

Uso del hormigón celular en elementos estructurales

GALDEANO, MATÍAS - 38961
GÓMEZ, PEDRO - 38453
POLITINO, RODRIGO - 38727

Director (o tutor) del trabajo: Ing. Carlos Frau
Integrantes de la cátedra: Tit.: Ing. Pablo Martín
JTP.:Ing. Gustavo Castro
Ayte.:Ing. Helvio Grili

2020

Facultad Regional Mendoza
Universidad Tecnológica Nacional
Departamento Ing. Civi

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	6
1.1. Planteamiento del problema	6
1.2. Aplicación del tema	6
1.3. Historia y antecedentes	6
CAPITULO 2: ESTUDIO DEL MATERIAL - MARCO TEÓRICO	10
2.1. Hormigón	10
2.2. Hormigón liviano	11
2.3. Hormigón celular	13
2.3.1. Clasificación de hormigones celulares	13
2.3.2. Ventajas del hormigón celular	15
CAPÍTULO 3: PROPIEDADES HORMIGÓN CELULAR	16
3.1 Propiedades mecánicas	16
3.1.1 Resistencia a la compresión	16
3.1.2. Resistencia a la tracción	22
3.1.3. Resistencia al corte	25
3.1.4. Relación entre tensiones de tracción y compresión	27
3.1.5. Módulo de elasticidad	28
3.2. Densidad	31
3.3 Aislación térmica	33
3.4. Aislación acústica	40
3.5. Resistencia al fuego	42
3.6. Porosidad	44
CAPITULO 4: PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL HORMIGÓN CELULAR	47
4.1. Ejemplo de proceso de producción en empresa YTONG	48
4.1.1. Ejemplos de productos fabricados por YTONG	51
CAPÍTULO 5: ANTECEDENTES DE USO Y APLICACIONES	52
5.1. Antecedente nacional del hormigón celular: “Retak”	52
5.1.1. Sistema constructivo Retak	52
5.1.2. Productos Retak	52
5.1.3. Propiedades destacadas de Retak	54
5.1.3.1. Aislación Térmica	54
5.1.3.2. Aislación acústica	55

5.1.3.3. Liviandad	55
5.1.3.4. Resistencia al fuego	56
5.1.3.5. Capacidad portante	56
5.2. Antecedente regional del hormigón celular: “OBRAS – Premoldeados”	57
5.2.1. Viviendas industrializadas de “OBRAS - Premoldeados”	57
5.2.1.1 Antecedente de barrio industrializado – “Barrio Escorihuela”	57
CAPÍTULO 6: BASES PARA EL DISEÑO Y DIMENSIONADO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CELULAR	60
6.1 Cálculo de losa en hormigón celular	60
6.1.1 Datos	60
6.1.1.1 Condiciones ambientales y vida útil	60
6.1.1.2 Datos geométricos	61
6.1.1.3 Materiales a emplear	61
6.1.1.4 Análisis de cargas	61
6.1.2 Diseño	63
6.1.2.1 Diseño según la rigidez	63
6.1.2.2 Diseño según la resistencia	63
6.1.3 Detalle de armado	66
6.1.4 Análisis de sensibilidad de losa	66
6.1.4.1 Observaciones	68
6.2 Cálculo de viga en hormigón celular	68
6.2.1 Datos	68
6.2.1.1 Condiciones ambientales y vida útil	68
6.2.1.2 Datos geométricos	69
6.2.1.3 Materiales a emplear	69
6.2.1.4 Análisis de carga	69
6.2.1.5 Esquema estructural	70
6.2.1.6 Solicitaciones	70
6.2.2 Diseño	70
6.2.2.1 Diseño según la rigidez	70
6.2.2.2 Diseño según la resistencia	71
6.2.2.3 Diseño al corte	74
6.2.3 Detalle de Armadura	76
6.2.4 Análisis de sensibilidad de la Viga	76
6.2.4.1 Observaciones	78

6.3 Cálculo de columna de hormigón celular	78
6.3.1 Datos	78
6.3.1.1 Condiciones ambientales y vida útil	78
6.3.1.2 Datos geométricos	78
6.3.1.3 Materiales a emplear	79
6.3.1.4 Análisis de carga	79
6.3.2 Calculo de capacidad	79
6.3.3 Detalle de armadura	80
6.3.4 Análisis de sensibilidad de la columna	80
6.3.4.1 Observaciones	82
6.4 Cálculo tabique de hormigón celular	82
6.4.1 Datos	82
6.4.1.1 Condiciones ambientales y vida útil	82
6.4.1.2 Datos geométricos	83
6.4.1.3 Materiales a emplear	83
6.4.1.4 Análisis de carga	83
6.4.2 Calculo de tabique a flexión	85
6.4.3 Diseño a corte	88
6.4.4 Requerimientos adicionales para tabiques poco esbeltos	91
6.4.5 Detalles de armado de tabique	92
CAPÍTULO 7: DISEÑO ESTRUCTURAL Y ANALISIS SISMICO DE UNA VIVIENDA	94
7.1 Instrucción	94
7.3 Característica de los materiales	96
7.4 Análisis de cargas y acciones	96
7.5 Diseño estructural	98
7.6 Centro de masa	100
7.7 Centro de rigidez	101
7.4 Determinación de la acción sísmica por el método estático	102
7.4.1 Acción sísmica	102
7.4.2 Zonificación sísmica	104
7.4.3 Clasificación del sitio de emplazamiento de la construcción	104
7.4.4 Clasificación de las construcciones según su destino y funciones	105
7.4.5 Espectro de diseño	105
7.4.6 Factor de reducción	107
7.4.7 Acción sísmica horizontal	107

7.5	Calculo de la excentricidad estática	108
7.6	Calculo de la excentricidad accidental	108
7.7	Calculo de la excentricidad dinámica	109
7.8	Calculo del momento torsor	109
7.9	Distribución de la fuerza sísmica	110
7.9.1	Elementos sismorresistentes en la dirección X	110
7.9.2	Elementos sismorresistentes en la dirección Y	111
7.10	Verificación de tabique a corte	111
7.10.1	Verificación de la máxima resistencia al corte	111
7.10.2	Resistencia al corte proporcionado por el H° (art 11.10.5)	112
7.10.3	Fuerza sísmica	112
7.10.4	Armadura de corte horizontal	112
7.10.5	Separación máx. De armadura de corte horizontal (11.10.9.3)	113
7.10.6	Corte resistido por la armadura	113
7.10.7	Verificación a corte	113
7.11	Verificación de tabiques a flexo-compresión	114
7.11.1	Calculo de resistencia de diseño del tabique	114
7.11.1.1	Diagrama de interacción N-M	114
7.11.2	Verificación de capacidad	118
7.11.3	Determinar la armadura vertical (art. 14.3)	119
7.11.4	Separación de armadura	119
7.12	Detalle de armado	119
	CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES	121
	AGRADECIMIENTOS	123
	BIBLIOGRAFÍA	124
	ANEXOS	126
	Anexo 1 - Ensayos de laboratorio	126
	Anexo 2 - Análisis de sensibilidad Viga	147
	Anexo 3 - Análisis de sensibilidad de losa	182
	Anexo 4 - Análisis de sensibilidad columna	219
	Columna de 20cm x 20cm	219
	Columna de 25cm x 25cm	221
	Columna de 30cm x 20cm	223
	Anexo 5 - Diagramas de interacción	225
	Verificación de capacidad Tx2	225

Verificación de capacidad Tx3	226
Verificación de capacidad Tx4	227
Verificación de capacidad Tx5	229
Verificación de capacidad Tx4 sup	230
Verificación de capacidad Tx6	231
Verificación de capacidad Ty1	232
Verificación de capacidad Ty2	233
Verificación de capacidad Ty3	234

Palabras Clave: HORMIGON CELULAR
: HORMIGON LIVIANO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Según estimaciones de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Nación (desde marzo de 2018, Secretaría de Vivienda), en nuestro país el déficit habitacional es de 3,5 millones de viviendas. Entre las viviendas afectadas, 2,2 millones son viviendas deficitarias, 1,1 millones son de hacinamiento semi-crítico y 0,2 de hacinamiento crítico (CEDU, 2017). Este elevado déficit habitacional hace necesario el uso de sistemas constructivos que sean de rápida ejecución y buen desempeño. Para esto se han desarrollado diferentes sistemas constructivos haciendo uso de materiales alternativos y nuevas tecnologías constructivas.

En nuestro país es el hormigón es uno de los materiales más empleados en la industria de la construcción para la fabricación de elementos estructurales y no estructurales, por lo cual, en este proyecto estudiaremos una variante de este conocido material: el hormigón celular.

El hormigón celular es una alternativa innovadora y en desarrollo creciente para la elaboración de hormigones estructurales y no estructural. Con este material se consigue una gran disminución de la carga muerta o peso propio de la estructura, además de presentar muy buenas características de aislación térmica y acústica. Otros beneficios destacables del uso de este material es su fácil manipulación con el uso de herramientas sencillas que otorgan mayor rapidez en la construcción, menores costos de transporte y acarreo y ahorro en la mano de obra y montaje.

Los hormigones celulares tienen la ventaja de reducir el peso propio de la estructura, pero esta disminución está ligada a una reducción a la resistencia a la compresión $f'c$. Por este motivo se recomienda el uso de este material en:

- En elementos no estructurales y de relleno
- Elementos estructurales de edificaciones de baja altura

1.2. Aplicación del tema

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto estudiaremos la aplicación del hormigón celular en elementos estructurales orientadas al desarrollo de una tecnología de prefabricación para viviendas u otras estructuras bajas que permitan su uso.

1.3. Historia y antecedentes

Los romanos fueron los primeros en utilizar el concepto del hormigón alivianado, como se puede evidenciar en el Panteón de Agripa – Italia (Año 126 d.C.), el cual gradualmente disminuye el peso del hormigón a medida que se incrementa su altura hasta llegar a la cúpula que está compuesta de cemento y piedra pómez, al observar esta estructura fantástica que ya lleva en pie aproximadamente dos mil años se demuestra que una estructura no necesita ser pesada para ser sismo resistente.

El Panteón

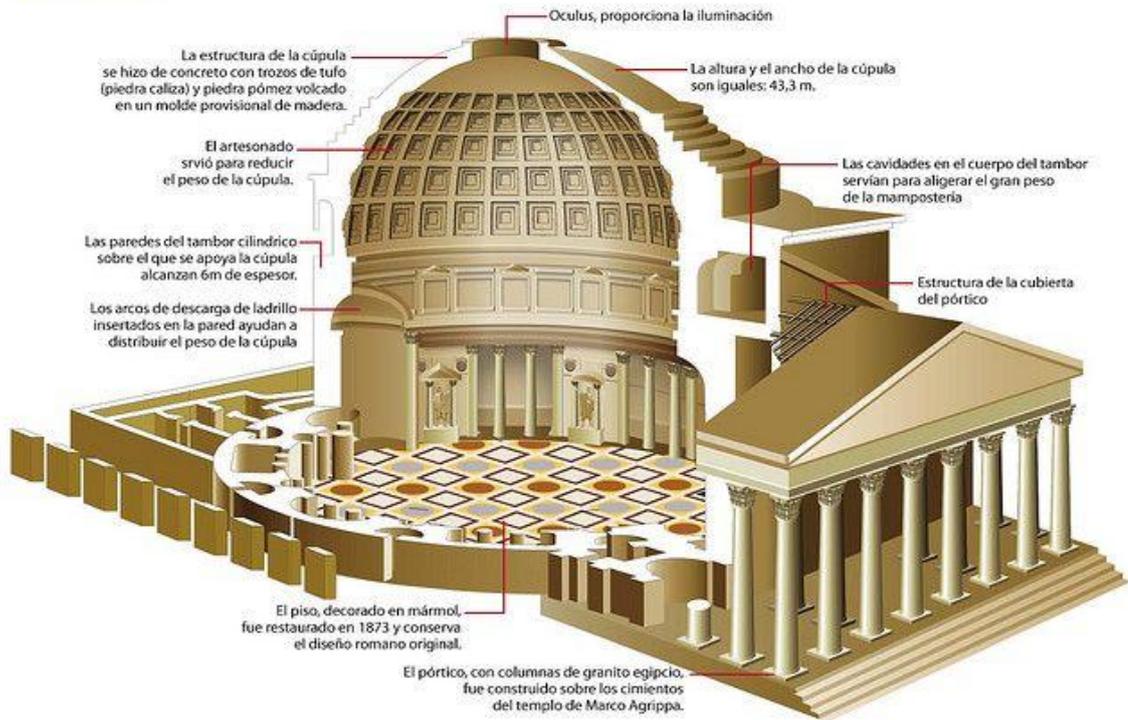


Figura 1. Imagen representativa del Panteón de Agripa – Italia



Figura 2. Foto del interior del Panteón de Agripa – Italia
Imágenes: <http://ipaez2.blogspot.com/2011/11/panteon.html>

Los primeros edificios construidos con hormigones estructurales livianos aparecieron luego de la Primera Guerra Mundial. En el año 1922 se construyó la ampliación del Gimnasio de la escuela de deportes acuáticos de la ciudad de Kansas y fue este el primer edificio construido con hormigón liviano estructural en la historia. El suelo donde se cimentó este edificio tenía una capacidad portante muy baja, por esta razón se optó por utilizar un hormigón liviano y poder así aligerar el peso que se descargaba al suelo. En 1943, Joseph Hebel, previendo la necesidad de la reconstrucción de Alemania por la II Guerra Mundial, se convenció de la necesidad de un nuevo material constructivo

que combinara las mejores características de los materiales existentes. Así, comenzó a producir hormigón celular en una fábrica cercana a Múnich, Alemania. Las ventajas de este material ligero, y a la vez resistente, pronto fueron reconocidas por la industria y su uso se generalizó a todo tipo de edificaciones.

