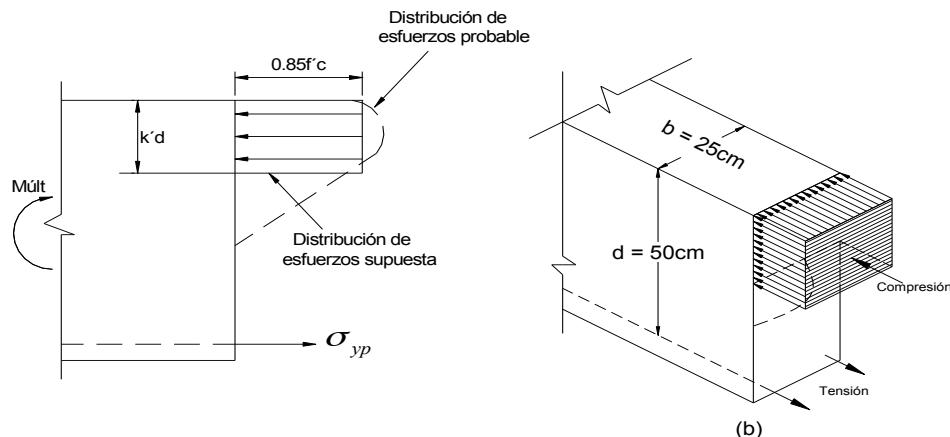


Figura 6-24

SOLUCIÓN

Cuando el acero de refuerzo comienza a ceder (en su punto de fluencia), se inician las grandes deformaciones. A la fuerza respectiva se le llama *capacidad última* a la tensión del acero; por tanto, $T_{ult} = A_{soyp}$.

Con el momento último, la evidencia experimental indica que los esfuerzos de compresión se representan aproximadamente por el bloque rectangular de esfuerzos que se muestran en la figura 6-24. Se acostumbra suponer que en este bloque de compresión el esfuerzo medio es de $0.85f'_c$. Con esta base y teniendo presente que $T_{ult} = C_{ult}$, se tiene que

$$T_{ult} = \sigma_{yp} A_s = 2800 \times 10 = 28000 \text{ kg} = C_{ult}$$

$$k'd = \frac{C_{ult}}{0.85f'_c b} = \frac{28000}{0.85 \times 175 \times 25} = 7.53 \text{ cm}$$

$$M_{ult} = T_{ult} \left(d - \frac{k'd}{2} \right) = 28000 \left(50 - \frac{7.53}{2} \right) = 1294500 \text{ cmkg.}$$

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

Flexión en Concreto Reforzado ⁶

Generalmente se supone que una estructura de concreto se comporta elásticamente bajo cargas de trabajo. Esto es totalmente cierto, y de hecho, solo se presenta una pequeña redistribución de momentos a medida que se llega a la carga última. Es por esto que cuando se determinan los momentos flexionante de la estructura usualmente se supone que tiene una respuesta lineal no importando si la estructura va a ser diseñada con el criterio de esfuerzos de trabajo con el criterio de resistencia última.

Estos dos criterios de diseño se conocerán como DET (*diseño por esfuerzos de trabajo*) y DRU (*diseño por resistencia última* o simplemente *diseño por resistencia*). Brevemente se explicará cada uno, en el DET se supone que sobre la estructura actúan cargas vivas y muertas y que el acero y el concreto responden elásticamente. Los miembros se diseñan para que no se excedan los esfuerzos permisibles. En el DRU, diseño por resistencia, las cargas que se usan en el DET se multiplican por un factor de carga apropiado. Luego, los miembros se dimensionan para que estén cerca de la falla bajo esas cargas modificadas. Se limita la cantidad de acero que puede utilizarse en el DRU para asegurar que el acero fluirá antes de que el concreto se aplaste. Esta limitación conduce a una estructura con *falla dúctil*, en la que la falla no se presenta repentinamente.

El diseño por esfuerzos de trabajo fue usado extensamente hasta antes de 1960, el diseño por resistencia ha ganado cada vez más popularidad y reemplazando al DET. En general, con el DRU se tiene un factor de seguridad más uniforme que en el DET.

Validez del bloque de Esfuerzos de Whitney.

En los primeros intentos que se hicieron en el diseño de concreto reforzado consideraban la relación no-lineal del diagrama esfuerzo-deformación unitaria. Sin embargo, resultaba un procedimiento de diseño muy complicado que nunca fue aceptado en este país. En vez de esto el método que se empleo estuvo basado en consideraciones elásticas, o sea el método conocido como DET. Después de algún tiempo, se desarrollo un método de diseño simplificado que tomaba en cuenta la no-linealidad del concreto en las cargas últimas. Este método, DRU, está reemplazando al DET como procedimiento de diseño, como se mencionó anteriormente.

⁶ Fundamentos de diseño estructural, Louis A. Hill Jr., ALFAOMEGA grupo editor, S.A. de C.V., Capítulo 2-5
Flexión en concreto reforzado Pág. 47.

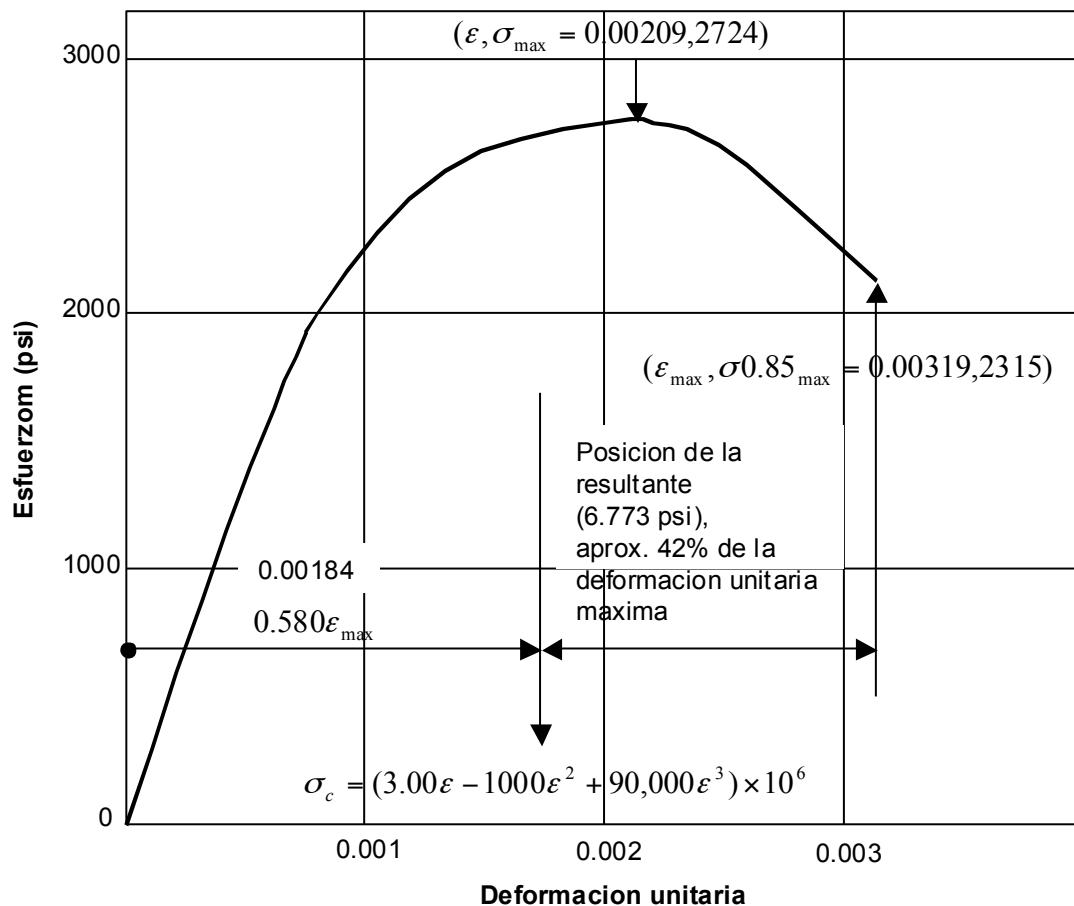


Fig. 2-5.1 Diagrama típico esfuerzo-deformación unitaria para concreto

Ver que en el diagrama anterior se va sugiriendo la deformación unitaria del concreto del 3 por millar = 0.003 unidades lineales deformación / unidades del elemento considerado.

La lógica del diseño en el DRU puede entenderse considerando una viga de concreto reforzado a medida que aumenta el momento flexionante. Recuérdese que se limitará intencionalmente el acero de refuerzo. Esto permite que el acero fluya antes que el concreto llegue a estar muy esforzado. En esta forma, como el acero se considera elasto-plástico, soporta la misma fuerza de tensión. Al aumentar el momento flexionante, el eje neutro se mueve aumentando el esfuerzo y la deformación en el concreto. En cierto momento el concreto se rompe y ya no puede soportar más momento. Es importante hacer notar que las fuerzas resultantes de tensión y compresión son constantes después de que el acero fluye, a pesar de que aumentan las deformaciones unitarias en el acero.

La figura 2-5.1 muestra una curva típica esfuerzo-deformación unitaria del concreto, la que puede ser representada mediante la ecuación.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

$$\sigma_c = (3.000 \epsilon - 100 \epsilon^2 + 90,000 \epsilon^3) \times 10^6 \quad (2-5.2)$$

donde σ_c tiene unidades por pulgada cuadrada (psi).

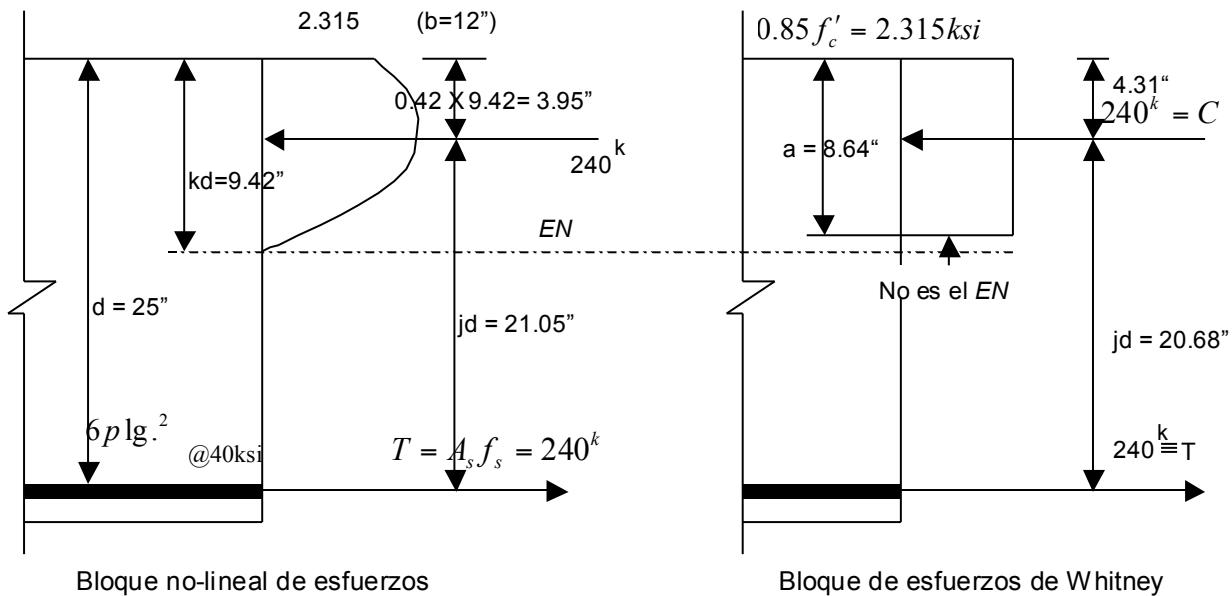


Figura 2-5.2 Comparación de los bloques de esfuerzos

El bloque de esfuerzos en compresión de una viga puede deducirse de la curva esfuerzo-deformación unitaria mediante una transformación afín en el que el eje de las deformaciones unitarias se transforma en el peralte del bloque en compresión, con deformación cero en el eje neutro y deformación unitaria última en el paño de compresión.

El área bajo el diagrama esfuerzo-deformación unitaria puede determinarse por integración directa o numérica. Multiplicando esta área por la profundidad del bloque de esfuerzos de la viga nos da la magnitud de la fuerza de compresión por unidad de ancho de la viga. El centroide de esta resultante se localiza haciendo una proporción directa entre el diagrama esfuerzo-deformación unitaria y la profundidad del eje neutro.

Considere el bloque de esfuerzos en compresión de una viga rectangular de concreto reforzado. La profundidad del bloque de esfuerzos se determina igualando la fuerza de tensión del acero ($T = A_s f_y$) a la fuerza de compresión del bloque de esfuerzos del concreto (C).

Suponiendo que la viga tiene un ancho de 12 pulg., peralte de 25 pulg. y 6 pu lg.^2 de acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia de 40 ksi. La resultante de tensión T es $6(40) = 240$ kips. El volumen del bloque de esfuerzo de compresión es $C = (A_{ssd})(b)(kd)/\epsilon_{max}$ donde A_{ssd} = área bajo el diagrama esfuerzo-deformación unitaria (6.773 psi de la Fig. 2-5.1), kd = distancia al eje neutro, no se conoce, y ϵ_{max} = deformación unitaria máxima en la falla (0.00319 en la Fig. 2-5.1). Entonces

$$C = (6.773)(12)(kd)/0.00319 = T = 240,000lb.$$

Cuando C se iguala a T, $kd = 9.42$ pulg. La resultante está a un 42% de kd a partir de la fibra extrema (Fig. 2-5.1), entonces $jd = 25 - 0.42(9.42) = 21.05$ pulg. El momento es $240(21.05)/12 = 42$ kips-ft.

Estas relaciones se muestran en la Fig. 2-5.2

Whitney propuso reemplazar el bloque de esfuerzos curvo por uno rectangular equivalente (ver figura 2-5.2) que tuviera un esfuerzo de $0.85f'_c$.

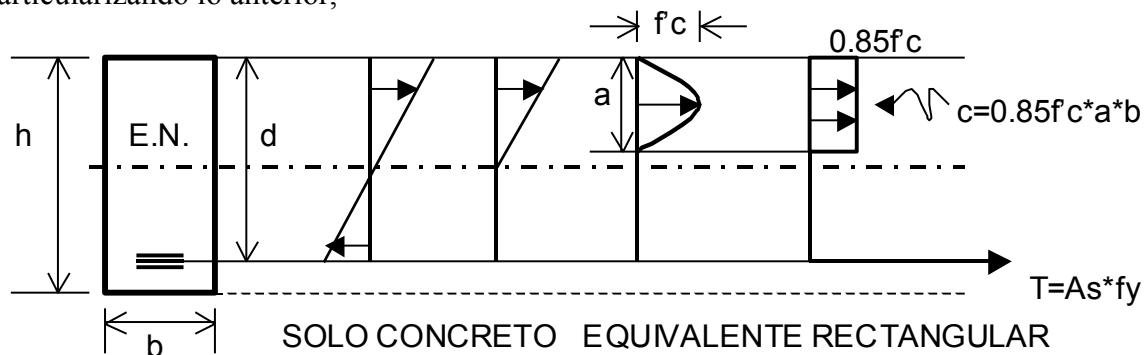
Con el bloque en esta forma, la resultante en compresión es $C = 2.315(12)a$.

Igualando C con T resulta $a = 8.64$ pulg. Para esto el valor aproximado de jd es $25 - (8.64/2) = 20.68$ pulg. El momento resistente es $240(20.68)/12 = 414$ kips-ft.

Como se ve, es pequeño el error que se comete al considerar rectangular al bloque de esfuerzos, 421 kips-ft comparado con 413 kips-ft. Es importante observar que la simplicidad del bloque de esfuerzos de Whitney depende de la suposición de que el bloque de esfuerzos no llega al eje neutro.

FÓRMULA GENERAL DE FLEXIÓN

Particularizando lo anterior,



Como viga estática:

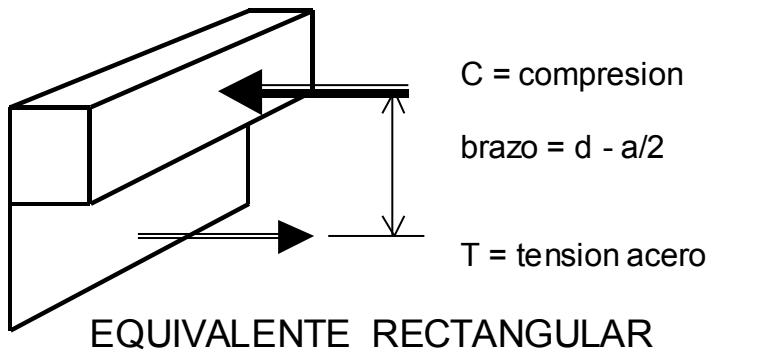
$$\Sigma F_x = 0$$

$$C = T$$

$$0.85f'_c \times a \times b = A_s f_y$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85f'_c \times b}$$

Entonces:



$$\Sigma M=0$$

M externo = M interno

$$M_e = T(d - a/2)$$

$$M_e = As \times f_y \left(d - \frac{As \times f_y}{1.7 \times f'_c \times b} \right)$$

$$Mu = \phi \times As \times f_y \times \left(d - \frac{As \times f_y}{1.7 \times f'_c \times b} \right)$$

En forma cuadrática: $ax^2+bx+c=0$

$$As^2 \left[\frac{f_y}{1.7 f'_c \times b} \right] - As[d] + \frac{Mu}{\phi F_y} = 0$$

Valores de ϕ según ACI 318	83^7 95^8	2005 ⁹	2019 ¹⁰
Flexión sin carga axial	0.90	0.90	0.90
Secciones a flexión con esfuerzo axial pretensionado	xxx	0.75	0.65
Tensión axial y tensión axial con flexión	0.90	Xxx	Xxx
Zonas post pensionadas	xxx	0.85	0.85

⁷ Sección 9.3.2 RESISTENCIA DE DISEÑO. ACI 318-83. Pág. 161. IMCYC, Noriega – Limusa.

⁸ Sección 9.3.2 RESISTENCIA DE DISEÑO. ACI 318-95. Pág. 39 IMCYC

⁹ section 9.3.2. DESING STRENGTH. ACI 318-2005. Page 115.

¹⁰ Section 21.2.1. STRENGTH REDUCTION FACTORS. ACI 318-19. Pag. 393.

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024

Corte y torsión	0.85	0.75	0.75
Compresión y flexo compresión axial, refuerzo espiral	0.75	0.70	XXX
Compresión y flexo compresión axial, en otros elementos	0.70	0.65	XXXX
Aplastamiento en concreto	0.70	0.65	0.65
Apoyos acartelados o nudo de corbata	xxx	0.75	0.75

AS: área transversal del acero, siempre colocada en forma simétrica y no asimétrica respecto a una línea central. Área del acero mayor o igual a la calculada.

DIAMETRO ("")	Número	ÁREA (cm ²)	observación	Varilla/qq
1/4	2	0.31	LISO	30
3/8	3	0.71	corrugado	13
1/2	4	1.29	corrugado	7½
5/8	5	2.00	"	
3/4	6	2.84	"	
7/8	7	3.87	"	
1	8	5.10	"	
9/8	9	6.45	"	

ANOTACIONES SOBRE VIGAS.

1. ACI 318-19, SECCION 9.2.3.1.a / ACI 318-95, SECCIÓN 10.4.1. *La separación entre los apoyos laterales de una viga no debe exceder de 50 veces el ancho menor **b** del patín o cara de compresión.*

2. ALTURA MÍNIMA EN VIGAS NO PRETENSADAS. ACI 318-19, Sección 9.3.1.1. $f_y \leq 60,000 \text{ psi}$

CONDICIÓN DE SOPORTE	ALTURA MÍNIMA "h"
Simplemente apoyada	l/16
Un extremo y continuidad	l/18.5
Ambos extremos continuos	l/21
Voladizo	l/8

3. CONCRETO REFORZADO de Edwar G. Nawy SECCIÓN 10.4 Pág. 426 - 428

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

Desarrollo del Refuerzo por Flexión en Vigas Continuas. (ver bibliografía) hace referencia a ACI 315, en Capítulo 7 de Recomendaciones Prácticas.

• De 0.30 a 0.33 de la luz del claro para los Bastones de Refuerzo Negativo. ACI 318-19, Sección 9.7.7.5. –ver este apartado-

• De 0.15 a 0.25 de la luz del claro para las partes superiores mas el cruce a 45° (hasta el inicio de la parte inferior) de las Tensiones mas que todo para losas. ACI 318-19, Sección 9.7.7.5.

3. Los valores anteriores se deben a la localización aproximada de los puntos de inflexión para una carga uniformemente distribuida, diagrama rectangular de esa distribución, asumiendo el doble empotramiento (en cada extremo de la viga)

De tenerse cargas distribuidas de otro tipo, o cargas puntuales aplicadas en vigas de doble empotramiento (en cada extremo) hay que reconsiderar y recalcular la ubicación de los puntos de inflexión para determinar la longitud (*como porcentaje*) de bastones y tensiones.

4. TOLERANCIAS PARA ARMADO, ACI 315, en Capítulo 7 de Recomendaciones Prácticas.

Para BASTONES Válido #3 al #11.

mas o menos **1 cm** si longitud < 3.6 m.

mas o menos **2.5 cm** si longitud > 3.6 m

Válido #12 al #18

Mas o menos **1 cm**

Para TENSIONES Válido #3 al #11

mas o menos **5 cm**

Válido #12 al #18

mas o menos de **6 a 9 cm**

Requisito Sísmico de Armado de Vigas.

ACERO CAMA SUPERIOR: el mayor de 2. - 4.

1. Dos 2 varillas. ACI 318-19, sección 9.7.7.2.

2. Acero mínimo.

3. 0.33 de acero negativo.

4. *Acero a compresión positivo.*

ACERO CAMA INFERIOR: el mayor de 2. - 4.

5. Dos 2 varillas ACI 318-19, sección 9.7.7.2.

1. Acero mínimo

2. 0.50 de acero negativo

3. 0.50 de acero positivo

4. *Acero a compresión negativo.*

Cargas más Usuales. (kg/m²)

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024
CARGAS VIVAS.

Techo inaccesible	100
Entrepiso Residencia ú Oficina. Hospitales ú Escuelas.	200 300
Con escaleras de acceso	
Aulas	500
Pasillos	600
bodegas	600 a 1200

CARGAS MUERTAS.

Peso propio de concreto	2400, si no existen datos
Acabados Piso, mezclón Repello cernido Teja, baldosa	50 a 60 25 a 30 50

Calculo y diseño de la **CUANTILLA (ρ)** DEL ACERO en elementos a flexión.

CUANTILLA (ρ) cantidad de acero en área de concreto. Relación:
$$\frac{\text{Área Acero}}{\text{Área Concreto}}$$

LA PRÁCTICA, LO NUMÉRICO.

EJERCICIO DE DISEÑO DE VIGA

Diseñar una viga bajo los siguientes supuestos:

1. $d = 2b$
2. Luz de diseño = 4 m
3. Para carga **muerta** asuma 175 kg/m. (D)
4. Asuma una carga **viva** de: 210 kg/m. (L)
5. Para carga de **sismo** tome un 15% del total de la carga muerta. (H)
6. Suponga que el **viento** origina una carga del 25% de la carga viva. (W)
7. Se considera que **asentamiento diferencial** es equivalente a un 30% de la carga muerta. (T)

Dibujar a escala los diagramas de Momento y Corte para cada resistencia última detalladas por ACI 318-19.

NOTAS:

- a. Para diseñar la viga tomar la Resistencia Última mas crítica obtenida de los seis diagramas de combinación de cargas.
- b. Se procede por **ensayo y error**. Se propone una sección con el entendido de que el

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

discriminante de la ecuación cuadrática de Área de Acero en Función de Momento no sean números imaginarios.

c. Si “w” = carga distribuida (lineal, kg/m) y “x” es la distancia sobre viga (m) entonces recordar: (ver bibliografía adicional 2)

$$\text{Cortante} = T = w4/2 - wx = 2w - wx$$

$$\text{Momento} = M = 2wx - wx(x/2) = 2wx - (wx^2)/2$$

d. En este ejemplo no se toma en cuenta el peso propio de la viga. Para considerarlo tomar en cuenta la densidad de concreto (*ver diseño de mezclas, ACI 211*) donde una densidad promedio para concreto puede ser: **2400 kg/m³**

RESISTENCIA REQUERIDA ACI 318- 2019, lo que está vigente¹¹

DONDE:

U = resistencia requerida para soportar cargas factorizadas,

D = carga muerta, propia de la estructura,

L = carga viva, no propia ni permanente a la estructura,

W = carga por viento,

H = carga por peso y a presión del terreno, agua ú otro material en terreno;

T = efectos acumulados por temperatura , relajamiento, contracción, asentamiento Diferencial

Lr = carga viva de techo

S = carga viva por nieve

R = carga viva por lluvia

E = empuje de la tierra, sismo

F = carga por peso y presión de fluidos sobre estructura (muro de tanque)

Table 5.3.1—Load combinations

Load combination	Equation	Primary load
$U = 1.4D$	(5.3.1a)	<i>D</i>
$U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	(5.3.1b)	<i>L</i>
$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0L \text{ or } 0.5W)$	(5.3.1c)	<i>L_r or S or R</i>
$U = 1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	(5.3.1d)	<i>W</i>
$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S$	(5.3.1e)	<i>E</i>
$U = 0.9D + 1.0W$	(5.3.1f)	<i>W</i>
$U = 0.9D + 1.0E$	(5.3.1g)	<i>E</i>

¹¹ ACI 318-19. Chapter 5, LOADS. Pág. 64

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

- 1.3.2. Los esfuerzos que no actúan simultáneamente (en las combinaciones anteriores) pueden ser investigados.
- 1.3.3. El factor de carga viva (**L**) en las ecuaciones 5.3.1.c, 5.3.1.d y 5.3.1.e puede reducirse al 50 por ciento excepto:
 - a. Aparcaderos
 - b. Áreas de plazas y reuniones públicas
 - c. Áreas donde L es mayor que 100 libras por pie²
- 1.3.4. En la aplicación de carga viva (**L**) se incluyen:
 - a. Concentración de cargas vivas
 - b. Cargas vehiculares
 - c. Cargas por grúas (polipastos)
 - d. Cargas por pasamanos, guardavías y barreras vehiculares
 - e. Efectos de impacto
 - f. Efectos de vibración
- 1.3.5. Si la carga por viento (**W**) es provista por una institución que reglamenta y ofrece información (AGIES para nosotros) de **1.6W** se puede bajar a **1.0W** en las ecuaciones 5.3.1.d a la 5.3.1.f, y de **0.8W** se puede usar **0.5W** en la ecuación 5.3.1.c.
- 1.3.6. Los efectos estructurales (**T**) pueden ser considerados con otros esfuerzos que afecten el desempeño de la estructura. El factor (**T**) puede ser considerado con la incertidumbre asociada a magnitudes parecidas a (**T**). El factor de esfuerzo (**T**) no puede ser considerado menor a 1.0.
- 1.3.7. Si el factor de fluidos (**F**) está presente, se puede incluir en las combinaciones de las ecuaciones 5.3.1. en los incisos (a), (b), (c) o (d)
 - a. Si **F** actúa con carga muerta **D** se incluye un factor de 1.4 en la ecuación 5.3.1.a.
 - b. Si **F** es un factor primario de carga, se puede incluir un factor de 1.2 de las ecuaciones 5.3.1.b y 5.3.1.e.
 - c. Si el efecto de **F** es permanente y concentrado como esfuerzo primario, puede incluirse un factor de esfuerzo de 0.9 en la ecuación 5.3.1.g.
 - d. Si el efecto de **F** no es permanente, pero se presenta como carga primaria, **F** no se incluye en las ecuaciones 5.3.1.a y 5.3.1.g.
- 1.3.8. Si la carga, o cabeza lateral **H** está presente, puede ser incluida en la combinación de esfuerzos de la ecuación 5.3.1, de acuerdo a:
 - a. Si **H** actúa lejana como carga primaria, puede ser incluida con un factor de 1.6.
 - b. Si el efecto de **H** es permanente y concentrado como carga primaria, puede ser incluido con un factor de 0.9.
 - c. Si el efecto de **H** no es permanente, cuando se presente contenido como esfuerzo primario, puede no ser incluido.
- 1.3.9. Si la estructura está en zona de inundación, se pueden utilizar los factores y combinaciones de ASCE/SEI 7. Tal como escarcha lluvia, con período de retorno de 50 años y 3 segundos de velocidad de ráfaga. <https://www.asce.org/structural-engineering/asce-7-and-sei-standards/>
- 1.3.10. Si la estructura está sujeta a fuerzas atmosféricas y cargas de hielo, se pueden utilizar los factores y combinaciones de ASCE/SEI 7.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

- 1.3.11. Requerido el esfuerzo último U pueden incluirse esfuerzos internos con efectos y reacciones introducidos por pretensados, donde el factor de esfuerzo es de 1.0.
- 1.3.12. Por zonas de anclajes de Post tensado, el factor de esfuerzo de 1.2 puede ser aplicado como máximo del pretensionado de la fuerza que aplica el gato hidráulico al acero.
- 1.3.13. Factores de esfuerzo por pretensionado, pueden incluirse de acuerdo a:
 - a. Un factor de 1.2 puede ser aplicado por la red de puntales, donde el pretensionado incremente sus esfuerzos de aplicación.
 - b. Un factor de 0.9 puede ser aplicado en una red de puntales y refuerzos en general.

ACERO MÍNIMO Y MÁXIMO POR FLEXIÓN.

Acero Mínimo

Es la cantidad mínima de acero que debe tener una viga o elemento a flexión por armado y por posible desmoronamiento del concreto, es decir por amarre.

Para esto recordar que:

- A_s = área de acero
- b = base de la sección
- d = peralte efectivo de la sección
- f'_c = esfuerzo de trabajo a compresión del concreto
- f_y = esfuerzo de trabajo a tensión del acero

$$\text{Según ACI 318-77}^{12} A_{minimo} = \frac{13.8bd}{f_y}$$

$$\text{Según ACI 318-83}^{13} A_{minimo} = \frac{14bd}{f_y}$$

$$\text{Según ACI 318-95 318-02}^{14} A_{s minimo} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}bd}{f_y}$$

$$\text{No menor que } A_{s minimo} = \frac{14.5bd}{f_y}$$

ACI 318-19

	$\frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$	$\frac{0.80\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$	$\frac{3\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$
9.6.1.2(a) and (b)	$\frac{1.4}{f_y} b_w d$	$\frac{14}{f_y} b_w d$	$\frac{200}{f_y} b_w d$

Acero Máximo.

¹² diseño de estructuras de concreto reforzado: Arthur H. Nilson. Noriega Limusa. Pag.592.

¹³ ACI 318-83 sección 10.5.1. IMCYC Noriega - Limusa Pág. 192.

¹⁴ ACI 318-95 sección 10.5.1. IMCYC Pág.46. ACI 318-02. section 10.5.1. page 131.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

Se entiende cómo la cantidad máxima de acero que puede tolerar una viga o elemento a flexión. Tanto la versión 83¹⁵ 95¹⁶ como la 2002 y 2019 de ACI 318 toman la máxima cantidad de acero permisible como la que es necesaria para la **FALLA BALANCEADA** es decir cuando fallan al mismo tiempo concreto y acero, el primero a compresión y el segundo a tensión.

Para este modelo se toma una **deformación unitaria del concreto del 3 o/oo = 0.003 m/m, etc.**

FALLA BALANCEADA:

Si tomando triángulos semejantes se tiene: $\frac{\varepsilon_y + 0.003}{d} = \frac{0.003}{c}$

$$c(Ey + 0.003) = 0.003d = cEy + 0.003c$$

$$cEy = 0.003(d - c)$$

$$1. \varepsilon_y = \frac{0.003(d - c)}{c}$$

2. En base al modelo de Hooke $F_y = \varepsilon_y E_s$

$$\text{Sustituyendo 1 en 2 } f_y = \frac{0.003(d - c)E_s}{c}$$

$$\text{De 1c } a = \frac{0.003d}{\varepsilon_y + 0.003} \quad \text{y} \quad a = 0.85c$$

$$3. \text{ Entonces: } a = \left[\frac{0.003d}{\varepsilon_y + 0.003} \right] \times 0.85$$

$$\text{Si } a = \frac{A_s f_y}{0.85 f' c \times b} \Rightarrow A_s = \frac{0.85 f' c \times a \times b}{f_y}$$

$$4. \text{ Y además } \rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{0.85 f' c \times a \times b}{f_y (bd)} = \frac{0.85 f' c \times a}{f_y d} = \rho$$

$$\text{Sustituyendo 3 en 4} \rho = \frac{0.85 f' c}{f_y d} \left[\frac{0.003d}{\varepsilon_y + 0.003} \right] \times 0.85 \text{ pero } \varepsilon_y = \frac{f_y}{2.039 \times 10^6}$$

Se tiene finalmente

$$\rho_b = \frac{\beta_1 \times 0.85 f' c \times 0.003}{f_y \left(\frac{f_y}{2.039 \times 10^6} + 0.003 \right)} = \frac{\beta_1 \times 0.85 f' c \times 6115}{f_y (f_y + 6115)} = \rho_b$$

¹⁵ACI 318-83 sección comentario 10.3.B. IMCYC Noriega - Limusa Pág 207

¹⁶ACI 318-95 sección 10.3.2. R10.3.2. IMCYC Pág. 45 y 204. ACI 318-02 section 10.3.2 R10.3.2. page 114.

Se concluye que $A_{sb} = \rho_b bd$

Ahora para un ρ_{max} ¿qué es preferible, que el elemento falle a tensión ó a compresión? Que falle a **TENSIÓN** por ser **falla Dúctil** lenta y gradual.

¿qué hacer? Reducir el Acero en un $90^{17}\%$ en una zona no sísmica,

$$\rho_{max} = 0.9 \rho_{balanceado} \text{ ACI 318-19 R9.5.4.5.}$$

En zonas SISMICAS como Guatemala, se mantiene ecuación anterior y se recomienda una integración cuidadosa de sismo, hoy más recursos para simular y evaluar dicha fuerza. ACI 318-19, sección 18.4.2. Se deja por un lado la potenciación de la falla dúctil.

VIEJO CRITERIO Reducir el Acero en un $75^{18}\%$ en una zona no sísmica,

$$\rho b_{max}$$

y otro VIEJO CRITERIO es de un $50^{19}\%$ a un $55^{20}\%$ en una zona sísmica como Guatemala.

$$\rho b_{ACI=318-83max}$$

$$\rho_{MAX} = 0.55 \rho_b \Rightarrow SISMO_{ACI=318-05}$$

Ejemplo de Viga simple

Con los siguientes datos

Calcular área de acero, acero mínimo y acero máximo.

$$M_1 = 2500$$

$$M_2 = 6800$$

$$M_3 = 3800$$

$$M_4 = 500$$

F'c Fy

210	2100
281	2810
3000	4100

281	2100
4000	2810
	4100

350	2100
	2810
	5000
	4100

¹⁷ ACI 318-83 sección 10.3.3. IMCYC Noriega - Limusa Pág. 191. ACI 318-95 sección 10.3.3. IMCYC Pág.45

¹⁸ ACI 318-83 sección 10.3.3. IMCYC Noriega - Limusa Pág. 191. ACI 318-95 sección 10.3.3. IMCYC Pág.45

¹⁹ ACI 318-83 sección A.2.3.2. IMCYC Noriega - Limusa Pág. 511.

²⁰ ACI 318-05 sección 9.3.5. Pág. 117

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

NUEVOS FACTORES

M	f'c	fy	b	d	As	As min	As max
kg-cm	kg/cm ²	kg/cm ²	cm	cm	cm ²	cm ²	cm ²
250000	210	2100	20	30	4.62	4.00	29.04
		2810		20	5.55	1.99	13.32
		4100		15	5.81	1.02	5.98
	281	2100		30	4.56	4.00	38.86
		2810		20	5.37	1.99	17.82
		4100		15	5.33	1.02	8.00
	350	2100		30	4.53	4.28	48.40
		2810		20	5.27	2.13	22.20
		4100		15	5.12	1.10	9.97

COMENTARIO: se tiene una buena opción con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, $fy = 4100 \text{ kg/cm}^2$, $b = 20 \text{ cm}$ y $d = 15 \text{ cm}$, con $As = 5.81 \text{ cm}^2$ y $As \text{ min} = 5.98 \text{ cm}^2$.