No ha sido sino hasta hace pocos años que el interés de proporcionar un hormigón más liviano ha tomado fuerza con el desarrollo de espumas estables y métodos de uso que garantizan densidades y resistencias aceptables, recomendado en particular para el mercado residencial y la construcción de edificios, este tipo de hormigón es utilizado con frecuencia a escala europea; esta nueva alternativa es más antigua de lo que se suele pensar fue inventado en 1924 y patentada por J.A. Eriksson. Este arquitecto, de origen sueco, buscaba un material para la construcción que presenta las características positivas de la madera (aislamiento, solidez y ductilidad) y dejará de lado sus desventajas (combustible, fragilidad y necesidad de mantenimiento).

Plataforma petrolera Hibernia, Terranova, Canadá construída utilizando hormigón con agregados livianos:



Figura 3. A la izquierda la base estructural de la Plataforma Hibernia parcialmente sumergida y a la derecha la Plataforma Hibernia finalizada su construcción.

Imágenes: <https://www.hibernia.ca/>

Edificio construido por "BILT Tech" con hormigón celular autoclavado bajo la marca Biltech ACE de la India:



Figura 4. Imagen: Flickr – Avantha Group

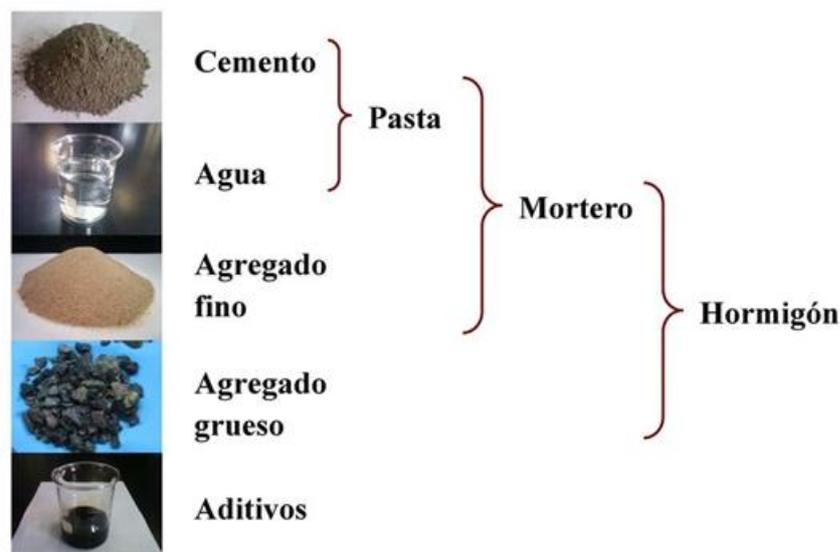
CAPITULO 2: ESTUDIO DEL MATERIAL - MARCO TEÓRICO

2.1. Hormigón

El hormigón es una mezcla homogénea de áridos finos, áridos gruesos, un aglomerante y agua en las debidas proporciones para que fragüe pasando de estado pastoso a sólido y endurezca adquiriendo resistencia mecánica. En el momento del amasado, se le puede añadir otros productos o materiales para mejorar alguna de sus características determinadas. El elemento aglomerante es el cemento. Por lo tanto, definiremos al hormigón como una mezcla homogénea de áridos gruesos y finos con cemento y agua.

Se le denomina mortero a la mezcla homogénea de áridos finos, un aglomerante y agua en las debidas proporciones para que fragüe pasando de estado pastoso a sólido y endurezca adquiriendo resistencia mecánica.

Materiales componentes del hormigón



INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO



El Reglamento CIRSOC 201 – 2005: “REGLAMENTO ARGENTINO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN”, da las siguientes definiciones:

Hormigón: Es una mezcla homogénea compuesta por una pasta de cemento y agua, con agregados gruesos y finos, que en estado fresco tiene cohesión y trabajabilidad y que luego, por el fraguado y el endurecimiento de la pasta cementicia, adquiere resistencia. Además de estos componentes básicos, también puede contener aditivos químicos y/o adiciones minerales pulverulentas.

Hormigón armado: Hormigón estructural con armadura de acero sin tensión previa, o con aceros de pretensado en mayor cantidad que la mínima especificada por este Reglamento.

Hormigón estructural: Todo hormigón utilizado con propósitos estructurales, incluyendo al hormigón simple y al hormigón armado (Se debe notar que de acuerdo con la definición anterior el hormigón armado incluye al hormigón pretensado).

Hormigón liviano estructural: Hormigón simple o armado que contiene agregados livianos y cuya masa por unidad de volumen del material seco a masa constante es igual o mayor que 800 kg/m³ y menor que 2000 kg/m³. Este material será objeto de un documento CIRSOC específico.

Hormigón prefabricado o premoldeado: Hormigón estructural colado en un lugar diferente al de su ubicación final en la estructura.

Hormigón pretensado: Hormigón estructural al que se le aplican esfuerzos internos a fin de reducir las potenciales tensiones de tracción en el hormigón, causadas por las cargas.

Hormigón simple: Hormigón estructural sin armadura o con menos armadura que la mínima especificada para el hormigón armado.

2.2. Hormigón liviano

El código que regula el uso de dichos hormigones es el CIRSOC 202 – 1985: “Hormigón liviano de estructura compacta, dimensionamiento, elaboración y control”. El mismo define como hormigones livianos a aquellos que contengan agregados livianos y cuya densidad de encuentre entre 800Kg/m³ – 2000Kg/m³



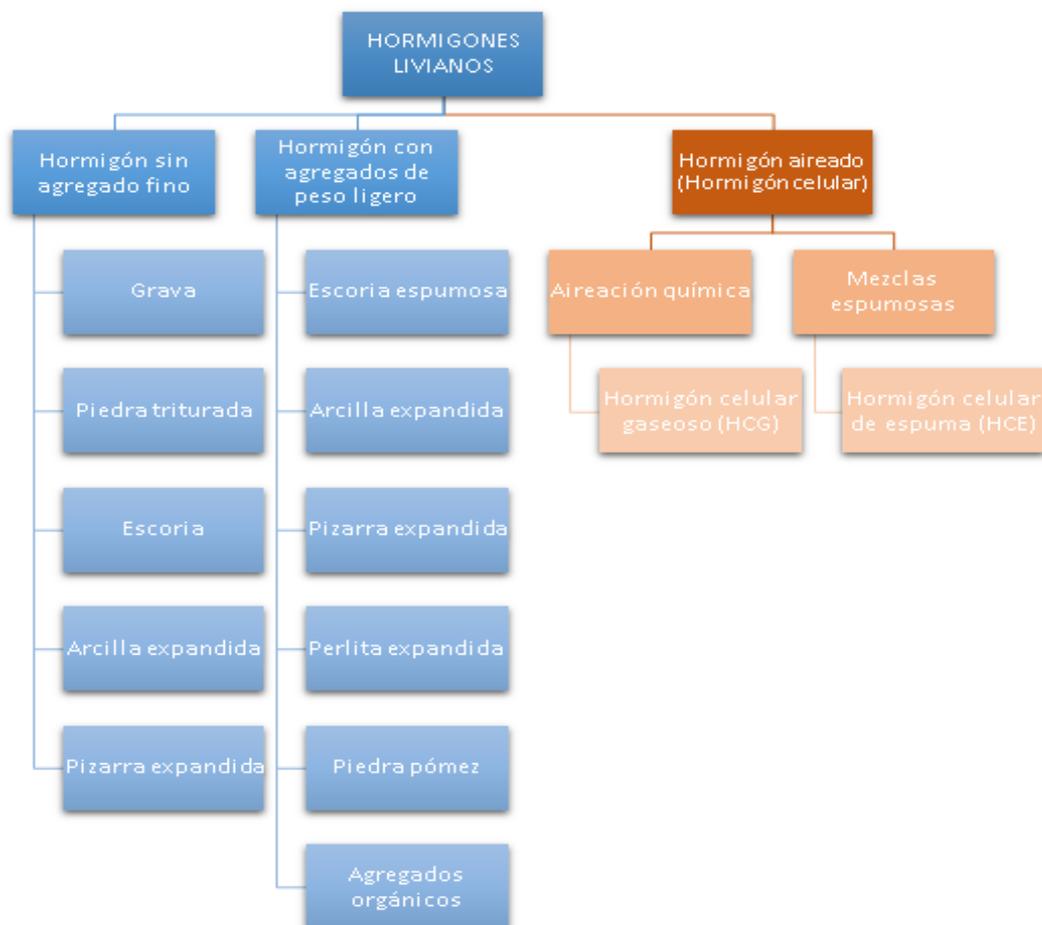
Figura 5. Agregados livianos [3]



Figura 6. Hormigón sin agregados finos

Imagen: <https://www.allanblock.com/esp%C3%B1ol/concreto-sin-finos.aspx>

En la actualidad se han desarrollado hormigones livianos a través del uso de aditivos que generan en la masa del material un volumen importante de vacíos llamados hormigones celulares, los cuales serán el objeto de estudio de este proyecto.



Esquema de elaboración propia

2.3. Hormigón celular

El ACI 523.2R-2 da la siguiente definición del hormigón celular: “Un producto ligero que consiste en cemento portland y/o cal con material fino silíceo, tal como arena, escoria o ceniza volante, mezclado con agua para formar una pasta que tiene vacíos homogéneos o una estructura celular. La estructura celular se alcanza esencialmente por la inclusión de vacíos macroscópicos como resultado de una reacción química que libera gas o de la incorporación mecánica de aire o de otros gases (se emplea por lo general curado en autoclave)”. [4]

El hormigón celular es un material de construcción destinado a la obra gruesa, ligero o liviano, se compone de agua, árido fino, cemento y pequeñas burbujas de aire distribuidas en la masa del hormigón. Se lo conoce además como hormigón aireado, hormigón gas y hormigón espuma. El material resultante de la mezcla es homogéneo, está compuesto por millones de micro células de aire lo que le confiere ciertas propiedades mecánicas, térmicas y acústicas, a más de su baja densidad.



Figura 7. Imagen: Wikipedia – Ytong



Figura 8. Imagen: Wikipedia – Hormigón celular

2.3.1. Clasificación de hormigones celulares

De acuerdo al proceso de fabricación y según la forma de producir la estructura celular se puede clasificar a los hormigones celulares en dos grandes grupos: [5]

- a) Hormigones celulares gaseosos (HCG)
- b) Hormigones celulares de espuma (HCE)

Hormigones celulares gaseosos (HCG)

Se utiliza un proceso químico que provoca en el seno de la pasta un desprendimiento de gases a partir de la reacción química.

Los procedimientos para la generación de burbujas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- 1) Incorporación a la mezcla de dos productos químicos susceptibles de reaccionar mutuamente y provocar un desprendimiento de gas en presencia del agua de mezclado.
 - Ácido clorhídrico y bicarbonato de sodio, con desprendimiento de gas carbónico.
 - Cloruro de cal y agua oxigenada, con desprendimiento de oxígeno.
 - Carburo de calcio y agua, con desprendimiento de acetileno.
- 2) Incorporación a la mezcla de un solo producto químico susceptible de reaccionar con el cemento en presencia del agua y provocar desprendimiento de gas.
 - Polvos metálicos (aluminio, zinc, magnesio, calcio, bario, litio).
 - Sales (carbonatos, bicarbonatos).
- 3) Incorporación a la mezcla de un producto susceptible de provocar un desprendimiento de gas por fermentación bajo el efecto del calor de hidratación del cemento como:
 - Levaduras orgánicas
 - Fermentaciones lácticas

Hormigones celulares de espuma (HCE)

Se utiliza un proceso mecánico a través del cual se introducen en la pasta agentes espumígenos o bien una espuma preformada. Por la agitación durante el amasado, se genera espuma con burbujas de aire, que al endurecer la mezcla quedan atrapadas las burbujas formando micro células que no están comunicadas entre sí.



Figura 9. A la izquierda la colocación de espuma durante el amasado y la derecha la consistencia final del hormigón celular en estado fresco.

Imágenes: <https://concretocelular.wixsite.com/wiezece>

2.3.2. Ventajas del hormigón celular

- ✓ **Absorción.** Las pruebas realizadas han demostrado que el espumante produce un concreto celular con una absorción de agua muy baja. Cuanto mayor sea el contenido de aire, menor será la absorción de agua.
- ✓ **Resistencia al fuego.** Es extremadamente resistente al fuego y es apto para los trabajos con riesgo de incendio. Las pruebas han demostrado que, además de la protección prolongada contra el fuego, la aplicación de un calor intenso, como una llama a alta energía mantenida cercana a la superficie, no provoca ni la rotura ni la explosión, contrariamente al comportamiento del concreto con densidad normal.
- ✓ **Durabilidad.** Es un material de larga duración que no está sometido al efecto del tiempo. No se descompone y es duradero como una roca. Su alta resistencia a la compresión permite que se pueda utilizar un menor peso/volumen en la construcción.
- ✓ **Aislamiento térmico.** Gracias a la alta variación térmica, las construcciones con concreto celular logran acumular calor, lo que permite reducir los gastos de calefacción del 20 al 30%. Esta propiedad depende directamente de la densidad del hormigón. A mayores densidades se obtiene menor aislación térmica.
- ✓ **Montaje rápido.** La baja densidad y, por tanto, la ligereza del concreto celular permite aumentar sensiblemente la velocidad de colocación. El concreto celular se puede trabajar y cortar fácilmente para ranurar canales y pasos para cables eléctricos y tubos.
- ✓ **Aislamiento acústico.** Tiene una absorción acústica alta. Los edificios construidos con concreto celular cumplen las normas en materia de aislamiento acústico.
- ✓ **Compatibilidad ambiental.** Su respeto medioambiental es sólo superado por la madera. El coeficiente de compatibilidad ambiental del concreto poroso es 2; el de la madera 1, el de los ladrillos 10 y el de los bloques de arcilla expandida 20.
- ✓ **Versatilidad.** Gracias a su facilidad de elaboración, se pueden producir varias formas de ángulos, arcos y pirámides que aumentan el valor estético de los edificios.
- ✓ **Economía.** El concreto celular pesa del 10% al 87% menos respecto al concreto de peso normal. Esta fuerte reducción en el peso, supone un ahorro importante sobre el costo de la estructura y los cimientos.

CAPÍTULO 3: PROPIEDADES HORMIGÓN CELULAR

En este capítulo se resumen las propiedades del hormigón celular. Para esto, en cada propiedad se estudia la información que se ha recopilado de la bibliografía, de ensayos experimentales obtenidos y de las normas y reglamentaciones correspondientes (IRAM, ACI, CIRSOC). En cada caso se menciona la fuente de la cual se obtiene la información. Luego para cada propiedad se presenta un resumen con los valores obtenidos y recomendados.

3.1 Propiedades mecánicas

3.1.1 Resistencia a la compresión

a. Fundamento teórico:

Los principales factores que afectan la resistencia a la compresión del concreto celular son la densidad, el contenido de cemento, el tipo y cantidad de agregado, la relación agua/cemento, los aditivos, el agente espumante y las condiciones de curado.

La siguiente tabla presenta una visión general de la resistencia a la compresión del hormigón celular de varias densidades y composiciones de mezclas reportadas por diferentes autores. [6]

Autor (año)	Proporción de Cemento [kg/m ³]	S / C: relación arena-cemento	w / c: relación agua-cemento	Rango de densidad [kg / m ³]	Resistencia a compresión [MPa] (28 días)
McCormick (1967)	335-446	0.79-2.8	0.35-0.57	800-1800	1.8-17.6
Tam et al. (1987)	390	1.58-1.73	0.6-0.8	1300-1900	1.81-16.72
Regan y Arasteh (1990)	-	0.6 (ALC/C) ALC: Agregado ligero contenido	0.45-0.6	800-1200	4-16

Tabla N°1

Se observa que la resistencia a la compresión disminuye exponencialmente con una reducción en la densidad del hormigón celular. Para la densidad seca del hormigón celular entre 500 y 1000 kg/m³, la resistencia a la compresión disminuye con un aumento en el diámetro vacío. Para densidades superiores a 1000 kg/m³, dado que los huecos de aire están muy separados para influir en la resistencia a la compresión, la composición de la pasta determina la resistencia a la compresión.

Se ha informado que los pequeños cambios en la relación agua-cemento no influyen en la resistencia del hormigón celular como en el caso del hormigón de peso normal. A relaciones más altas de agua-cemento (dentro del límite de consistencia y estabilidad) se observa un aumento en la resistencia con un aumento en la relación agua-cemento, justo opuesto a la tendencia generalmente observada para concreto/mortero convencional donde el aire atrapado el contenido es solo un pequeño porcentaje por volumen. Se ha observado que la resistencia del hormigón celular curado en húmedo depende tanto de la relación agua-cemento como de la relación aire-cemento, y cuando la composición volumétrica de los vacíos de aire se aproxima a la de los vacíos de agua, se debe considerar el efecto combinado.

Para una densidad dada, la mezcla con arena fina resultó en una mayor resistencia que la mezcla con arena gruesa y la variación es mayor a mayor densidad. Esta mayor relación resistencia / densidad se atribuye a la distribución relativamente uniforme de los poros en el hormigón celular con arena fina, mientras que los poros eran más grandes e irregulares para las mezclas con arena gruesa.

En términos de régimen de curado, el autoclavado aumenta la resistencia a la compresión. En general, se informa que la resistencia a la compresión del hormigón celular curado con agua es mayor que la curada en el aire. Pero se observan mayores resistencias para el curado con aire húmedo a una temperatura de alrededor de 40°C en comparación con las muestras curadas con agua normales. El bajo costo del curado en húmedo es una alternativa atractiva y viable en muchas aplicaciones, aunque el desarrollo de la resistencia es bastante lento. El curado en autoclave se usa generalmente para elementos prefabricados de hormigón celular estructural.

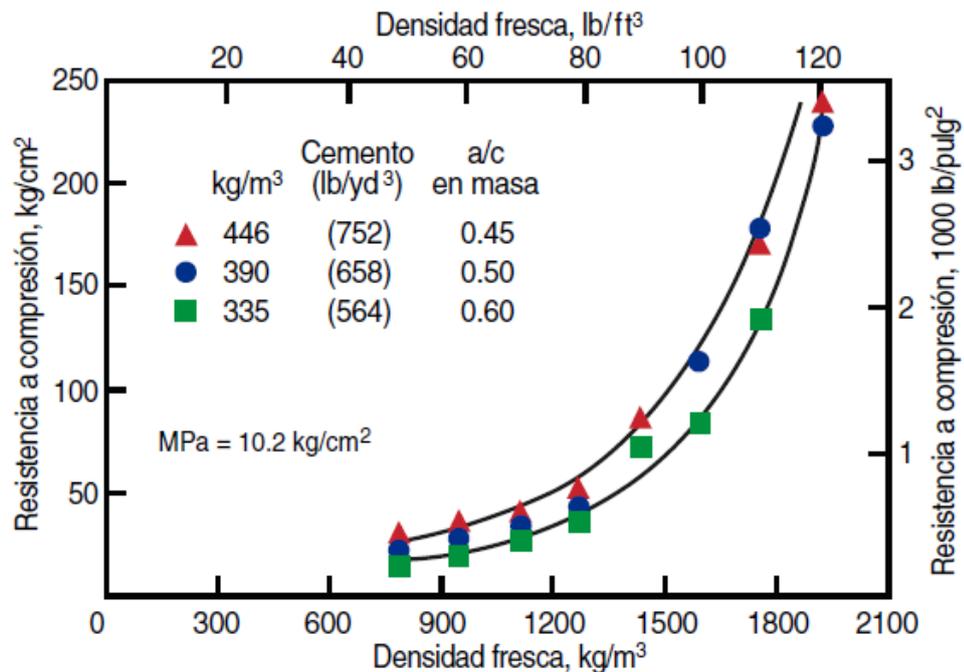


Figura 10. Densidad del concreto fresco versus resistencia a compresión de concretos celulares arenosos. Se determinó la resistencia a compresión en cilindros de 150 x 300mm que tuvieron 21 días de curado con humedad relativa de 100%, seguidos de 7 días al aire con 50% de HR (McCormick 1967 y ACI 523.3R)

La curva en la figura anterior indica cómo la resistencia a la compresión del hormigón celular se ve afectada tanto por la relación agua-cemento como por el contenido de cemento. Las relaciones mínimas de agua-cemento son consistentes con los contenidos de arena y cemento para proporcionar una mezcla viable para secciones poco profundas, como losas y vigas. [7]

b. Normas:

- Reglamento CIRSOC 202 - Hormigón Liviano de Estructura Compacta, Dimensionamiento, Elaboración y Control:

El hormigón liviano de obra se clasifica en función de su resistencia característica de rotura a compresión correspondiente a la edad de 28 días, determinada mediante ensayos de probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. Cuando el director de obra autorice el empleo de cemento de alta resistencia inicial, la resistencia característica se determinará mediante ensayos realizados a la edad de 7 días. Las clases de resistencia son HL-4 a HL-30, cuyas aplicaciones se rigen por la Tabla siguiente.

Tabla de clases de resistencia del hormigón liviano y aplicaciones

1	2	3		4		5	6
Hormigón Grupo	Hormigón de Clase de resistencia	Resistencia característica (σ'_{bk}) a la edad de 28 días, según lo establecido en el artículo 6.6.2.1. del CIRSOC 201		Resistencia media mínima de cada serie de 3 ensayos consecutivos, según lo establecido en el artículo 6.6.3.11.2 a) del CIRSOC 201		Cumple las condiciones establecidas en los artículos del CIRSOC 201	Aplicaciones
		MN/m ²	(kgf/cm ²)	MN/m ²	(kgf/cm ²)		
HL - I	HL - 4	4	(40)	7,0	(70)	6.6.3.	Hormigón simple únicamente
	HL - 8	8	(80)	12,0	(120)		
	HL - 13	13	(130)	17,5	(175)		Hormigón simple y Hormigón armado
	HL - 17	17	(170)	21,5	(215)		
HL - II	HL - 21	21	(210)	26,0	(260)	6.6.4.	
	HL - 30	30	(300)	35,0	(350)		

Tabla N°2

De la anterior tabla se observa que el requerimiento mínimo de resistencia para estructuras de hormigón liviano armado es de 13 MPa (HL-13). Siendo que en Argentina no se dispone aún de un código específico de hormigón celular, tendremos en cuenta para este estudio las disposiciones del CIRSOC 202 de hormigones livianos.

- ACI 523.3R-93:

Siendo que el ACI cuenta con normativas y estudios más actualizados sobre el hormigón celular se tendrá en cuenta la información extraída de dicha norma.

Tabla de dosificaciones para concreto celular expuesta en el reporte ACI 523.3R-93.