VIEJOS FACTORES

M	f'c	Fy	b	D	As	As min	As max
kg-cm	kg/cm ²	kg/cm ²	cm	Cm	cm ²	cm ²	cm ²
250000	210	2100	20	30	4.62	4.14	17.75
		2810		20	5.55	2.06	8.14
		4100		15	5.81	1.06	3.66
	281	2100		30	4.56	4.14	23.75
		2810		20	5.37	2.06	10.89
		4100		15	5.33	1.06	4.89
	350	2100		30	4.53	4.28	29.58
		2810		20	5.27	2.13	13.56
		4100		15	5.12	1.10	6.09

COMENTARIO:

Para este momento con $f'c = 350$, $fy = 4100$, $b = 20$ y $d = 15$ se tiene un acero de 5.12, cercano al máximo de 6.09, una buena opción.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

NUEVOS FACTORES

M	f'c	fy	b	d	As	As min	As max
kg-cm	kg/cm ²	kg/cm ²	cm	cm	cm ²	cm ²	cm ²
680000	210	2100	20	30	13.88	4.00	29.04
		2810		20	#iNUM!	1.99	13.32
		4100		15	#iNUM!	1.02	5.98
	281	2100		30	13.29	4.00	38.86
		2810		20	18.45	1.99	17.82
		4100		15	#iNUM!	1.02	8.00
	350	2100		30	12.98	4.28	48.40
		2810		20	16.76	2.13	22.20
		4100		15	#iNUM!	1.10	9.97

COMENTARIO:

La mejor opción es para f'c = 350, fy = 2810, b = 20 y d = 20 un acero de 16.76 contra un máximo de 22.20. Donde aparece ¡NUM! Es señal de que el discriminante de la ecuación cuadrática es imaginario, lo que indica que el peralte es pequeño para el momento flexión.

VIEJOS FACTORES

M	f'c	fy	B	d	As	As min	As max
kg-cm	kg/cm ²	kg/cm ²	Cm	cm	cm ²	cm ²	cm ²
680000	210	2100	20	30	13.88	4.14	17.75
		2810		20	#iNUM!	2.06	8.14
		4100		15	#iNUM!	1.06	3.66
	281	2100		30	13.29	4.14	23.75
		2810		20	18.45	2.06	10.89
		4100		15	#iNUM!	1.06	4.89
	350	2100		30	12.98	4.28	29.58
		2810		20	16.76	2.13	13.56
		4100		15	#iNUM!	1.10	6.09

COMENTARIO:

Con f'c = 210, fy = 2100, b = 20 y d = 30 un acero de 13.88 contra un máximo de 17.75. Donde aparece ¡NUM! Es señal de que el discriminante de la ecuación cuadrática es imaginario, lo que indica que el peralte es pequeño para el momento flexión.

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024

NUEVOS FACTORES

M	f'c	fy	b	d	As	As min	As max
kg-cm	kg/cm ²	kg/cm ²	cm	cm	cm ²	cm ²	cm ²
380000	210	2100	20	30	7.21	4.00	29.04
		2810		20	9.17	1.99	13.32
		4100		15	#NUM!	1.02	5.98
	281	2100		30	7.07	4.00	38.86
		2810		20	8.60	1.99	17.82
		4100		15	9.39	1.02	8.00
	350	2100		30	6.99	4.28	48.40
		2810		20	8.33	2.13	22.20
		4100		15	8.54	1.10	9.97

COMENTARIO:

Con f'c = 350, fy = 4100, b = 20 y d = 15 un acero de 8.54 contra un máximo de 9.97. Donde aparece ¡NUM! Es señal de que el discriminante de la ecuación cuadrática es imaginario, lo que indica que el peralte es pequeño para el momento flexión.

VIEJOS FACTORES

M	f'c	fy	B	d	As	As min	As max
kg-cm	kg/cm ²	kg/cm ²	Cm	cm	cm ²	cm ²	cm ²
380000	210	2100	20	30	7.21	4.14	17.75
		2810		20	9.17	2.06	8.14
		4100		15	#NUM!	1.06	3.66
	281	2100		30	7.07	4.14	23.75
		2810		20	8.60	2.06	10.89
		4100		15	9.39	1.06	4.89
	350	2100		30	6.99	4.28	29.58
		2810		20	8.33	2.13	13.56
		4100		15	8.54	1.10	6.09

COMENTARIO:

Con f'c = 281, fy = 2810, b = 20 y d = 20 un acero de 8.60 contra un máximo de 10.89. Donde aparece ¡NUM! Es señal de que el discriminante de la ecuación cuadrática es imaginario, lo que indica que el peralte es pequeño para el momento flexión.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

NUEVOS FACTORES

M	f'c	fy	b	d	As	As min	As max
kg-cm	kg/cm ²	kg/cm ²	cm	cm	cm ²	cm ²	cm ²
50000	210	2100	20	30	0.89	4.00	29.04
		2810		20	1.01	1.99	13.32
		4100		15	0.94	1.02	5.98
	281	2100		30	0.89	4.00	38.86
		2810		20	1.00	1.99	17.82
		4100		15	0.93	1.02	8.00
	350	2100		30	0.89	4.28	48.40
		2810		20	1.00	2.13	22.20
		4100		15	0.92	1.10	9.97

COMENTARIO: Con f'c = 210, fy = 4100, b = 20 y d = 15 un acero de 0.94 contra un máximo de 5.98. Áreas de viga muy grandes para el momento flexión. Concreto sobre diseñado.

VIEJOS FACTORES

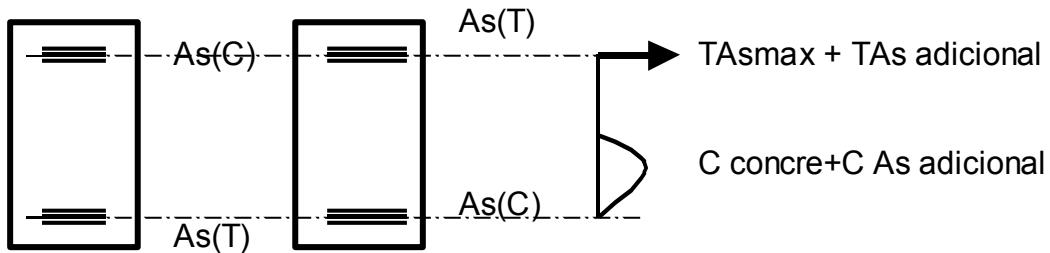
M	f'c	fy	b	d	As	As min	As max
kg-cm	kg/cm ²	kg/cm ²	cm	cm	cm ²	cm ²	cm ²
50000	210	2100	20	30	0.89	4.14	17.75
		2810		20	1.01	2.06	8.14
		4100		15	0.94	1.06	3.66
	281	2100		30	0.89	4.14	23.75
		2810		20	1.00	2.06	10.89
		4100		15	0.93	1.06	4.89
	350	2100		30	0.89	4.28	29.58
		2810		20	1.00	2.13	13.56
		4100		15	0.92	1.10	6.09

COMENTARIO: Con f'c = 210, fy = 4100, b = 20 y d = 15 un acero de 0.94 contra un máximo de 5.98. Áreas de viga muy grandes para el momento flexión. Concreto sobre diseñado.

COMENTARIO FINALES:

1. Se supone que trabajar con acero cerca del límite del acero máximo es optimizar la sección de concreto a costa de más acero. Hasta aquí el problema a un cincuenta por ciento (50%)
2. De las opciones de sección hacer cuenta sobre el costo del material así como de su colocación para terminar de dar una solución del todo económica.
3. si se diseña una viga de tres momentos diferentes (dos negativos y un positivo) buscar la sección y materiales que mejor se acople a los pasos anteriores.

SECCION DOBLEMENTE REFORZADA solamente viejos criterios.

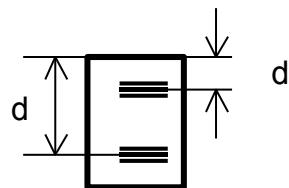


Procedimiento

1. Calcular Acero Sección $M_u = \varphi As \times f_y \left(d - \frac{As \times f_y}{1.7 f_c \times b} \right)$
2. Calcular Acero Máximo $As_{MÁXIMO} = \rho_{MÁXIMO} bd$
3. Comparar

$$As \leq As_{MÁXIMO} \xrightarrow{\text{proce dim iento}} \text{NORMAL}$$

$$As > As_{MÁXIMO} \xrightarrow{\text{REFORZAR}} \text{COMPRESIÓN}$$
4. Calcular Momento que Resiste Acero Máximo $M_{max} = \varphi As_{Maximo} f_y \left[d - \frac{As_{Maximo} f_y}{1.7 f_c \times b} \right]$
5. Calcular Momento que Falta por Reforzar $Mr = Mu - M_{max}$
6. Calcular Acero Adicional en base a Mr $As_{Adicional} = \frac{Mr}{(d-d')f_y \times \varphi}$

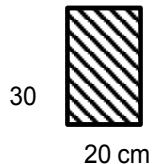


7. Colocar a Tensión $As_T = As_{Adicional} + As_{Máximo}$
8. Colocar a Compresión garantizando falla DÚCTIL $As_C = 1.33 As_{Adicional}$

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

Ejemplo Sección Dblemente Reforzada



$$\begin{aligned} f_c &= 210 \text{ kg/cm}^2 \\ f_y &= 2810 \text{ kg/cm}^2 \\ d &= 26 \text{ cm} \\ M_u(+) &= 9600 \text{ kg -m} \end{aligned}$$

1.Calcular **Acero** **Sección** $960000 = 0.9 \times 2810 As \left(26 - \frac{2810 As}{1.7 \times 210 \times 20} \right)$

$$As = 21.78 \text{ cm}^2$$

2.Calcular **Acero Máximo As_{Máximo}** = $\frac{0.65 \times 0.85^2 \times 210 \times 0.003 \times 20 \times 26}{2810 \left(\frac{2810}{2.1 \times 10^6} + 0.003 \right)} = 12.62 \text{ cm}^2$

3.Comparar $21.78 > 12.62 \Rightarrow$ **Refuerzo a Compresión**

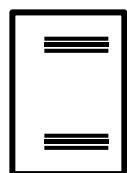
4.Calcular **Momento que Resiste Acero Máximo M max** = $0.9 \times 2810 \times 12.62 \left(26 - \frac{2810 \times 12.62}{1.7 \times 210 \times 20} \right) = 671300 \text{ kg -cm}$

5.Calcular **Momento que Falta por Reforzar** $960000 - 671300 = 288700 \text{ Kg. -cm}$

6.Calcular **Acero Adicional** en base a Mr $As_{Adicional} = \frac{288700}{(26-4)2810 \times 0.9} = 5.19 \text{ cm}^2$

7.Colocar a **Tensión** $As_{max} + As_{aditional} = 12.62 + 5.19 = 17.81 \text{ cm}^2$

8.Colocar a **Compresión** $As_C = 1.33 \times 5.19 = 6.90 \text{ cm}^2$



$$6.90 \text{ cm}^2 \sim 2\#7 = 7.74 \text{ cm}^2$$

$$17.81 \text{ cm}^2 \sim 2\#9+1\#8 = 18 \text{ cm}^2$$

9. Armado

VIGAS “T”

Las losas se funden monolíticamente con la viga, la losa forma parte de la viga.

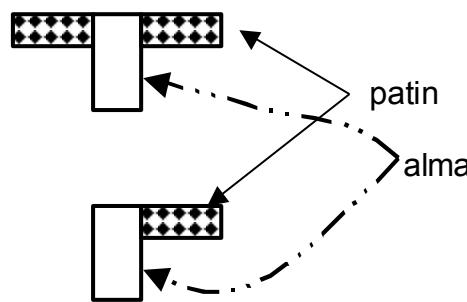
CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

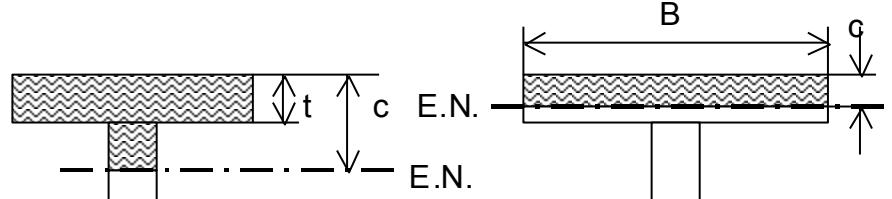
2 PARTES

VIGA "T"

VIGA "L"
la misma
teoría que
viga "T"



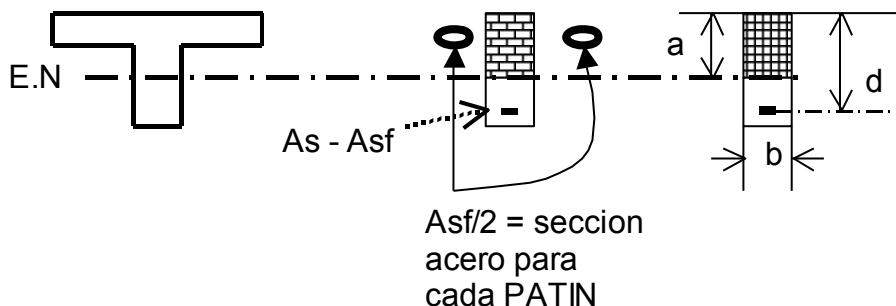
localización del Eje Neutro 2 CASOS



$c > t$
trabaja como
viga "T"

$c \leq t$
trabaja como
viga rectangular
sección = Bd

DEDUCCIÓN DE FÓRMULA PARA VIGA "T"



Lo que resiste el patín a compresión es igual a lo que resiste el acero a tensión.

$$Asf \times fy = 0.85 f'c(B - b)t$$

$$\sum F_{PATIN} = 0$$

$$Asf = \frac{0.85 f'c(B - b)t}{fy}$$

$$\sum F_{ALMA} = 0$$

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

$$(As - Asf)fy = 0.85f'c \times ab$$

$$a = \frac{(As - Asf)fy}{0.85f'c \times b} \leftarrow^2$$

Por ecuación de Momento se llega a la fórmula general:

$$M_{EXTERNO} = M_{INTERNO} \therefore M_{EXTERNO} = M_{ULTIMO}$$

$$M_{ULTIMO} = \varphi \left\{ \left[(As - Asf)fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \right] + \left[Asf \times fy \left(d - \frac{t}{2} \right) \right] \right\} \leftarrow^{F.GENERAL}$$

PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE VIGA "T"

1. Chequear geometría viga T, sección 6.3.2. ACI 318-19.

2. Diseñar la viga como si fuera rectangular "**Bd**"

3. Calcular la ubicación del eje neutro $a = \frac{As \times fy}{0.85f'c \times b}$
 $Asf = 0$

4. Comparar el eje neutro con "t" $c \leq t \rightarrow fin$
 $c > t \rightarrow viga.T$

5. Diseñar la viga como "**T**"

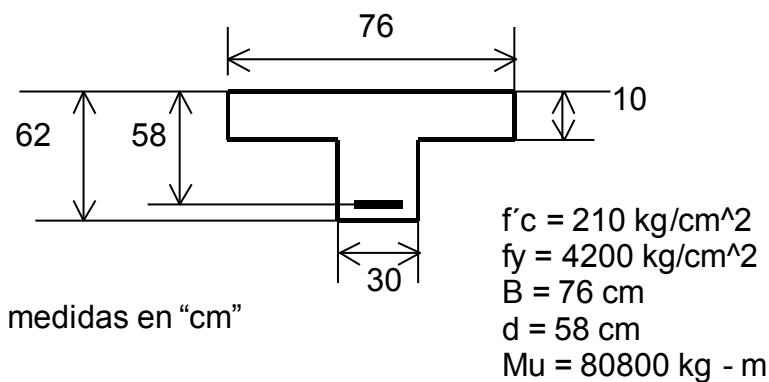
6. Calcular $Asf \times fy$ (ver Ec. 1)

7. Calcular $(As - Asf)fy$ (ver Ec. 2 $\rightarrow f(a)$)

8. Sustituir valores en Ecuación General, despejando "**a**"

9. Conociendo "**a**" se conoce "**As**" en Ec. 2.

Nuevo Criterio. EJEMPLO VIGA "T"



1. Chequear geometría de la Viga T, es lo nuevo, ver sección 6.3.2. ACI 318-19.

TABLA 6.3.2.1. LÍMITES DE DIMENSIONALES PARA ANCHO EFECTIVO DE VOLADIZO EN VIGAS "T"

Ubicación del voladizo	Efectivo sobre ancho del voladizo a rostro del alma de la viga T	
Todo en red y continuidad	El menor de	$8h = 8 \times 10 = 80 \text{ cm}$ $S_w/2 = (76-30)/2 = 23 \text{ cm} \text{ y } S_w = 46 \text{ cm}$ $l_n/12 \text{ no hay información}$

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

2. Diseñar la viga como si fuera rectangular “Bd”

$$As^2 \left[\frac{4200}{1.7 \times 210 \times 76} \right] - As[58] + \frac{8080000}{0.9 \times 4200} = 0$$

$$As = 41.44 \text{ cm}^2$$

3. Calcular la ubicación del eje neutro $a = \frac{As \times fy}{0.85 f' c \times b}$

$$Asf = 0$$

$$41.44 \times 4200$$

$$a = \frac{0.85 \times 210 \times 76}{41.44 \times 4200}$$

$$a = 12.83 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{0.85} = \frac{12.83}{0.85} = 15.09 \text{ cm}$$

4. Comparar el eje neutro con “t” $c \leq t \rightarrow \text{fin}$

$$c > t \rightarrow \text{viga. T}$$

$$1.15.09 > 10 \rightarrow \text{viga "T"}$$

5. Calcular $Asf \times fy$ (ver Ec. 1)

$$Asf \times fy = 0.85 f' c (B - b) t = 0.85 \times 210 (76 - 30) \times 10 = 82100 \text{ kg} - \text{cm}$$

6. Calcular $(As - Asf)fy$ (ver Ec. 2 → f(a))

$$(As - Asf) = 0.85 (f' c \times ab) = 0.85 \times 210 \times 30 \times a = 5355a$$

$a \rightarrow \text{incognita}$

7. Sustituir valores en Ecuación General, despejando “a”

$$M_{EXTERNO} = M_{INTERNO} \therefore M_{EXTERNO} = M_{ULTIMO}$$

$$M_{ULTIMO} = \varphi \left\{ \left[(As - Asf)fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \right] + \left[Asf \times fy \left(d - \frac{t}{2} \right) \right] \right\} \xleftarrow{F.GENERAL}$$

$$8080000 = 0.9 \left\{ 5333a \left(58 - \frac{a}{2} \right) + 82100 \left(58 - \frac{10}{2} \right) \right\}$$

$$8977777.778 = 310590a - 2677.5a^2 + 4351300$$

$$a^2 - 116a + 1727.91 = 0$$

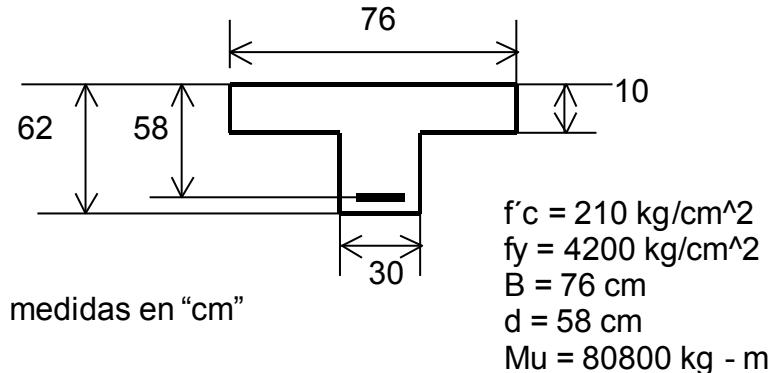
$$a = 17.55 \text{ cm}$$

8. Sustituir “a” en “2”

$$As = \frac{17.55 \times 0.85 \times 210 \times 30}{4200} + \frac{82100}{4200} = 41.92 \text{ cm}^2$$

Viejo Criterio. EJEMPLO VIGA “T”

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024



1. Diseñar la viga como si fuera rectangular “ Bd ”

$$As^2 \left[\frac{4200}{1.7 \times 210 \times 76} \right] - As[58] + \frac{8080000}{0.9 \times 4200} = 0$$

$$As = 41.44 \text{ cm}^2$$

2. Calcular la ubicación del eje neutro $a = \frac{As \times fy}{0.85 f'c \times b}$

$$Asf = 0$$

$$a = \frac{41.44 \times 4200}{0.85 \times 210 \times 76}$$

$$a = 12.83 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{0.85} = \frac{12.83}{0.85} = 15.09 \text{ cm}$$

3. Comparar el eje neutro con “ t ” $c \leq t \rightarrow \text{fin}$

$$c > t \rightarrow \text{viga. } T$$

$$2.15.09 > 10 \rightarrow \text{viga "T"}$$

4. Calcular $Asf \times fy$ (ver Ec. 1)

$$Asf \times fy = 0.85 f'c (B - b)t = 0.85 \times 210 (76 - 30) \times 10 = 82100 \text{ kg - cm}$$

5. Calcular $(As - Asf)fy$ (ver Ec. 2 $\rightarrow f(a)$)

$$(As - Asf) = 0.85(f'c \times ab) = 0.85 \times 210 \times 30 \times a = 5355a$$

$a \rightarrow \text{incognita}$

6. Sustituir valores en Ecuación General, despejando “ a ”

$$M_{EXTERNO} = M_{INTERNO} \therefore M_{EXTERNO} = M_{ULTIMO}$$

$$M_{ULTIMO} = \varphi \left\{ \left[(As - Asf)fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \right] + \left[Asf \times fy \left(d - \frac{t}{2} \right) \right] \right\} \xleftarrow{\text{F.GENERAL}}$$

$$8080000 = 0.9 \left\{ 5333a \left(58 - \frac{a}{2} \right) + 82100 \left(58 - \frac{10}{2} \right) \right\}$$

$$8977777.778 = 310590a - 2677.5a^2 + 4351300$$

$$a^2 - 116a + 1727.91 = 0$$

$$a = 17.55 \text{ cm}$$

7. Sustituir “ a ” en “ 2 ”

$$As = \frac{17.55 \times 0.85 \times 210 \times 30}{4200} + \frac{82100}{4200} = 41.92 \text{ cm}^2$$

Nuevo Criterio. Sistema de Viga T. ACI 318-19, Sección 9.2.4.

- 9.2.4.1. En la construcción de vigas “T”, los patines o voladizos y la red –sistema- del concreto deben construirse monolíticamente.
- 9.2.4.2. La construcción de los voladizos de la viga “T” de acuerdo a la sección 6.3.2

6.3.2. Geometría de la Viga “T”

6.3.2.1. Para Vigas “T” no pretensadas, estas deben de soportar monolíticamente el sistema de losa, y la efectividad del voladizo b_f debe incluir el ancho b_w del alma de esta. Se tiene h como el espesor de la losa –voladizo- y s_w es la distancia hasta la próxima viga “T”.

TABLA 6.3.2.1. LÍMITES DE DIMENSIONALES PARA ANCHO EFECTIVO DE VOLADIZO EN VIGAS “T”

Ubicación del voladizo	Efectivo sobre ancho del voladizo a rostro del alma de la viga T
Todo en red y continuidad	El menor de
	$8h$
	$S_w/2$
Un lado en continuidad	$l_n/12$
	El menor de
	$6h$
	$S_w/2$
	$l_n/12$

6.3.2.2. Viga “T” no pretensada y aislada, el sobre ancho puede proveer un área adicional de compresión, con un espesor mayor que $0.5b_w$ y un efectivo sobre ancho no menor que $4b_w$.

6.3.2.3. Para voladizos de vigas “T”, el refuerzo de la losa primaria en flexión debe ser paralelo al refuerzo del alma o centro de la viga. El acero de refuerzo perpendicular necesario de acuerdo a la sección 7.5.2.3.

- 9.2.4.3. Para el diseño torsional el ancho del patín-voladizo- saliente utilizado para calcular A_{cp} , A_g y p_{cp} debe estar de acuerdo con:

- 9.2.4.3.1. El patín –voladizo- saliente puede incluir la porción de la losa a cada lado de la viga que se extienda una distancia igual a la proyección del centro de la viga por encima o por debajo de la losa, la que sea mayor, pero no mayor que cuatro veces el espesor de la losa.
- 9.2.4.3.2. El patín –voladizo- saliente puede ser ignorado en casos donde el parámetro A_{cp}^2/p_{cp} para secciones sólidas A_g^2/p_{cp} para secciones vacías calculadas en vigas es menos que lo calculado y considerado en la viga.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

R9.2.4.4 Two examples of the section to be considered in torsional design are provided in Fig. R9.2.4.4.

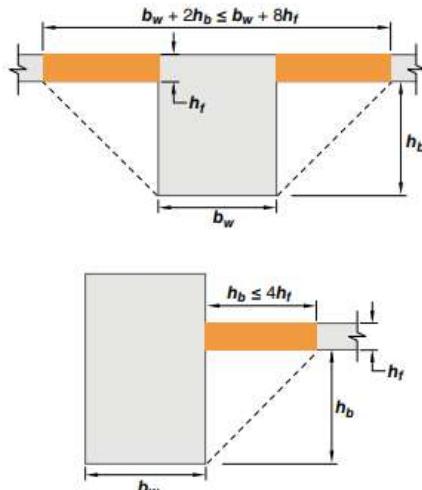


Fig. R9.2.4.4—Examples of the portion of slab to be included with the beam for torsional design.

9.2.4.3.3.

Viejo Criterio. Sistema de Viga T ²¹

8.10.1 En la construcción de vigas T, el patín y el alma se deben construir monolíticamente o de lo contrario, deben estar efectivamente unidos entre sí.

8.10.2 El ancho efectivo de la losa usada como patín de las vigas T no debe exceder de $\frac{1}{4}$ de la longitud del claro de viga, y el ancho efectivo del patín en cada lado del alma no debe exceder de:

- A) 8 veces el peralte de la losa, y
- B) $\frac{1}{2}$ de la distancia libre a la siguiente alma

8.10.3 Para vigas que tengan losa de un solo lado, el ancho efectivo del patín en voladizo no excederá de:

- A) $\frac{1}{12}$ de la longitud del claro de la viga
- B) 6 veces el peralte de la losa, y
- C) $\frac{1}{2}$ de la distancia libre a la siguiente alma

8.10.4 En vigas aisladas, en las que solamente se utilice la forma T para proporcionar con el patín un área adicional de compresión, el patín tendrá un peralte no menor de $\frac{1}{2}$ del ancho del

²¹ Reglamento ACI 318-02. page 92.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

alma, y un ancho efectivo no mayor de 4 veces el ancho del alma.

8.10.5 Cuando el acero de refuerzo principal por flexión en una losa que se considere como patín de una viga T (excluyendo las losas nervadas) sea paralelo a la viga, se debe proporcionar acero de refuerzo perpendicular a la viga en la parte superior de la losa de acuerdo con lo siguiente:

8.10.5.1 El refuerzo transversal se debe diseñar para resistir la carga factorizada que actúa sobre la porción sobresaliente de la losa considerada como patín, suponiendo que trabaja como voladizo. Para vigas aisladas se debe considerar el ancho total del voladizo del patín. Para otros tipos de vigas T, sólo es necesario considerar el ancho efectivo del patín en voladizo.

8.10.5.2 El espaciamiento del refuerzo transversal no debe exceder de 5 veces el peralte de la losa ni de 45 cm

CRITERIOS DE CORTE

Corte Simple: ACI 318-19. SI -sistema Métrico en Mpa, mks-métrico en kgf/cm², Inglés (psi)

22.5.6.2	$0.17\lambda\sqrt{f'_c}b_w d$	$0.53\lambda\sqrt{f'_c}b_w d$		$2\lambda\sqrt{f'_c}b_w d$
----------	-------------------------------	-------------------------------	--	----------------------------

λ = factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano, relativa a los concretos de peso normal de igual resistencia a la compresión.

λ_s = factor de modificación por efecto de la dimensional, es nuevo en ACI 318-19.

22.5.5.1.3 The size effect modification factor, λ_s , shall be determined by

$$\lambda_s = \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d}{10}}} \leq 1 \quad (22.5.5.1.3)$$

R22.5.5.1.3 The parameters within the size effect modification factor, λ_s , are consistent with fracture mechanics theory for reinforced concrete (Bažant et al. 2007; Frosch et al. 2017).

Corte Punzonanto o Punzante. ACI 319-19, para elementos reforzados en dos sentidos. SI -sistema Métrico en Mpa, mks-métrico en kgf/cm², Inglés (psi)

22.6.5.2(a)	$v_c = 0.33\lambda_s\lambda\sqrt{f'_c}$	$v_c = 1.1\lambda_s\lambda\sqrt{f'_c}$		$v_c = 4\lambda_s\lambda\sqrt{f'_c}$
22.6.5.2(b)	$v_c = 0.17\left(1 + \frac{2}{\beta}\right)\lambda_s\lambda\sqrt{f'_c}$	$v_c = 0.53\left(1 + \frac{2}{\beta}\right)\lambda_s\lambda\sqrt{f'_c}$		$v_c = \left(2 + \frac{4}{\beta}\right)\lambda_s\lambda\sqrt{f'_c}$
22.6.5.2(c)	$v_c = 0.083\left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o}\right)\lambda\sqrt{f'_c}$	$v_c = 0.27\left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o}\right)\lambda\sqrt{f'_c}$		$v_c = \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o}\right)\lambda\sqrt{f'_c}$

B1 = relación lado largo a lado corto del área de la carga concentrada o de reacción.

as es 40 para columnas interiores, 30 para columnas de borde y 20 para columnas de esquina.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

Viejos criterios: CORTE

Para **CORTE simple** en elementos sujetos a Corte y Flexión:

Según ACI 318-83, ACI 318-89²² $V_c = \theta \times 0.53 \sqrt{f'cbd}$

Según ACI 318-95²³ y 318-05²⁴ $V_c = \theta \times 0.55 \sqrt{f'cbd}$

Para corte **PUNZONANTE** en columnas sobre losas de cimentación:

Según ACI 318-83²⁵ $V_c = \theta \times \left(2 + \frac{4}{\beta_c}\right) \times 0.27 \sqrt{f'cbd}$

$$\xrightarrow{\text{NO.MAYOR.A}} V_c = \theta \times 1.1 \sqrt{f'c}$$

$$\therefore V_c = \theta \times 1.06 \times \sqrt{f'cbd} \Rightarrow \beta_1 = 2.0769$$

B1 = relación lado largo a lado corto del área de la carga concentrada o de reacción.

Según ACI 318-95²⁶ y 318-05²⁷ es el menor entre:

$$V_c = \theta \times \left(2 + \frac{4}{\beta_c}\right) \times 0.26 \sqrt{f'cbd}$$

$$V_c = \theta \times 0.26 \times \left(\frac{\alpha_s}{b} + 2\right) \sqrt{f'cbd}$$

$$V_c = \theta \times 1.1 \sqrt{f'cbd}$$

as es 40 para columnas interiores, 30 para columnas de borde y 20 para columnas de esquina

CORTES ACTUANTES: por fuerzas externas (de Análisis Estructural, envolventes)

- Falla por corte si: $V_{RESISTENTE} < V_{ACTUANTE}$
- Sección suficiente para resistir corte especificado si: $V_{resistente} > V_{actuante}$
- Si el concreto falla a corte, se debe colocar acero para evitar fallas. Eslabones y Estriplos.

²² ACI 318-83 sección 11.3.1.1. IMCYC Noriega - Limusa Pág. 245.

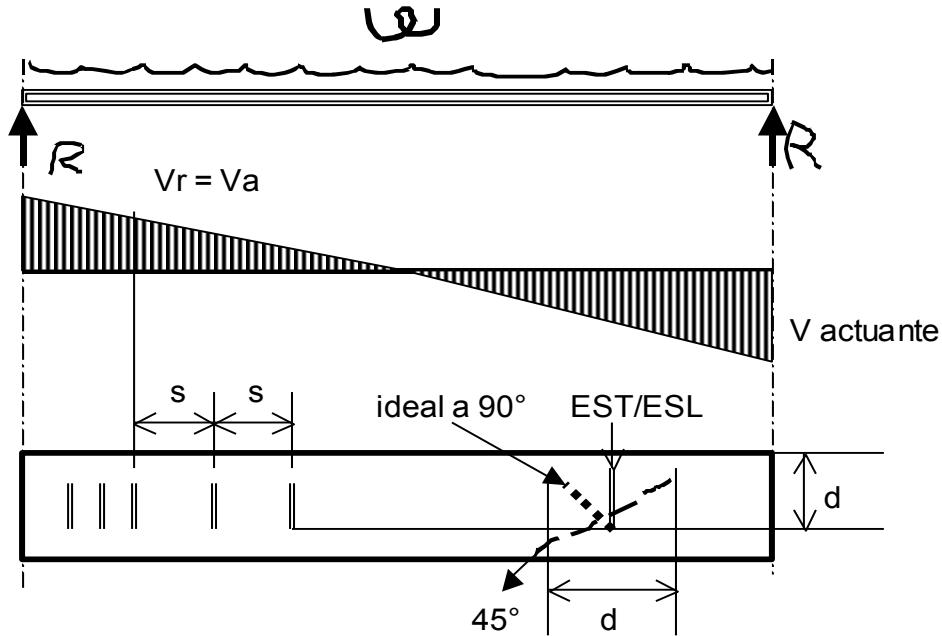
²³ ACI 318-95 sección 11.3.1.1 IMCYC Pág. 56.

²⁴ ACI 318-05 section 11.3.1.1. page 146

²⁵ ACI 318-83 sección 11.12.2.4.1 IMCYC Noriega - Limusa Pág. 264.

²⁶ ACI 318-95 sección 11.12.2.1 IMCYC Pág. 64

²⁷ ACI 318-05 section 11.12.2.1. page 177 & 178



Espaciamiento entre estribos Sección 9.7.6.2.2. ACI 319-19. Según la siguiente tabla
Tabla 9.7.6.2.2. Máximo espaciamiento de refuerzo de corte

Requerimientos de corte V_s	<i>Máximo espaciamiento "s" en pulgadas</i>				
		VIGA NO PRETENSADA		VIGA PRETENSADA	
		a lo largo	a lo ancho	a lo largo	a lo ancho
$\leq 4\sqrt{f'c}b_w d$	El menor de	$d/2$	d	$3h/4$	$3h/2$
		24 pulgadas = 60.96 ~ 60 cm			
$> 4\sqrt{f'c}b_w d$	El menor de	$d/4$	$d/2$	$3h/8$	$3h/4$
		12 pulgadas = 30.48 ~ 30 cm			

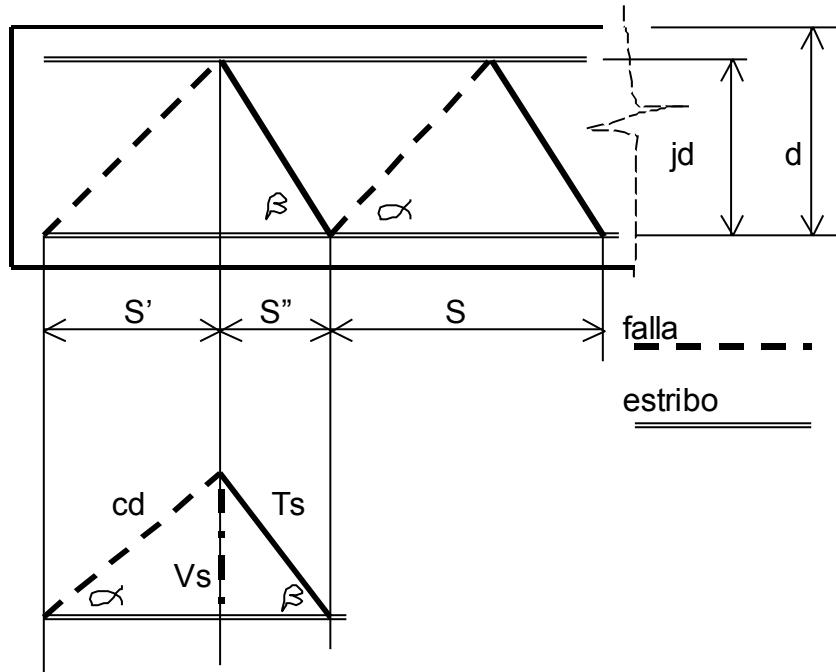
- 9.7.6.2.2. Estribos inclinados y barras inclinadas para refuerzo de corte pueden ser espaciados en una línea de inclinación de 45 grados, extendiendo $d/2$ hacia la reacción a media profundidad sobre el miembro de tensión longitudinal, pueden cruzarse en la última –primera- línea de refuerzo de corte.
- 9.7.6.2.3. Barras longitudinales inclinadas para ser refuerzo de corte, si se extienden a la región de tensión pueden ser continuas con el refuerzo longitudinal, y si se extienden a la región de compresión, pueden ser ancladas más allá de $d/2$ de la media altura del elemento.