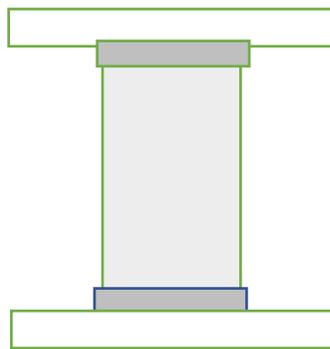
Densidad húmeda	Resistencia a la compresión		Cemento Portland tipo I	Arena	Agua	Espuma	ar/c	ag/c	es/c
	kg/m ³	MPa							
800	18	1,72	335	265	170	622	0,79	0,51	1,86
800	21	2,07	390	215	165	630	0,55	0,42	1,61
800	28	2,76	446	129	194	615	0,29	0,43	1,38
960	25	2,41	335	425	174	559	1,27	0,52	1,67
960	28	2,76	390	374	168	567	0,96	0,43	1,45
960	35	3,45	446	290	197	559	0,65	0,44	1,25
1120	32	3,10	335	586	177	496	1,75	0,53	1,48
1120	35	3,45	390	534	171	504	1,37	0,44	1,29
1120	42	4,14	446	473	176	504	1,06	0,40	1,13
1280	42	4,14	335	744	180	433	2,22	0,54	1,29
1280	46	4,48	390	694	175	437	1,78	0,45	1,12
1280	49	4,83	446	633	180	437	1,42	0,40	0,98
1440	77	7,59	335	955	132	400	2,85	0,39	1,19
1440	77	7,59	390	854	177	385	2,19	0,45	0,99
1440	91	8,97	446	794	183	374	1,78	0,41	0,84
1600	88	8,62	335	1065	187	304	3,18	0,56	0,91
1600	120	11,73	390	1033	161	319	2,65	0,41	0,82
1600	127	12,41	446	954	187	307	2,14	0,42	0,69
1760	141	13,78	335	1226	190	241	3,66	0,57	0,72
1760	183	17,94	390	1193	164	259	3,06	0,42	0,66
1760	176	17,24	446	1088	213	233	2,44	0,48	0,52
1920	233	22,89	390	1295	228	159	3,32	0,59	0,41
1920	247	24,27	446	1249	216	170	2,80	0,49	0,38

Tabla N°3

c. Ensayos:

A continuación, se presentan los resultados de ensayos de resistencia a la compresión simple realizados para la empresa OBRAS – Premoldeados (cortesía de Daniel Moreno). Se presenta un resumen con los resultados de los ensayos, los cuales se adjuntan completos en los anexos “Ensayos Físicos - Mecánicos de Probetas de Hormigones Celulares, realizado por la Universidad Nacional de San Juan.”

Para dicho ensayo se utilizaron probetas cilíndricas de 15cm x 30cm con un contenido de cemento portland de 300 Kg/m³. El mismo consiste en ubicar la probeta en la prensa, entre dos cabezales, con caras perfectamente planas, asegurando que la carga esté alineada con el eje de la probeta. Luego se aplica la carga de compresión a razón de 0,2 – 0,6 MPa/s, hasta llegar a la rotura de la probeta.



$$\sigma_{rot} = P/A$$

Donde:

P: carga máxima

A: área transversal

Probetas Cilíndricas: 15cm x 30cm

Cemento Portland: 300 Kg/m³

IMS N°	Mezcla	Prob N°	Edad [días]	Diám. [cm]	Alt. [cm]	Peso [gr]	Carga [Kg]	Pu [gr/cm ³]	σ_{rot} [Kg/cm ²]	E [Kg/cm ²]
940	A	P1	8	15,18	30,00	7.840	8.200	1,38	45,31	36.622
971		P1	28	15,71	30,91	8.420	5.200	1,41	26,83	-
972		P2		14,92	30,05	5.600	5.250	1,07	30,03	-
973		P3		14,95	29,94	5.360	3.850	1,02	21,93	-
983		P4		15,17	30,52	8.560	10.000	1,55	55,33	-
944	B	P2		8	15,10	30,00	5.900	5250	1,10	29,32
974		P1	28	14,93	30,17	7.420	7.600	1,40	43,41	-
975		P2		14,87	29,98	7.220	8.000	1,39	46,07	-
976		P3		14,83	30,09	5.960	7.400	1,12	42,84	-
946	C	P1		8	14,60	29,70	8.040	13.450	1,62	80,34
977		P1	28	14,52	29,93	8.320	20.400	1,68	123,20	81.761
978		P2		14,52	29,78	7.140	11.500	1,45	69,45	55.654
979		P3		14,41	29,81	7.760	14.650	1,60	82,83	-
988		P4		14,43	29,85	7.480	12.800	1,53	78,27	-
949	E	P1		8	15,00	30,34	9.080	12.850	1,69	72,72
980		P1	28	14,96	29,74	8.460	6.600	1,62	37,55	76.728
981		P2		15,05	29,77	8.280	6.300	1,56	35,41	61.299
982		P3		15,05	29,32	7.620	6.650	1,46	37,38	-
991		P4		15,05	29,80	8.420	6.800	1,59	38,22	-

Tabla N°4. Se adjuntan en el anexo de este Informe Técnico las gráficas del comportamiento del material con su correspondiente Módulo de Elasticidad Longitudinal a la edad de 7 y 28 días.

A continuación, se determina un promedio del peso unitario y la tensión de rotura para cada pastonada. Para esto sólo se tuvieron en cuenta los valores de las probetas ensayadas a los 28 días de edad.

Tabla - Promedio para probetas cilíndricas (15cm x 30cm).

Probeta	Peso unitario [gr/cm ³]	Tensión de rotura [Kg/cm ²]	Peso unitario promedio por pastonada		Tensión de rotura promedio por pastonada	
			[gr/cm ³]	[Kg/m ³]	[Kg/cm ²]	[MPa]
AP1	1,41	26,83	1,26	1260	33,53	3,42
AP2	1,07	30,03				
AP3	1,02	21,93				
AP4	1,55	55,33				
BP1	1,40	43,41	1,30	1300	44,11	4,50
BP2	1,39	46,07				
BP3	1,12	42,84				
CP1	1,68	123,20	1,57	1570	88,44	9,02
CP2	1,45	69,45				
CP3	1,60	82,83				
CP4	1,53	78,27				
EP1	1,62	37,55	1,56	1560	37,14	3,79
EP2	1,56	35,41				

EP3	1,46	37,38				
EP4	1,59	38,22				

Tabla N°5

Conclusión del ensayo:

- De la tabla de “Promedio para probetas cilíndricas (15cm x 30cm)” se observa que los pesos unitarios y las tensiones de rotura promedio obtenidas coinciden aproximadamente con los valores presentados en la “Tabla de dosificaciones para concreto celular expuesta en el reporte ACI 523.3R-93”. Las pequeñas diferencias obtenidas se deben a la variación en la dosificación con respecto al hormigón celular utilizado para la elaboración de las probetas y principalmente al contenido de cemento.
- Se observa también que las resistencias obtenidas son intermedias (menores a 10Mpa) debido a que el contenido de cemento fue de 300 Kg/m³. Se pueden obtener mayores resistencias en dosificaciones con mayor contenido de cemento.

d. Resumen y conclusión resistencia a compresión:

De la anterior información recopilada se destaca que según el reglamento CIRSOC 202 de hormigones livianos la resistencia a compresión mínima para hormigones livianos estructurales es de 13MPa (HL - 13). Siendo que no se encuentra vigente en Argentina una norma específica para hormigones celulares, y teniendo en consideración que el hormigón celular puede clasificarse como un tipo de hormigón liviano, es que se tomará en cuenta para este estudio la anterior limitación de resistencia a compresión mencionada.

Se observa además que se verifica tanto en la bibliografía, normas, como en ensayos locales, que una resistencia a compresión entre 13 – 15 MPa es posible de alcanzar

Por lo dicho anteriormente, para este proyecto se considerarán resistencias a compresión del hormigón celular de entre 13 – 15 MPa.

para densidades altas con dosificaciones determinadas.

3.1.2. Resistencia a la tracción

a. Fundamento teórico:

La resistencia a la tracción del hormigón celular tiene una relación similar a la resistencia a la compresión que con el hormigón de peso normal. La resistencia a la tracción es típicamente del 10 al 15% de la resistencia a la compresión. Dado que los hormigones celulares de baja densidad tienen resistencias a la tracción muy bajas,

agregar fibra para aumentar la resistencia a la tracción es beneficioso y generalmente rentable para aplicaciones específicas. [8]

b. Normas:

No se presenta información específica sobre la resistencia a compresión diametral del hormigón celular.

En el artículo 11.2 del código CIRSOC 201 se menciona la aplicación de la resistencia a compresión diametral del hormigón liviano: [1]

Hasta tanto entre en vigencia legal el Reglamento CIRSOC 202-2007: "Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón Ejecutado con Agregados Livianos" se deberá aplicar alguna de las siguientes modificaciones, según corresponda, para el valor de $f'c$ en las expresiones dadas en este Capítulo 11, con excepción de los artículos 11.5.5.3., 11.5.7.9., 11.6.3.1., 11.12.3.2. y 11.12.4.8.

11.2.1.1. Cuando se especifique el valor de f_{ct} , se deberá sustituir $\sqrt{f'c}$ por $1,8 f_{ct}$ pero $1,8 f_{ct}$ deberá ser siempre igual o menor que $\sqrt{f'c}$. Se podrá interpolar linealmente cuando se utilice reemplazo parcial de arena.

11.2.1.2. Cuando no se especifique el valor de f_{ct} , todos los valores de $\sqrt{f'c}$ se deberán multiplicar por 0,85 para hormigones livianos con arena de densidad normal, y por 0,75 para hormigones con todos sus componentes livianos.

Siendo:

f_{ct} = valor promedio de la resistencia a la tracción por compresión diametral del hormigón liviano, en MPa.

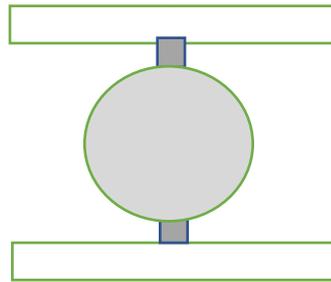
c. Ensayos:

A continuación, se presentan los resultados de ensayos de resistencia a la compresión diametral y a tracción directa realizados para la empresa OBRAS – Premoldeados (cortesía de Daniel Moreno). Se presenta un resumen con los resultados de los ensayos, los cuales se adjuntan completos en el anexo 1 “Ensayos Físicos - Mecánicos de Probetas de Hormigones Celulares, realizado por la Universidad Nacional de San Juan.”

Para dicho ensayo se utilizaron probetas cilíndricas de 15cm x 30cm con un contenido de cemento portland de 300 Kg/m³.

- Ensayo de Resistencia a la Compresión Diametral

Se realizó en la prensa colocando la probeta de forma horizontal. Entre los platos de la prensa y la probeta se colocan dos placas de una madera resistente como se ve en la figura; esto hace que la carga se distribuya uniformemente a lo largo de la probeta. Luego se aplica la carga hasta la rotura de la probeta.



$$f_t = \frac{2P}{\pi \times \phi \times l}$$

Donde:

P: carga máxima

φ: diámetro del cilindro inscripto

l: longitud a lo largo de la cual se aplica la carga

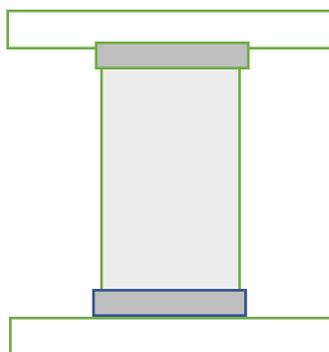
Probetas cilíndricas (15cm x 30cm)

IMS N°	Mezcla	Probeta N°	Edad [días]	Diámetro [cm]	Altura [cm]	Peso [gr]	Carga [Kg]	Pu [gr/cm ³]	τ _{rot} [Kg/cm ²]
942	A	P3	8	15,00	30,00	7.140	4.300	1,35	6,08
945	B	P3		15,18	30,20	6.900	4.600	1,26	6,39
947	C	P2		14,67	29,70	7.020	5.500	1,40	8,04
951	E	P3		14,90	29,62	8.300	4.800	1,77	7,27

Tabla N°6

- Ensayo de Tracción Directa

Por medios de adhesivos se adhiere la probeta a los platos de carga y se aplica un esfuerzo de tracción directo sobre toda la cara del elemento hasta la rotura.



$$f_t = P/A$$

Donde:

P: carga máxima

A: área transversal

Probetas Cilíndricas 15 cm x 30 cm.

IMS N°	Mezcla	Probeta N°	Edad [días]	Diámetro [cm]	Altura [cm]	Peso [gr]	Carga [Kg]	Pu [gr/cm ³]	σ_{rot} [Kg/cm ²]
941	A	P2	8	15,10	30,60	8.020	950	1,46	5,30
984		P5	28	14,61	30,07	5.380	50	1,07	0,30
985		P6		15,11	30,08	8.300	1450	1,54	8,09
943	B	P1	8	15,00	30,20	5.420	250	1,02	1,41
986		P4	28	14,72	30,21	6.400	800	1,25	4,70
987		P5		14,86	30,13	6.300	800	1,21	4,61
948	C	P3	8	14,90	30,00	6.720	900	1,28	5,16
989		P5	28	14,92	30,02	7.980	1.150	1,52	6,58
990		P6		14,62	29,77	7.900	900	1,58	5,36
950	E	P2	8	15,20	29,60	7.620	950	1,42	5,24
992		P5	28	14,83	29,40	7.840	1.400	1,54	8,11
993				15,01	29,69	7.260	1.000	1,37	5,62

Tabla N°7

d. Resumen y conclusión resistencia a tracción:

En base a la información recopilada se observa que la resistencia a tracción está entre el 10-15% de la resistencia a compresión. Este valor también se ve también reflejado en los ensayos anexados.

3.1.3. Resistencia al corte

a. Fundamento teórico:

Se dispone de datos muy limitados sobre la resistencia al corte del hormigón celular. Las pruebas de vigas de hormigón celular con una densidad de fundición que oscila entre 800 y 1440 kg / m³ han indicado que la resistencia al corte de tales mezclas puede estimarse utilizando el requisito del Código ACI para hormigón ligero. [8]

También se informaron pruebas de corte directo del hormigón celular reforzado con fibra de polipropileno. Se observa que las fibras de polipropileno picadas de 12 mm de longitud en el rango de dosificación de 1-3 kg / m³ mejoran el comportamiento al corte del hormigón celular equivalente al de las vigas de hormigón normales. También se informa que el uso de fibras mitiga la fragilidad, al tiempo que reduce su peso y costo. [6]

b. Normas:

No se presenta información específica sobre la resistencia a compresión diametral del hormigón celular.

- ACI 523.3 - 1993:

Artículo 5.3.6. Los datos de corte y tensión diagonal no están disponibles para indicar que los requisitos de ACI 318 pueden aplicarse al concreto celular. Cualquier aplicación proyectada de este tipo debe verificarse mediante prueba.

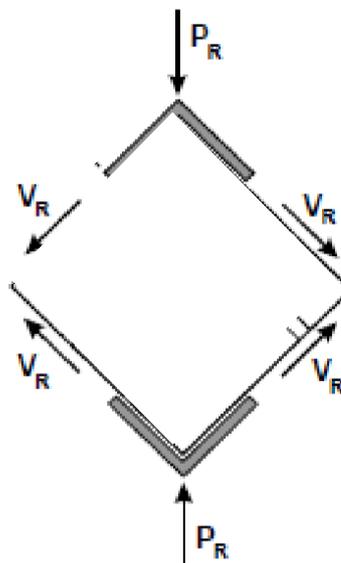
c. Ensayos:

A continuación, se presentan los resultados de ensayos de resistencia al corte por compresión diagonal realizados para la empresa OBRAS – Premoldeados (cortesía de Daniel Moreno). Se presenta un resumen con los resultados de los ensayos, los cuales se adjuntan completos en el anexo 1: “Ensayos Físicos - Mecánicos de Probetas de Hormigones Celulares, realizado por la Universidad Nacional de San Juan.”

Para dicho ensayo se utilizaron paneles de hormigón celular de 60cm x 60cm x 15cm con un contenido de cemento portland de 300 Kg/m³.

El ensayo a la compresión diagonal de paneles de hormigón se efectuará aplicando una carga de compresión según una diagonal del panel, hasta llegar a la rotura.

La resistencia al corte de cada panel ensayado se determinará dividiendo la proyección de la carga de rotura, por el área bruta de la sección transversal del panel según la misma dirección. A tal fin se utilizarán las siguientes expresiones



$$V_R = 0,7 \times P_R$$

$$\tau_{rot} = \frac{V_R}{A_g}$$

Donde:

P_R : carga máxima

A_g : área = 60cm x 15cm

Paneles: 60cm x 60cm x 15cm

Mezcla	Probeta N°	L ₁ [cm]	L ₂ [cm]	e [cm]	Carga [Kg]	τ_{rot} [Kg/cm ²]
A	1	60,00	60,00	15,00	1.170	0,91
	2	60,00	60,00	15,00	1.130	0,88
	3	59,50	59,50	15,30	8.600	6,61
	4	60,00	60,00	15,00	1.140	0,89
B	1	60,20	60,20	14,80	2.200	1,73
	2	60,00	60,00	15,30	1.900	1,45
	3	60,50	60,50	15,30	1.700	1,29
	4	59,50	59,50	16,00	2.400	1,76
C	1	60,20	60,20	15,40	1.320	1,00
	2	59,80	59,80	15,60	1.900	1,43
	3	60,00	60,00	15,20	1.520	1,17
	4	60,50	60,50	15,00	9.800	7,56

Tabla N°8

d. Resumen y conclusión resistencia a tracción:

Según la información recopilada se concluye que no hay información suficiente para adoptar un valor teórico para la resistencia al corte por lo cual se debe determinar mediante ensayos

3.1.4. Relación entre tensiones de tracción y compresión

De los ensayos de resistencia a compresión y a la tracción directa tabulamos los valores de σ_{rot} con el fin de realizar una comparación entre las tensiones de rotura

σ_{rot} Compresión	σ_{rot} Tracción
21,93	0,3
26,83	1,41
29,32	4,61
30,03	4,7
35,41	5,16
37,38	5,24
37,55	5,3
38,22	5,36
42,84	5,62
43,41	6,58
45,31	8,09
46,07	8,11
55,33	-

	69,45	-
	72,72	-
	78,27	-
	80,34	-
	82,83	-
	123,2	-
Promedio	54,14	5,04

Tabla N°9

$$\text{Relacion} = \frac{\sigma_{\text{rot compresion}}}{\sigma_{\text{rot traccion}}} = \frac{54,14}{5,04} = 10,74\%$$

Se calculo el promedio de las tensiones para cada caso y se realizó la relación entre los mismos, arrojando un valor de 10,74 lo que afirma la consideración de que la resistencia a tracción está entre el 10-15% de la resistencia a compresión

3.1.5. Módulo de elasticidad

a. Fundamento teórico

El módulo de elasticidad (E) del concreto es una medida de la deformación que sufrirá el material bajo condiciones de carga de corta duración en el rango elástico.

El módulo de elasticidad (Ec) del hormigón celular es función de su densidad y resistencia a la compresión. Es razonable que el concreto celular tenga un módulo de elasticidad más bajo que el concreto convencional, porque el concreto celular tiene una menor resistencia a la compresión. [8]

b. Norma

El código CIRSOC 202 permite estimar el valor del módulo de elasticidad longitudinal Elb, mediante la siguiente expresión tomada del A.C.I. [2]

$$E_{lb} = 0,043 \sqrt{\rho^3 \cdot \sigma'_{bk}}$$

Donde:

- Elb: módulo de elasticidad longitudinal (MN/ m2)
- σ'_{bk} : resistencia característica a la edad de 28 días (MN/m2)
- ρ : densidad del hormigón liviano (kg/m3)

Esto conduce a los siguientes valores de módulo de elasticidad para hormigones livianos:

$\sigma'_{bk} \rho$	1400	1600	1800	2000
13	8100	9900	11800	13900
17	9300	11300	13500	15900
21	10300	12600	15000	17600
30	12300	15100	18000	21100

Tabla N°10

Por otra parte, el CIRSOC 201 menciona esta misma fórmula para el cálculo del módulo de elasticidad para hormigones con densidades comprendidas entre 1500 y 2500 kg/m³. [1]

$$E_c = w_c^{1.5} 0,043 \sqrt{f'_c} \quad (\text{en MPa})$$

- f'_c = resistencia a la compresión, en MPa
- W_c = densidad (peso unitario) del hormigón especificado, en kg/m³.

c. Ensayos

A continuación, se presentan los resultados de ensayos de resistencia a la compresión simple realizados para la empresa OBRAS – Premoldeados

Los mismos se desarrollaron en probetas de cilíndricas de 15cm x 30cm. Arrojando los siguientes resultados

IMS N°	Mezcla	Prob N°	Edad [días]	Diám. [cm]	Alt. [cm]	Peso [gr]	Carga [Kg]	Pu [gr/cm ³]	σ_{rot} [Kg/cm ²]	E [Kg/cm ²]
940	A	P1	8	15,18	30,00	7.840	8.200	1,38	45,31	36.622
971		P1	28	15,71	30,91	8.420	5.200	1,41	26,83	-
972		P2		14,92	30,05	5.600	5.250	1,07	30,03	-
973		P3		14,95	29,94	5.360	3.850	1,02	21,93	-
983		P4		15,17	30,52	8.560	10.000	1,55	55,33	-
944	B	P2	8	15,10	30,00	5.900	5250	1,10	29,32	22.251
974		P1	28	14,93	30,17	7.420	7.600	1,40	43,41	-
975		P2		14,87	29,98	7.220	8.000	1,39	46,07	-
976		P3		14,83	30,09	5.960	7.400	1,12	42,84	-
946	C	P1	8	14,60	29,70	8.040	13.450	1,62	80,34	70.758
977		P1	28	14,52	29,93	8.320	20.400	1,68	123,20	81.761
978		P2		14,52	29,78	7.140	11.500	1,45	69,45	55.654
979		P3		14,41	29,81	7.760	14.650	1,60	82,83	-
988		P4		14,43	29,85	7.480	12.800	1,53	78,27	-
949	E	P1	8	15,00	30,34	9.080	12.850	1,69	72,72	93.593
980		P1	28	14,96	29,74	8.460	6.600	1,62	37,55	76.728
981		P2		15,05	29,77	8.280	6.300	1,56	35,41	61.299
982		P3		15,05	29,32	7.620	6.650	1,46	37,38	-
991		P4		15,05	29,80	8.420	6.800	1,59	38,22	-

Tabla N°11

d. Resumen y conclusión de densidad:

En base a la fórmula definida por el código CIRSOC 201 se formulará un cuadro calculando los módulos de elasticidad, teniendo en cuenta valores de densidad de entre 1600 – 1800 Kg/m³ y resistencia a compresión de entre 13 - 15 MPa.

Densidad (kg/m ³)	f'c (MPa)	E (MPa) = $Wc^{1,5} \cdot 0,043 \cdot \sqrt{f'c}$
1600	13	9922,48
1700		10867,10
1800		11839,92
1600	14	10297,04
1700		11277,32
1800		12286,87
1600	15	10658,45
1700		11673,13
1800		12718,12

Tabla N°12

3.2. Densidad

a. Fundamento teórico

Es de las propiedades más relevantes ya que de la misma dependen variables como la resistencia compresión, el coeficiente de conductividad térmica, el peso de la muestra, etc.

La relación entre la densidad húmeda y la densidad de secado en horno para las diferentes mezclas de concreto celular varía debido a los diferentes requisitos de contenido de agua. La densidad húmeda del hormigón celular es una importante herramienta de garantía de calidad en el lugar de trabajo para controlar la uniformidad de las mezclas.

Aunque la relación entre la densidad de secado al aire y la densidad húmeda parece complicada, la densidad de secado al aire del concreto celular es usualmente aproximadamente 80 kg/m^3 menor que su densidad húmeda. El hormigón celular colado, curado y secado al aire en condiciones de trabajo en entornos de baja humedad puede tener pérdidas de densidad cercanas a 160 kg/m^3 .