VIEJO CRITERIO: Espaciamiento entre estribos según sección 11.5.4, ACI 318-95, el menor entre:

$$S_{\text{máximo}} = d/2, \ 3h/4 \ \text{ ó } 60 \text{ cm}$$

Además, algunos toman una separación mínima $S_{\text{mínimo}} = 3 \text{ cm}$.

ANALIGÍA DE LA ARMADURA



$$S \square = (\cot \alpha)jd \wedge S'' = (\cot \beta)jd \therefore S = jd(\cot \alpha + \cot \beta)$$

$$Vs = Vu - Vc$$

$$Vs \rightarrow \text{corte/acero} \Rightarrow Vs = cd \times \operatorname{sen} \alpha = Ts \times \operatorname{sen} \beta \therefore Ts = \frac{Vs}{\operatorname{sen} \beta}$$

$Vu \rightarrow \text{corte/actuante - ultimo}$

$Vc \rightarrow \text{corte/resistente - concreto}$

$$\frac{Ts}{S} = \frac{\frac{Vs}{\operatorname{sen} \beta}}{jd(\cot \alpha + \cot \beta)} = \frac{As \times fy}{S} \therefore S = \frac{As \times fy(\cot \alpha + \cot \beta) \operatorname{sen} \beta}{Vs}$$

$$\beta = 90^\circ \wedge \alpha = 45^\circ \Rightarrow S = \frac{As \times fy \times d}{Vs}$$

Nuevos factores.

EJEMPLO.

12000 kg

Sección
30 cm



12,000 kg

20 cm

C. A. GRIJALVA

54 - 129

6.00 m

$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$ $d = 26 \text{ cm}$

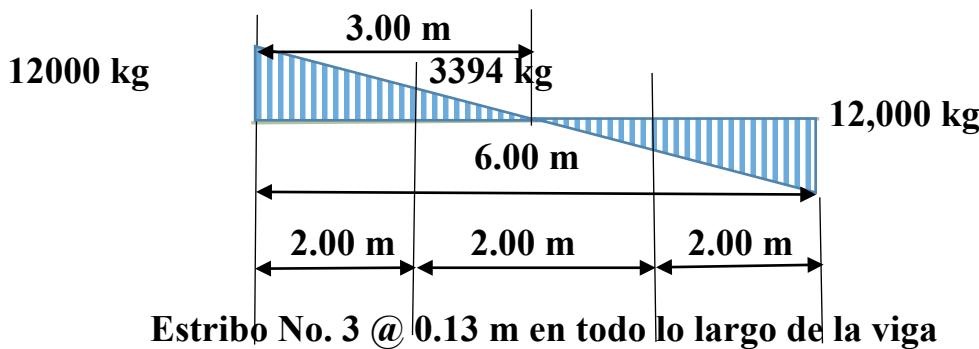
1. Averiguar el corte que resiste la sección

$$V_c = \lambda v c b d = 1.00 \times 0.53 \sqrt{210} \times 20 \times 26 = 3994 \text{ kg} \quad \underline{\lambda=1, \text{ agregados densidad normal}}$$

2. $V_u > V_c$ implica refuerzo por corte
3. Calcular fuerza de corte que resisten los estribos $V_s = V_u - V_c = 12,000 - 3,994 = 8,006 \text{ kg}$
4. Calcular espaciamiento de estribos $S = \frac{As \times f_y \times d}{V_s}$ $As = 2\#3 = 2 \times 0.71 = 1.42 \text{ cm}^2$, $S = \frac{1.42 \times 2810 \times 26}{8006} = 12.96 \sim 13 \text{ cm}$ Est. No. 3@0.13
5. Proporción directa, por triángulos semejantes o regla de tres $\frac{x}{3994} = \frac{3m}{12000}$
 $x = 1.00 \text{ m}$ y $3 - 1.00 = 2.00 \text{ cm}$
6. Separación máxima de estribos de corte 13 cm

Tabla 9.7.6.2.2. Máximo espaciamiento de refuerzo de corte

Requerimientos de corte V_s	<i>Máximo espaciamiento "s" en pulgadas</i>				
		VIGA NO PRETENSADA		VIGA PRETENSADA	
		a lo largo	a lo ancho	a lo largo	a lo ancho
$\leq 4\sqrt{f'c}b_w d$	El menor de	$d/2 = 26/2$ =13 cm	d	$3h/4$	$3h/2$
		24 pulgadas = 60.96 ~ 60 cm			
$> 4\sqrt{f'c}b_w d$	El menor de	$d/4$	$d/2$	$3h/8$	$3h/4$
		12 pulgadas = 30.48 ~ 30 cm			



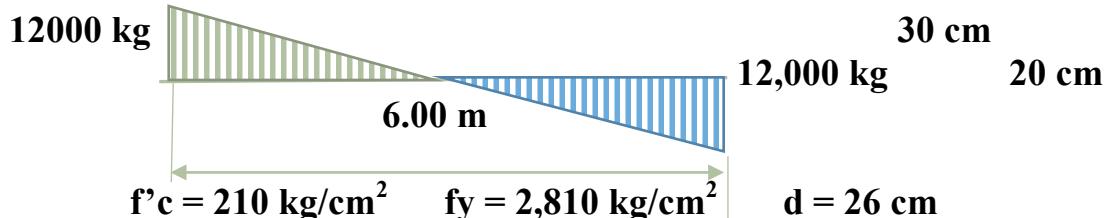
Viejos factores.



CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

EJEMPLO.



1. Averiguar el corte que resiste la sección

$$V_c = \phi v c b d = 0.85 \times 0.53 \sqrt{210} \times 20 \times 26 = 3394 \text{ kg}$$

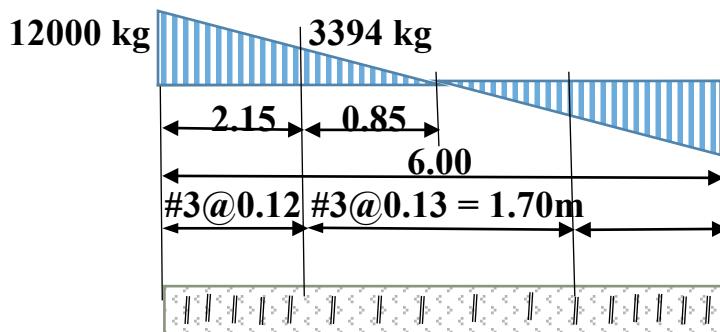
2. $V_u > V_c$ implica refuerzo por corte

3. Calcular fuerza de corte que resisten los estribos $V_s = V_u - V_c = 12,000 - 3,394 = 8,600 \text{ kg}$

4. Calcular espaciamiento de estribos $S = \frac{A_s \times f_y \times d}{V_s}$ $A_s = 2\#3 = 2 \times 0.71 = 1.42 \text{ cm}^2$, $S = \frac{1.42 \times 2810 \times 26}{8600} = 12.06 \sim 12 \text{ cm}$ Est. No. 3@0.12

5. Proporción directa, por triángulos semejantes o regla de tres $\frac{x}{3394} = \frac{3m}{12000}$,
 $x = 0.85 \text{ m}$ y $3 - 0.85 = 2.15 \text{ cm}$

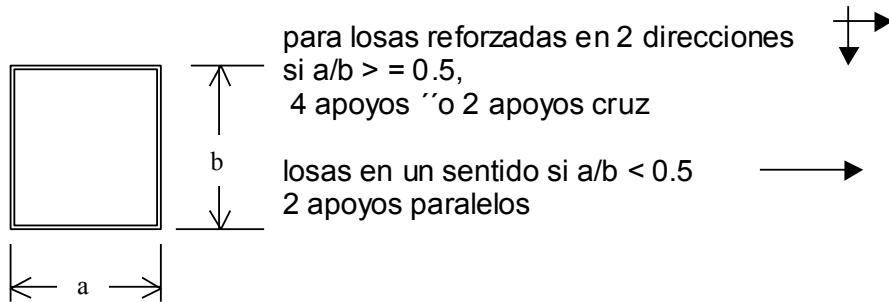
6. Separación máxima de estribos de corte $S_{\text{máximo}} = d/2, 3h/4$ ó 60 cm, $26/2 = 13 \text{ cm}$, $3 \times 30/4 = 22.5 \text{ cm}$ ó 60 cm; el menor de los 3 es 13 cm. **Estribo No. 3 @ 0.13**.



LOSAS

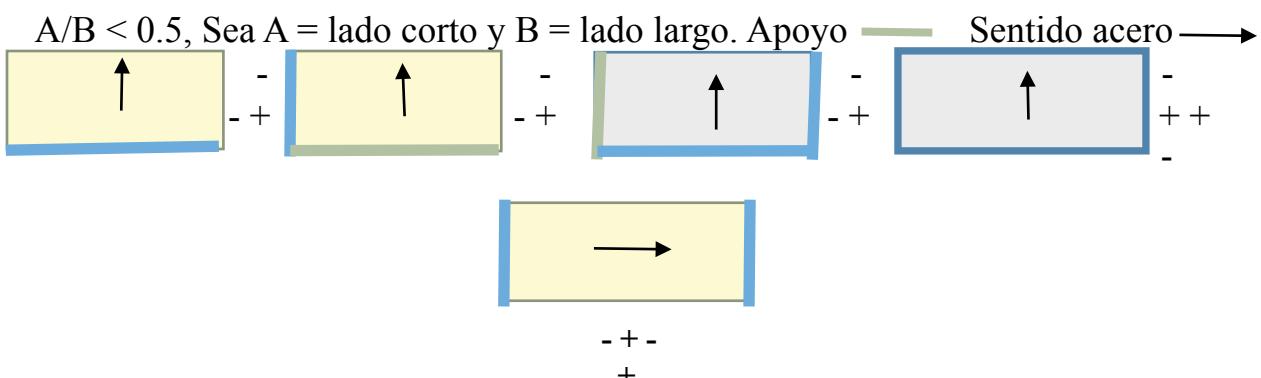
CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024



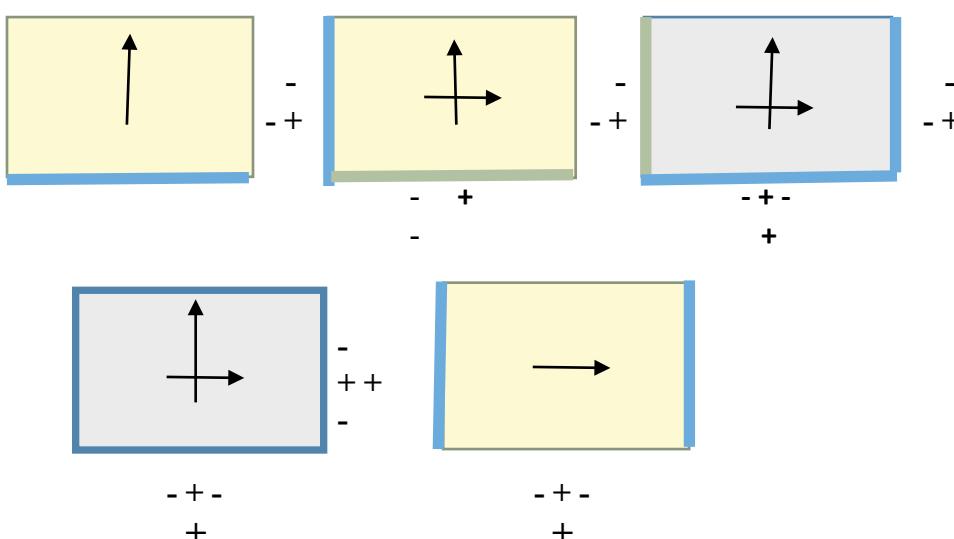
ANALIZANDO DIRECCION DE REFORZOS, el criterio anterior se debe sumar a la ubicación de los apoyos –tipo de apoyos- que condicionan el anclaje de la losa. Sea A = lado corto y B = lado largo. Apoyo puede ser simple o empotrado.

Losa en un sentido.



Losa en dos sentidos. Apoyo puede ser simple o empotrado.

$A/B \geq 0.5$, Sea A = lado corto y B = lado largo. Apoyo — Sentido acero —



INTERPRETACIÓN DE SIMBOLOGÍA EN ELÁSTICA DEFORMADA.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024



GROSOR DE LOSAS

En un sentido, Tabla 7.3.1.1, ACI 319-19.

Espesor mínimo para losas o pretensadas en una dirección	
Condición del soporte	Grosor mínimo “ <i>h</i> ”
Simplemente apoyada	<i>l</i> /20
Continuidad en un extremo	<i>l</i> /24
Continuidad en ambos extremos	<i>l</i> /28
Voladizo	<i>l</i> /10

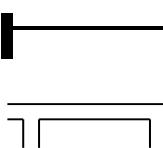
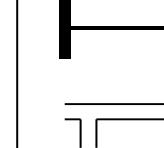
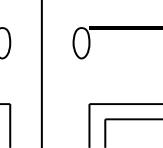
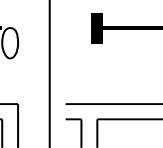
En dos sentidos, Tabla 8.3.1.1. ACI 318-19, *nuevo criterio*

fy en psi	Páneles no aislados			Páneles aislados		
	Pánel exterior		Pánel interior	Pánel exterior	Pánel interior	
	Sin vigas de apoyo	Con vigas de apoyo		Sin vigas de apoyo	Con vigas de apoyo	
40,000	<i>l</i> /33	<i>l</i> /36	<i>l</i> /36	<i>l</i> /36	<i>l</i> /40	<i>l</i> /40
60,000	<i>l</i> /30	<i>l</i> /33	<i>l</i> /33	<i>l</i> /33	<i>l</i> /36	<i>l</i> /36
80,000	<i>l</i> /27	<i>l</i> /30	<i>l</i> /30	<i>l</i> /30	<i>l</i> /33	<i>l</i> /33

Viejo Criterio: no ha cambiado para losas en un sentido.

CALCULO GROSOR $t = \frac{p}{180}$

Para UN sentido

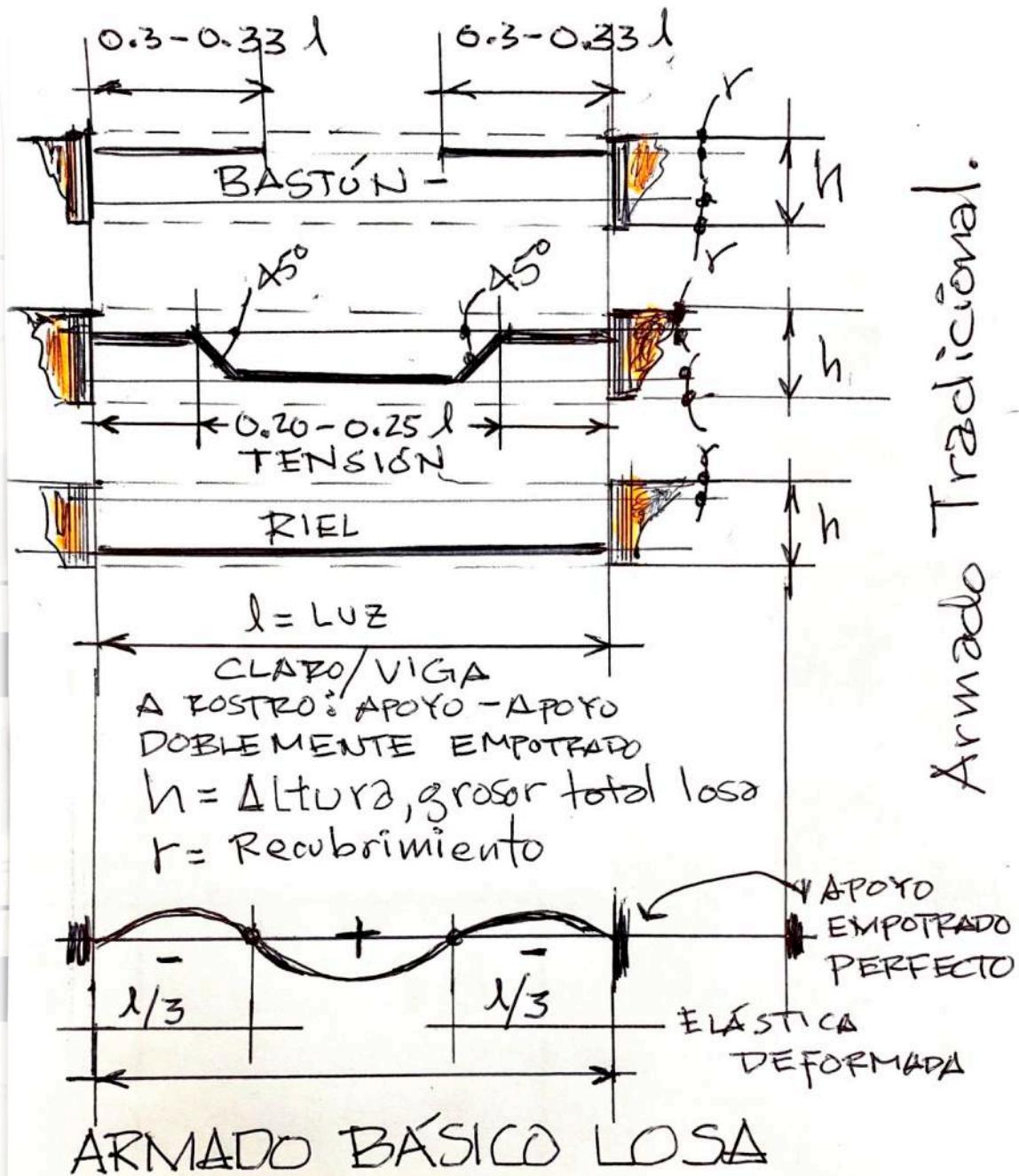
CASO				
		0	0	0
				
<i>t</i>	<i>L</i> /28	<i>L</i> /24	<i>L</i> /20	<i>L</i> /10

Para DOS sentidos: $t = p/180$ donde $p = 2a + 2b$ (perímetro interno a rostro)

Comparando nuevo con viejo criterio: $180/4 = 45$, equivale a $l/45$

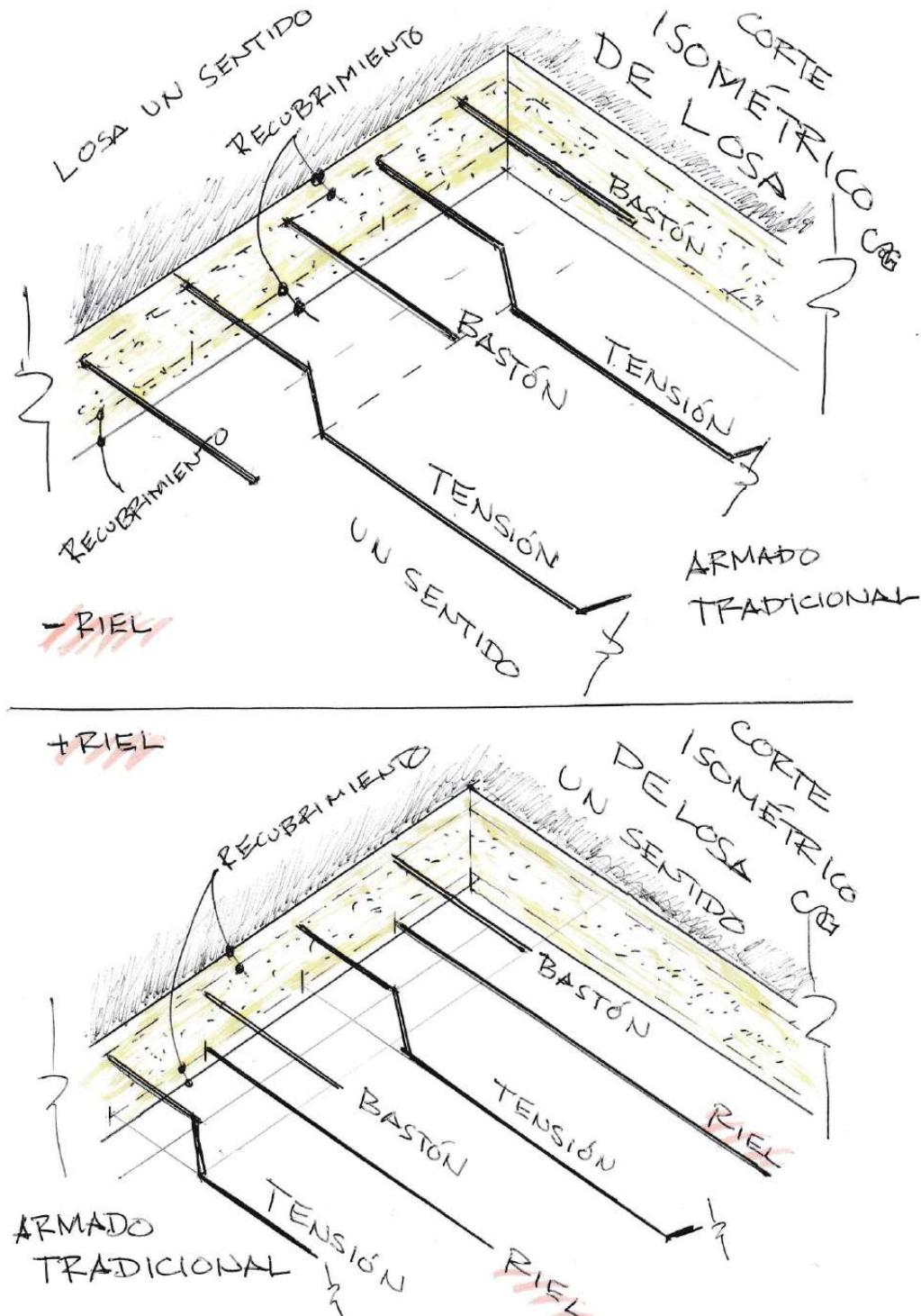
CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

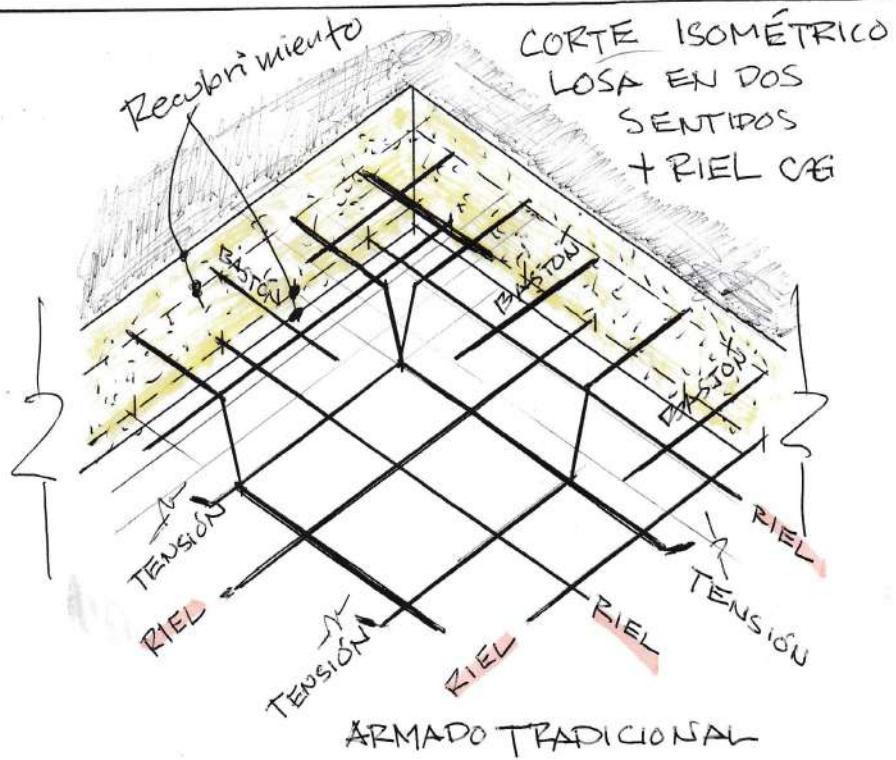
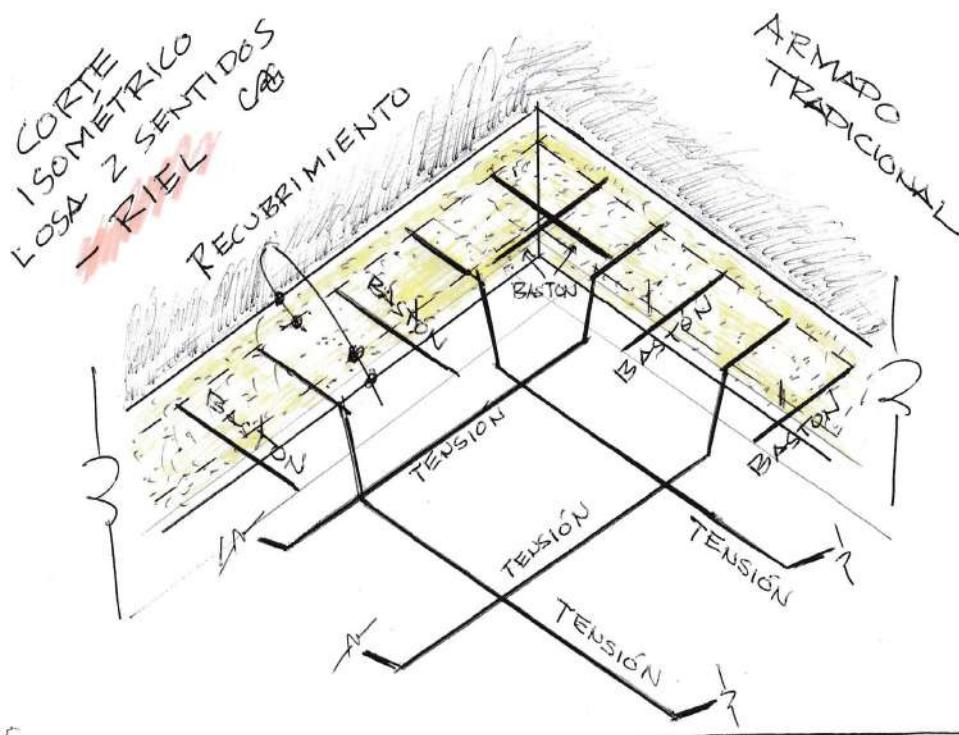


RIEL: se coloca cuando la separación del Acero Positivo (+) en la canasta o centro de losa, requiere igual espaciamiento del Acero Negativo (-)

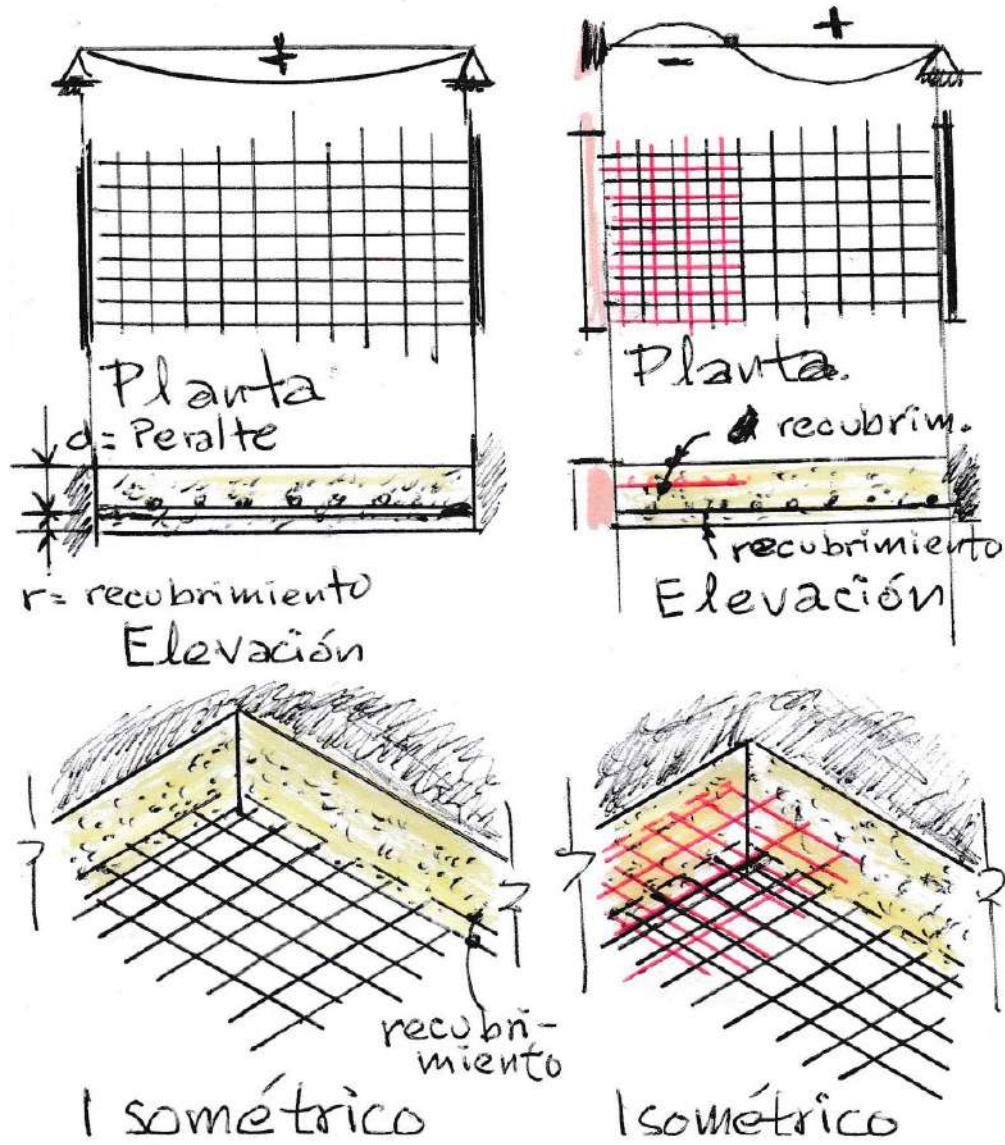
CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024



CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024

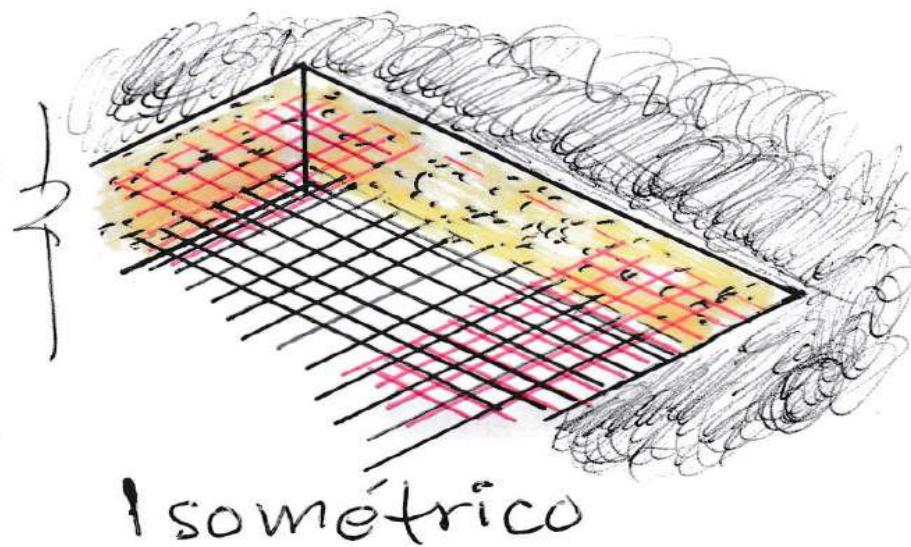
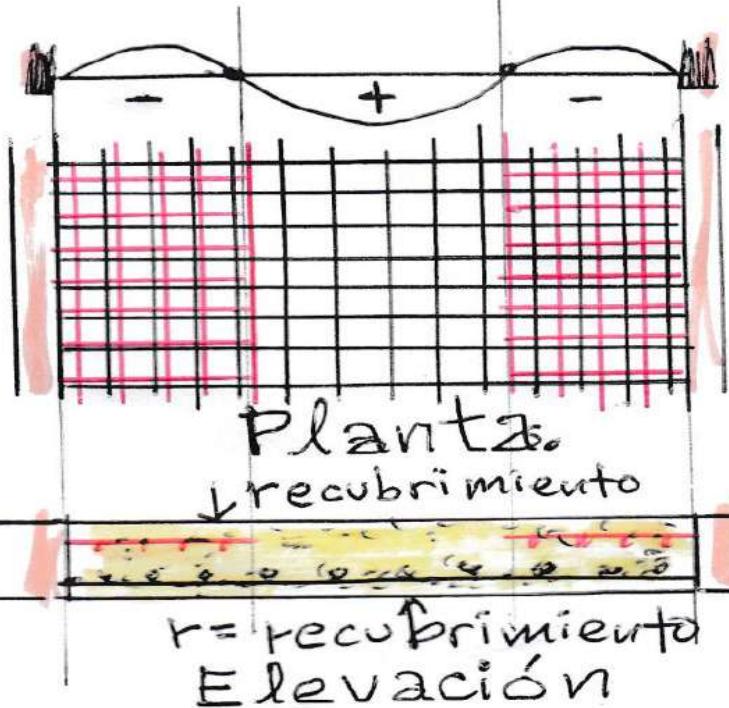


ARMADO DE LOSAS EN UN SENTIDO -Electromalla-



⊕ = Momento Positivo: Cóncavo Arriba
 - = Momento negativo: Cóncavo Abajo

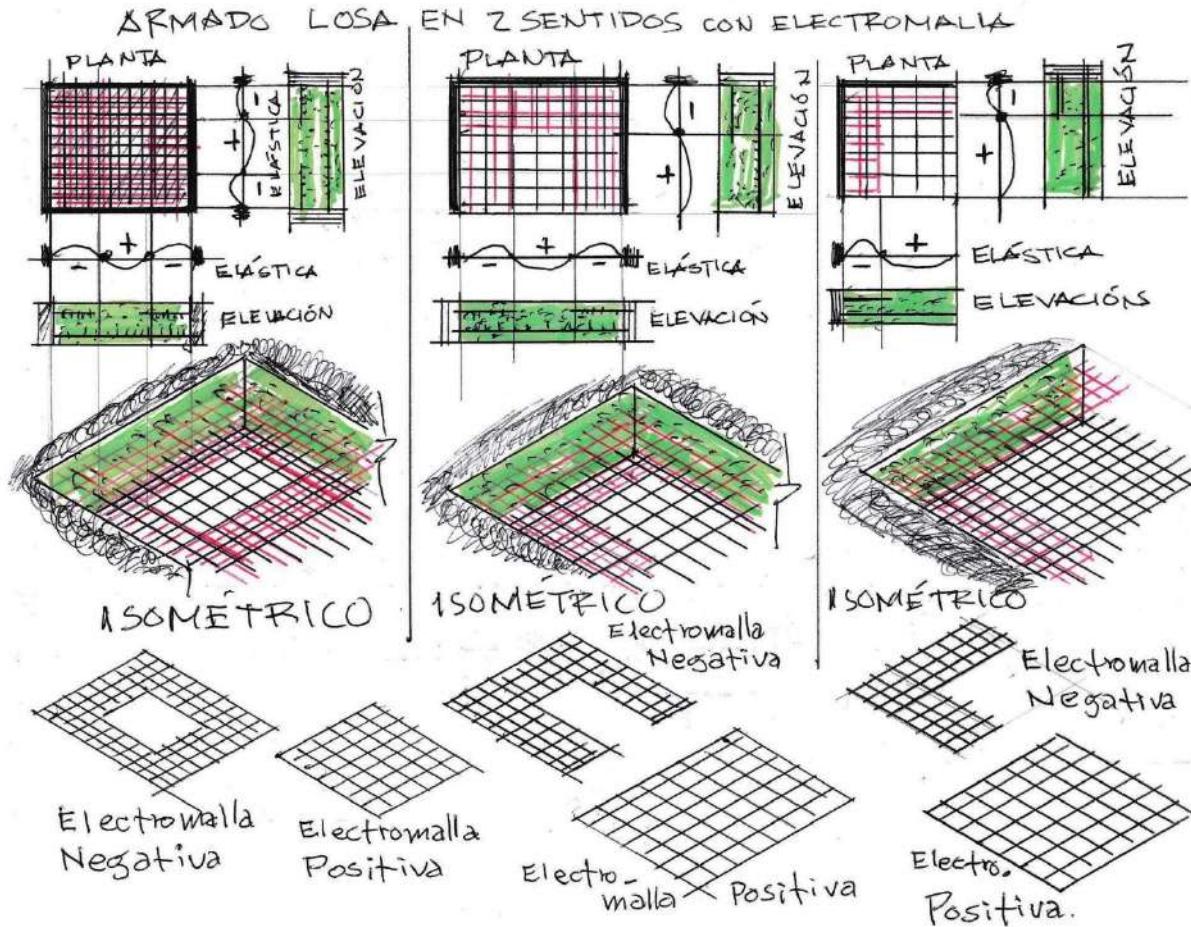
Armado Losa 1 sentido
- electromalla -



Isométrico

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024



DATOS TÉCNICOS						TABLA DE CONVERSIÓN			
NOMENCLATURA	DIÁMETRO DE VARILLA	ÁREA DE VARILLA	PESO	ÁREA DE REFUERZO	TIPO DE VARILLA	Grado 60 Fy = 4.218 kg/cm²		Grado 40 Fy = 2.812 kg/cm²	
Cuadro Calibre	mm	cm²	kg/m² kg/pl	cm²/m		Refuerzo que sustituye	(cm²/m)	Refuerzo que sustituye	(cm²/m)
6" x 6" 10/10	3.43	0.092	0.98 13.87	0.616	Corrugada	No. 2 @ 43	0.733	No. 2 @ 29	1.100
6" x 6" 9/9	3.80	0.113	1.20 16.91	0.756	Corrugada	No. 2 @ 35	0.900	No. 2 @ 23	1.350
6" x 6" 8/8	4.11	0.133	1.40 19.76	0.884	Corrugada	No. 2 @ 30	1.052	No. 2 @ 20 ó No. 3 @ 0.45	1.579
6" x 6" 7/7	4.50	0.159	1.68 23.75	1.060	Corrugada	No. 2 @ 25	1.262	No. 2 @ 17 ó No. 3 @ 0.38	1.893
6" x 6" 6/6	4.88	0.187	1.98 27.93	1.247	Corrugada	No. 2 @ 21 ó No. 3 @ 0.48	1.485	No. 2 @ 14 ó No. 3 @ 0.32	2.227
6" x 6" 4.5/4.5	5.50	0.238	2.52 35.53	1.584	Corrugada	No. 2 @ 17 ó No. 3 @ 0.38	1.886	No. 3 @ 25 ó No. 4 @ 0.45	2.829
6" x 6" 4/4	5.72	0.257	2.72 38.38	1.713	Corrugada	No. 2 @ 16 ó No. 3 @ 0.35	2.039	No. 3 @ 23 ó No. 4 @ 0.41	3.059
6" x 6" 3/3	6.20	0.302	3.19 45.03	2.013	Corrugada	No. 2 @ 13 ó No. 3 @ 0.30	2.396	No. 3 @ 20 ó No. 4 @ 0.35	3.595
6" x 6" 2/2	6.65	0.347	3.68 51.87	2.315	Corrugada	No. 2 @ 12 ó No. 3 @ 0.26	2.756	No. 3 @ 17 ó No. 4 @ 0.31	4.134

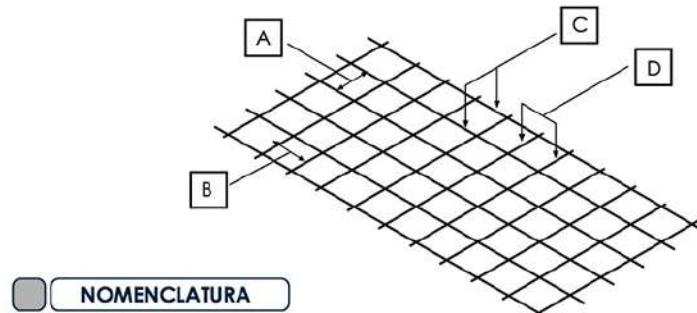
Se fabrican mallas especiales a pedido (aplican restricciones).