La densidad en seco en el horno se usa comúnmente para relacionar las propiedades físicas de varios tipos de hormigones celulares y para la determinación de la conductividad térmica. Para este último propósito, la densidad de secado en horno (D) se calcula de la siguiente manera: [8]

$$D = [1,2 \cdot C + A] \text{ kg/m}^3$$

Siendo:

C = peso específico del cemento, kg/m^3

A = peso específico del agregado, kg/m^3

A continuación, se presenta una tabla con las distintas aplicaciones del hormigón celular según su densidad:

Tabla. Aplicaciones del concreto celular con espuma preformada dependiendo de la densidad. [9]

Densidad promedio [kg/m^3]	Aplicaciones
350 – 600	Para entrepisos y techos como aislante térmico y acústico.
800 – 1000	Para prefabricados no portantes, bloques y aislamientos térmicos.
1100 – 1200	Prefabricados portantes y para pisos.
1400 – 1600	Usos estructurales, moldes en sitio y premoldeados.
1800	Apto para todo tipo de usos estructurales.

Tabla N°13

b. Norma

El código CIRSOC 202-1985 es el que regula la aplicación de hormigones livianos, en los cuales la densidad del hormigón endurecido determinada en las condiciones que establece el artículo 6.2.2 de la norma IRAM 1567, (7 días de curado húmedo y 21 días de secado al aire, ambos en condiciones normalizadas de humedad y temperatura) no será menor de 800kg/m^3 ni mayor de 2000kg/m^3 . [10]

El código CIRSOC 202 clasifica la densidad del hormigón liviano de las siguientes maneras:

- Clases de densidad del hormigón endurecido, secado al aire (artículo 6.2.2. de norma IRAM 1567) [10]

El hormigón liviano se clasifica, según se establece en la siguiente tabla, en las clases de densidad $\rho = 1,0$ a $\rho = 2,0$.

Clases de densidad (ρ)	Ambito que abarca la clase de densidad (Valores medios) kg/dm^3
1,0	0,80 a 1,00
1,2	1,01 a 1,20
1,4	1,21 a 1,40
1,6	1,41 a 1,60
1,8	1,61 a 1,80
2,0	1,81 a 2,00

Tabla N°14

- Clasificación por clases de resistencia y densidad del hormigón secado al aire.

En la siguiente tabla se indica cifras de orientación para correlacionar valores medios de clases de resistencia y de densidad de los hormigones livianos

Clase de resistencia	Clase de densidad	
	Hormigón elaborado con agregado fino natural de densidad normal (kg/dm^3)	Hormigón elaborado con agregado fino liviano (kg/dm^3)
HL - 4	—	desde 1,0
HL - 8	desde 1,4	desde 1,2
HL - 13	desde 1,4 ó desde 1,6	desde 1,2 ó desde 1,4
HL - 21	desde 1,6	desde 1,4
HL - 30	desde 1,6 ó desde 1,8	desde 1,4 ó desde 1,6

Tabla N°15

Por otra parte, el código ACI 213 define qué todo hormigón con densidad aparente inferior a 1850Kg/m^3 , se considera como hormigón liviano o ligero. Existen tres grupos principales, en función de su densidad: [11]

- Hormigón liviano de resistencia estructural, de limitadas características de aislamiento térmico: densidad entre 1400 y 2100Kg/m^3
- Hormigón ligero de resistencia media, de buenas características de aislamiento térmico: densidad entre 800 y 1400Kg/m^3
- Hormigón ligero de reducida resistencia y muy buenas características de térmicas: densidad entre 280 y 800Kg/m^3

c. Ensayos

Este ítem se encuentra desarrollado en la propiedad anterior de resistencia a compresión.

d. Resumen y conclusión de densidad:

Según la información recopilada se observa en la bibliografía que densidades mayores a 1400Kg/m^3 se consideran aptas para usos estructurales. Esta clasificación coincide con el código CIRSOC 202, el cual menciona que para hormigones livianos de uso estructural (desde un HL - 13) las densidades deben ser desde 1400Kg/m^3 o desde 1600Kg/m^3 .

Por lo dicho anteriormente, y teniendo en cuenta la relación directa entre la densidad y la resistencia a compresión del hormigón celular, para este proyecto se considerarán densidades comprendidas entre $1600 - 1800\text{Kg/m}^3$

3.3 Aislación térmica

a. Fundamento teórico

Las propiedades de aislamiento térmico del hormigón celular son muy buenas, esto lo logra a través de su estructura molecular, ya que existen millones de microburbujas de aire incorporadas en su masa, que actúan como si fueran millones de pequeñas "cámaras de aire". Debido al bajo coeficiente de conductibilidad " λ " del aire ($0.025\text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$), los hormigones celulares menos densos tienen mejores propiedades aislantes que los más densos, siempre y cuando la humedad de ambos sea la misma.

Las características de aislamiento térmico del concreto celular dependen entonces primeramente de la densidad y en menor medida de otros factores como los agregados utilizados, los poros, etcétera.

Las características térmicas están dadas por el comportamiento de un elemento al flujo de calor. Está representado por el coeficiente de transmisión de calor " K " [$\text{Kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$] (cantidad de calor que fluye a través de un área unitaria en la unidad de tiempo, cuando la diferencia de temperaturas entre las caras es unitaria y el espesor del material también es unitario) entre otras variables. [5]

En la siguiente tabla se presentan valores de conductividad térmica de diferentes tipos de materiales ligeros incluyendo el concreto celular. Destaca entre ellos el concreto celular ya que muestra valores del coeficiente de resistencia a la transmisión de calor altos a bajas densidades comparados a los demás materiales.

Tabla Valores de conductividad y resistividad térmica de diferentes tipos de concreto ligero. [9]

TIPO DE CONCRETO	DENSIDAD [kg/m ³]	VALOR DE K [kcal/m.h.oC]	VALOR DE 1/K [m.h.oC/kcal]
Escoria de hulla (clinker)	1200	0.31	3.23
	1520	0.50	2.00
	1680	0.56	1.78
Escoria espumosa	1000	0.25	4.00
	1280	0.30	3.33
Arcilla expandida	720	0.17	5.89
	960	0.24	4.16
	1200	0.29	3.45
Cenizas sinterizadas de combustible en polvo pómez	1200	0.29	3.45
	720	0.16	6.26
	1120	0.25	4.00
	1200	0.29	3.45
Vermiculita	576	0.14	7.15
	770	0.19	5.26
Perlita	480	0.10	10.00
	800	0.19	5.26
Concreto celular	320	0.07	13.88
	480	0.09	10.75
	640	0.12	8.06
	800	0.17	5.89
	960	0.22	4.55
Concreto sin finos (con grava)	1760	0.72	1.39
	1840	0.81	1.24
Concreto sin finos (con escoria de hulla)	1280	0.40	2.50
	1440	0.48	2.07
Concreto compacto	2320	1.24	0.81
Tabique de barro cocido	1600	1.12	0.89
Material de peso ligero pero enlucido	448	0.10	10.00
	480	0.11	9.09
	640	0.16	6.25
	770	0.17	5.89
	900	0.22	4.55
Yeso compacto para enlucidos	1600	1.00	1.00

Tabla N°16

En la siguiente tabla se presenta la conductividad térmica del concreto celular elaborado con espuma preformada, arena y cemento de acuerdo al proveedor Cellular Concrete LLC para densidades mayores a los 1200 kg/m³.

Tabla. Coeficiente de conductividad térmica, "K" para densidades mayores a 1200 kg/m³ de concreto celular. [9]

Densidad húmeda		Densidad seca		Coeficiente "K" de conductividad térmica	
lb/ft ³	kg/m ³	lb/ft ³	kg/m ³	Watt / m. °K	Kcal /h. m .°C
90	1440	85	1360	0.47	0.404
95	1520	90	1440	0.53	0.455
100	1600	95	1520	0.59	0.507
105	1680	100	1600	0.65	0.558
110	1760	105	1680	0.72	0.619
115	1840	110	1760	0.79	0.680
120	1920	115	1840	0.86	0.739
125	2000	120	1920	0.95	0.816

Tabla N°17

Diferencia entre transmitancia térmica (U) Y conductividad térmica (K):

- La conductividad térmica (K) del material es la cantidad de calor o frío que se cambia, a través de 1 m² de cerramiento durante una hora, cuando entre el exterior hay una diferencia de temperatura de 1K (Kelvin) respecto el interior. Así pues, cuando menor sea el valor, mayor será la capacidad de aislamiento del material. En general, la conductividad se expresa en vatios por metro cuadrado sobre kelvin (W/m².K).
- La transmitancia térmica (U) designa la suma de la transmisión térmica de todos los materiales involucrados en una sección de elemento compuesto, mientras que el valor K designa la transmisión térmica del material en particular. En general, la transmitancia se expresa en vatios por metro sobre kelvin (W/m.K).

b. Norma

Norma IRAM N°11605. Aislamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximos admisibles de Transmitancia Térmica "K". [12]

Esta norma define los valores admisibles de K dependiendo de las condiciones de habitabilidad del edificio.

Establece tres niveles de confort higrotérmico y su consecuente $K_{MAX ADM}$.

Nivel A: recomendado

Nivel B: medio

Nivel C: mínimo

Los requisitos que establece la Norma en cuanto al $K_{MAX ADM}$, parte de analizar por separado las condiciones de invierno y de verano. Las verificaciones deben realizarse para ambas condiciones.

- Condición de invierno

La Tabla anterior de la IRAM 11605 establece el $K_{MAX ADM}$ Tanto para muros como para techos y para los tres niveles de confort higrotérmico, en función de la temperatura exterior de diseño (ted).

Temperatura exterior de diseño (t_{ed}) [°C]	en W/m^2K					
	Nivel A		Nivel B		Nivel C	
	Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos
- 15	0,23	0,20	0,60	0,52	1,01	1,00
- 14	0,23	0,20	0,61	0,53	1,04	1,00
- 13	0,24	0,21	0,63	0,55	1,08	1,00
- 12	0,25	0,21	0,65	0,56	1,11	1,00
- 11	0,25	0,22	0,67	0,58	1,15	1,00
- 10	0,26	0,23	0,69	0,60	1,19	1,00
- 9	0,27	0,23	0,72	0,61	1,23	1,00
- 8	0,28	0,24	0,74	0,63	1,28	1,00
- 7	0,29	0,25	0,77	0,65	1,33	1,00
- 6	0,30	0,26	0,80	0,67	1,39	1,00
- 5	0,31	0,27	0,83	0,69	1,45	1,00
- 4	0,32	0,28	0,87	0,72	1,52	1,00
- 3	0,33	0,29	0,91	0,74	1,59	1,00
- 2	0,35	0,30	0,95	0,77	1,67	1,00
- 1	0,36	0,31	0,99	0,80	1,75	1,00
≥ 0	0,38	0,32	1,00	0,83	1,85	1,00

* Para valores de t_{ed} intermedios, los valores de $K_{MAX ADM}$ se obtienen por interpolación lineal.

Valores K para la condición de invierno. IRAM 11605.

Tabla N°18

- Condición de verano

Los valores de $K_{MAX ADM}$ en verano para los tres niveles de confort en muros y techos son los que constan en las tablas 2 y 3 de la IRAM 11605, según la zona bioambiental a la que pertenezca la localidad.

Valores máximos de transmitancia térmica para condiciones de verano para muros			
en $W/m^2.K$			
Zona Bioambiental	Nivel A	Nivel B	Nivel C
I y II	0,45	1,10	1,80
III y IV	0,50	1,25	2,00

Valores máximos de transmitancia térmica para condiciones de verano en techos			
en $W/m^2.K$			
Zona Bioambiental	Nivel A	Nivel B	Nivel C
I y II	0,18	0,45	0,72
III y IV	0,19	0,48	0,76

Valores K para la condición de verano. IRAM 11605.