CARACTERÍSTICAS DE MALLA ESTÁNDAR

- 6.00 m de largo
- 2.35 m de ancho
- 14.10 m² de área bruta
- Cuadros de 6" x 6" (15 x 15cm)
- Fabricada con varilla de acero grado 70

CONCRETO ARMADO 1

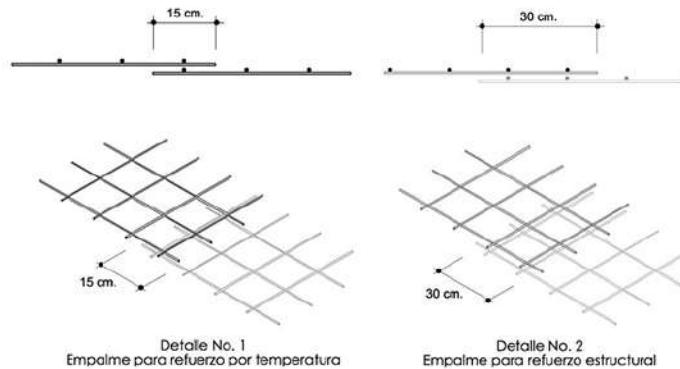
Primer semestre 2024



- A - Espaciado en pulgadas entre varillas longitudinales
- B - Espaciado en pulgadas entre varillas transversales
- C - Calibre SWG de varillas longitudinales
- D - Calibre SWG de varillas transversales

(SWG: Steel Wire Gauge)

EMPALMES: Según ACI 318-11, Sección 12.7, el empalme de malla electrosoldada debe realizarse según detalles No. 1 y 2



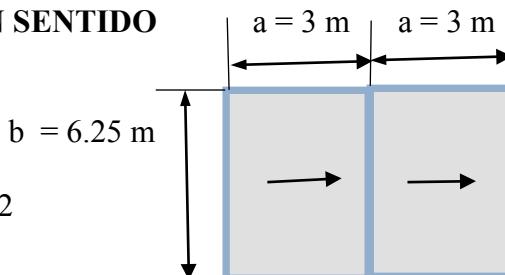
EJEMPLO LOSA EN UN SENTIDO

Ya combinación de cargas

$$U = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$f_y = 30 = 2100 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'c = 3000 \text{ psi} = 210 \text{ kg/cm}^2$$



1. Relación $a/b = 3.00/6.25 = 0.48$, losa en un sentido de refuerzo →
2. Espesor de losa. Tabla 7.3.1.1, ACI 319-19. (**espesor = 0.13 m**)

Espesor mínimo para lasas o pretensadas en una dirección	
Condición del soporte	Grosor mínimo “ <i>h</i> ”
Simplemente apoyada	<i>l/20</i>
Continuidad en un extremo	<i>l/24 = 300/24 = 12.5 = 13 cm = 0.13 m</i>
Continuidad en ambos extremos	<i>l/28</i>
Voladizo	<i>l/10</i>

3. Momentos en losas, tabla 6.5.2

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

Table 6.5.2—Approximate moments for nonprestressed continuous beams and one-way slabs

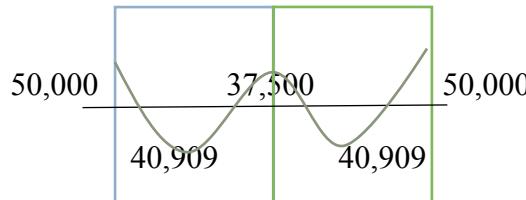
Moment	Location	Condition	M_u
Positive	End span	Discontinuous end integral with support	$w_d f_n^2 / 14$
		Discontinuous end unrestrained	$w_d f_n^2 / 11$
	Interior spans	All	$w_d f_n^2 / 16$
Negative ^[1]	Interior face of exterior support	Member built integrally with supporting spandrel beam	$w_d f_n^2 / 24$
		Member built integrally with supporting column	$w_d f_n^2 / 16$
	Exterior face of first interior support	Two spans	$w_d f_n^2 / 9$
		More than two spans	$w_d f_n^2 / 10$
	Face of other supports	All	$w_d f_n^2 / 11$
	Face of all supports satisfying (a) or (b)	(a) slabs with spans not exceeding 10 ft (b) beams where ratio of sum of column stiffnesses to beam stiffness exceeds 8 at each end of span	$w_d f_n^2 / 12$

^[1]To calculate negative moments, ℓ_a shall be the average of the adjacent clear span lengths.

Momento negativo exterior $wl^2/9 = 500 \times 3^2 / 9 = 500 \text{ kg-m} = 50,000 \text{ kg-cm}$

Momento positivo $wl^2/11 = 500 \times 3^2 / 11 = 409 \text{ kg-m} = 40,909 \text{ kg-cm}$

Momento negativo interior $wl^2/12 = 500 \times 3^2 / 12 = 375 \text{ kg-m} = 37,500 \text{ kg-cm}$



4. Acero mínimo, el 1.8 por millar del área gruesa, sección 24.4.3.2 ACI 318-19,
 $0.0018 \times 13 \times 100 = 2.34 \text{ cm}^2$ de acero / 100 cm de ancho de franja y 13 el espesor de losa del paso 2.
5. Calculo de acero por flexión $As^2 \left(\frac{f_y}{1.7 f_{cx} b} \right) - As(d) + \frac{Mu}{0.9 \times f_y} = 0$ fórmula general, para cada momento:

$$As^2 \left(\frac{2100}{1.7 \times 210 \times 100} \right) - As(10) + \frac{50,000}{0.9 \times 2100} = 0 \text{ y } d = 10 \text{ cm, 3 cm recubrimiento, } As = \left[\frac{2.69 \text{ cm}^2}{167.31 \text{ cm}^2} \right]$$

$2.69 \text{ cm}^2 > 2.43 \text{ cm}^2_{As\text{MÍNIMO}}$ se coloca más que acero mínimo

$$As^2 \left(\frac{2100}{1.7 \times 210 \times 100} \right) - As(10) + \frac{40,909}{0.9 \times 2100} = 0 \text{ y } d = 10 \text{ cm, 3 cm recubrimiento, } As = \left[\frac{2.19 \text{ cm}^2}{167.81 \text{ cm}^2} \right]$$

$2.19 \text{ cm}^2 < 2.43 \text{ cm}^2_{As\text{MÍNIMO}}$ Se coloca acero mínimo

$$As^2 \left(\frac{2100}{1.7 \times 210 \times 100} \right) - As(10) + \frac{37,500}{0.9 \times 2100} = 0 \text{ y } d = 10 \text{ cm, 3 cm recubrimiento, } As = \left[\frac{2.01 \text{ cm}^2}{167.99 \text{ cm}^2} \right]$$

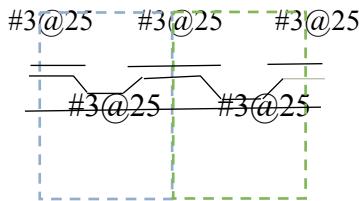
$2.01 \text{ cm}^2 < 2.43 \text{ cm}^2_{As\text{MÍNIMO}}$ Se coloca acero mínimo

6. Separación máxima de acero de losa, sección 7.7.2.4. ACI 318-19; el menor entre 5h o 45 cm. Para este problema es $5 \times 13 \text{ cm} = 65 \text{ cm}$ o 45 cm, el mínimo entre ambos valores: **45 cm**.

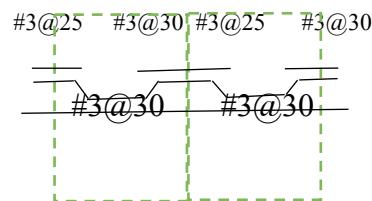
CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

7. Separación de refuerzo en losa, si se trabaja con varilla No. 3 (3/8 pulgada) con una sección de 0.71 cm^2 es de hacer una proporción directa con la sección de acero a 100 cm de separación – franja unitaria- así: $\frac{x \text{ cm No.3}}{0.71^2} = \frac{100\text{cm}}{2.69\text{cm}^2}$ de donde No. 3 a cada 26.4 cm de separación, y
 $\frac{x \text{ cm No.3}}{0.71^2} = \frac{100\text{cm}}{2.43\text{cm}^2}$ de donde No. 3 a cada 29.22 cm de separación. Un criterio puede ser dejar **todas las separaciones del No. 3 a cada 25 cm, en toda la losa**. Otro criterio es la separación de refuerzo en losa, si se trabaja con varilla No. 3 (3/8 pulgada) con una sección de 0.71 cm^2 es de hacer una proporción directa con la sección de acero a 100 cm de separación –franja unitaria- así: $\frac{x \text{ cm No.3}}{0.71^2} = \frac{100\text{cm}}{2.69\text{cm}^2}$ de donde No. 3 a cada 26.4 cm de separación para **dejar No. 3 a cada 25 cm**, y $\frac{x \text{ cm No.3}}{0.71^2} = \frac{100\text{cm}}{2.43\text{cm}^2}$ de donde No. 3 a cada 29.22 cm de separación, se deja **No. 3 a cada 30 cm**.



Opción 1



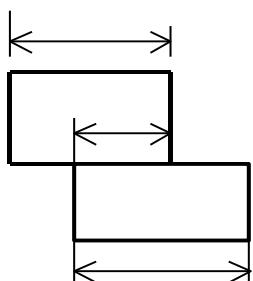
Opción 2 múltiplos enteros de 5 cm

CARGAS A SOPORTAR

CM peso propio, acabados sobre losa 50 - 60 kg/m² (piso, mezclón, baldosa) acabado bajo Losa (repello, cernido, cielo falso) 25 -30 kg/m²

CV según uso

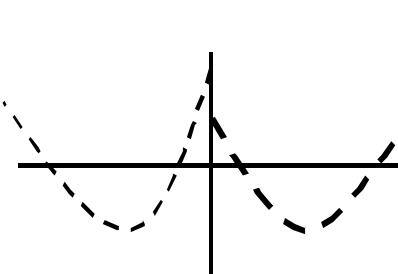
Peso propio = peso volumétrico x t (m) = kg/m²



si $L1/2 \geq L$ discontinuidad
si $L1/2 < L$ continuidad

para toda Discontinuidad
 $M(-) = M(+) / 3$

Además, para Losas puede necesitarse el Balanceo de Momentos



$$M_1 > M_2$$

si $M_2 > 0.80 M_1$
momento balanceado como promedio aritmético:

$$M_B = (M_1 + M_2)/2$$

Si $M_2 \leq 0.80 M_1$, momento balanceado (M_B) es proporcional al la rigidéz.

D1	D2
$(-)M_1$ $\Delta M \times D_1$	$(+)M_2$ $\Delta M \times D_2$
M_B	M_B

13.3 Refuerzo de la Losa²⁸

13.3.1 el área de refuerzo en cada dirección para sistema de lossas en dos direcciones, se deberá determinar a partir de los momentos de las secciones críticas, pero no será menor a lo requerido en la sección 7.12 del presente reglamento.

13.3.2 el espaciamiento del refuerzo en las secciones críticas no deberá exceder dos veces el espesor de la losa, excepto para las posiciones de la losa celular o de nervadura. Para losa nervuraza también ver sección 7.12.

13.3.3 el refuerzo por momento positivo perpendicular a un borde discontinuo, deberá exceder hasta el borde de la losa y tener un empotramiento, recto o con gancho, de por lo menos 15 cm en vigas con ménsulas, columnas o muros.

13.3.4 el refuerzo por momento negativo perpendicular a un borde discontinuo se deberá doblar, proveer con un gancho, o anclar en vigas con ménsulas, columnas o muros a desarrollarse en la cara del apoyo de acuerdo al capítulo 12 del este reglamento - *longitud de desarrollo-*

13.3.5 cuando una losa no está apoyada en vigas con ménsula o muro, en un borde discontinuo, o cuando una losa se proyecta en voladizo mas allá del apoyo, el anclaje del refuerzo podrá hacerse dentro de la losa.

7.12 Refuerzo por contracción y Temperatura:²⁹

²⁸ sección 13.3 ACI 318-02. page 216

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

7.12.2 el acero de refuerzo corrugado, según sección 3.5.3 empleado como refuerzo por contracción y temperatura debe suministrarse de acuerdo a lo siguiente:

7.12.2.1 el área del acero de refuerzo no menor a 0.0014.

a. En losas, donde se emplee varilla corrugada grado 28 a 35.....0.0020

b. En losas, donde se emplee varilla corrugada grado 42.....0.0018

c. En losas, donde se emplee varilla corrugada con grado más al 42.....(0.0018x4200)/fy

7.12.2.2 en ningún caso se debe colocar el acero de refuerzo por contracción y temperatura a una distancia mayor a 5 veces el espesor de la losa ni de 45 cm.

7.12.2.3 tomar la Longitud de Desarrollo de capítulo 12 de este reglamento

CALCULO DE LOSA CON MÉTODO TRES (aci 318-63, pag 133-135)

Limitantes

1. Solo toma en cuenta combinación de carga muerta + carga viva. **Cu = 1.4 D + 1.7 L**

2. Es para losas apoyadas en vigas y/o muros, no el columnas

²⁹ section 7.12.2.1. ACI 318-05 page 98



CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024
METHOD 3—TABLE I—COEFFICIENTS FOR NEGATIVE MOMENTS IN SLABS*

$$\left. \begin{array}{l} M_{A \text{ neg}} = C_{A \text{ neg}} \times w \times A^2 \\ M_{B \text{ neg}} = C_{B \text{ neg}} \times w \times B^2 \end{array} \right\} \text{ where } w = \text{total uniform dead plus live load}$$

Ratio $m = \frac{A}{B}$	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8	Case 9
1.00		0.045		0.050	0.075	0.071		0.033	0.061
		0.045	0.076	0.050			0.071	0.061	0.033
0.95		0.050		0.055	0.079	0.075		0.038	0.065
		0.041	0.072	0.045			0.067	0.056	0.029
0.90		0.055		0.060	0.080	0.079		0.043	0.068
		0.037	0.070	0.040			0.062	0.052	0.025
0.85		0.060		0.066	0.082	0.083		0.049	0.072
		0.031	0.065	0.034			0.057	0.046	0.021
0.80		0.065		0.071	0.083	0.086		0.055	0.075
		0.027	0.061	0.029			0.051	0.041	0.017
0.75		0.069		0.076	0.085	0.088		0.061	0.078
		0.022	0.056	0.024			0.044	0.036	0.014
0.70		0.074		0.081	0.086	0.091		0.068	0.081
		0.017	0.050	0.019			0.038	0.029	0.011
0.65		0.077		0.085	0.087	0.093		0.074	0.083
		0.014	0.043	0.015			0.031	0.024	0.008
0.60		0.081		0.089	0.088	0.095		0.080	0.085
		0.010	0.035	0.011			0.024	0.018	0.006
0.55		0.084		0.092	0.089	0.096		0.085	0.086
		0.007	0.028	0.008			0.019	0.014	0.005
0.50		0.086		0.094	0.090	0.097		0.089	0.088
		0.006	0.022	0.006			0.014	0.010	0.003

*A cross-hatched edge indicates that the slab continues across or is fixed at the support; an unmarked edge indicates a support at which torsional resistance is negligible.



**METHOD 3—TABLE 2—COEFFICIENTS FOR DEAD LOAD
POSITIVE MOMENTS IN SLABS***

$$\left. \begin{array}{l} M_{A \text{ pos. DL}} = C_{A \text{ DL}} \times w \times A^2 \\ M_{B \text{ pos. DL}} = C_{B \text{ DL}} \times w \times B^2 \end{array} \right\} \text{ where } w = \text{total uniform dead load}$$

Ratio $m = \frac{A}{B}$	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8	Case 9
1.00	$C_{A \text{ DL}}$ 0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	$C_{B \text{ DL}}$ 0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	$C_{A \text{ DL}}$ 0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	$C_{B \text{ DL}}$ 0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	$C_{A \text{ DL}}$ 0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	$C_{B \text{ DL}}$ 0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	$C_{A \text{ DL}}$ 0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	$C_{B \text{ DL}}$ 0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	$C_{A \text{ DL}}$ 0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	$C_{B \text{ DL}}$ 0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	$C_{A \text{ DL}}$ 0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	$C_{B \text{ DL}}$ 0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	$C_{A \text{ DL}}$ 0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	$C_{B \text{ DL}}$ 0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	$C_{A \text{ DL}}$ 0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	$C_{B \text{ DL}}$ 0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	$C_{A \text{ DL}}$ 0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	$C_{B \text{ DL}}$ 0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	$C_{A \text{ DL}}$ 0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
	$C_{B \text{ DL}}$ 0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	$C_{A \text{ DL}}$ 0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	$C_{B \text{ DL}}$ 0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

*A cross-hatched edge indicates that the slab continues across or is fixed at the support; an unmarked edge indicates a support at which torsional resistance is negligible.

**METHOD 3—TABLE 3—COEFFICIENTS FOR LIVE LOAD
POSITIVE MOMENTS IN SLABS***

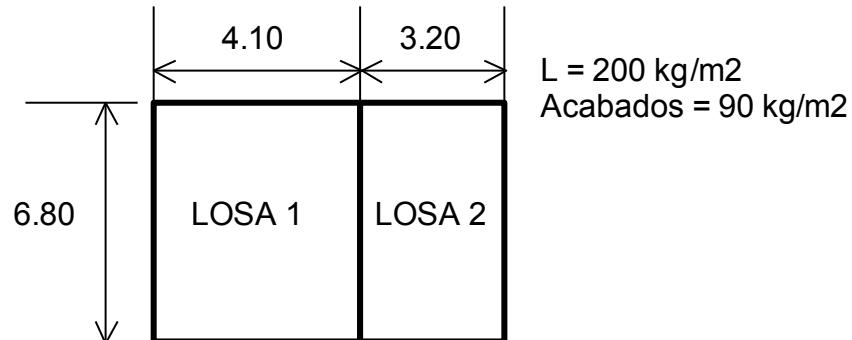
$$M_{A \text{ pos LL}} = C_{A \text{ LL}} \times w \times A^2$$

$$M_{B \text{ pos LL}} = C_{B \text{ LL}} \times w \times B^2$$

} where w = total uniform live load

Ratio $m = \frac{A}{B}$	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8	Case 9	
1.00										
	$C_{A \text{ LL}}$	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
0.95	$C_{A \text{ LL}}$	0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	$C_{B \text{ LL}}$	0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	$C_{A \text{ LL}}$	0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	$C_{B \text{ LL}}$	0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	$C_{A \text{ LL}}$	0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	$C_{B \text{ LL}}$	0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	$C_{A \text{ LL}}$	0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	$C_{B \text{ LL}}$	0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	$C_{A \text{ LL}}$	0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	$C_{B \text{ LL}}$	0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	$C_{A \text{ LL}}$	0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	$C_{B \text{ LL}}$	0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	$C_{A \text{ LL}}$	0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	$C_{B \text{ LL}}$	0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	$C_{A \text{ LL}}$	0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	$C_{B \text{ LL}}$	0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	$C_{A \text{ LL}}$	0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	$C_{B \text{ LL}}$	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	$C_{A \text{ LL}}$	0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	$C_{B \text{ LL}}$	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

*A cross-hatched edge indicates that the slab continues across or is fixed at the support; an unmarked edge indicates a support at which torsional resistance is negligible.



ESQUEMA DE LOSAS

1. ¿CÓMO TRABAJAN LAS LOSAS?

$$\text{LOSA 1 } A = 4.10 \rightarrow B = 6.80 \rightarrow \frac{A}{B} = \frac{4.10}{6.80} = 0.60 > 0.50 \xleftarrow[1.. \text{ SENTIDO}]{2.. \text{ SENTIDOS}}$$

$$\text{LOSA 2 } A = 3.20 \rightarrow B = 6.80 \rightarrow \frac{A}{B} = \frac{3.20}{6.80} = 0.47 < 0.50 \xleftarrow[1.. \text{ SENTIDO}]{}$$

2. CALCULO DE ESPESORES

$$t_1 = \frac{p}{180} = \frac{2(6.80 + 4.10)}{180} = 0.12 \text{ mts}$$

$$t_2 = \frac{\square}{24} = \frac{3.20}{24} = 0.13 \text{ mts} \xleftarrow[Se toma el espesor de 13 cm]{EL..MAYOR}$$

3. INTEGRANDO CARGAS

D → peso propio = $2400 \times 0.13 = 312 \text{ kg/m}^2$

Peso acabados = 90 kg/m^2

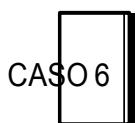
$$D = 402 \text{ kg/m}^2 \text{ y } D \text{ último} = 1.4 \times 402 = 563 \text{ kg/m}^2$$

$$L = 200 \text{ kg/m}^2 \text{ y } L \text{ último} = 1.7 \times 200 = 340 \text{ kg/m}^2$$

$$U = 1.4D + 1.7L = 903 \text{ kg/m}^2$$

4. CÁLCULO DE MOMENTOS

LOSA 1



$$A/B = 0.6$$

$$M(-)_A = 0.095 \times 903 \times 4.10^2 = 1442 \text{ kg-m}$$

$$M(-)_B = 0$$

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024

$$M(+)_A = (0.056 \times 563 + 0.068 \times 340) \times 4.10^2 = 919 \text{ kg-m}$$

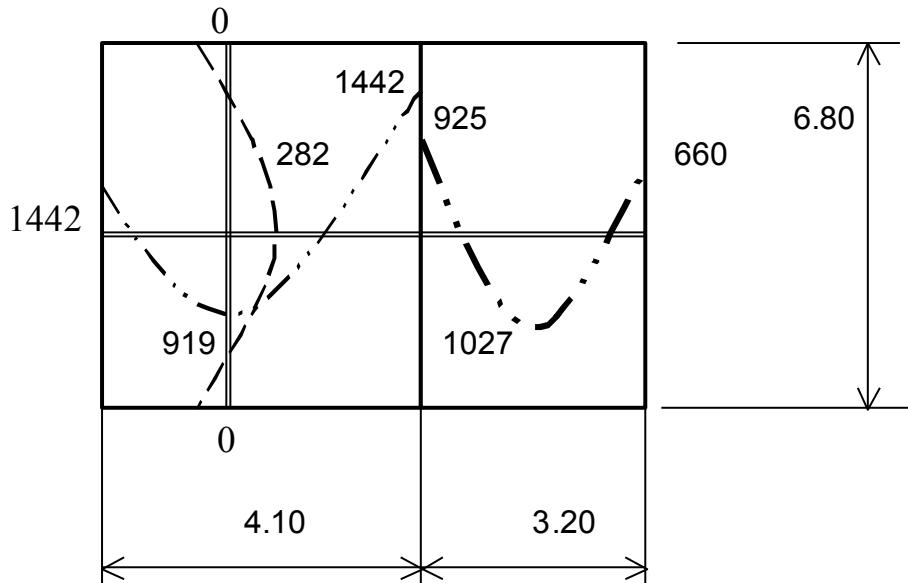
$$M(+)_B = (0.006 \times 563 + 0.008 \times 340) \times 6.80^2 = 282 \text{ kg-m}$$

LOSA 2

$$M(-) = \frac{903 \times 3.20^2}{10} = 925 \text{ kg-m}$$

$$M(-) = \frac{903 \times 3.20^2}{14} = 660 \text{ kg-m}$$

$$M(+) = \frac{903 \times 3.20^2}{9} = 1027 \text{ kg-m}$$



BALANCEO DE MOMENTOS $M_1 = 1442 \wedge M_2 = 925$

$$925 < 0.8 \times 1442 \therefore 925 < 1154 \Rightarrow MB \rightarrow f(\text{rigidez}) = I/\ell$$

RIGIDEZES: $D_1 = \frac{1/4.10}{1/4.10 + 1/3.20} = 0.44$

$$D_2 = \frac{1/3.20}{1/4.10 + 1/3.20} = 0.56$$

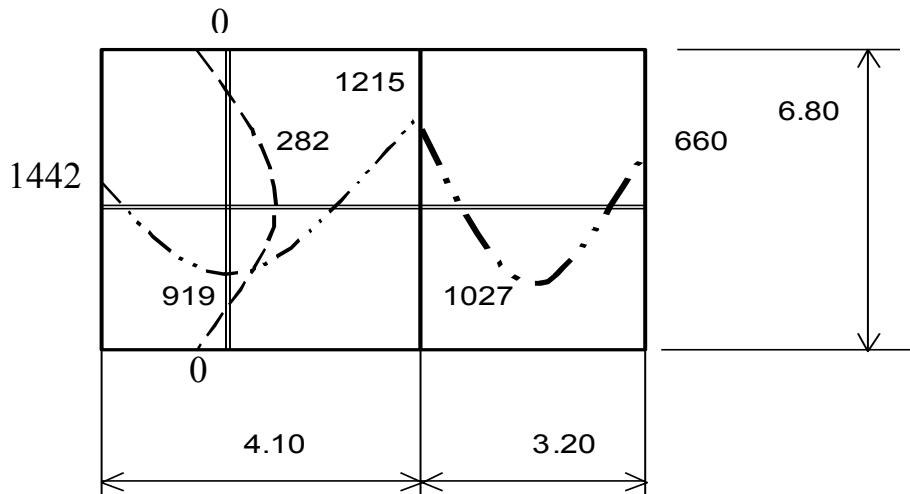
$$D_1 + D_2 = 1.00$$

ENTONCES:

D1=0.44	D2=0.56
1442 $-0.44 \times \Delta M = -0.44 \times (1442 - 925) = -227$	925 $0.56 \times \Delta M = 0.56 \times (1442 - 925) = 290$
1215	1215

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024

925 (M2) < MB < 1442 (M1)



5. CÁLCULO DE ACERO

$$b = 100 \text{ cm} \text{ (unitario)} \quad d = 13 - 2.5 \text{ (recubrimiento, 1 pulgada)} = 10.5 \text{ cm}$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2 \quad f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$As^2 \left(\frac{f_y}{1.7 \times f'_c \times b} \right) - As \times d + \left(\frac{Mu}{\phi \times f_y} \right) = 0$$

$$As^2 \left(\frac{2810}{1.7 \times 210 \times 100} \right) - As \times 10.5 + \left(\frac{Mu}{0.9 \times 2810} \right) = 0$$

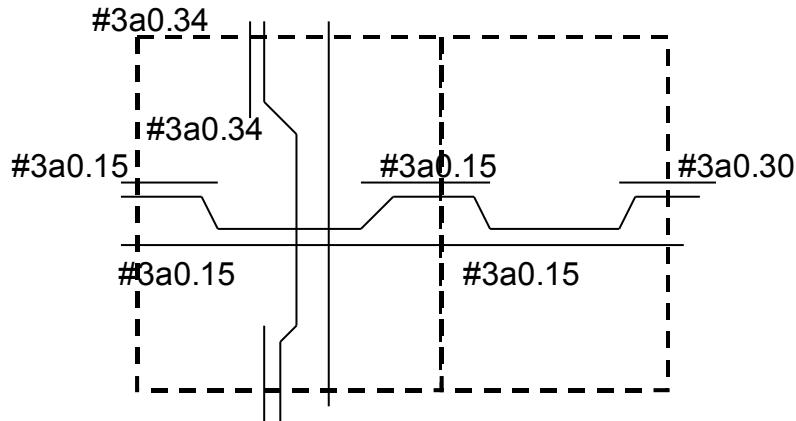
$$As \min = 0.002 \times b \times d = 0.002 \times 100 \times 10.5 = 2.10 \text{ cm}^2$$

donde: $a = 2.10 \text{ cm}^2 \Rightarrow 100 \text{ cm} \times 0.71 \text{ cm}^2 \Rightarrow S = 34 \text{ cm}$

MOMENTO (kg-cm)	As (cm ²)	#3@→cm	#3@→cm Como múltiplo	electro malla	Número capas
144200	5.67	12.5	15	6"x6" 4.5/4.5	2
91900	3.56	19.9	15	6"x6" 4.5/4.5	2
121500	4.74	15.0	15	6"x6" 4.5/4.5	2
102700	3.99	17.8	15	6"x6" 4.5/4.5	2
66000	2.53	28.0	30	6"x6" 4.5/4.5	1
28200	1.07→As	34	34	6"x6"	1

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024

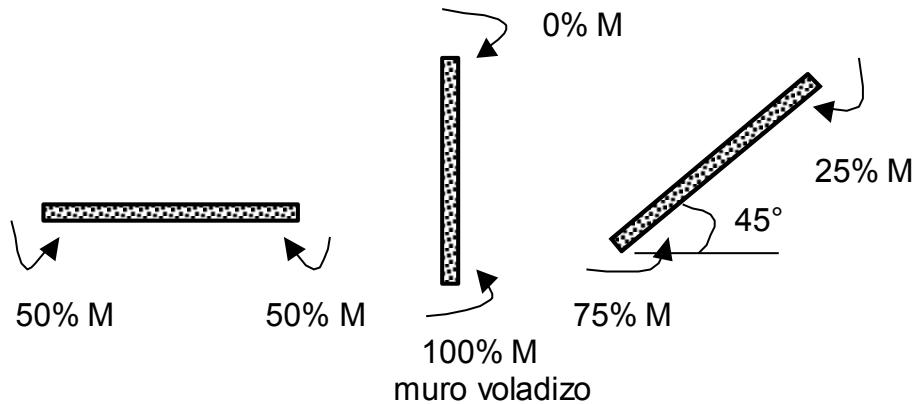
	min			4.5/4.5	
--	-----	--	--	---------	--



Detalle de Armado.

LOSAS INCLINADAS

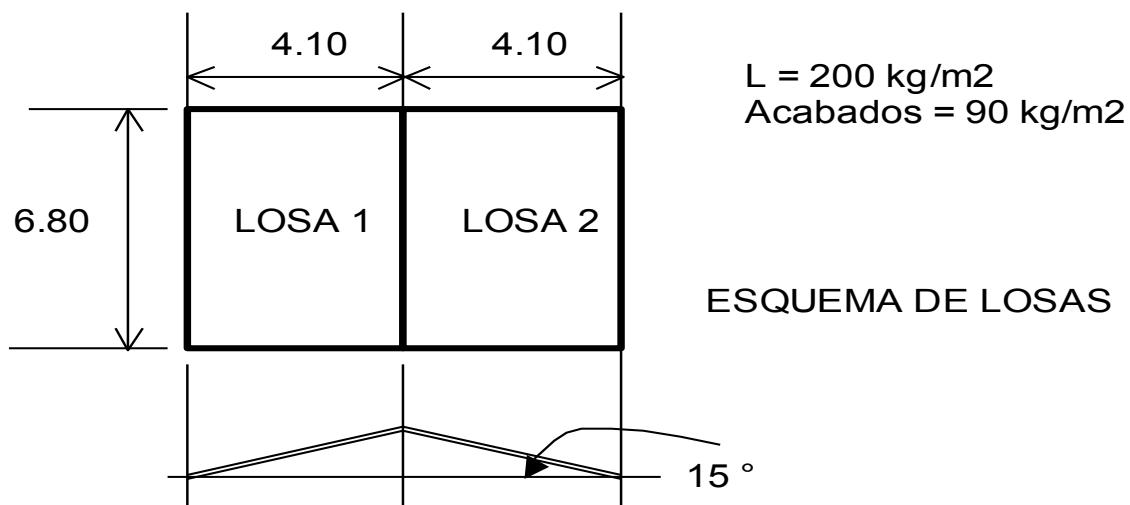
Para este tipo de losas hacer especulaciones en base al **criterio de simetría**, que a continuación se ilustra:



Interpretando el gráfico propuesto de racionalidad:

1. **Losa horizontal, momento negativo al 50 %, se reparte en 2 mitades iguales;**
2. **Losa vertical, todo el momento negativo se concentra en la parte mas baja, la parte alta con momento cero;**
3. **A 45° a medio camino entre lo horizontal y vertical, el momento simétrico se reparte en un 25% mas para la parte baja y 25% menos para la parte alta.**
4. **A X° hacer una proporción directa.**

Ejemplo:



1. ¿CÓMO TRABAJAN LAS LOSAS?

LOSA 1 y LOSA 2 → A = 4.10 × 6.80 = 27.78 m²

^{2..SENTIDOS}

2. CALCULO DE ESPESORES

$$t_1 = \frac{p}{180} = \frac{2(6.80 + 4.10)}{180} = 0.12 \text{ mts} \leftarrow \text{ESPESOR}$$

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

3. INTEGRANDO CARGAS

$$D \rightarrow \text{peso propio} = 2400 \times 0.12 = \dots \dots \dots 288 \text{ kg/m}^2$$

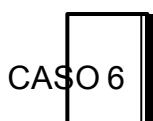
$$\text{Peso acabados} = \dots \dots \dots 90 \text{ kg/m}^2$$

$$D = 378 \text{ kg/m}^2 \text{ y } D \text{ último} = 1.4 \times 378 = 530 \text{ kg/m}^2$$

$$L = 200 \text{ kg/m}^2 \text{ y } L \text{ último} = 1.7 \times 200 = 340 \text{ kg/m}^2$$

$$U = 1.4D + 1.7L = 870 \text{ kg/m}^2$$

LOSA 1



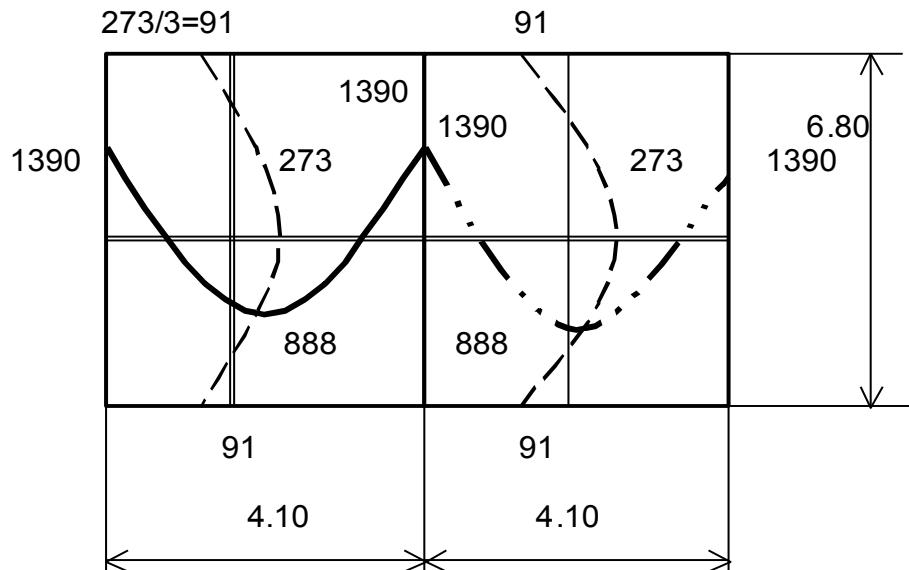
$$A/B = 0.6$$

$$M(-)_A = 0.095 \times 870 \times 4.10^2 = 1390 \text{ kg-m}$$

$$M(-)_B = 0$$

$$M(+)_A = (0.056 \times 530 + 0.068 \times 340) \times 4.10^2 = 888 \text{ kg-m}$$

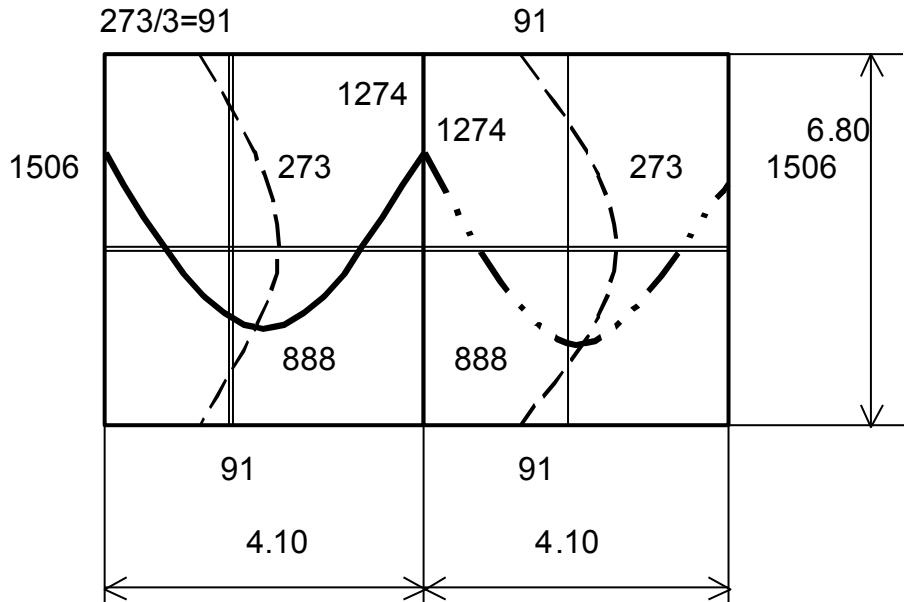
$$M(+)_B = (0.006 \times 530 + 0.008 \times 340) \times 6.80^2 = 273 \text{ kg-m}$$



AJUSTANTO MOMENTOS: $15/45 = 1/3 \Rightarrow$ MOMENTOS INCLINADOS ajustados en 1/3 del 25% de la simetría = 8.333%

$1390 \times 8.333\% = 116 \therefore 1390 \pm 116 = 1506 \text{ kg.m} \text{ y } 1274 \text{ kg.m}$ Parte BAJA y ALTA respectivamente.

Corrigiendo Diagrama de Momentos:



5. CÁLCULO DE ACERO

$$b = 100 \text{ cm} \text{ (unitario)} \quad d = 12 - 2.5 \text{ (recubrimiento, 1 pulgada)} = 9.5 \text{ cm}$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2 \quad f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

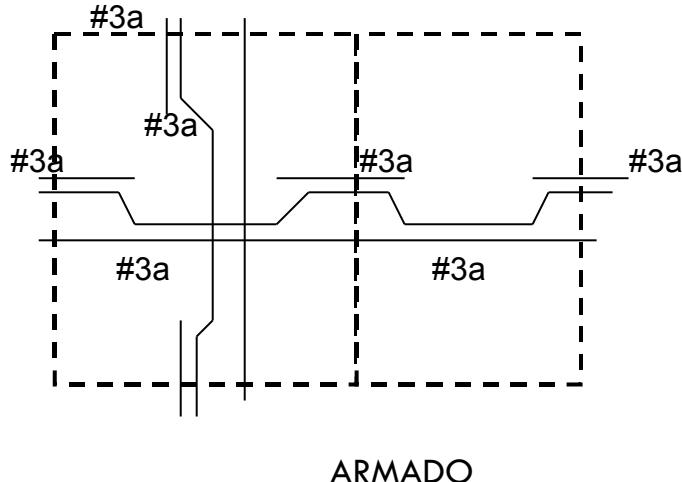
$$As^2 \left(\frac{f_y}{1.7 \times f'c \times b} \right) - As \times d + \left(\frac{Mu}{\varphi \times f_y} \right) = 0$$

$$As^2 \left(\frac{2810}{1.7 \times 210 \times 100} \right) - As \times 9.5 + \left(\frac{Mu}{0.9 \times 2810} \right) = 0$$

$$As \min = 0.002 \times b \times d = 0.002 \times 100 \times 9.5 = 1.90 \text{ cm}^2$$

donde: a 1.90 cm² \Rightarrow 100 cm y 0.71 cm² \Rightarrow S = 37 cm (Chequear Espacio Máximo en función de 5t no menor a 45 cm) 5 x 12 = 60 \Rightarrow 45 < 37 bien!

MOMENTO (kg-cm)	As (cm ²)	#3@→ cm	#3@→cm Como múltiplo	Electro malla	Capas
150600	6.63	10.71	10	6"×6" 6/6	3
127400	5.56	12.77	10	6"×6" 6/6	3
88800	3.82	18.59	20	6"×6" 6/6	2
9100	0.38	187	30 (aprox As min)	6"×6" 6/6	1
27300	1.15	61.74	30 (aprox. As min)	6"×6" 6/6	1



MÉTODO DE DISEÑO DIRECTO³⁰

Limitaciones

1. Debe existir un mínimo de tres claros continuos en cada dirección
2. Los tableros deben ser rectangulares, con una relación claro mayor a menor, centro a centro de los apoyos dentro de un tablero, no mayor de 2.
3. Las longitudes sucesivas de los claros de centro a centro de los apoyos en cada dirección, no deben diferir del claro mayor en mas de un tercio
4. Las columnas pueden estar desalineadas un máximo de un 10% del claro a partir de cualquier eje de columnas sucesivas
5. Todas las cargas deben ser gravitacionales (o equivalente estático) y estas distribuida de manera uniforme en todo el tablero. La carga viva no debe exceder de 2 veces la carga muerta.
6. Para un tablero con vigas entre los apoyos en todos los lados, la rigidez relativa de las vigas en dos direcciones perpendiculares: $\frac{\alpha_1 \times l_2^2}{\alpha_2 \times l_1^2}$ No menor que 0.2 ni mayor que 5.0.

Donde:

$\alpha_1 = \alpha$ en dirección **I1**

$\alpha_2 = \alpha$ en dirección **I2**

α = relación entre rigidez a flexión de una sección de viga a la rigidez a flexión de una franja de losa limitada lateralmente por los ejes centrales de los tableros adyacentes (si los hay) en cada lado de la viga.

I1 = longitud del claro en la dirección en que se determinan los momentos. Centro a centro en apoyos.

I2 = longitud en el claro transversal a **I1** centro a centro en apoyos.

Momento estático factorizado total para un claro

³⁰ Sección 13.6 ACI 318-95

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

La suma absoluta de momento factorizado positivo y negativo no menor a: $M_o = \frac{w_u l_2 l_n^2}{8}$

Cuando no se tenga el mismo claro transversal en los tableros, se toma el promedio de estos 12.

Momentos Factorizados Negativos y Positivos

Los momentos negativos factorizados deben localizarse en la cara de los apoyos rectangulares. Apoyos circulares y poligonales regulares deben tratarse como equivalentes a un cuadrado de la misma área.

Momento Negativo Factorizado **Mo -0.65**

Momento Positivo Factorizado **Mo +.....0.35**

Recordad que **wu** EC carga distribuida por área.

En un claro de extremo, el momento estático factorizado total **Mo** debe distribuirse así:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Borde exterior no restringido	Losas con vigas entre todos los apoyos	Losas sin vigas entre los apoyos interiores	Losas sin vigas entre los apoyos interiores	Borde exterior totalmente restringido
			Sin viga de borde	Con viga de borde	
Factor de momento interior negativo	0.75	0.70	0.70	0.70	0.65
Factor de momento positivo	0.63	0.57	0.52	0.50	0.35
Factor de momento exterior negativo	0	0.16	0.26	0.30	0.65

- Las secciones sujetas a momento negativo deben diseñarse para resistir el mayor de los dos momentos negativos interiores factorizados, determinarlos para los claros que se encuentran en un apoyo común.
- El momento por carga de gravedad a transferirse entre la losa y el borde de la columna, según sección 13.5.3.1³¹ debe ser **0.30xMo** (para cálculo de columna)

³¹ ACI 318-95

Momentos Factorizados en Franjas de Columna

Las franjas deben resistir en porcentaje los **momentos factorizados negativos interiores**:

I_2/I_1	0.5	1.0	2.0
$\alpha I_2/I_1 = 0$	75	75	75
$\alpha I_2/I_1 \geq 1.0$	90	75	45

Las franjas deben resistir en porcentaje los **momentos factorizados negativos exteriores**:

I_2/I_1	0.5	1.0	2.0
$\alpha I_2/I_1 = 0$ $\beta t = 0$ $\beta t \geq 2.5$	100 75	100 75	100 75
$\alpha I_2/I_1 \geq 1.0$ $\beta t = 0$ $\beta t \geq 2.5$	100 90	100 75	100 45

Las franjas deben resistir en porcentaje los **momentos factorizados positivos**:

I_2/I_1	0.5	1.0	2.0
$\alpha I_2/I_1 = 0$	60	60	60
$\alpha I_2/I_1 \geq 1.0$	90	75	45

En un apoyo interior, los elementos (muros por Ej \odot)de apoyo arriba y abajo deben resistir el momento especificado por la ecuación: $M = 0.07[(wd + 0.5wl)l_2l_n^2 - wd'l_2(l'_n)^2]$

Donde: wd = carga muerta factorizada por unidad de área

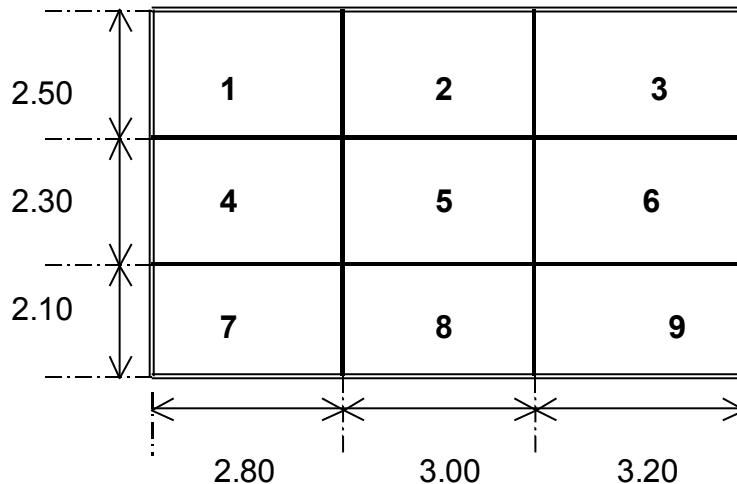
: wl = carga viva factorizada por unidad de área

Y $w'd$ $l'2$ y $l'n$ se refieren al claro mas corto.

EJEMPLO MÉTODO DE DISEÑO DIRECTO

SISTEMA DE LOSAS

acabado = 75 kg/m²
concreto= 2350 kg/m³
C.Viva = 400 kg/m²



Sin vigas entre apoyos interiores, ni viga de borde

VIEJO CRITERIOS

1. Chequeando limitantes para Método Directo

1. Hay 3 claros en dirección horizontal como vertical (*de la hoja*)
2. Los tableros a simple vista contienen paneles rectangulares **B/A no mayor a 2**
3. Los claros sucesivos no difieren en mas de 1/3 (*un tercio*)
4. Columnas totalmente alineadas
5. Sólo falta el chequeo de Carga Viva con respecto a Muerta de 2.

2. Cálculo de Espesor del sistema de losas

LOSA	A	B	B/A	Perímetro	Grosor (m)
1	2.50	2.80	1.12	10.60	0.06
2	2.50	3.00	1.20	11.00	0.06
3	2.50	3.20	1.28	11.40	0.06
4	2.30	2.80	1.22	10.20	0.06
5	2.30	3.00	1.30	10.60	0.06
6	2.30	3.20	1.39	11.00	0.06
7	2.10	2.80	1.33	9.80	0.05
8	2.10	3.00	1.43	10.20	0.06
9	2.10	3.20	1.52	10.60	0.06

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

NOTA:

1. Grosor losa = (perímetro losa)/180
2. Existe el criterio de que el grosor mínimo de una losa = 10 cm.

Grosor sistema de losas = 10 cm

3. Integración de Cargas:

$$D \rightarrow 2350 \times 0.10 + 75 = 310 \text{ kg/m}^2 \quad L \rightarrow 400 \text{ kg/m}^2 \Leftrightarrow L/D = 1.29 \text{ no mas de 2.}$$

Chequeo del quinto punto de restricción de Método Directo.

$$WU \rightarrow 1.4 \times 310 + 1.7 \times 400 = 1114 \text{ kg/m}^2$$

4. Cálculo de "Mo"

Amparados en la teoría, se puede tomar el promedio de las luces en la dirección horizontal y vertical de la hoja.

$$\ell_{HORIZONTAL} = \frac{2.8 + 3.0 + 3.2}{3} = 3.00m$$

$$\ell_{VERTICAL} = \frac{2.1 + 2.3 + 2.5}{3} = 2.3m$$

$$Mo_{HORIZONTAL} = \frac{1114 \times 2.3 \times 3.0^2}{8} = 2882kg - m$$

$$Mo_{VERTICAL} = \frac{1114 \times 3.0 \times 2.3^2}{8} = 2210kg - m$$

5. Cálculo de Momentos

LOSA	dirección	Mo -	Mo +	Mo - extremo Interno	Mo+ extremo	Mo - extremo externo
1	Horizontal Vertical	Xxx xxx	Xxx Xxx	0.70x2882 =2017 0.70x2210 =1547	0.52x2882 =1500 0.52x2210 =1149	0.26x2882 =750 0.26x2210 =575
2	Horizontal Vertical	0.65x2882 =1873 xxx	0.35x2882 =1009 xxx	xxx 0.70x2210 =1547	Xxx 0.52x2210 =1149	Xxx 0.26x2210 =575
3	Horizontal Vertical	Xxx xxx	Xxx Xxx	0.70x2882 =2017 0.70x2210 =1547	0.52x2882 =1500 0.52x2210 =1149	0.26x2882 =750 0.26x2210 =575
4	Horizontal Vertical	Xxx 0.65x2210 =1437	Xxx 0.35x2210 =774	0.70x2882 =2017 xxx	0.52x2882 =1500 xxx	0.26x2882 =750 xxx

C. A. GRIJALVA

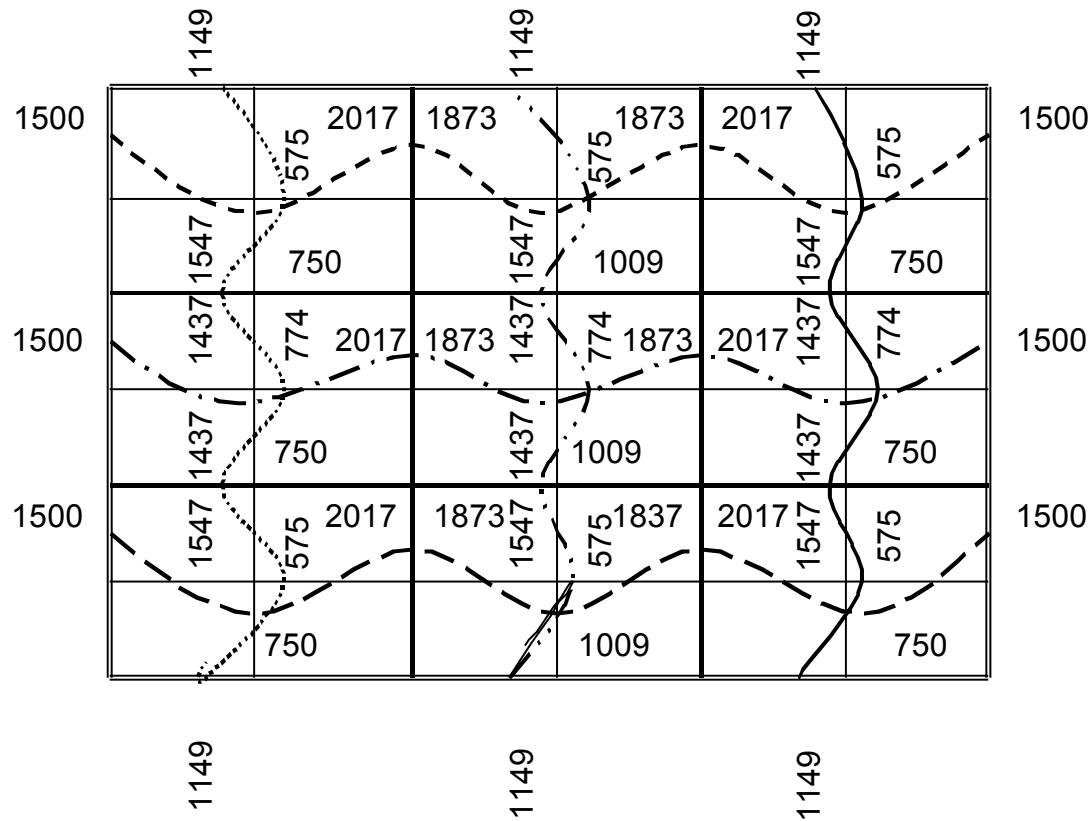
CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

5	Horizontal Vertical	0.65x2882 =1873 0.65x2210 =1437	0.35x2882 =1009 0.35x2210 =774	Xxx Xxx	Xxx xxx	Xxx xxx
6	Horizontal Vertical	Xxx 0.65x2210 =1437	Xxx 0.35x2210 =774	0.70x2882 =2017 xxx	0.52x2882 =1500 xxx	0.26x2882 =750 xxx
7	Horizontal Vertical	Xxx xxx	Xxx xxx	0.70x2882 =2017 0.70x2210 =1547	0.52x2882 =1500 0.52x2210 =1149	0.26x2882 =750 0.26x2210 =575
8	Horizontal Vertical	0.65x2882 =1873 xxx	0.35x2882 =1009 xxx	xxx 0.70x2210 =1547	Xxx 0.52x2210 =1149	Xxx 0.26x2210 =575
9	Horizontal Vertical	Xxx xxx	Xxx xxx	0.70x2882 =2017 0.70x2210 =1547	0.52x2882 =1500 0.52x2210 =1149	0.26x2882 =750 0.26x2210 =575

Nota: Borde Exterior Totalmente Restringido obliga a los factores del caso tres (3) en la tabulación del Claro Extremo.

6. Colocación de Momentos:



7. Balanceo aritmético o promedio de momentos

• Por ejemplo: $Mp_{Horzi} = \frac{2017+1873}{2} = 1945 \text{ kg-m}$

$Mp_{Ver} = \frac{1547+1437}{2} = 1492 \text{ kg-m}$ Colocar estos valores en el gráfico

8. CÁLCULO DE ACERO

$b = 100 \text{ cm}$ (unitario) $d = 10 - 2.5$ (recubrimiento, 1 pulgada) = 7.5 cm

$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$ $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

$$As^2 \left(\frac{f_y}{1.7 \times f'c \times b} \right) - As \times d + \left(\frac{Mu}{\varphi \times f_y} \right) = 0$$

$$As^2 \left(\frac{2810}{1.7 \times 210 \times 100} \right) - As \times 7.5 + \left(\frac{Mu}{0.9 \times 2810} \right) = 0$$

$$As \min = 0.002 \times b \times d = 0.002 \times 100 \times 7.5 = 1.50 \text{ cm}^2$$

• donde: $a = 1.50 \text{ cm}^2 \Rightarrow 100 \text{ cm}$ y $0.71 \text{ cm}^2 \Rightarrow S = 47 \text{ cm}$ (Chequear Espacio Máximo en función de $5t$ no menor a 45 cm) $5 \times 10 = 50 \Rightarrow 45$

• As mínimo = #3 a 45 cm

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024

MOMENTO (kg-cm)	As (cm ²)	#3@→ cm	#3@→cm Como múltiplo	Electro Malla	Capas
114900	6.50	10.92	10	6"x6" 3/3	2
149200	8,65	8.20	5	6"x6" 3/3	4
150000	8.70	8.16	5	6"x6" 3/3	4
194500	11.69	6.07	5	6"x6" 3/3	4
57500	3.13	22.68	20	6"x6" 3/3	1
77400	4.27	16.63	15	6"x6" 3/3	2
75000	4.13	17.19	15	6"x6" 3/3	2
100900	5.66	12.54	10	6"x6" 3/3	2

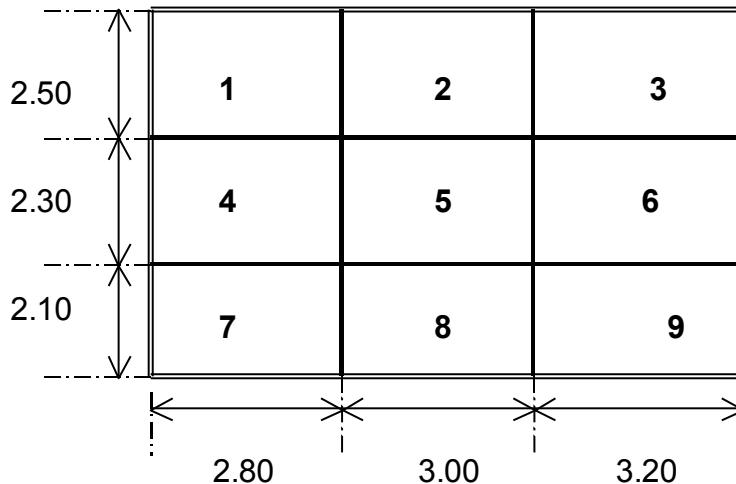
10. Proponer Armado:

Portal Equivalente

EJEMPLO MÉTODO DE DISEÑO DIRECTO

SISTEMA DE LOSAS

acabado = 75 kg/m²
concreto = 2350 kg/m³
C.Viva = 400 kg/m²



Sin vigas entre apoyos interiores, ni viga de borde

NUEVOS CRITERIOS

6. Hay 3 claros en dirección horizontal como vertical (*de la hoja*)
7. Los tableros a simple vista contienen paneles rectangulares **B/A no mayor a 2**
8. Los claros sucesivos no difieren en mas de 1/3 (*un tercio*)
9. Columnas totalmente alineadas
10. Sólo falta el chequeo de Carga Viva con respecto a Muerta de 2.

1. Chequeando limitantes para Método Directo

2. Cálculo de Espesor del sistema de losas

En dos sentidos, Tabla 8.3.1.1. ACI 318-19, *nuevo criterio el más crítico*

fy en psi	Páneles no aislados		Páneles aislados			
	Pánel exterior		Pánel interior	Pánel exterior	Pánel interior	
	Sin vigas de apoyo	Con vigas de apoyo		Sin vigas de apoyo	Con vigas de apoyo	
40,000	$l/33$ $=3.20/33$ $= 0.097m$ $= 0.10 m$	$l/36$	$l/36 =$ $3.20/36 =$ $0.088m$	$l/36$	$l/40$	$l/40$
60,000	$l/30$	$l/33$	$l/33$	$l/33$	$l/36$	$l/36$
80,000	$l/27$	$l/30$	$l/30$	$l/30$	$l/33$	$l/33$

Grosor sistema de losas = 10 cm

3. Integración de Cargas:

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

$$D \rightarrow 2350 \times 0.10 + 75 = 310 \text{ kg/m}^2 \quad L \rightarrow 400 \text{ kg/m}^2 \Leftrightarrow L/D = 1.29 \text{ no mas de } 2.$$

Chequeo del quinto punto de restricción de Método Directo.

$$WU \rightarrow 1.2 \times 310 + 1.6 \times 400 = 1,012 \text{ kg/m}^2$$

4. Cálculo de “Mo”

Amparados en la teoría, se puede tomar el promedio de las luces en la dirección horizontal y vertical de la hoja.

$$\ell_{HORIZONTAL} = \frac{2.8 + 3.0 + 3.2}{3} = 3.00m$$

$$\ell_{VERTICAL} = \frac{2.1 + 2.3 + 2.5}{3} = 2.3m$$

$$Mo_{HORIZONTAL} = \frac{1012 \times 2.3 \times 3.0^2}{8} = 2,618kg - m$$

$$Mo_{VERTICAL} = \frac{1012 \times 3.0 \times 2.3^2}{8} = 2,007kg - m$$

5. Cálculo de Momentos

LOSA	dirección	Mo -	Mo +	Mo - extremo Interno	Mo+ Extremo	Mo - extremo externo
1	Horizontal Vertical	Xxx xxx	Xxx Xxx	0.70x2618 =1833 0.70x2007 =1405	0.52x2618 =1361 0.52x2007 =1044	0.26x2618 =680 0.26x2007 =522
2	Horizontal Vertical	0.65x2618 =1702 xxx	0.35x2618 =916 xxx	xxx 0.70x2007 =1405	Xxx 0.52x2007 =1044	Xxx 0.26x2007 =522
3	Horizontal Vertical	Xxx xxx	Xxx Xxx	0.70x2618 =1833 0.70x2007 =1405	0.52x2618 =1361 0.52x2007 =1044	0.26x2618 =680 0.26x2007 =522
4	Horizontal Vertical	Xxx 0.65x2007 =1305	Xxx 0.35x2007 =702	0.70x2618 =1833 xxx	0.52x2618 =1361 xxx	0.26x2618 =680 xxx
5	Horizontal Vertical	0.65x2618 =1702 0.65x2007 =1305	0.35x2618 =916 0.35x2007 =702	Xxx Xxx	Xxx Xxx	Xxx xxx

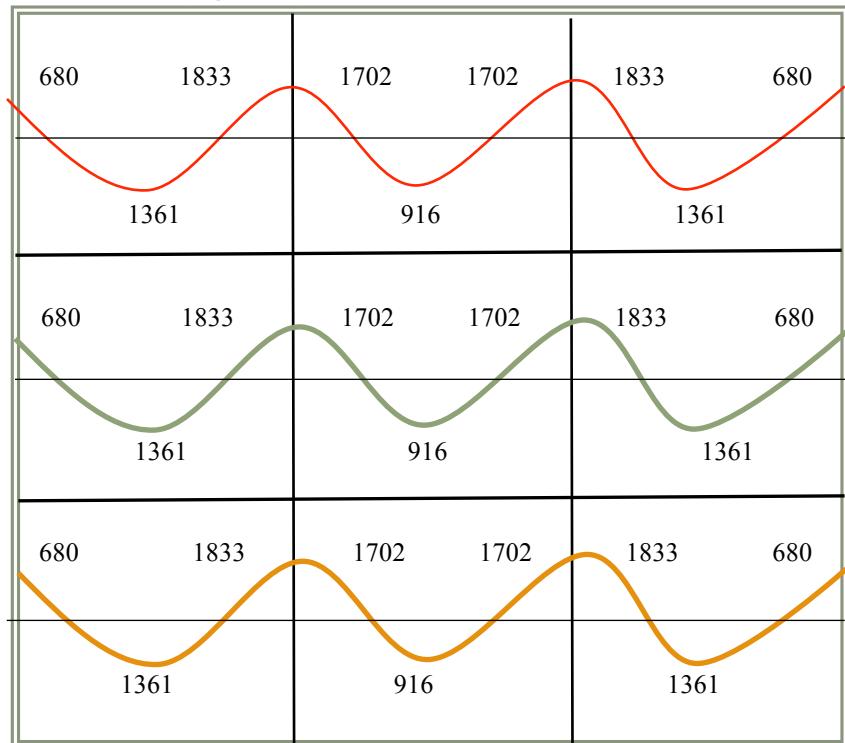
CONCRETO ARMADO 1

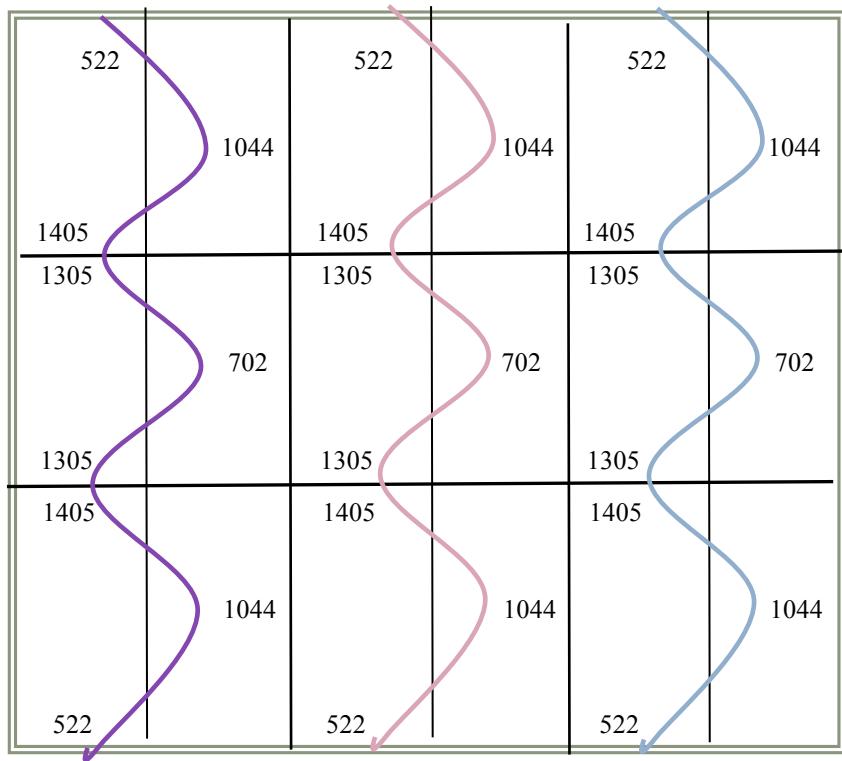
Primer semestre 2024

6	Horizontal Vertical	Xxx 0.65x2007 =1305	Xxx 0.35x2007 =702	0.70x2618 =1833 xxx	0.52x2618 =1361 xxx	0.26x2618 =680 xxx
7	Horizontal Vertical	Xxx xxx	Xxx xxx	0.70x2618 =1833 0.70x2007 =1405	0.52x2618 =1361 0.52x2007 =1044	0.26x2618 =680 0.26x2007 =522
8	Horizontal Vertical	0.65x2618 =1702 xxx	0.35x2618 =916 xxx	xxx 0.70x2007 =1405	Xxx 0.52x2007 =1044	Xxx 0.26x2007 =522
9	Horizontal Vertical	Xxx xxx	Xxx xxx	0.70x1833 =1833 0.70x2007 =1405	0.52x2618 =1361 0.52x2007 =1044	0.26x2618 =680 0.26x2007 =522

Nota: Borde Exterior Totalmente Restringido obliga a los factores del caso tres (3) en la tabulación del Claro Extremo.