Tabla N°19

Donde la Norma IRAM 11603 define la clasificación bioambiental de la República Argentina. El cual se ve en la siguiente figura. [13]

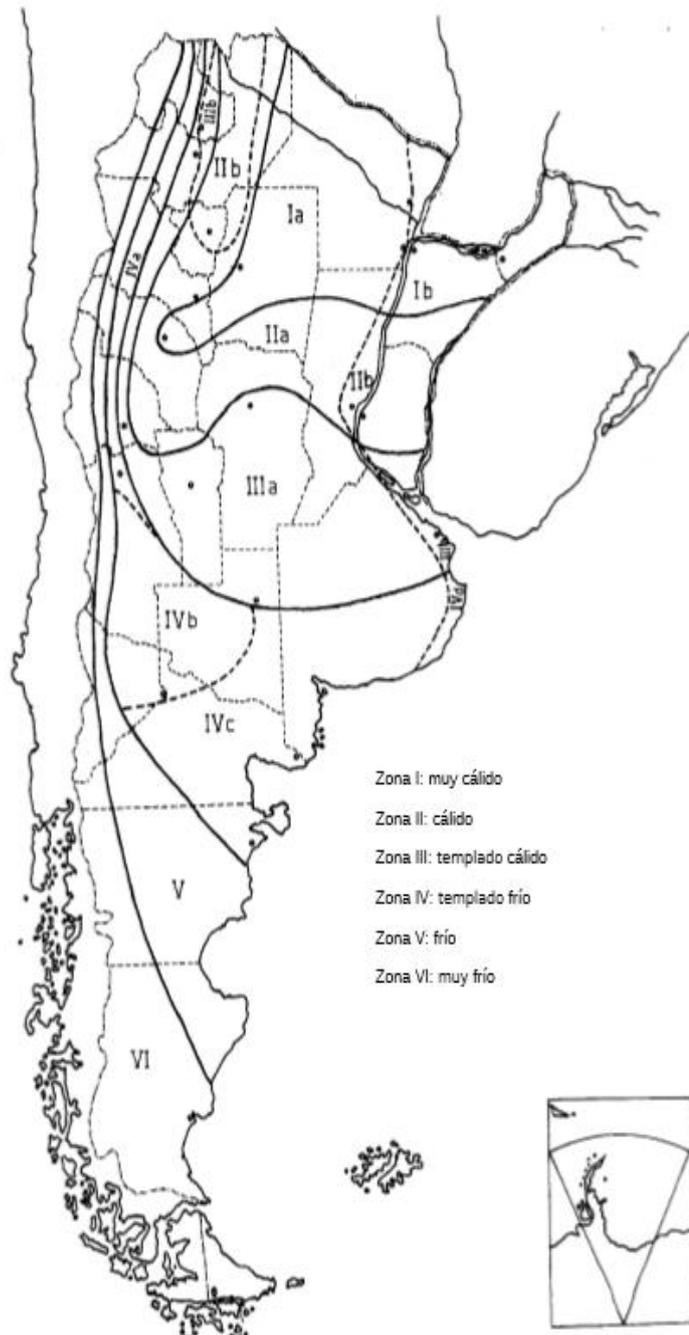


Figura 1 - Clasificación bioambiental

Tabla N°20

Material			Densidad aparente (kg/m ³)	Conductividad térmica (W/m-K)
Mortero de cemento y arena	1:3	Humedad 0 %	1900	0,89
		Humedad 6 %	2000	1,13
		Humedad 10 %	2100	1,30
	1:4	Humedad 0 %	1950	0,92
		Humedad 5 %	2000	1,10
		Humedad 12 %	600	0,19
Mortero con perlita		1500	0,65	
Mortero de yeso y arena		1400	0,70	
Mortero de cal y yeso		800	0,40	
Enlucido de yeso		1000	0,49	
		1200	0,64	
HORMIGONES NORMALES Y LIVIANOS				
Hormigón normal con agregados pétreos			1800	0,97
			1900	1,09
			2000	1,16
			2200	1,40
			2400	1,63
			2500	1,74
Hormigón de ladrillo triturado			1600	0,76
			1800	0,93
Hormigón normal con escoria de alto horno Hormigón de arcilla expandida			2200 a 2400	1,40
			700	0,22
			800	0,29
			900	0,35
			1000	0,42
			1400	0,57
Hormigón con vermiculita			1600	0,89
			500	0,14
Hormigón celular (incluye hormigones gaseosos y hormigones espumosos)			600	0,16
			800	0,22
			1000	0,30
			1200	0,40
			1400	0,50
Hormigón con cáscara de arroz y canto rodado			1100	0,37
			1300	0,45
			1600	0,63
			2000	1,09
Hormigón con poliestireno expandido			300	0,09
			500	0,15
			1000	0,26
			1300	0,35

Tabla N°21. Cuadro de densidades y conductividades térmicas de materiales [14]

Por otra parte, el código de edificación de la ciudad de Mendoza define las siguientes condiciones térmicas a fin de asegurar las propiedades térmicas de los locales:

Para paredes: Las paredes exteriores de un edificio deben tener una aislación térmica igual a 2,02 (kcal/m²h°C) equivalente a una pared de ladrillos macizos de 0,20 m con 2 cm de mezcla cementicia. [15]

c. Ensayos

Elemento

Se procede a ensayar un muro de hormigón celular (1200kg/m^3) de 180mm de espesor, con terminaciones exterior de pintura texturada plástica (1600kg/m^3) de 1mm de espesor e interiormente con pintura Látex (1000kg/m^3) de 0,2mm de espesor.

Método empleado

Para la determinación del valor de Transmitancia Térmica (K), se realizó un estudio basado en la resolución de la ecuación de FOURIER de transmisión de calor, en geometría bidimensional de múltiples materiales, que se obtiene numéricamente por computadora. El método considera la influencia de los puentes térmicos si los hubiera.

Condiciones de Cálculo:

Se efectuó el análisis solicitado para la Ciudad de Mendoza (Aero) (Mendoza), correspondiente a la Zona Bioambiental IVa, según clasificación de la Norma IRAM 11603-2012, en la que se establece la temperatura mínima de diseño (T_e); la temperatura interior (T_i) y la humedad relativa exterior (HRE), se adoptaron de acuerdo a lo establecido en la Norma IRAM 11625-1996, mientras que la humedad relativa interior de diseño (HRI) se obtuvo en función de la temperatura exterior, utilizando la figura 5 definida en la misma norma.

Magnitudes mencionadas

Zona Bioambiental	Localidad	T_i	HRe	T_e	HRI
IVa	Mendoza	18°C	90%	-3,9°C	62,9%

Resultado de ensayo	K
Muro de hormigón celular (1200kg/m^3) de 180mm de espesor, con terminaciones exterior de pintura texturada plástica (1600kg/m^3) de 1mm de espesor e interiormente con pintura Látex (1000kg/m^3) de 0,2mm de espesor	1,48 W/m ² K

NORMA IRAM 11605-2002				
Temperatura Exterior de Diseño	-3,9°C	Nivel C Mínimo	Nivel B Medio	Nivel A Recomendado
Requisitos Normativos	K_{maxadm} (W/ m ² .K)	1,527	0,874	0,321
Cumplimiento Normativo	CUMPLE		NO CUMPLE	

Tabla N°22

d. Resumen y conclusión de propiedades térmicas:

En base a los expuesto en el fundamento teórico se destacan los valores de conductividad térmica (K) para densidades de entre 1600 kg/m³ y 1840 kg/m³:

Densidad Seca (kg/m3)	Coefficiente "K" de conductividad térmica (W/mK)
1600	0.65
1680	0.72
1760	0.79
1840	0.86

Tabla N°23

Se destaca además que en el apartado de normas se mencionan los valores máximos admisibles de K, para verificar las condiciones de habitabilidad en viviendas, dispuestos por la norma IRAM N°11605. [12]

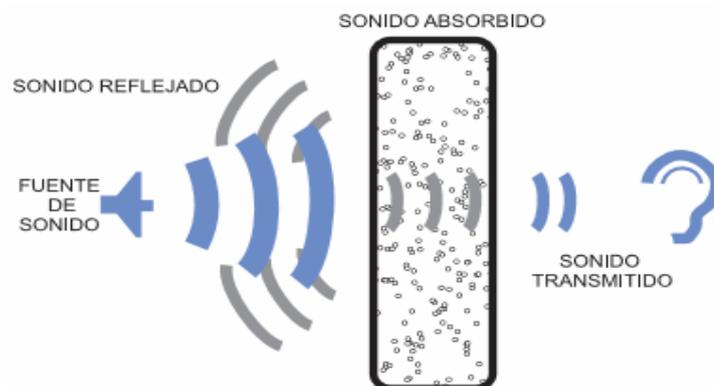
3.4. Aislación acústica

a. Fundamento teórico

El concreto celular posee una capacidad elevada de absorción acústica. La misma depende principalmente de la densidad y del espesor del elemento. En general el concreto denso tiende a reflejar el ruido. La transmisión acústica en paredes convencionales, en la mayoría de la gama de frecuencias audibles, podría ser de un 2% a 3% más alta comparado con el concreto. En la mayoría de los casos esta ligera desventaja es despreciable, ya que por lo general las paredes se revisten y/o se pintan. Esto hace que el sonido se refleje y no se absorba.

Por otro lado, el uso de concreto celular en losas es bastante ventajoso por su capacidad de absorber ruidos de baja frecuencia, reduciendo la transmisión de ruido de un piso a otro en edificios residenciales o comerciales. Es necesario sin embargo realizar ensayos para describir las propiedades acústicas de este material. [6] [16]

Las características de atenuación acústica de un material de construcción están determinadas por la cantidad de sonido absorbido y sonido reflejado.



Gracias a la capacidad de absorción y atenuación del sonido R (dB) del hormigón celular, se logra una disminución en muros y contrapisos de hasta 5db/m^2 , mejor que las paredes y contrapisos realizados con otros materiales.

b. Norma

El código urbano y de edificación de la ciudad de Mendoza exige las siguientes condiciones a fin de asegurar buenas propiedades acústicas en los locales artículo: E.II.4.3: [15]

- Paredes y Losas: Las paredes divisorias de dos unidades locativas diferentes y los entrepisos que separen distintas unidades locativas, deberán ser tales que aseguren una aislación acústica igual a 41 db. Los locales contarán con cerramientos perimetrales que aseguren la aislación acústica establecida precedentemente. Cuando se deba realizar la aislación de un entrepiso, dicha aislación deberá continuar por la pared, hasta el espesor del entrepiso terminado, a los efectos de evitar la transmisión del sonido o vibraciones a las paredes del local.

c. Ensayo

No se cuenta con ensayos que describen esta propiedad, por lo cual se procederá a efectuar un cálculo de las propiedades aislantes en base a la bibliografía

Cálculo del aislamiento acústico

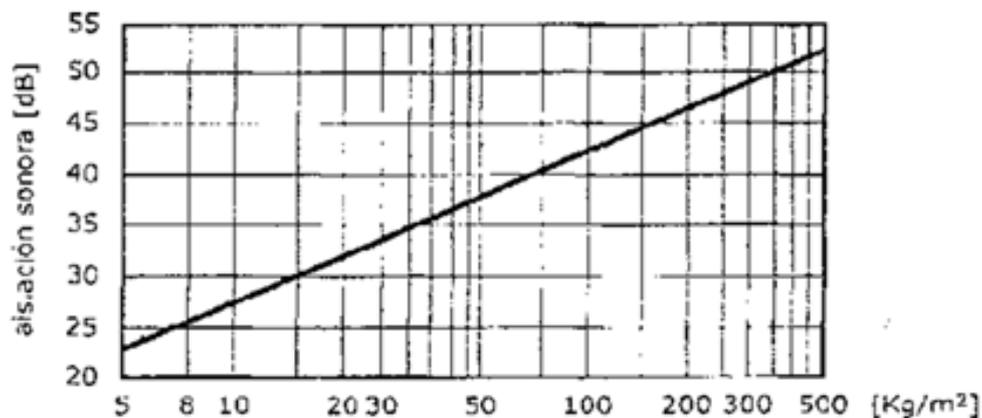


Fig.3 GRAFICO DE LEY DE MASAS O PESOS según CE.A. (Bs. As.) "Según él, la variación en dB para duplicación de pesos es de 4 dB"

Se procederá a calcular la insonoridad de muros de hormigón celular de diferentes espesores aplicando la ley de masas con el fin de tener una noción de las propiedades aislantes de los muros

Para la utilización del gráfico de ley de masas o pesos, se adopta una densidad del material la cual se multiplica por el espesor del mismo. Con ese valor en kg/m^2 se entra

al gráfico por el eje de abscisas hasta cortar la recta. El valor de ordenada que corresponda a ese punto de la recta será la aislación sonora en dB.