6. Colocación de Momentos (kg – m):





7. Balanceo aritmético o promedio de momentos

• Por ejemplo: $Mp_{Horzi} = \frac{1833+1702}{2} = 1,768 \text{ kg-m}$

$Mp_{Ver} = \frac{1405+1305}{2} = 1,355 \text{ kg-m}$ Colocar estos valores en el gráfico

8. CÁLCULO DE ACERO

$b = 100 \text{ cm}$ (unitario) $d = 10 - 2.5$ (recubrimiento, 1 pulgada) = 7.5 cm

$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$ $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

$$As^2 \left(\frac{f_y}{1.7 \times f'c \times b} \right) - As \times d + \left(\frac{Mu}{\phi \times f_y} \right) = 0$$

$$As^2 \left(\frac{2810}{1.7 \times 210 \times 100} \right) - As \times 7.5 + \left(\frac{Mu}{0.9 \times 2810} \right) = 0$$

$As \text{ min} = 0.002 \times b \times d = 0.002 \times 100 \times 7.5 = 1.50 \text{ cm}^2$

- donde: $a = 1.50 \text{ cm}^2 \Rightarrow 100 \text{ cm} \text{ y } 0.71 \text{ cm}^2 \Rightarrow S = 47 \text{ cm}$ (Chequear Espacio Máximo en función de 5t no menor a 45 cm) $5 \times 10 = 50 \Rightarrow 45$
- As mínimo = #3 a 45 cm

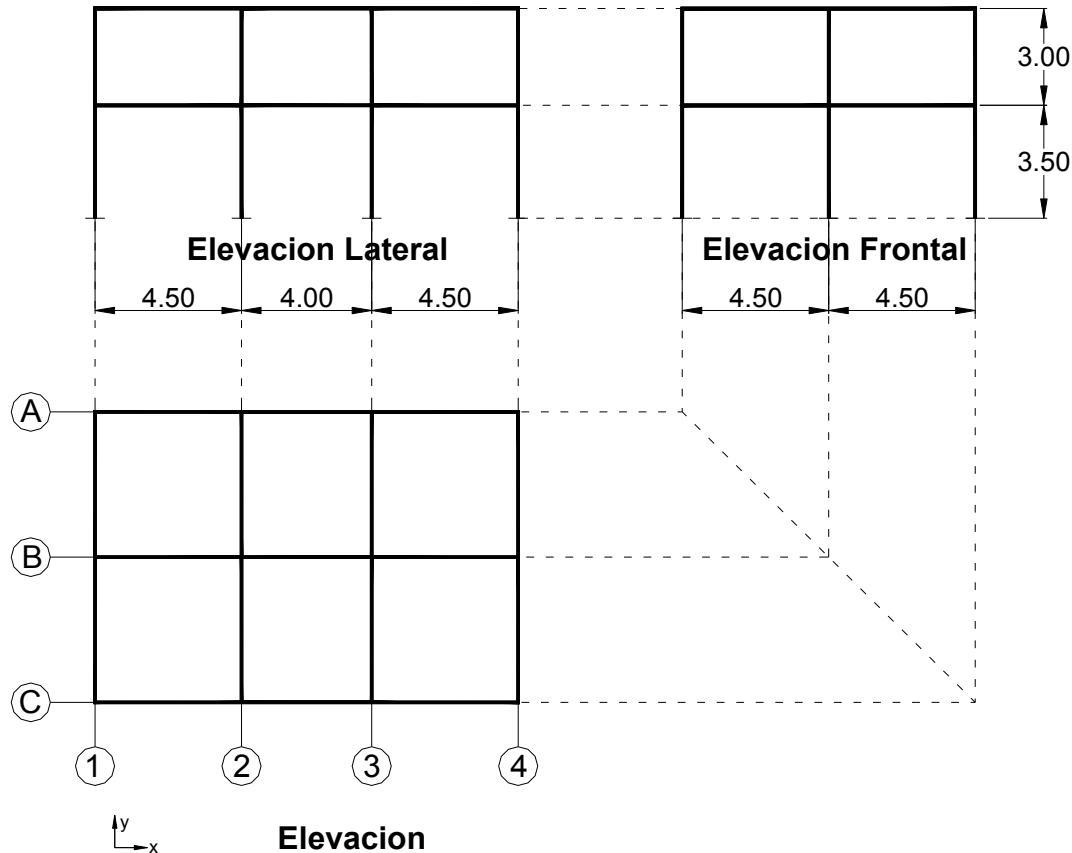
MOMENTO (kg-cm)	As (cm ²)	#3@→ cm	#3@→cm Como	Electro malla	Capas
--------------------	--------------------------	------------	----------------	------------------	-------

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024

			múltiplo		
176800	10.47	6.78	5	6"x6" 3/3	2
135500	7.78	9.13	10	6"x6" 3/3	4
68000	3.73	19.03	20	6"x6" 3/3	4
136100	7.82	9.08	20	6"x6" 3/3	4
91600	5.10	13.92	10	6"x6" 3/3	1
52200	2.84	25	20	6"x6" 3/3	2
104400	5.87	12.10	10	6"x6" 3/3	2
70200	3.86	18.39	20	6"x6" 3/3	2

11. Proponer Armado:

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024
Portal Equivalente



$$W_c = 2350 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Sobrecarga Muerta} = 90 \text{ Kg/m}^2$$

$$L = 210 \text{ Kg/m}^2$$

Predimensionamiento

En dos sentidos, Tabla 8.3.1.1. ACI 318-19, *nuevo criterio el más critoco*

fy en psi	Páneles no aislados		Páneles aislados		
	Pánel exterior		Pánel interior	Pánel exterior	Pánel interior
	Sin vigas de apoyo	Con vigas de apoyo		Sin vigas de apoyo	Con vigas de apoyo
40,000	$l/33$	$l/36 = 4.50/36 = 0.125m$		$l/36$	$l/40$
60,000	$l/30$	$l/33$		$l/33$	$l/36$
80,000	$l/27$	$l/30$		$l/30$	$l/33$

Grosor sistema de losas = 12.5 cm.

CONCRETO ARMADO 1

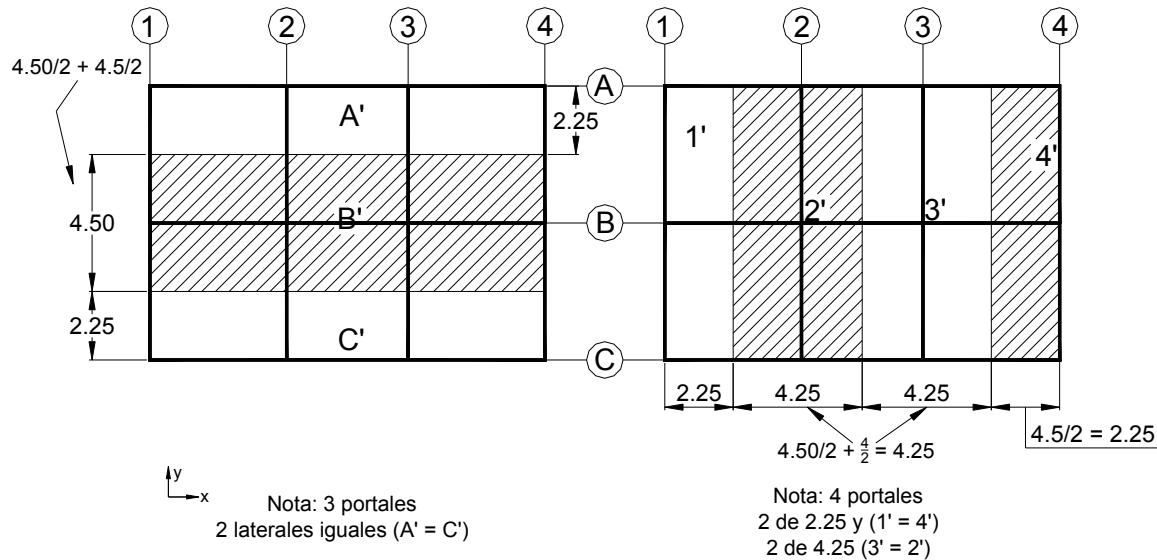
Primer semestre 2024

Losas → grosor mínimo = 10cm (VIEJO CRITERIO)

Columnas → 400 cm^2 = área mínima $\Rightarrow 20 * 20 \text{ cm}$

↳ Suponiendo $25 * 25 = 625 \text{ cm}^2$

Definiendo Portales equivalentes:



Integrando carga última PORTAL 2 y 3 -iguales-

$$(D) = 2350 * 0.125 = 294 \text{ (peso propio losa)}$$

$$(L) = 210 \text{ Kg/m}^2$$

$$\frac{90}{385} \text{ (sobrecarga)}$$

$$Cu = 1.2 * 385 + 1.6 * 210 = 462 + 336 = 798 \text{ Kg/m}^2$$

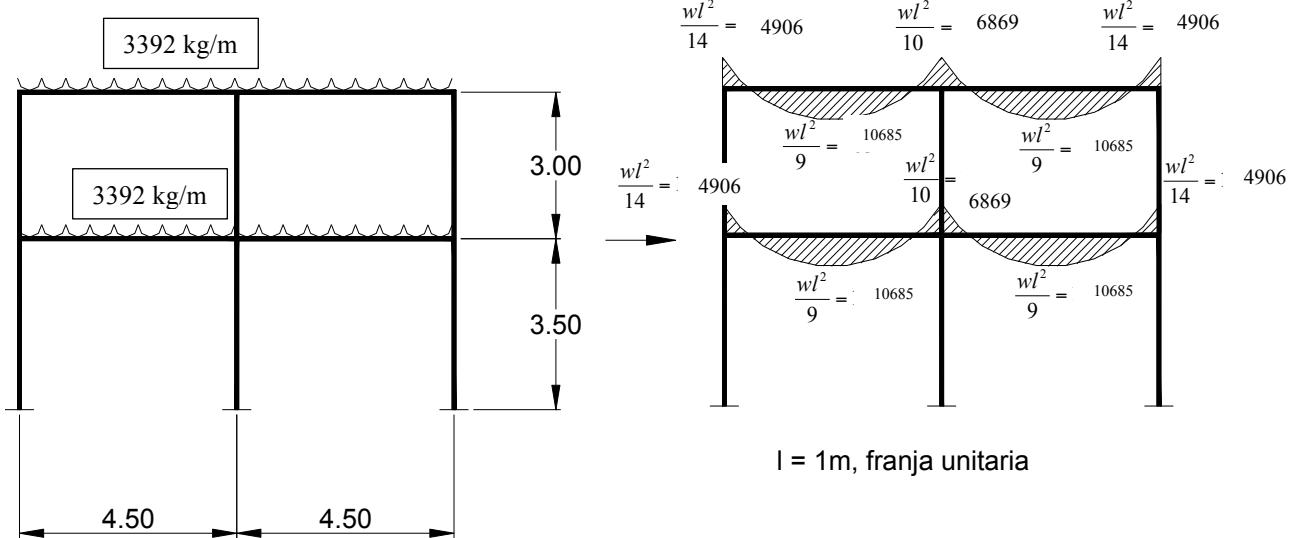
Por ejemplo portal 2':

Por decir, área tributaria: $4.25 * (4.5 * 2) = 38.25 \text{ m}^2$.

$$\text{Así: } W = \frac{798 \times 38.25}{(2 \times 4.50)} = 3392 \text{ Kg/m} \quad * \text{ Ojo: Base} = 4.5 * 2 = 9 \text{ m.}$$

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024



Integrando carga última PORTAL 1 y 4 -iguales-

$$(D) = 2350 * 0.125 = 294 \text{ (peso propio losa)}$$

$$(L) = 210 \text{ Kg/m}^2$$

$$\frac{90}{385} \text{ Kg/m}^2 \text{ (sobrecarga)}$$

$$Cu = 1.2 * 385 + 1.6 * 210 = 462 + 336 = 798 \text{ Kg/m}^2$$

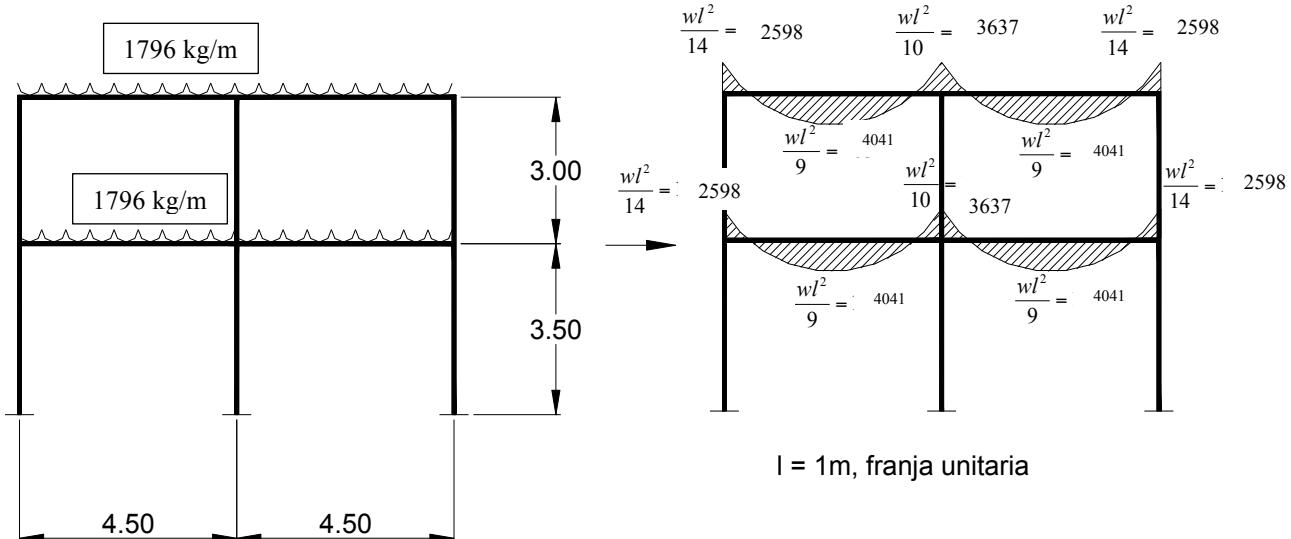
Por ejemplo portal 2':

$$\text{Por decir, área tributaria: } 2.25 * (4.5 * 2) = 20.25 \text{ m}^2.$$

$$\text{Así: } W = \frac{798 \times 20.25}{(2 \times 4.50)} = 1796 \text{ Kg/m} \quad * \text{Ojo: Base} = 4.5 * 2 = 9 \text{ m.}$$

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024



Integrando carga última PORTAL A y C -iguales-

$$(D) = 2350 * 0.125 = 294 \text{ (peso propio losa)}$$

$$(L) = 210 \text{ Kg/m}^2$$

$$\frac{90}{385} \text{ (sobrecarga)}$$

$$Cu = 1.2 * 385 + 1.6 * 210 = 462 + 336 = 798 \text{ Kg/m}^2$$

Por ejemplo portal 2':

$$\text{Por decir, área tributaria: } 2.25 * (4.50+4.00+4.50) = 29.25 \text{ m}^2.$$

$$\text{Así: } W = \frac{798 \times 29.25}{(4.50+4.00+4.50)} = 1796 \text{ Kg/m} \quad * \text{Ojo: Base} = 4.50+4.00+4.50 = 13 \text{ m.}$$

Integrando carga última PORTAL B

$$(D) = 2350 * 0.125 = 294 \text{ (peso propio losa)}$$

$$(L) = 210 \text{ Kg/m}^2$$

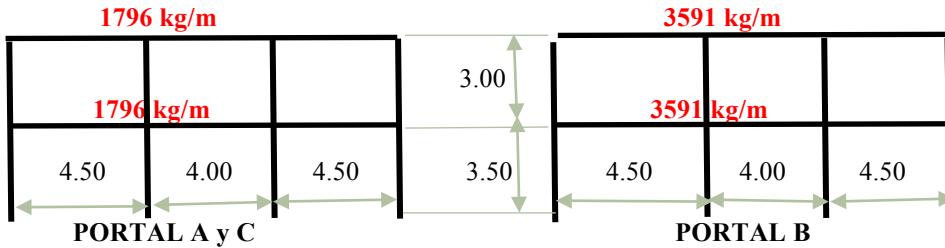
$$\frac{90}{385} \text{ (sobrecarga)}$$

$$Cu = 1.2 * 385 + 1.6 * 210 = 462 + 336 = 798 \text{ Kg/m}^2$$

Por ejemplo portal 2':

$$\text{Por decir, área tributaria: } 4.50 * (4.50+4.00+4.50) = 58.50 \text{ m}^2.$$

$$\text{Así: } W = \frac{798 \times 58.50}{(4.50+4.00+4.50)} = 3591 \text{ Kg/m} \quad * \text{Ojo: Base} = 4.50+4.00+4.50 = 13 \text{ m.}$$



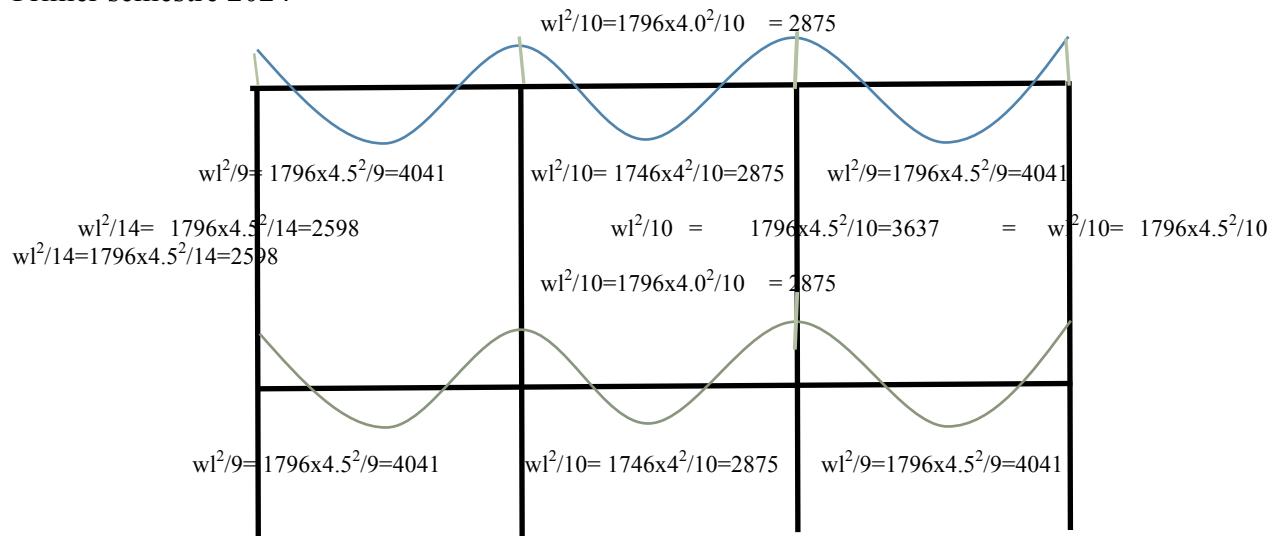
$$wl^2/14 = 1796 \times 4.5^2 / 14 = 2598 \\ wl^2/14 = 1796 \times 4.5^2 / 14 = 2598$$

$$wl^2/10 = 1796 \times 4.5^2 / 10 = 3637$$

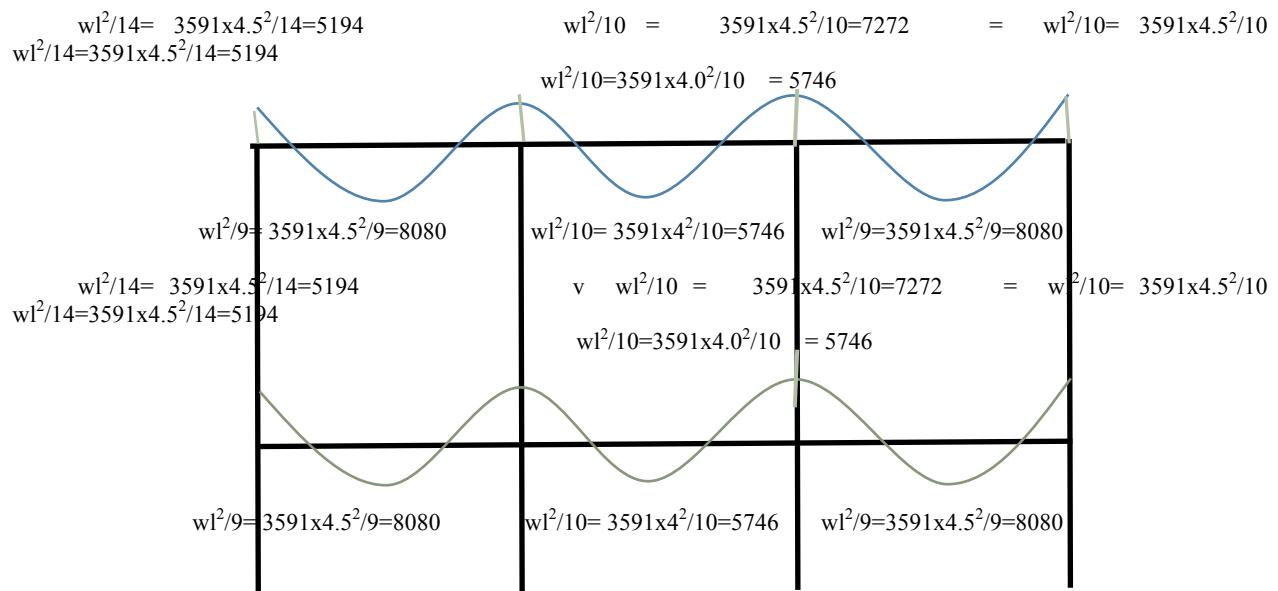
$$= wl^2/10 = 1796 \times 4.5^2 / 10$$

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

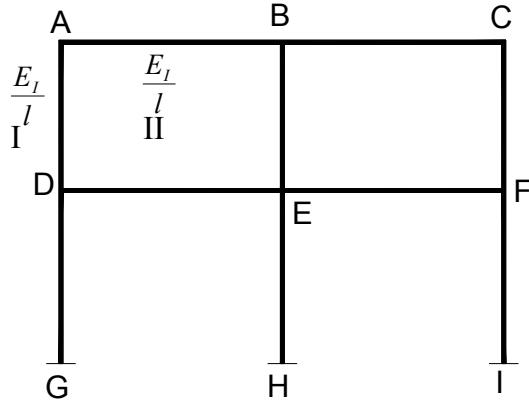


PORTEL A y C. Momentos Canónicos.



PORTEL B. Momentos Canónicos.

Factores de Distribución, Portales 1, 2, 3 y 4



$$E_l/l_l = 15,100\sqrt{210} = E \quad E = 218,820 \frac{Kg}{m^2} \quad \text{Si } f'c = 210 \frac{Kg}{m^2} = E$$

$$E = 15100\sqrt{281} = 253122 \frac{Kg}{cm^2} \quad \text{Si } 281 = f'c$$

Losa $\Rightarrow f'c = 210 \rightarrow 218,820$

Columnas $\Rightarrow f'c = 281 \rightarrow 253,122$

$$I_{col} = \frac{1}{12}bh_3 = \frac{1}{12}25^4 = 32,552 cm^4 \quad I_{closa} = \frac{1}{12}425 \times 12.5^3 = 35,417 cm^4$$

Factores Distribución en Nodo

Nodo A = Nodo C

$$F_{AB} = F_{CB} = \frac{\frac{218820 \times 35417}{4.50}}{\frac{218820 \times 35417}{4.50} + \frac{253122 \times 32552}{3.00}} = 0.385$$

$$F_{AD} = F_{CF} = \frac{\frac{3.00}{253122 \times 32552}}{\frac{3.00}{218820 \times 35417} + \frac{253122 \times 32552}{3.00}} = 0.615 \quad \Sigma = 0.385 + 0.615 = 1.00$$

Nodo B

$$F_{BA} = F_{BC} = \frac{\frac{218820 \times 35417}{4.50}}{\frac{218820 \times 35417}{4.50} + \frac{218820 \times 35417}{4.50} + \frac{253122 \times 32552}{3.00}} = 0.278$$

$$F_{BE} = \frac{\frac{253122 \times 32552}{3.00}}{\frac{218820 \times 35417}{4.50} + \frac{218820 \times 35417}{4.50} + \frac{253122 \times 32552}{3.00}} = 0.444$$

$$\sum = 0.278 \times 2 + 0.444 = 1.00$$

Nodo D = Nodo F

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

$$F_{DA} = F_{FC} = \frac{\frac{253122 \times 32552}{3.00}}{\frac{253122 \times 32552}{3.00} + \frac{253122 \times 32552}{3.50} + \frac{218820 \times 35417}{4.50}} = 0.403$$

Diagrama de Cálculo

Viene Nodo D = Nodo F

$$F_{DE} = F_{FE} = \frac{\frac{218820 \times 35417}{4.50}}{\frac{253122 \times 32552}{3.00} + \frac{253122 \times 32552}{3.50} + \frac{218820 \times 35417}{4.50}} = 0.252$$

Sigue Nodo D = Nodo F

$$F_{DG} = F_{FI} = \frac{\frac{253122 \times 32552}{3.50}}{\frac{253122 \times 32552}{3.00} + \frac{253122 \times 32552}{3.50} + \frac{218820 \times 35417}{4.50}} = 0.345$$

$$\sum = 0.403 + 0.252 + 0.345 = \underline{0.999}$$

Nodo E (Central)

$$F_{ED} = F_{EF} = \frac{\frac{218820 \times 35417}{4.50}}{\frac{218820 \times 35417}{4.50} + \frac{218820 \times 35417}{3.00} + \frac{253122 \times 32552}{3.50}} = 0.202$$

$$F_{EB} = \frac{\frac{253122 \times 32552}{3.00}}{\frac{218820 \times 35417}{4.50} + \frac{218820 \times 35417}{4.50} + \frac{253122 \times 32552}{3.50}} = 0.321$$

$$F_{EH} = \frac{\frac{253122 \times 32552}{3.50}}{\frac{218820 \times 35417}{4.50} + \frac{218820 \times 35417}{4.50} + \frac{253122 \times 32552}{3.00} + \frac{253122 \times 32552}{3.50}} = 0.275$$

$$\sum = 2 * 0.202 + 0.321 + 0.275 = \underline{1.00}$$

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

	-3300			7675	-7697			3298	
	-12			-25	-18			18	
3287	-38			-19	-25			-12	
-60	119			238	110			220	-3298
-21	134			67	238			119	29
214	-105			-210	-924			-1848	-35
-243	1508			754	-210			-105	352
2409	-4906			6869	-6869			4906	-691
989	0.385			0.278	0.278			0.385	-2953
0.615	A			0.444	B			C	0.615
2730	-4000				-7331			3991	-2743
-30	-27			7315	12	-1		-3	-5
-42	-2			-13	-5	-3		-2	15
107	-304			-3	191	-22		-44	-70
-486	2			-152	-6	-4		-2	176
1205	1236			-4	-167	-432		-864	-1382
1977	-4906			618	6869	-6869		4906	-1476
0.403	0.403			0.202	0.321	0.202		0.252	0.403
0.345	D			0.275	F			G	0.345
1693						-5			-1183
-416						9			-60
-36						-5			-4
1240						-1			-1248
620					-0.6				-624
-18					-2.3				-2
-208					4.3				-30
846					-2.6				-592
H				I				J	
RUTA de nodos: D, A, B, C, G Y F					PORTAL 2 y 3				

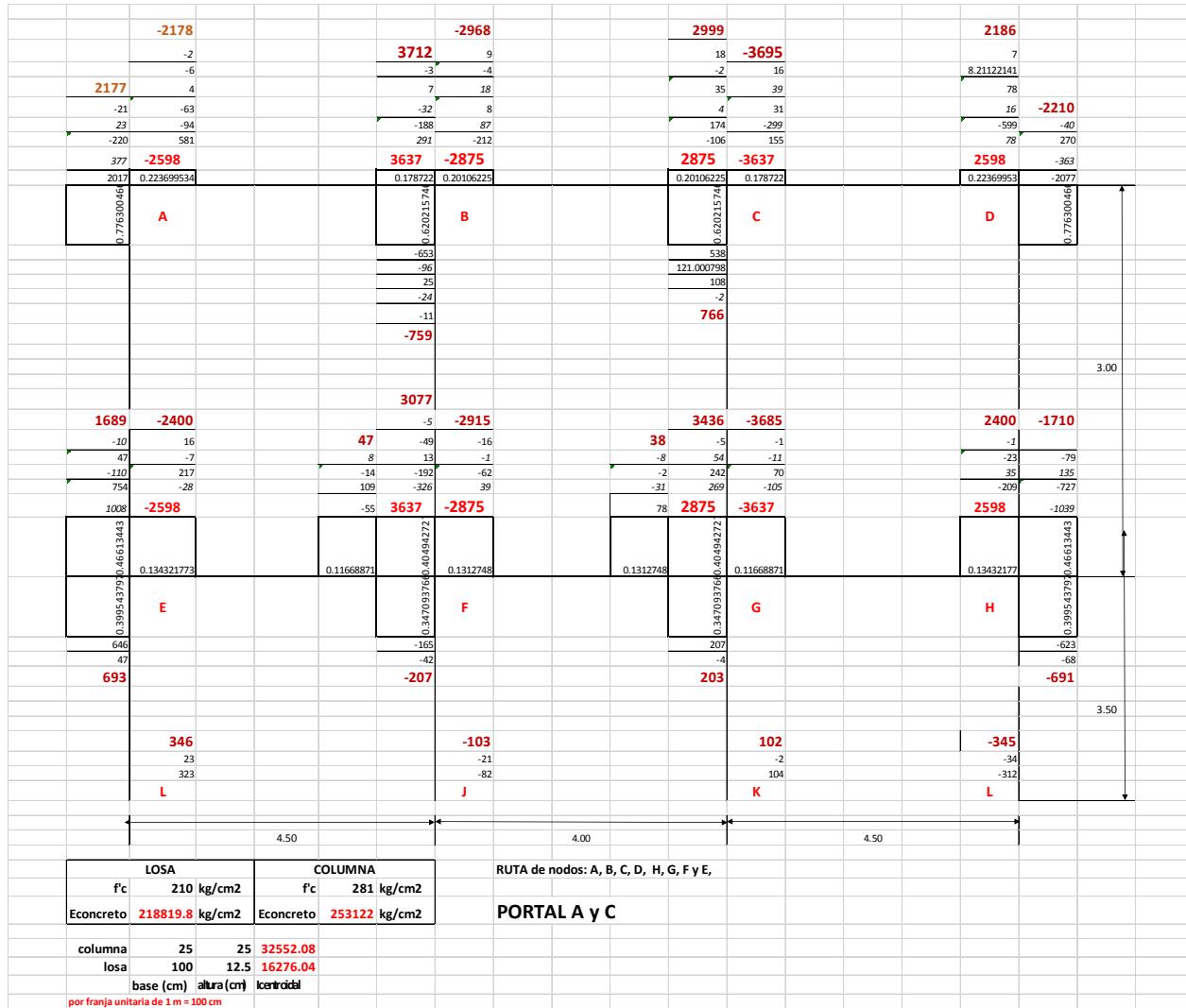
CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

	-1747			4064	-4076			1746	
	-7			-13	-10			10	
1741	-20			-10	-13			-7	
-32	63			126	58			117	-1746
-11	71			35	126			63	15
113	-56			-111	-489			-979	-19
-129	799			399	-111			-56	186
1276	-2598			3637	-3637			2598	-366
523	0.385			0.278	0.278			0.385	-1564
0.615	A			0.444	B			C	0.615
					-177				
					-2				
					202				
					-1				
					-21				
					1				
1446	-2118				-3882			2113	-1453
-16	-14			3873	6	0		-2	-3
-22	-1			-7	-3	-2		-1	8
57	-161			-2	101	-12		-23	-37
-257	1			-81	-3	-2		-1	93
638	655			-2	-89	-229		-458	-732
1047	-2598			327	3637	-3637		2598	-782
0.403	0.403			0.202	0.321	0.202		0.252	0.403
0.345	D				F			G	0.345
896						-3			-627
-220						5			-32
-19						-2			-2
657						-1			-661
328					-0.3				-330
-10					-1.2				-1
-110					2.3				-16
448					-1.4				-313
H				I				J	
RUTA de nodos: D, A, B, C, G Y F					PORTAL 1 y 4				

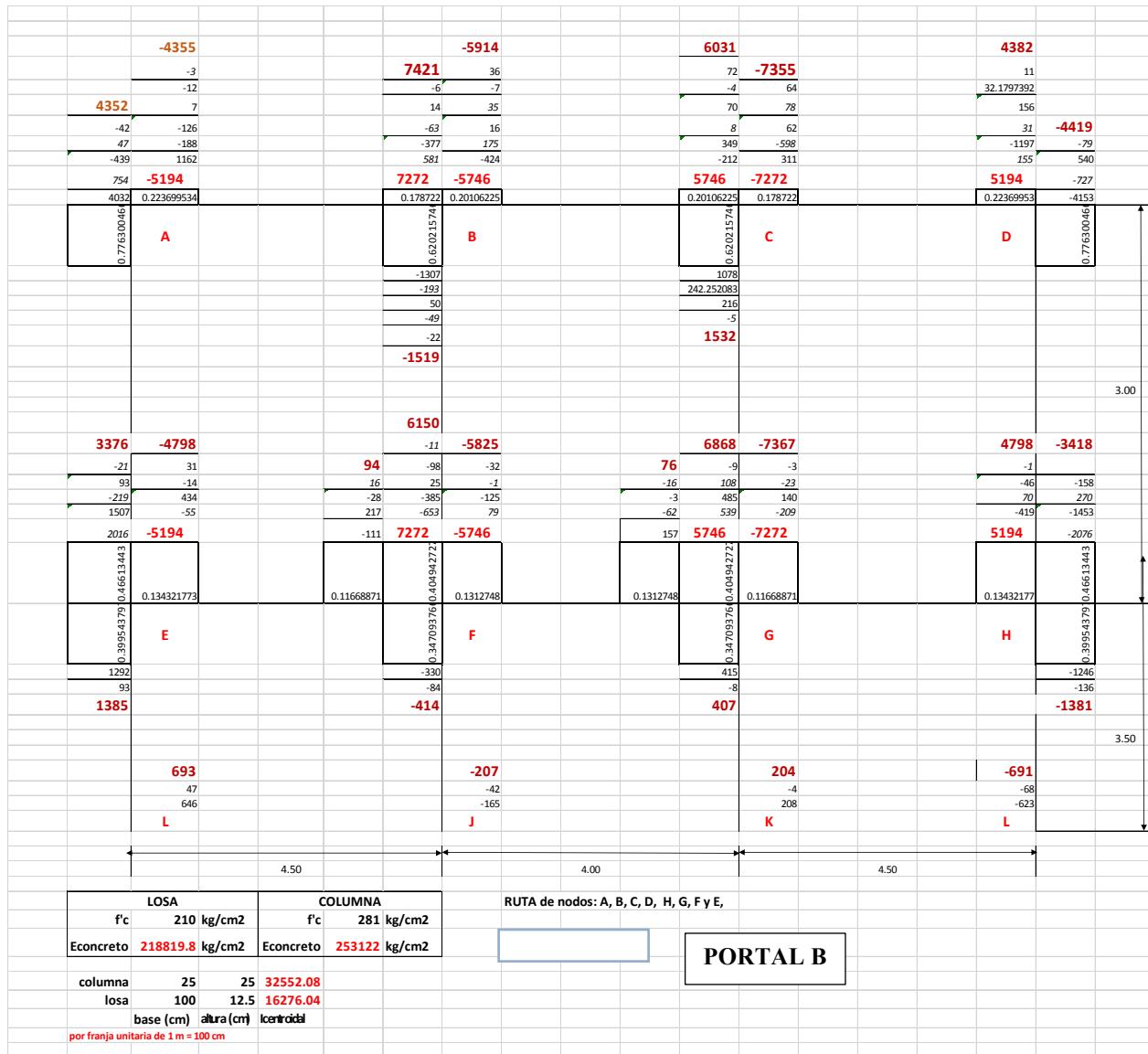
CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024



CONCRETO ARMADO 1

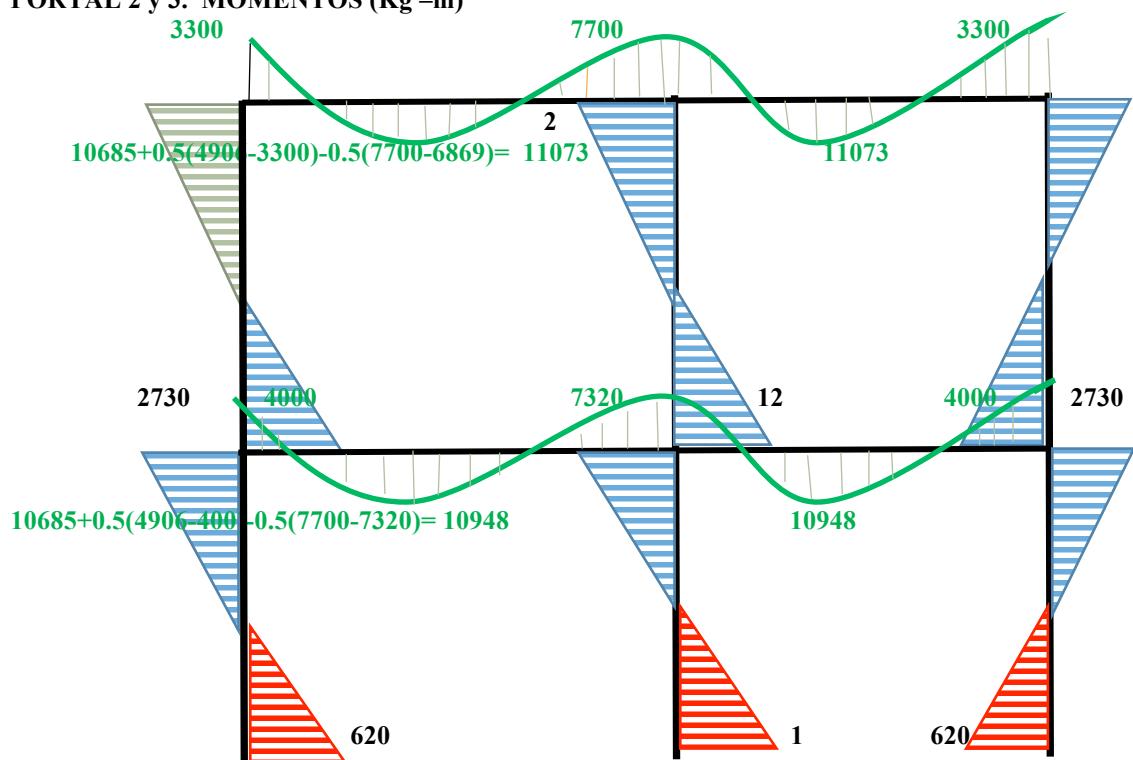
Primer semestre 2024



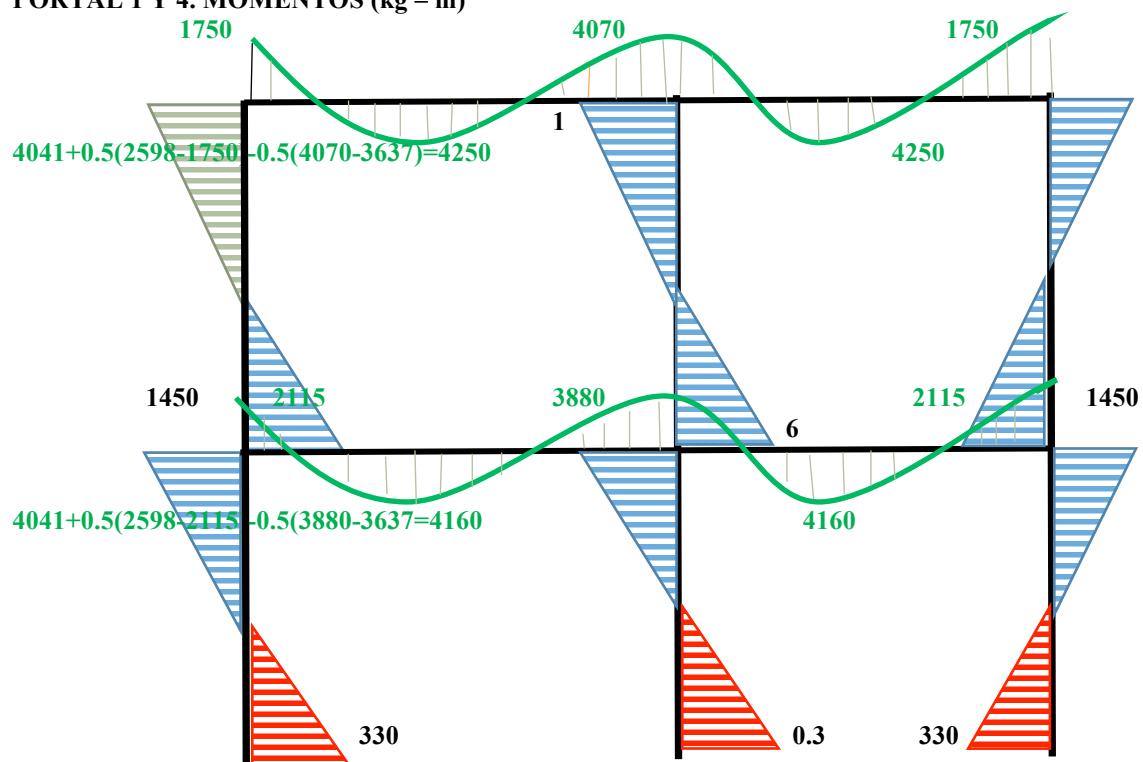
CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

PORTAL 2 y 3. MOMENTOS (Kg -m)



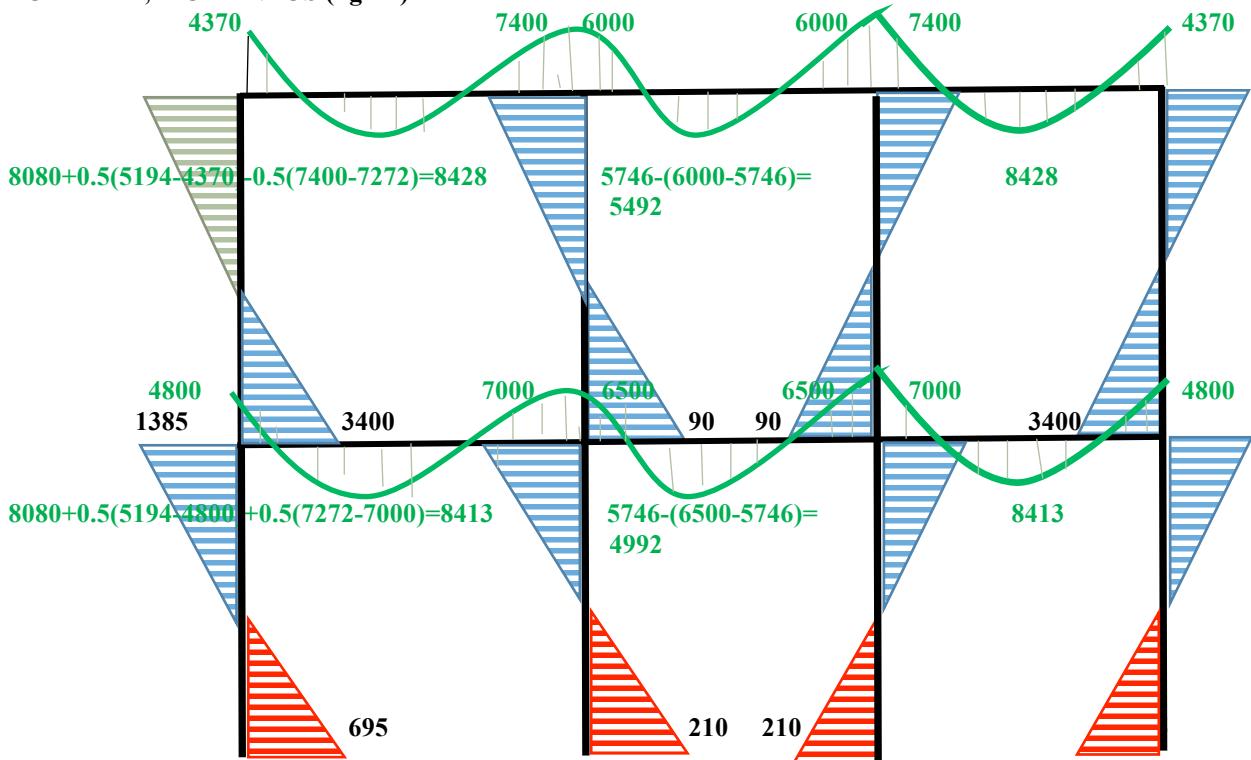
PORTAL 1 Y 4. MOMENTOS (kg - m)



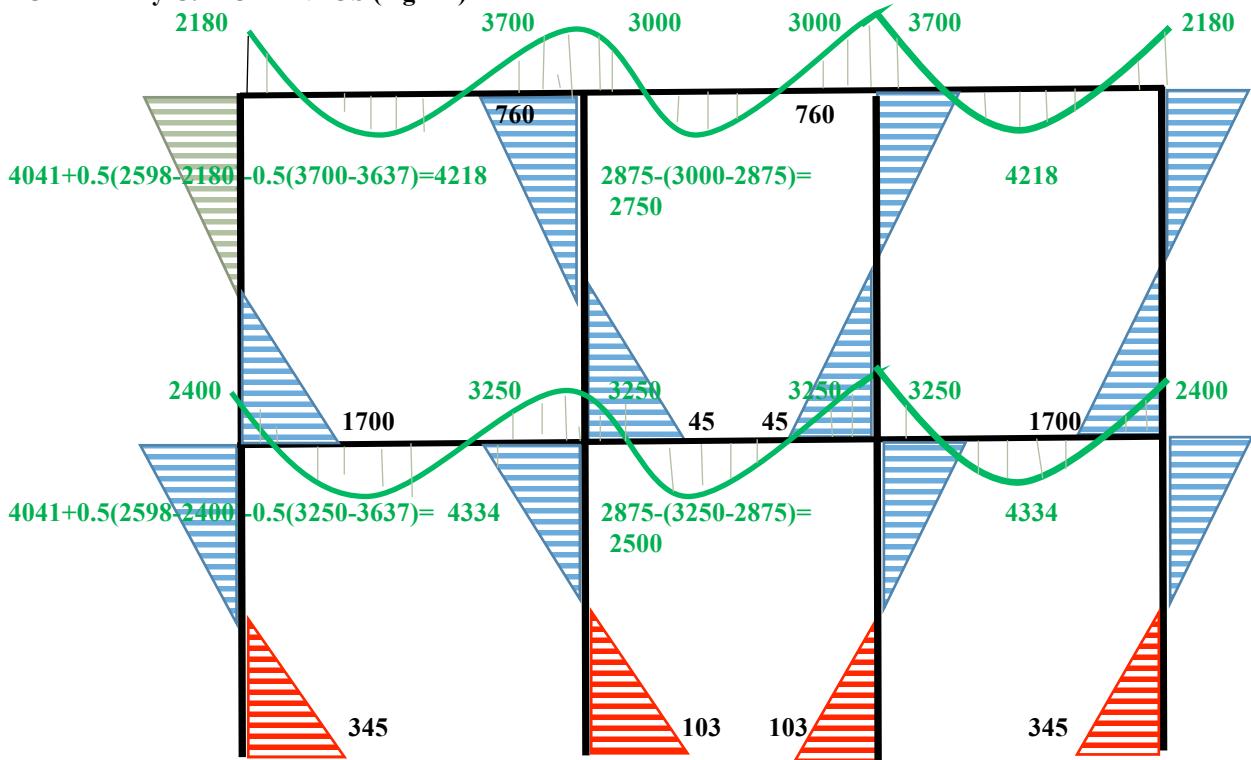
CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

PORTAL B, MOMENTOS (kg -m)



PORTAL A y C. MOMENTOS (Kg -m)



CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

Se corrigen los momentos positivos, se toma el momento canónico positivo y se agrega o resta cada una de las cantidades de momentos negativos. Se agrega la mitad de la izquierda y la mitad de la derecha.

Si el momento negativo después del análisis estructural aumenta, ese último menos el momento negativo canónico respectivo al 50% se resta al momento positivo.

Si el momento negativo después del análisis estructural disminuye, el 50% de la diferencia entre el momento canónico menos el primero se suma.

A continuación se enlistan esos cálculos indicados en los diagramas de momentos para los 4 marcos típicos de este ejemplo.

$$10685+0.5(4906-3300)-0.5(7700-6869)= 11073$$

$$10685+0.5(4906-400)-0.5(7700-7320)= 10948$$

$$4041+0.5(2598-1750)-0.5(4070-3637)=$$

$$4041+0.5(2598-2115)-0.5(3880-3637)=4160$$

$$8080+0.5(5194-4370)-0.5(7400-7272)=8428$$

$$5746-(6000-5746)= 5492$$

$$8080+0.5(5194-4800)+0.5(7272-7000)=8413$$

$$5746-(6500-5746)= 4992$$

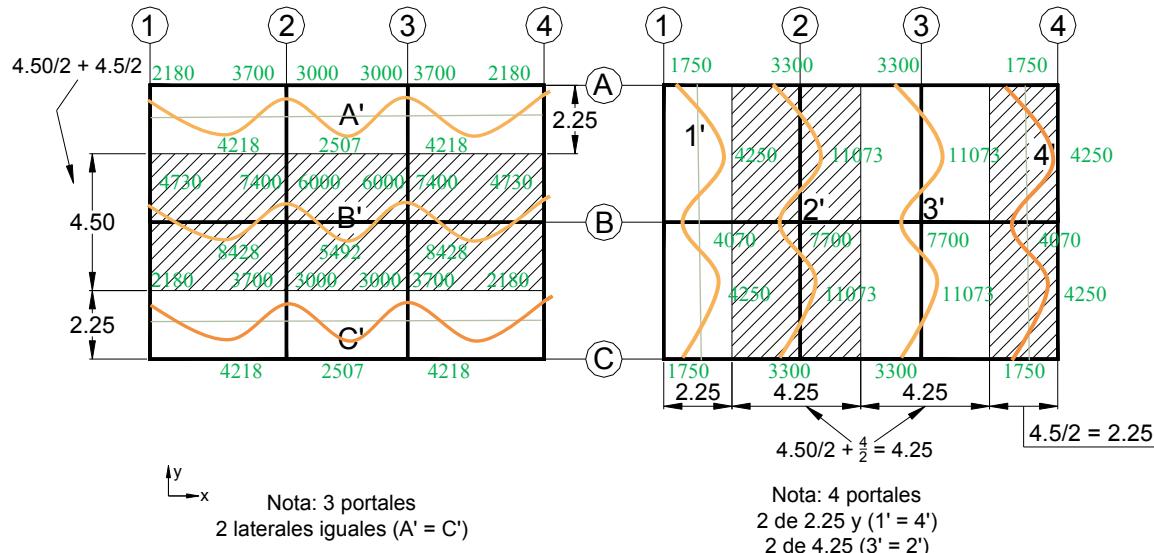
$$4041+0.5(2598-2180)-0.5(3700-3637)=4218$$

$$2875-(3000-2875)= 2750$$

$$4041+0.5(2598-2400)-0.5(3250-3637)= 4334$$

$$2875-(3250-2875)= 2500$$

COLOCANDO MOMENTOS PARA PÓRTICOS DE LOSAS, SE TIENE LA CUBIERTA (kg- m)

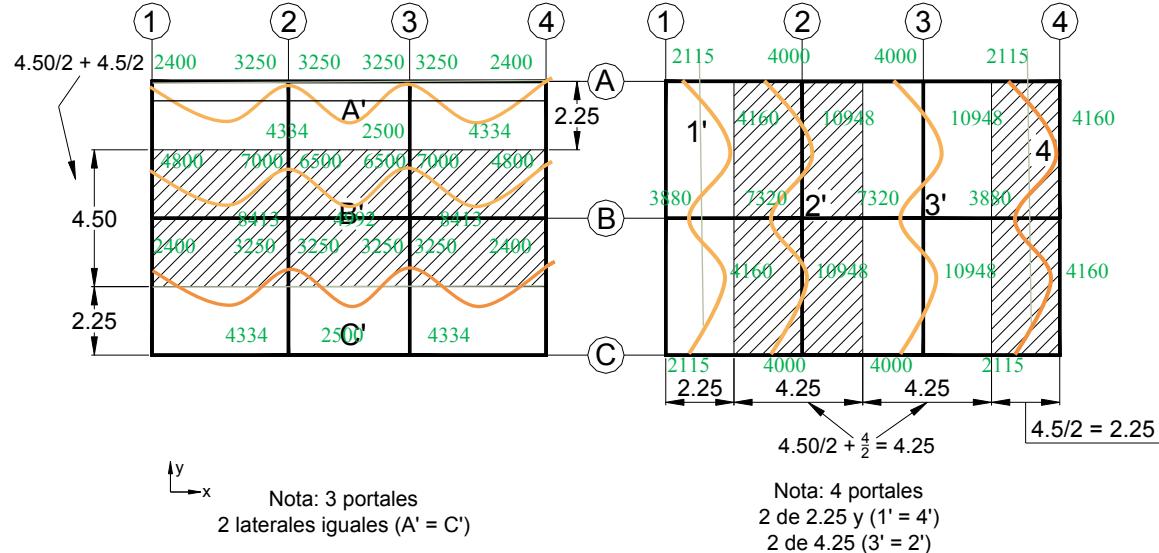


CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

COLOCANDO MOMENTOS EN PÓRTICOS PARA LOSAS, EN ENTREPISO (kg -m)

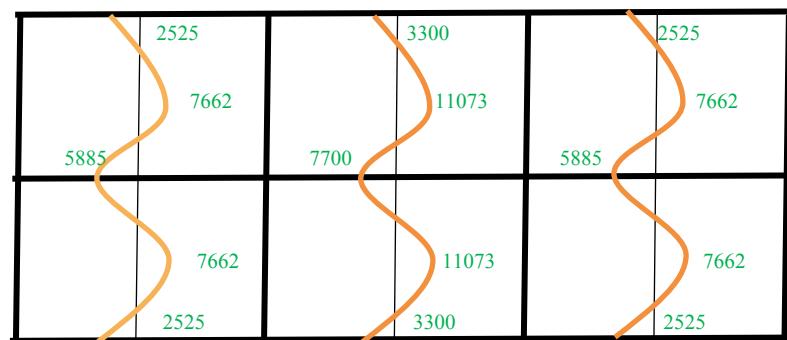
A partir



Ahora si se observa, dos portales tocan a cada losa en cada sentido (vertical – horizontal) ¿qué hacer? Se plantean dos alternativas, a) calcular con el portal más crítico o b) colocar el promedio de los porticos equivalentes que actúan sobre las losas. Entonces dependiendo de contexto del problema se decide qué hacer.

Para este ejercicio de clase se colocará el promedio de los pórticos equivalentes en las losas.

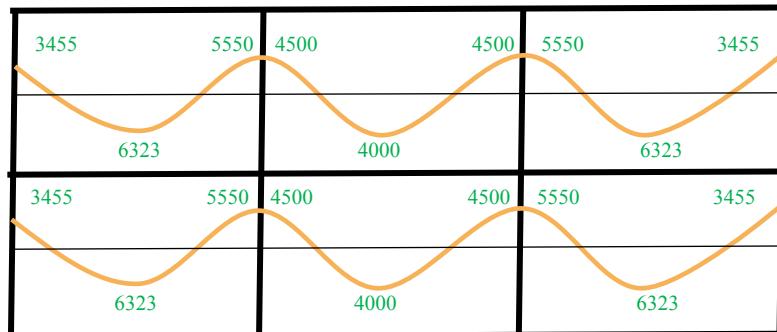
MOMENTOS EN LOSAS DE CUBIERTA (Kg – m)



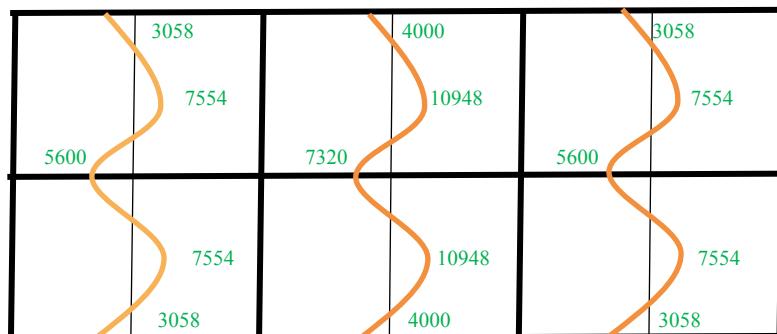
CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

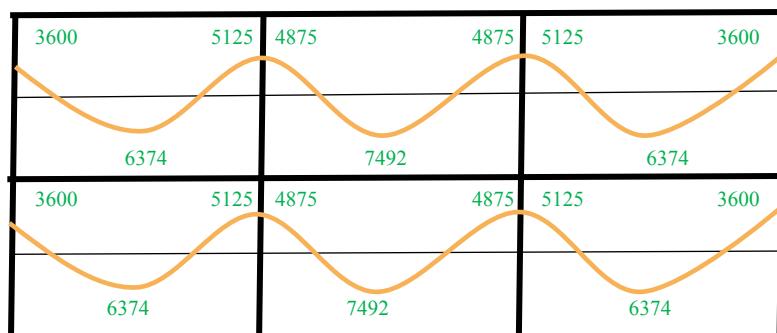
MOMENTOS EN LOSAS DE CUBIERTA (Kg – m)



MOMENTOS EN LOSAS DE ENTREPISO (Kg – m)



MOMENTOS EN LOSAS DE ENTREPISO (Kg – m)



MOMENTO (kg –cm)	As (cm ²)	#5@ cm	#3@ cm como múltiplo	Electro malla	Capas
252500	7.20	27.77	25		
330000	9.57	20.90	20		
766200	25.11	7.96	10		
1107300	42.39	4.72	5		
588500	18.24	10.96	10		
770000	25.27	7.91	10		
345500	10.06	19.88	20		
632300	19.85	10.07	10		

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

550000	16.87	11.85	10		
450000	13.44	14.88	15		
400000	11.80	16.95	15		
305800	8.82	22.68	20		
755400	24.66	8.11	10		
560000	17.22	11.61	10		
1094800	41.59	4.81	5		
732000	23.71	8.43	10		
360000	10.52	19.01	20		
637400	20.04	9.98	10		
512500	15.56	12.85	10		
487500	14.70	13.60	15		
749200	24.41	8.19	10		
f'c = 350 kg/cm²	fy = 4100 kg/cm²				

Desventaja: Inversión de tiempo y esfuerzo en el cálculo.

Ventaja: Se aproxima con respecto al cálculo al comportamiento de vigas y columnas. Un primer indicio o aproximación al análisis estructural.

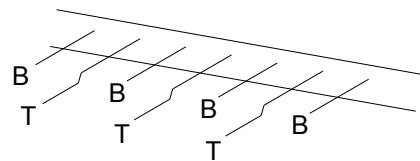
Respecto a la fórmula general de flexión $b = 4.25 \text{ m}$ y no por franja unitaria ($b = 1.00 \text{ m}$).

Ventajas y desventajas de losas

Losa Tradicional

<u>Ventajas:</u>	<u>Desventajas:</u>
Sistema conocido facilidad de mano de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Costo • Tiempo de trabajo

B → Bastón
T → Tensión



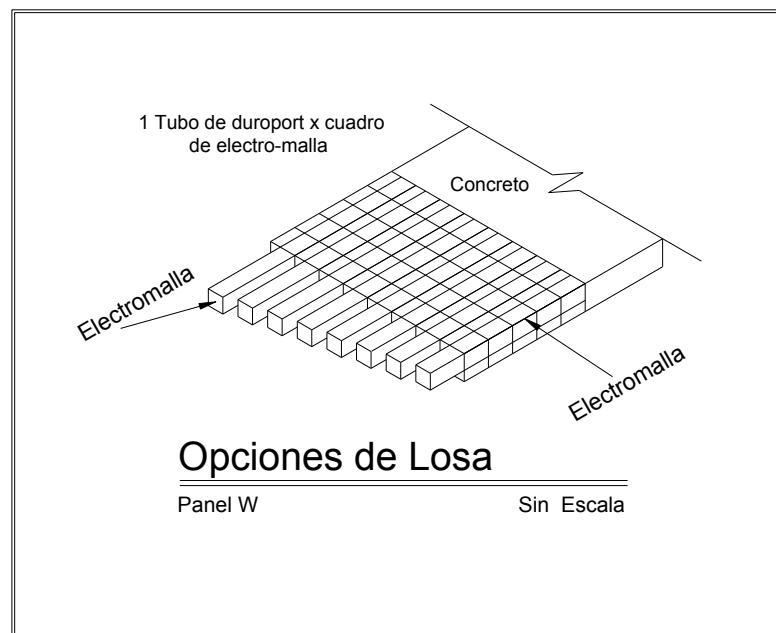
Opciones de Losa

Losa tradicional

Sin Escala

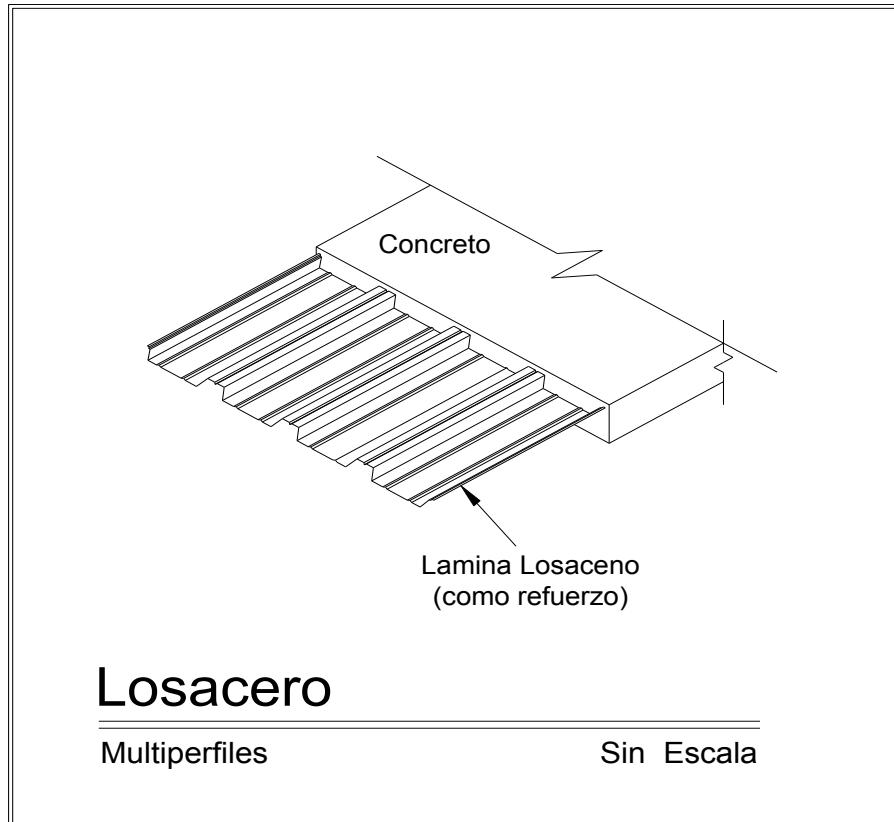
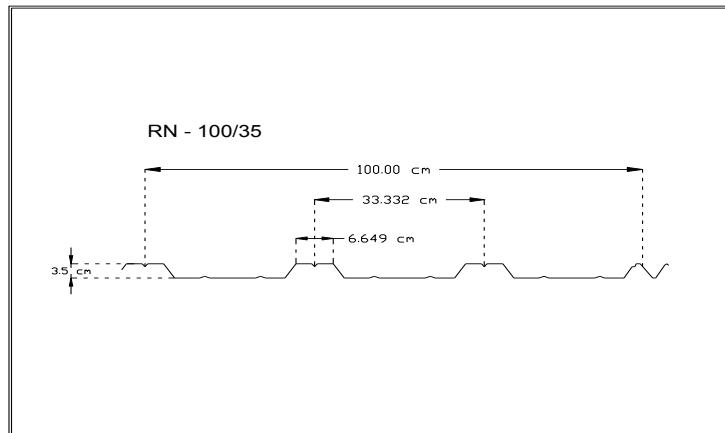
Panel W

<u>Ventajas:</u>	<u>Desventajas:</u>
Poco pero, menor refuerzo	• Cuidar en no pandeo
• Costo	
• Tiempo	



Losa Cero

<u>Ventajas:</u>	<u>Desventajas:</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Costo • Tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuidar anclaje • Cuidar material indicado



CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024

Tabla de Capacidad de Carga Viva Neta (kg/m^2) (Uniformemente Distribuida)																
Condición De Apoyo	Calibre	Sep. Max. Mts.	Separación entre Apoyos (mts.)													
			Carga Viva							Succión de Viento**						
			1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40
	26	1.60	378	277	211	166	133			424	311	238	188	152	126	106
	24	1.95	466	337	257	202	162	133	111	515	378	289	299	185	153	129
	22	2.25		512	385	302	244	200	167		602	363	294	243	204	174
	26	1.80	314	230	175	137	110			509	373	286	183	151	127	108
	24	2.00	387	279	213	167	134	110	91	620	455	348	275	223	184	155
	22	2.65		452	339	266	214	176	146		521	412	333	276	232	
	26	1.80	394	288	220	173	139	114		636	467	358	282	229	189	159
	24	2.00	484	350	267	210	169	139	116		569	435	344	279	230	193
	22	2.65		426	335	270	222	185			652	514	417	344	289	
	26	1.80	367	268	204	160	129	106	88	590	436	334	264	214	177	148
	24	2.00	449	326	248	195	157	129	107		528	406	321	360	215	181
	22	2.65		524	396	311	251	206	172			605	480	389	322	270

LOSACERO

EJEMPLO LOSA EN UN SENTIDO

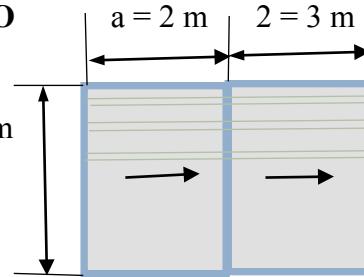
Ya combinación de cargas

$$L = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$f_y = 30 = 2100 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'c = 3000 \text{ psi} = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Sentido de canal losacero →

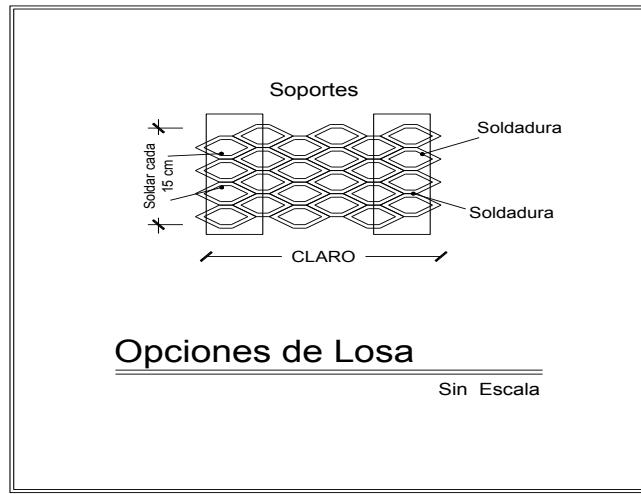


- Relación $a/b = 3.00/6.25 = 0.48$, losa en un sentido de refuerzo →
- Viendo la tabla para este material de losa, se sugiere Losacero Calibre 22, a una separación máxima de 2.25 m y 2.00 m entre apoyos, para una carga viva de 244 Kg/m².

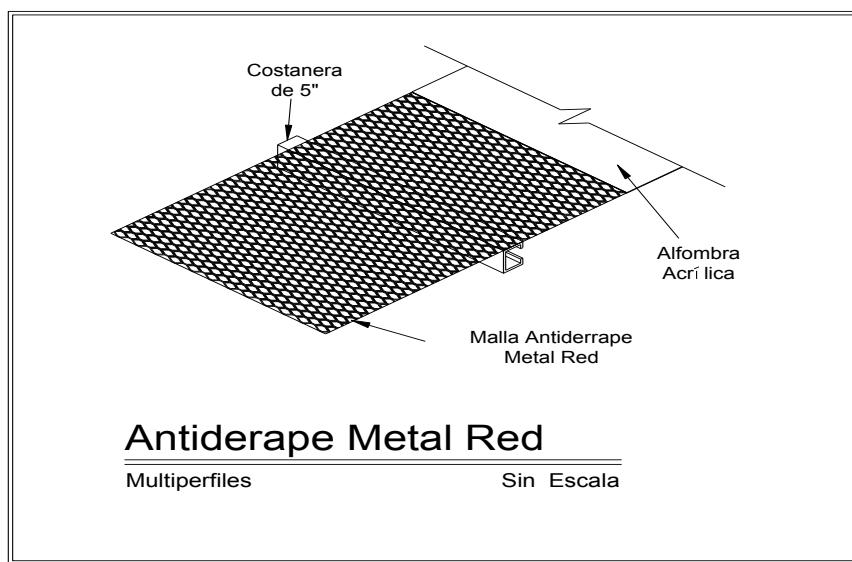
Tabla de Capacidad de Carga Viva Neta (kg/m^2) (Uniformemente Distribuida)																
Condición De Apoyo	Calibre	Sep. Max. Mts.	Separación entre Apoyos (mts.)													
			Carga Viva							Succión de Viento**						
			1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40
	26	1.60	378	277	211	166	133			424	311	238	188	152	126	106
	24	1.95	466	337	257	202	162	133	111	515	378	289	299	185	153	129
	22	2.25		512	385	302	244	200	167		602	363	294	243	204	174
	26	1.80	314	230	175	137	110			509	373	286	183	151	127	108
	24	2.00	387	279	213	167	134	110	91	620	455	348	275	223	184	155
	22	2.65		452	339	266	214	176	146		521	412	333	276	232	
	26	1.80	394	288	220	173	139	114		636	467	358	282	229	189	159
	24	2.00	484	350	267	210	169	139	116		569	435	344	279	230	193
	22	2.65		426	335	270	222	185			652	514	417	344	289	
	26	1.80	367	268	204	160	129	106	88	590	436	334	264	214	177	148
	24	2.00	449	326	248	195	157	129	107		528	406	321	360	215	181
	22	2.65		524	396	311	251	206	172			605	480	389	322	270

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024
Piso Antiderrape METAL RED

Ventajas:	Desventajas:
<ul style="list-style-type: none"> De estas opciones la única sin concreto colocado, práctico. 	<ul style="list-style-type: none"> Cuidar aislar ruido costo (a lo mejor)



CARGA SOPORTADA Kg/m ²	CARGA DISTRIBUIDA					CARGA CENTRADA		
	24"	30"	36"	42"	48"	24"	30"	36"
LD 09	75	8.3						
	150	16.7						
	225	--						
	300	--						
	375	--						
Ld 16	75	4.7						
	150	9.5						
	225	14.2						
	300	--						
	375	--						



Algunas ideas sobre Gradas

Unas buenas gradas implican:

1. Un trabajo parejo de escalones, dimensiones uniformes,
2. Comodidad al caminarlas

Básicamente tres formas de construcción:

1. Tradicional, losa inclinada
2. Voladizo
3. Viga "L"

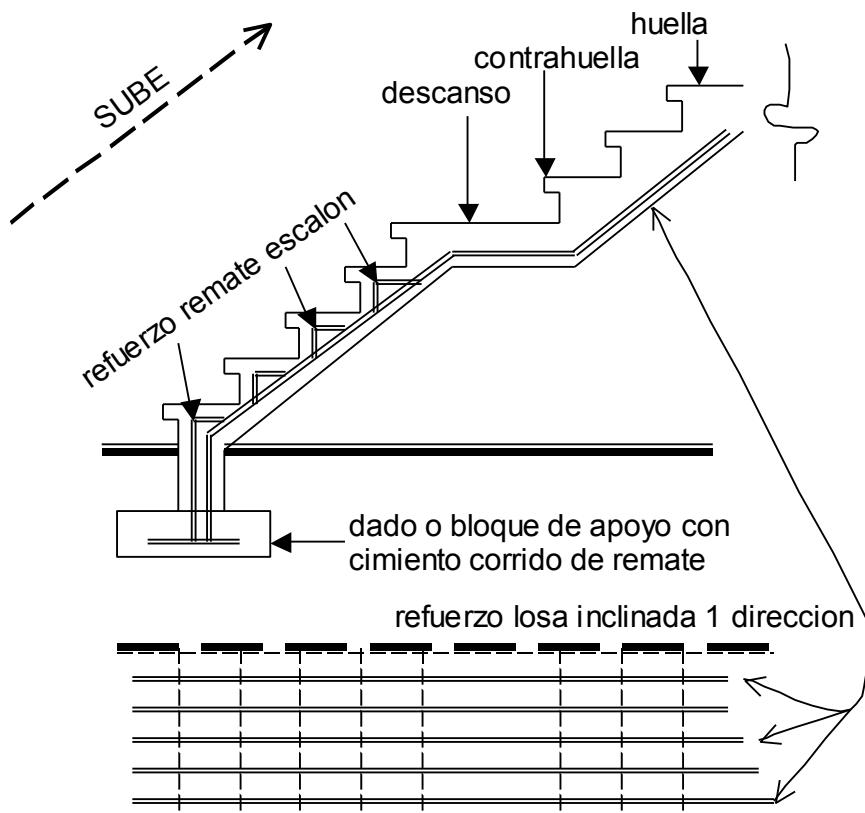
Tradicional

Las que hace todo mundo. Dialogue con un Maestro de Obra y es lo que generalmente hace para construir gradas.

Como ventaja se tiene un graderío muy estable pero con mucho peso, ideal para vivienda; aunque en vivienda pequeña pueden resultar un tanto caras pues implica fundir una losa extra.

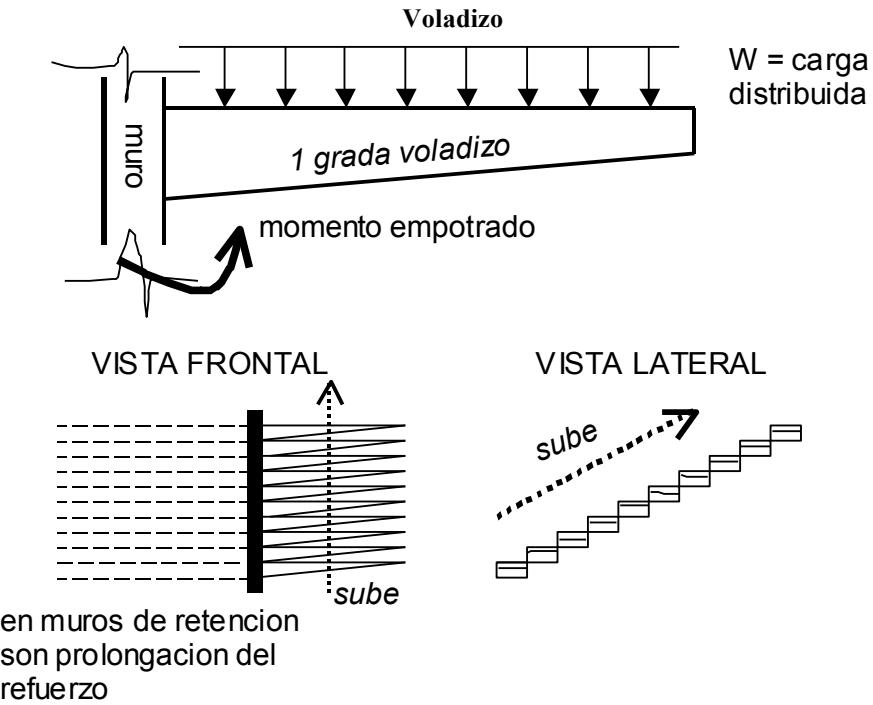
Existe el criterio de manejar gradas de este tipo como un bloque separado de la estructura por la rigidez que manejan este tipo de gradas

ALTURA DE GRADAS: 10 a 15 cm, no más de 25 cm.



CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

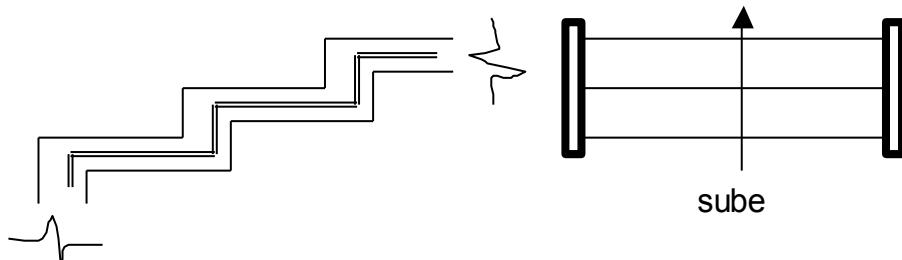


Ideales para espacios abiertos, con visibilidad. Mucha interacción de los transeúntes con su medio circundante. Funcionan bien como parte de muros de contención de Suelo Enclavado (NR 4 AGIES) donde cada grada puede ser una prolongación de las inclusiones dentro de la masa de suelo. Estas gradas sugieren su utilización en espacios públicos donde existen plataformas y taludes que le dan volumen y altura a una estructura. Se aplican también a pasarelas, que llevan piezas de concreto prefabricado.

Hay que tener el cuidado de que en su diseño no queden muy livianas, pues al caminar sobre ellas se puede tener la sensación de inseguridad por la vibración de estas gradas. Son vigas en voladizo.

Viga “L”

Este tipo de grada es una viga “L” continua, con aplicación para graderíos de estadios, galerías, etc. Sugiere la forma de una “L” girada 90° a la derecha



Viga “L” como un caso especial de viga “T”. Estas gradas diseñarlas como vigas “T” con carga distribuida para la integración.

APENDICE A

DIAMETRO ("")	número	ÁREA (cm ²)	Observación	Varilla/qq
1/4 = 0.64 cm	2	0.31	LISO	30
3/8 = 0.95 cm	3	0.71	corrugado	13
1/2 = 1.27 cm	4	1.29	corrugado	7½
5/8 = 1.59 cm	5	2.00	"	
3/4 = 1.91 cm	6	2.84	"	
7/8 = 2.22 cm	7	3.87	"	
1 = 2.54 cm	8	5.10	"	
9/8 = 2.86 cm	9	6.45	"	

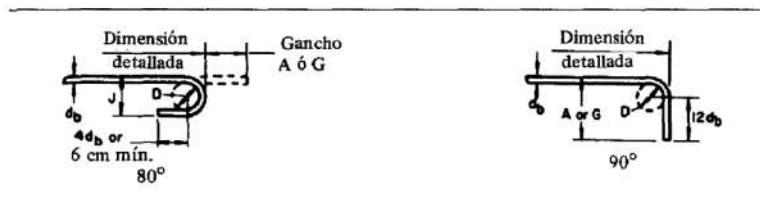
Tabla 1 - Designaciones y requisitos dimensionales de las barras de acero corrugadas para hormigón armado

Designación	Dimensiones nominales (1)								Corrugaciones					
	Masa unitaria (véase 5.3)		Diámetro		Área		Perímetro		Espaciamiento máximo promedio		Altura mínima promedio		Ancho máximo del cordón de separación	
	kg/m	libras/pie	milímetros	pulgadas	centímetros cuadrados	pulgadas cuadradas	centímetros	pulgadas	centímetros	pulgadas	centímetros	pulgadas	centímetros	pulgadas
2	0.249	0.167	6.35	0.250	0.317	0.05	1.994	0.785	—	—	—	—	—	—
3	0.560	0.376	9.53	0.375	0.713	0.11	2.992	1.178	0.666	0.262	0.038	0.015	0.363	0.143
4	0.994	0.668	12.70	0.500	1.267	0.20	3.990	1.571	0.889	0.350	0.051	0.020	0.485	0.191
5	1.552	1.043	15.88	0.625	1.981	0.31	4.986	1.963	1.110	0.437	0.071	0.028	0.607	0.239
6	2.235	1.502	19.05	0.750	2.850	0.44	5.984	2.356	1.333	0.525	0.097	0.038	0.726	0.286
7	3.042	2.044	22.23	0.875	3.881	0.60	6.982	2.749	1.554	0.612	0.112	0.044	0.848	0.334
8	3.973	2.670	25.40	1.000	5.067	0.79	7.980	3.142	1.778	0.700	0.127	0.050	0.973	0.383
9	5.060	3.400	28.65	1.128	6.447	1.00	9.002	3.544	2.006	0.790	0.142	0.056	1.095	0.431
10	6.404	4.303	32.26	1.270	8.174	1.27	10.135	3.990	2.258	0.889	0.163	0.064	1.237	0.487
11	7.907	5.313	35.81	1.410	10.072	1.56	11.252	4.430	2.507	0.987	0.180	0.071	1.372	0.540
14	11.384	7.650	43.00	1.693	14.522	2.25	13.513	5.320	3.010	1.185	0.216	0.085	1.646	0.648
18	20.239	13.600	57.33	2.257	25.814	4.00	18.009	7.090	4.013	1.580	0.259	0.102	2.195	0.864

(1) Las dimensiones nominales de una barra corrugada son equivalentes a aquellas de una barra lisa que tiene la misma masa unitaria que la barra corrugada.

APENDICE A-1 ACI 315

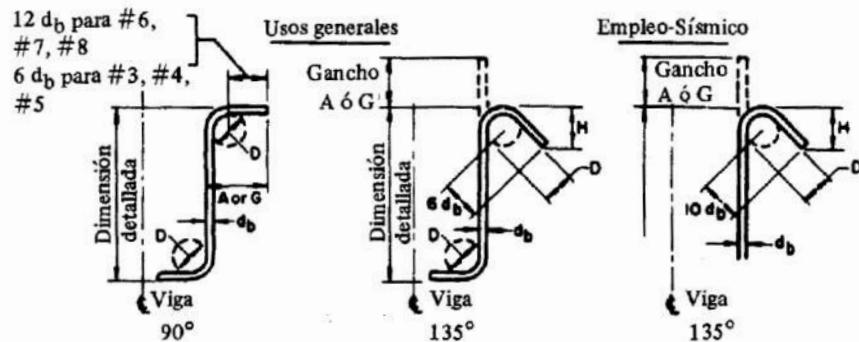
TABLA 1. Ganchos estándar



Ganchos de extremo recomendados, todos los grados

Tamaño de varilla	Diámetro de doblado terminado D, (cm)	Ganchos de 180° A ó G (cm)	J (cm)	Ganchos de 90° A ó G (cm)
# 3	6	13	8	15
# 4	8	15	10	20
# 5	9	18	13	25
# 6	11	20	15	30
# 7	13	25	18	35
# 8	15	28	20	40
# 9	24	38	30	48
# 10	27	43	34	56
# 11	30	48	37	61
# 14	46	69	55	79
# 18	61	91	72	104

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024

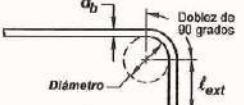
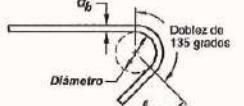
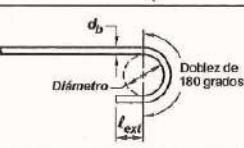


Estríbos y ganchos de amarre, todos los grados

Tamaño de varilla varilla D, (cm)	Para empleo general Gancho de 90°		Para empleo sísmico Gancho de 135°		
	A o G	A o G	H, aprox	A o G	H, aprox
# 3	4	10	10	6	13
# 4	5	11	11	8	17
# 5	6	15	14	9	20
# 6	11	30	20	11	28
# 7	13	36	23	13	32
# 8	15	41	27	15	37

d_b = diámetro nominal de varilla, alambre o cable pretensado, cm

Tabla 25.3.2 — Diámetro mínimo interior de doblado y geometría del gancho estándar para estribos y estribos cerrados de confinemento

Tipo de gancho estándar	Diámetro de la barra	Diámetro interior mínimo de doblado, mm	Extensión recta ⁽ⁱⁱ⁾ ℓ_{ext} , mm	Tipo de gancho estándar
Gancho de 90 grados	No. 10 a No. 16	$4d_b$	Mayor de $6d_b$ y 75 mm	
	No. 19 a No. 25	$6d_b$	$12d_b$	
Gancho de 135 grados	No. 10 a No. 16	$4d_b$	Mayor de $6d_b$ y 75 mm	
	No. 19 a No. 25	$6d_b$		
Gancho de 180 grados	No. 10 a No. 16	$4d_b$	Mayor de $4d_b$ y 65 mm	
	No. 19 a No. 25	$6d_b$		

⁽ⁱⁱ⁾ El gancho estándar para estribos y estribos cerrados de confinemento incluye el diámetro interior del doblez específico y el largo de la extensión recta. Se permite usar una extensión recta más larga en el extremo del gancho. No se considera que esta extensión aumente la resistencia de anclaje del gancho.

APENDICE A-2 LONGITUD DE DESARROLLO ACI 318-19

PARTE 8: REFUERZO		481									
REGLAMENTO	COMENTARIO										
Tabla 25.4.2.3 — Longitud de desarrollo para barras corrugadas y alambre corrugado en tracción											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Espaciamiento y recubrimiento</th> <th>Barras No. 19 ó menores y alambres corrugados</th> <th>Barras No. 22 y mayores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Espaciamiento libre entre barras o alambres que se están desarrollando o empalmando por traspago no menor que d_b, recubrimiento libre al menos d_b, y no menos estribos a lo largo de ℓ_d que el mínimo del Reglamento o espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo desarrollados o empalmando por traspago no menor que al menos $2d_b$ y recubrimiento libre al menos que d_b</td> <td>$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_c \psi_g}{2.1\lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b$</td> <td>$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_c \psi_g}{1.1\lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b$</td> </tr> <tr> <td>Otros casos</td> <td>$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_c \psi_g}{1.4\lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b$</td> <td>$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_c \psi_g}{1.1\lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b$</td> </tr> </tbody> </table>	Espaciamiento y recubrimiento	Barras No. 19 ó menores y alambres corrugados	Barras No. 22 y mayores	Espaciamiento libre entre barras o alambres que se están desarrollando o empalmando por traspago no menor que d_b , recubrimiento libre al menos d_b , y no menos estribos a lo largo de ℓ_d que el mínimo del Reglamento o espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo desarrollados o empalmando por traspago no menor que al menos $2d_b$ y recubrimiento libre al menos que d_b	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_c \psi_g}{2.1\lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_c \psi_g}{1.1\lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b$	Otros casos	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_c \psi_g}{1.4\lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_c \psi_g}{1.1\lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b$	<p>libre de $2d_b$ o una combinación de un espaciamiento libre de d_b y estribos mínimos. Para estos casos, de ocurrencia frecuente, la longitud de desarrollo para barras de gran diámetro puede tomarse como $\ell_d = [f_y \psi_t \psi_c \psi_g / (1.7\lambda \sqrt{f'_c})] d_b$. En el desarrollo del ACI 318-95, la comparación con las disposiciones pasadas y la verificación con una base de datos experimentales mantenida por ACI 408.1R indicaron que para barras corrugadas No. 19 y menores, así como también para alambres corrugados, las longitudes de desarrollo podían reducirse en un 20 por ciento usando $\psi_g = 0.8$. Esto se convirtió en la base para la columna "Barras No. 19 o menores y alambres corrugados" de la Tabla en 25.4.2.3. Con menos recubrimiento y en ausencia de estribos mínimos, los límites del espaciamiento libre mínimo de 25.2.1 y los requisitos de recubrimiento mínimo de concreto de 20.5.1.3 conducen a un valor mínimo del recubrimiento c_b igual a d_b. Así, para "otros casos", los valores se calculan usando $(c_b + K_{tr})/d_b = 1.0$ en la ecuación (25.4.2.4a).</p> <p>El usuario puede construir fácilmente expresiones simples y útiles. Por ejemplo, en todas las estructuras con concreto de peso normal ($\lambda = 1.0$), refuerzo sin revestimiento ($\psi_t = 1.0$) barras No. 22 o mayores localizadas en la parte inferior de la sección ($\psi_c = 1.0$) con $f'_c = 28$ MPa y acero Grado 420 ($\psi_g = 1.0$), las ecuaciones se reducen a</p> $\ell_d = \frac{(420)(1.0)(1.0)(1.0)}{1.7(1.0)\sqrt{28}} d_b = 47d_b$ $\ell_d = \frac{(420)(1.0)(1.0)(1.0)}{1.1(1.0)\sqrt{28}} d_b = 72d_b$	25 Detallado del refuerzo
Espaciamiento y recubrimiento	Barras No. 19 ó menores y alambres corrugados	Barras No. 22 y mayores									
Espaciamiento libre entre barras o alambres que se están desarrollando o empalmando por traspago no menor que d_b , recubrimiento libre al menos d_b , y no menos estribos a lo largo de ℓ_d que el mínimo del Reglamento o espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo desarrollados o empalmando por traspago no menor que al menos $2d_b$ y recubrimiento libre al menos que d_b	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_c \psi_g}{2.1\lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_c \psi_g}{1.1\lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b$									
Otros casos	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_c \psi_g}{1.4\lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_c \psi_g}{1.1\lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b$									

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

494

ACI 318-19: EQUISITOS DE REGLAMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL

REGLAMENTO

los extremos discontinuos de los miembros, se debe cumplir con 25.4.3.4.

Tabla 25.4.3.2 — Factores de modificación para el desarrollo de las barras con gancho en tracción

Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Concreto liviano λ	Concreto de peso liviano	0.75
	Concreto de peso normal	1.0
Epóxico ψ_e	Refuerzo con recubrimiento epóxico o zinc y barras con recubrimiento dual de zinc y epóxico	1.2
	Refuerzo sin recubrimiento o refuerzo recubierto con zinc (galvanizado)	1.0
Confinamiento del refuerzo ψ_r	Para barras No. 36 y menores con $A_{th} \geq 0.4 A_{hs}$ o $s^{[1]} \geq 6d_b^{[2]}$	1.0
	Otros	1.6
Ubicación ψ_o	Para barras con gancho No. 36 y menores: (1) que terminan dentro del núcleo de la columna con recubrimiento lateral normal al plano del gancho ≥ 60 mm, o (2) con recubrimiento lateral normal al plano del gancho $\geq 6d_b$	1.0
	Otros	1.25
Resistencia del concreto ψ_c	Para $f'_c < 42$ MPa	$\frac{f'_c}{105} + 0.6$
	Para $f'_c \geq 42$ MPa	1.0

^[1] s es el mínimo espaciamiento centro a centro de las barras con gancho

^[2] d_b es el diámetro nominal de la barra con gancho.

COMENTARIO

El factor ψ_e que refleja los efectos del revestimiento epóxico se basa en los ensayos (Hamad et al. 1993) que muestran que la longitud de desarrollo para barras con gancho debe incrementarse en un 20 por ciento para tener en consideración la reducción en la adherencia cuando el refuerzo está recubierto con epóxico. El factor de ubicación ψ_o está basado en ensayos (Johnson and Jirsa 1981; Sperry et al. 2017a,b) que demostraron que la longitud de desarrollo de barras con gancho ancladas dentro del núcleo de una columna con recubrimiento lateral menor que 60 mm o en otros miembros con recubrimiento lateral menor que $6d_b$ requieren un 25 por ciento mayor de longitud de desarrollo en comparación con miembros similares con mayor recubrimiento.

El factor ψ_r de refuerzo de confinamiento se basa en resultados de ensayo presentados por Ajaam et al. (2018). Un valor de 1.0 es utilizado para ψ_r para barras con gancho separadas ampliamente, con $s \geq 6d_b$ y para barras con gancho con $A_{th}/A_{hs} \geq 0.4$. Donde la separación entre barras es pequeña, o $A_{th}/A_{hs} < 0.4$ el factor de confinamiento es 1.6. Debido a que no se dispone de resultados de ensayos con barras No. 43 y No. 57, los valores de ψ_r para barras con gancho mayores que No. 36 son los mismos que para barras No. 36 y diámetros menores sin refuerzo de confinamiento. No se han realizado ensayos que permitan verificar la extrapolación a barras grandes con resistencia del concreto mayor que 70 MPa. Las longitudes de desarrollo cuando se calculan utilizando 25.4.3.1(a) y los factores de 25.4.3.2, llegan a ser hasta 50 por ciento mayores que las requeridas por Reglamentos anteriores a ACI 318-19.

APENDICE B

Valores de ϕ según ACI 318	83 ³²	95 ³³	2005 ³⁴
Flexión sin carga axial	0.90	0.90	
Secciones a flexión con esfuerzo axial pretensionado	xxx	0.75	
Tensión axial y tensión axial con flexión	0.90	Xxx	
Zonas post pensionadas	xxx	0.85	
Corte y torsión	0.85	0.75	
Compresión y flexo compresión axial, refuerzo espiral	0.75	0.70	
Compresión y flexo compresión axial, en otros elementos	0.70	0.65	

³² Sección 9.3.2 RESISTENCIA DE DISEÑO. ACI 318-83. Pág. 161. IMCYC, Noriega – Limusa.

³³ Sección 9.3.2 RESISTENCIA DE DISEÑO. ACI 318-95. Pág. 39 IMCYC

³⁴ section 9.3.2. DESING STRENGTH. ACI 318-2005. Page 115.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

FACTORES DE REDUCCIÓN DE REFUERZO	Aplastamiento	0.70	0.65
en concreto		xxx	0.75
Apoyos acartelados o nudo de corbata			

21.2 — Factores de reducción de resistencia para miembros de concreto estructural y conexiones

21.2.1 Los factores de reducción de resistencia, ϕ , deben cumplir con la Tabla 21.2.1, excepto lo modificado por 21.2.2, 21.2.3 y 21.2.4.

Tabla 21.2.1 — Factores de reducción de resistencia, ϕ

Acción o Elemento Estructural		ϕ	Excepciones
(a)	Momento, fuerza axial o momento y fuerza axial combinados	0.65 a 0.90 de acuerdo con 21.2.2	Cerca de los extremos de miembros pretensados donde los torones no se han desarrollado totalmente, ϕ debe cumplir con 21.2.3.
(b)	Cortante	0.75	Se presentan requisitos adicionales en 21.2.4 para estructuras diseñadas para resistir efectos sísmicos.
(c)	Torsión	0.75	—
(d)	Aplastamiento	0.65	—
(e)	Zonas de anclajes de postensado	0.85	—
(f)	Cartelas y ménsulas	0.75	—
(g)	Puntales, tensores, zonas nodales y áreas de apoyo diseñadas de acuerdo con el método puntal-tensor del Capítulo 23	0.75	—
(h)	Componentes de conexiones de miembros prefabricados controlados por fluencia de los elementos de acero a tracción	0.90	—
(i)	Elementos de concreto simple	0.60	—
(j)	Anclajes en elementos de concreto	0.45 a 0.75 de acuerdo con el Capítulo 17	—

R21.2 — Factores de reducción de resistencia para miembros de concreto estructural y conexiones

R21.2.1 En este Reglamento, los factores de reducción de resistencia son compatibles con las combinaciones de carga del ASCE/SEI 7, las cuales forman la base para las combinaciones de mayoración de carga requeridas por el Capítulo 5.

(e) Los resultados experimentales sobre zonas de anclaje de postensado (Breen et al. 1994) reflejan una amplia dispersión de los resultados. Estos resultados se consideran usando un factor ϕ igual a 0.85 y limitando la resistencia nominal a compresión del concreto no confinado en la zona general a $0.7\lambda f'_{ci}$ en 25.9.4.5.2, donde λ se define en 19.2.4. En consecuencia, la resistencia efectiva de diseño para concreto no confinado es $0.85 \times 0.7\lambda f'_{ci} = 0.6\lambda f'_{ci}$ en la zona general.

(f) El comportamiento de cartelas y ménsulas es controlado principalmente por cortante; por lo tanto, se usa un solo valor de $\phi = 0.75$ para todos los modos potenciales de falla.

(i) El factor de resistencia, ϕ , para los miembros de concreto simple se ha hecho igual para todos los modos de falla potenciales. Dado que tanto la resistencia a tracción por flexión como la resistencia a cortante para el concreto simple dependen de las características de resistencia a tracción del concreto, sin una reserva de resistencia o ductilidad por la ausencia del refuerzo, se ha considerado apropiado usar factores de reducción de la resistencia iguales tanto para flexión como para cortante.

21 Factores ϕ

APENDICE C

ACERO MÍNIMO

$$\text{Según ACI 318-02}^{35} As_{minimo} = \frac{0.8\sqrt{f'_c} * bd}{fy}$$

$$\text{No menor que } As_{minimo} = \frac{14bd}{fy}$$

³⁵ ACI 318-95 sección 10.5.1. IMCYC Pág.46. ACI 318-02

APENDICE D

CUANTILLA O “ρ” BALANCEADO

$$\rho_b = \frac{\beta_1 \times 0.85 f' c \times 0.003}{f_y \left(\frac{f_y}{2.039 \times 10^6} + 0.003 \right)} = \frac{\beta_1 \times 0.85 f' c \times 6115}{f_y (f_y + 6115)} = \rho_b$$

APENDICE E

ACERO POR CORTE

SIMPLE Según ACI 318-19³⁶ $V_c = \lambda \times 0.53 \sqrt{f' c} \times b d$

APENDICE F

CAMBIOS DE FACTORES DE CORTE EN EL TIEMPO DEL ACI 318

Hasta la edición del año 1995 se tenía $\theta = 0.85$, como valor constante

De la edición de 1999 a 2011 se tenía $\theta = 0.75$, como valor constante

A partir de la edición del año 2014 ahora $0.75 \ll \lambda \ll 1.00$, como función de la densidad de los agregados fino y grueso.

APENDICE G

Fórmula general de Flexión:

$$Mu = \varphi \times As \times fy \times \left(d - \frac{As \times fy}{1.7 \times f' c \times b} \right)$$

En forma cuadrática: $ax^2 + bx + c = 0$

$$As^2 \left[\frac{fy}{1.7 f' c \times b} \right] - As[d] + \frac{Mu}{\varphi Fy} = 0$$

Resolución cuadrática:

$$As = \frac{0.85 f' c \times b}{fy} \left[d \pm \sqrt{d^2 - \frac{Mu}{0.425 \varphi \times f' c \times b}} \right]$$

APENDICE H

GLOSARIO

ACERO CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA: cantidad de acero que estabiliza la masa fresca y semisólida del concreto para que éste no manifieste agrietamiento por los cambios de humedad. Por ejemplo, en las etapas de fraguado y endurecimiento.

ACERO MÁXIMO: cantidad de acero límite donde aún se puede especular y prever la falla balanceada de un elemento de concreto armado. Es decir, a un tiempo la falla de compresión

³⁶ ACI 318-19, sección 22.5.6.2

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

en el concreto y a de tensión en el acero. Este aspecto se considera en el diseño de vigas. Si se sobrepasa el acero máximo, se potencializa la falla del concreto que tiende a explotar en pedazos.

ACERO MÍNIMO: la cantidad mínima de acero para que el concreto funcione de manera uniforme con el acero de construcción. De una manera razonable se correspondan la tensión y compresión en acero concreto. En la práctica se busca un agrietamiento razonable del concreto armado, también es la cantidad necesaria de acero para que el concreto tome la forma que se requiere sin desmoronamiento.

AGREGADO: material que se agrega al cemento, agua y a veces cal. Por costos, en lugar de fundir un bloque de cemento, o cemento cal, se adicionan agregados para dar cuerpo al volumen a fabricar. Entonces, el cemento, agua y cal en su defecto, como lo que pega y une los agregados. Típicamente los agregados como piedrín y arena, pero puede ser también desecho de fibra tal como papel y textiles, cortezas de cocos y desechos de madera, si se busca un concreto no estructural clásico. Un caso extremo de hacer concretos con blindaje balístico y de radiaciones, es utilizar municiones de plomo. En esto último un caso especial es la fabricación de lastres y contrapesos, talos como los de talanqueras o flechas de paso vehiculares, estos pesos se utiliza desecho de varillas de construcción como agregados de estos contrapesos.

AGREGADO FINO: generalmente son las arenas, las que están comprendidas dentro del rango de los tamices número 4 al 200.

AGREGADO GRUESO: generalmente son piedrines, que no es más que áridos geológicos arriba del tamiz número 4, pero tradicionalmente no arriba de los 150 milímetros o 6 pulgadas de diámetro.

AREA: sinónimo de sección transversal de cualquier elemento...

CAL: material inorgánico compuesto principalmente de óxido de calcio y/o hidróxido de calcio. La cal se encuentra en terrones de manera natural, que se deben de quebrar e hidratar. Dicha hidratación es el apagado de la cal que es ávida de agua y humedad, donde la velocidad de apagado puede ser rápida o lenta, o sea cal agresiva o no. Dicho proceso de hidratación libera calor, por lo que el contacto con la piel humana puede provocar quemaduras. Después del apagado se procede a moler la cal para darle una granulometría adecuada al uso de albañilería. Generalmente la densidad relativa de la cal va de 1.60 a 1.65, para un promedio de 1.62, lo que es en densidad $1620 \text{ kg/m}^3 = 1.62 \text{ gr/cc} = 1.62 \text{ T/m}^3$. Esta densidad típicamente se aproxima a la mitad de la densidad del cemento. Entonces si se tiene un mismo volumen de cal que uno de cemento, la cal con un peso aproximado de la mitad del cemento.

CEMENTO: conglomerante formado por una mezcla de caliza y arcilla calcinada para después ser molida. La densidad relativa del cemento ronda de 3.1 a 3.2, con un valor medio de 3.15, lo que implica una densidad de $3150 \text{ kg/m}^3 = 3.15 \text{ T/m}^3 = 3.15 \text{ gr/cc}$. Esta densidad es la mitad de la media de la cal hidratada comercial, por lo que un volumen de cemento de igual magnitud a un volumen de cal, pesa el doble de la última. El saco de cemento típicamente en bolsas de 1 pie³.

CEMENTOS AÉREOS: los que endurecen con el vapor de agua contenido en el ambiente o aire, por ejemplo algunos tipos de yeso.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

CEMENTO ASFÁLTICO: es una emulsión bituminosa (petróleo crudo refinado) pastosa, soluble en agua que se puede mezclar con arena, grava y fibras minerales. Funciona de impermeabilizante y sellador. El tiempo de secado y consistencia depende de la cantidad de asfalto, que condiciona la viscosidad.

CEMENTO BLANCO: generalmente en nuestro medio es un cemento Portland tipo I, para todo uso, pero por decoración y usos de tinturas es de color blanco. Generalmente debe su color gris claro a la ausencia de óxidos férricos (Fe_2O_3) Para suplir la falta de este óxido se agrega óxido de calcio (CaO) y fluorita (CaF_2) criolita (Na_3AlF_6)

CEMENTO ESTRUCTURAL: un cemento para la producción industrializada de concreto, siendo mas eficiente y de temprano desarrollo de resistencia tempranas. Como principal ventaja está el menor tiempo de desencofrado. Como se puede utilizar en losas, vigas y columnas, también en pisos.

CEMENTO HIDRÁULICO: todo cemento que reacciona con agua, es una gran familia de cementos que incluye al Portland, Blanco, estructural y más.

CEMENTO PORTLAND: nace en 1824 con Joseph Aspdin en Inglaterra, que al utilizar materiales de la región el resultado es un concreto cuya apariencia es similar a la isla de Portland, ubicada en el Canal de la Mancha. Es de recordar que este cemento se hace necesario en la expansión final de la Revolución Industrial inglesa, un aporte a la creciente industria de la construcción de ese entonces.

CEMENTO QUIRÚRGICO: es un cemento especializado en presentaciones pequeñas (50, 100 o más gramos, más su líquido para mezclar) para uso en cirugías de colocación de prótesis y ortodoncia. Elaborado a base de óxido de zinc y eugenol, no contiene asbestos. –No es material de construcción-

CEMENTO ROMANO: precursor y abuelo de cemento actual. A base de mortero (cal, arena y agua por ejemplo) y de piedras de todo tipo. Opus caementicium, donde escombro o piedra en bruto = caementicium. En algunos casos históricos se utilizaron conchas marinas trituradas como agregado fino, en especial la del caracol mürice, del que se extraía un tinte púrpura, un color para vestimenta de los nobles y emperadores por su alto precio.

CIMBRA: sinónimo de formaleta, encofrado.

CONCRETO: la unión de agua, cementantes (cal cemento) y agregados (fino y grueso, típicamente arena y piedrín) Si se hace necesario se utilizan aditivos o agentes químicos para la mejora del desempeño del concreto fresco, como también endurecido) En teoría un concreto bien diseñado no necesita de aditivos, pero implica un cuidadoso desarrollo con observación de resultados y toma de notas de los comportamientos de los diseños de mezclas en la práctica. Por falta de tiempo se ve el uso de aditivos como un medio práctico para subsanar las falencias del concreto, que pueden obedecer al tipo de agregados. Es de recordar que típicamente los diseños de mezclas, parten de tablas y gráficos estadísticos de la tendencia del comportamiento del concreto en base a los proporcionamientos de sus ingredientes o componentes, pero

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

generalmente no consideran estos métodos la composición mineralógica de los agregados, que pueden condicionar la reacción del cementante.

CONCRETO ARMADO: concreto mas acero de construcción, donde al acero se le asignan los esfuerzos de tensión de falla dúctil (Implica estiramiento y reducción de sección visible) y en el concreto se consideran esfuerzos de compresión, por falla frágil (instantes antes de la falla y estalladura se perciben grietas ortogonales al radio de la sección crítica)

DEFORMACIÓN MÍNIMA UNITARIA: estadísticamente la deformación unitaria es de un 0.3% 0 3%, que es $3\text{mm}/7\text{m} = 0.003\text{mm/mm} = 0.003\text{m/m} = 0.003\text{plg/plg}$, y otros sistemas de medidas. La sección 22.2.2.1, del ACI 318-19, indica que la deformación unitaria en la fibra extrema analizada en esfuerzo de compresión, para que sea segura no debe exceder de ese 3 por millar de la unidad longitudinal paralela al esfuerzo de aplastamiento.

DIÁMETRO DE DOBLADO: o diámetro de doblado seguro para que el acero de refuerzo no sufra fatiga y descascaramiento por doblez cerrado sin diámetro de transición en cambio de dirección. Además de los criterios de ACI 315, se tiene que el ACI 318-19, en su tabla 25.3.2 establece de 4 a 6 veces el diámetro de varilla dependiendo del calibre y grado de esta.

ENCOFRADO: sinónimo de cimbra, formaleta.

ESLABÓN: refuerzo de acero de corte longitudinal, a manera de grapa que une una o mas varillas de refuerzo en una línea definida de corte, es decir en 1D.

ESTRIBO: similar al estribo de monta, es refuerzo de corte para un plano definido, es decir en 2D. Une de tres varillas en adelante.

FORMAleta: sinónimo de cimbra, encofrado.

INERCIA: En física, la inercia es la propiedad que tienen los cuerpos que permanecen en su estado de reposo o movimientos relativos. Dicho, de forma general, es la resistencia que opone la materia a que se modifique su estado de movimiento, incluyendo cambios en la velocidad o en la dirección del movimiento. Es la aplicación de la primera ley de Newton.

INERCIA CENTROIDAL: es la inercia o cambio de área respecto al centro de ésta, en términos prácticos es donde la sección está en equilibrio y no cabecea ante la acción de la gravedad, por ejemplo.

INERCIA POLAR: es la sumatoria de un par de inercias centroidales respecto a dos ejes ortogonales o en ángulo recto. La principal característica es que dicha suma es constante, con respecto a cualquier par de ejes ortogonales que coincidan con el centroide de la sección a analizar.

INTEGRACIÓN DE ÁREA: si se supone espesor y densidad de lámina constantes se puede realizar la integración de área. Sea $\text{integración}_x = \int_{\text{Area}} x^n dA$, para eje x en este caso, como en y o z, donde n puede ser con valores 0, 1 o 2. Si es cero (0) simplemente cero momento de área o área, si se tiene 1 de exponente se tiene módulo de sección p primer momento de área,

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

si por último se tiene un exponente grado 2 se considera un segundo momento de área o inercia centroidal.

INTEGRACIÓN DE LÍNEA: si un elemento delgado se considera con sección constantes, se puede integrar sobre la longitud o línea como $VOLUMEN_x = area \int_0^L dL$, para eje x por ejemplo, puede ser para otros ejes.

INTEGRACIÓN DE MASA: si el espesor de lámina y su densidad no son constantes se realiza una integración de masa así $Masa_x = \int_{masa} x^n dM$, para el eje x, pudiendo ser para los otros ejes del espacio. Donde n puede ser con valores 0, 1 o 2. Si es cero (0) simplemente cero momento de masa o masa, si se tiene 1 de exponente se tiene primer momento de masa, si por último se tiene un exponente grado 2 se considera un segundo momento de masa.

INTEGRACIÓN DE VOLÚMEN: si el espesor de lámina no es constante pero su densidad es constante se realiza una integración de masa así $Volumen_x = \int_{volumen} x^n dV$, para el eje x, pudiendo ser para los otros ejes del espacio. Donde n puede ser con valores 0, 1 o 2. Si es cero (0) simplemente cero momento de volumen o volumen, si se tiene 1 de exponente se tiene primer momento de volumen, si por último se tiene un exponente grado 2 se considera un segundo momento de volumen.

LONGITUD DESARROLLO: es la longitud que el acero se debe colocar dentro del concreto para resistir la tensión. Dicha longitud de desarrollo es directamente proporcional al grado y diámetro del acero e inversamente proporcional al esfuerzo de trabajo a compresión del concreto. Se hace necesario considerar la cantidad de concreto bajo las varillas de refuerzo por la acción de la gravedad y el recubrimiento de dicho acero de refuerzo. La tabla 25.4.2.3 del ACI 318-19 con sus comentarios resume e indica esto

MÓDULO DE FINURA: es una granulometría especial para las arenas con el fin de encontrar si es gruesa o fina. Arenas finas (1.5 a 2.2) otorgan concretos con poros más pequeños y en menor cantidad, pero se consume más cemento. Arenas gruesas (3.2 a 2.9) implica menos cemento, pero se fabrican concretos más porosos. Se prefieren arenas medias, de 2.9 a 2.2.

MÓDULO DE SECCIÓN: o primer momento de área, ver inercia.

PERALTE: la altura neta de una sección rectangular, es decir la altura total o bruta menos el recubrimiento.

PRIMER MOMENTO DE ÁREA: o módulo de sección, ver inercia.

RADIO DE GIRO: una medida del alejamiento promedio de la sección resistente del centro de gravedad, como también de una masa: Por ejemplo: $k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$, $k_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$, $k_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}}$, o en su defecto $k_x = \sqrt{\frac{I_x}{m}}$, y más.

CONCRETO ARMADO 1

Primer semestre 2024

RECUBRIMIENTO: es el espesor de concreto que cubre en los extremos al acero de refuerzo por temas de inhibir corrosión. La tala 20.5.1.3.1. establece valores re recubrimientos para elementos no presforzados entre 40 a 75 milímetros

SEGUNDO MOMENTO DE ÁREA: o inercia centroidal, ver inercia.

TEOREMA DE EJES PARALELOS: es la fórmula para calcular la inercia respecto a un eje cualquiera que no es el centroidal, no es más que la sumatoria de la inercia centroide mas el producto del área de la sección por el cuadrado de la distancia entre eje centroidal y el eje cualquiera que se analiza. $I_x = I_{centroide} + Area * d^2$

CONCRETO ARMADO 1
Primer semestre 2024

C. A. GRIJALVA
128 - 129