En la siguiente tabla se presentan los valores de aislación sonora (dB) según el espesor del muro y su densidad. [17]

Espesor de muro (cm)	Densidad (kg/m ³)		
	1600	1700	1800
10	44dB	45dB	46dB
15	46dB	47dB	48dB
20	48dB	49dB	50dB
25	50dB	51dB	52dB
30	53dB	53dB	53dB

Tabla N°24

d. Resumen y conclusión de propiedades acústicas

En base a lo expuesto anteriormente, se concluye que el hormigón celular posee un adecuado aislamiento acústico. El mismo dependerá principalmente de la densidad del hormigón celular y del espesor del elemento.

3.5. Resistencia al fuego

a. Fundamento teórico

El requerimiento de resistencia al fuego tiene como objetivo asegurar que, una vez iniciado un incendio en una edificación, la rapidez de extensión y dirección de propagación sean lo necesariamente limitadas para dar tiempo suficiente para que los ocupantes puedan escapar y que el equipo de bomberos pueda actuar rápidamente evitando que el fuego alcance una magnitud que ocasione daños irreparables.

El hormigón celular es incombustible y tiene excelentes propiedades de resistencia al fuego en comparación con el hormigón de peso normal o el hormigón de agregado ligero. Las pruebas de fuego realizadas en losas de hormigón hechas de diferentes tipos de hormigones demostraron un rendimiento superior para el hormigón celular de baja densidad. Las clasificaciones más altas de resistencia al fuego se lograron en las densidades más bajas, y a medida que la densidad aumentó, se produjo una disminución en la resistencia al fuego para cada tipo de concreto. [8]

b. Norma

- **CÓDIGO URBANO Y DE EDIFICACIÓN DE LA CIUDAD DE MENDOZA:**

Se presentan las clases de resistencia al fuego y los espesores de elementos constructivos en función de las mismas, según el presente código. [15]

Resistencia al fuego: Propiedad que se corresponde con el tiempo expresado en minutos durante un ensayo de incendio, después del cual el elemento de construcción ensayado pierde su capacidad resistente o funcional.

La resistencia al fuego de los elementos estructurales y constructivos, se determinarán en función del riesgo antes definido y de la carga de fuego, de acuerdo a los cuadros adjuntos al final del Capítulo.

RESISTENCIA AL FUEGO		DENOMINACION
CLASE	DURACION DEL ENSAYO	
F30	30 MINUTOS	RETARDADOR
F60	60 MINUTOS	RESISTENTE AL FUEGO
F90	90 MINUTOS	
F120	120 MINUTOS	
F180	180 MINUTOS	ALTAMENTE RESISTENTE AL FUEGO

Tabla N°25

ESPESOR DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS EN FUNCION DE SU RESISTENCIA AL FUEGO

ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	F30	F60	F90	F120	F180
DE LADRILLO CERAMICO MACIZO MAS DEL 75% DEL MURO. NO PORTANTE	8	10	12	18	24
IDEM ANTERIOR. PORTANTE	10	20	20	20	30
DE LADRILLO CERAMICO HUECOS NO PORTANTE	12	15	24	24	24
IDEM ANTERIOR. PORTANTE	20	20	30	30	30
DE H° A°(ARMADURA SUPERIOR A 0.2 % EN CADA DIRECCION). NO PORTANTE	6	8	10	11	14
DE LADRILLOS HUECOS DE H°. NO PORTANTE		15		20	

Tabla N°26

- **ACI 523.3 - 1993:**

Recientemente, se completó una serie de pruebas en el Laboratorio de Investigación de Incendios de la Asociación de Cemento de Portland sobre hormigones celulares hechos con espuma preformada con pesos unitarios secados al horno de 480 a 1600 kg/m³. En base a estas pruebas de transmisión de calor, el espesor requerido para

resistencias al fuego de 2, 3, 4 y 5 horas se muestra en la Tabla N°27 para los diversos rangos de peso unitario mostrados.

Tabla: Espesor en centímetro de material requerido para período de resistencia al fuego indicado.

Peso unitario seco (kg/m ³)	Duración de Fuego (min)			
	120	180	240	300
400-480	5,6 - 7,1	7,1 - 8,4	8,4 - 9,7	9,7 - 10,7
800-960	7,1 - 7,9	8,4 - 8,9	9,9 - 10,4	11,2 - 11,7
1120-1280	7,9 - 8,6	9,7 - 10,7	11,2 - 12,2	12,4 -13,7
1600	10,2	12,7	14,7	-

Tabla N°27

c. Resumen y conclusión de resistencia al fuego

En base a lo expuesto anteriormente, se concluye que el hormigón celular posee una muy buena resistencia al fuego. Esta depende principalmente de la densidad del hormigón celular y del espesor del elemento.

La resistencia al fuego será mayor cuanto menor sea la densidad del hormigón celular. Pero se observa en la tabla del código ACI 523.3-1993 que aún para densidades grandes de 1600 kg/m³ se obtiene una adecuada resistencia al fuego.

3.6. Porosidad

a. Fundamento teórico

Se define porosidad la cantidad de espacios vacíos que queda inmersos en la masa de hormigón como consecuencia de la evaporación de agua libre de la mezcla y de la presencia de aire naturalmente atrapado.

Como en todo material poroso la resistencia del hormigón estará inversamente afectada por el volumen de vacíos. Se estima que cada 1% de aire incorporado la resistencia a compresión se reduce aproximadamente en 5%.

En el hormigón celular existen tres sistemas de poros. Uno compuesto de poros aproximadamente esféricos de aire o macroporos, visibles a simple vista y con diámetros comprendidos entre 0.3mm y 2mm. Un segundo sistema de poros de diámetro entre 8 y 50 µm, denominados macrocapilares y finalmente un tercer sistema compuesto por los denominados microcapilares menores a 0.25µm.

La porosidad del hormigón celular se puede regular en el proceso de fabricación obteniendo como resultados distintas densidades, que va a depender del destino que se la va a dar a la mezcla.

Los hormigones celulares, debido a su porosidad, tienen una mayor absorción que los concretos ordinarios. Es por ello que no se exponen a la intemperie sin antes utilizar una capa protectora adecuada.

La experiencia en países europeos, como en Suecia, demuestra que el concreto aireado se comporta de manera satisfactoria bajo la lluvia si se tiene un recubrimiento exterior simple como la pintura, excepto en condiciones severas. Si se quiere aplicar el concreto celular en condiciones extremas es conveniente utilizar un aplanado en los muros exteriores para así evitar la absorción. [5] [18]

b. Norma

- CIRSOC 202-85

Artículo 6.3 - Incorporación intencional de aire:

1. Todo hormigón liviano, expuesto o no a ciclos de congelación y deshielo o a una agresión de naturaleza química o física y química, contendrá un porcentaje de aire, natural e intencionalmente incorporado, comprendido dentro de los límites establecidos en la siguiente tabla.

Tabla. Porcentaje total de aire incorporado, en función del tamaño máximo del agregado grueso.

Tamaño máximo del agregado grueso (mm)	Exposición severa (*)	Exposición benigna o moderada (**)
9,5	7,0 ± 1,5	6,0 ± 1,5
12,5	7,0 ± 1,5	6,0 ± 1,5
19,0	6,0 ± 1,5	5,0 ± 1,5
25,0	6,0 ± 1,5	5,0 ± 1,5

Tabla N°28

(*) Exposición severa: exposición a la intemperie en clima frío, donde el hormigón pueda estar en contacto prácticamente permanente con humedad antes de que se produzca la temperatura de congelación o se emplean sales para eliminar el hielo. Por ejemplo: pavimentos, tableros de puentes, depósitos para agua etc.

(**) Exposición benigna o moderada: exposición a la intemperie en clima donde no se producen temperaturas de congelación, o clima en los que el hormigón sólo ocasionalmente se pondrá en contacto con humedad antes de que se produzcan las temperaturas de congelación, y donde no se emplean sales para eliminar el hielo. Por

ejemplo: paredes exteriores, vigas principales o no y losas, fuera de contacto directo con el suelo.

2. El contenido de aire del hormigón liviano se determinará por el método volumétrico, según norma IRAM 1511.

c. Resumen y conclusión de propiedades acústicas

En base a lo expuesto anteriormente, se concluye que el hormigón celular posee una estructura porosa la cual depende principalmente de la densidad y el proceso de fabricación. A menores densidades se obtienen mayores porosidades.

También se destaca que la porosidad tiene una gran influencia en la resistencia a compresión del hormigón celular, habiendo entre estas una relación inversa (a mayor porosidad menor resistencia).

CAPITULO 4: PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL HORMIGÓN CELULAR

El proceso de producción del hormigón celular se basa en los mismos procedimientos que el hormigón convencional, posee las mismas etapas como dosificación, mezclas y curadas dependiendo de las condiciones adecuadas que se tengan. En todos estos procesos se pueden obtener hormigones celulares de gran calidad. En la actualidad existen empresas que fabrican este producto dependiendo del tipo de hormigón que se quiera obtener, como puede ser el hormigón en bloques para el cual se difiere el proceso de producción en el curado, con respecto al hormigón que se utiliza para los rellenos. De esta manera cada empresa fabrica el hormigón celular según el uso que se le dé y según esto, puede diferenciarse, el proceso de producción en otro aspecto, pero siempre siguiendo una regla general de fabricación. El proceso de producción se inicia con la dosificación que debe tener el hormigón celular. Posteriormente se lleva al mezclado cada uno de los materiales que fueron dosificados anteriormente y finalmente se debe curar el material. En esta etapa puede variar el procedimiento ya que puede ser curado en cámaras de vapor en el caso de elementos prefabricados, o al aire libre en caso de que así se requiera.

- Dosificación

La dosificación tiene por finalidad encontrar las proporciones que hay que mezclar de los diferentes componentes del hormigón celular, para conseguir mezclas que posean determinadas características, consistencias, compacidad, ya que la pasta del mortero celular debe cumplir con una consistencia fluida pero viscosa, a fin de que el gas no encuentre resistencia ni tampoco pueda escapar fácilmente a la atmósfera. Las dosificaciones se hacen en base a la dosis de cemento que se agreguen, la resistencia a la compresión está ligada a la cantidad de cemento que se añada a la mezcla y también al tipo de aditivo que se use en la preparación del hormigón celular.

- Amasado

En toda elaboración de un hormigón es importante destacar la etapa del amasado, dado que un buen o mal amasado puede ser un factor determinante en la constitución del hormigón. Como se sabe un mal amasado, puede influir en la mezcla incompleta entre los elementos pétreos, cemento y agua, lo cual influye en que un hormigón no alcance sus propiedades físicas y mecánicas para lo que se utiliza. Por otro lado, un exceso de amasado influye en la segregación de los componentes pétreos del hormigón, no alcanzando tampoco sus propiedades mecánicas requeridas.

De acuerdo a lo anterior, podríamos indicar que el proceso de amasado del hormigón celular es similar al del hormigón convencional, no obstante, por tratarse de un hormigón especial requiere de algunas condiciones que se deben realizar para que el hormigón celular cumpla con ciertas características físicas como la porosidad y otros. El proceso de adición de los componentes y posterior mezclado, va a depender de los aditivos que utilicemos en la confección del mismo, por un lado, será necesario mezclar los componentes de una sola vez y efectuar el amasado, mientras que por otro será

necesario preparar ciertos componentes en recipientes aparte, para luego mezclarlos según sea conveniente.

- Curado

Otro aspecto importante en la etapa de fabricación del hormigón celular lo constituye la etapa de curado, dependiendo de la utilización que se quiera dar al producto, de las condiciones que se tengan ya sea por factores climáticos o de otra índole, se recurrirá a soluciones adecuadas de tal forma de obtener un producto lo más óptimo en cuanto a calidad física y mecánica. Respecto a la fabricación del hormigón celular este puede ser entregado como un material fresco, el cual es aplicado directamente sobre losas debidamente acondicionadas para tal caso. El proceso consiste en que sea vierta el producto por medio de bombeo, luego estas losas llevan un proceso de curado similar al del hormigón convencional, no obstante. Por otro lado, existe la posibilidad de fabricar hormigón celular prefabricados, ya sea en forma de bloques, placas para cubiertas, losas para construcción de tabiques, piezas para dinteles, vigas, etc., para este tipo de elementos el mejor proceso de curado es en autoclave.

De acuerdo con la norma del ACI 523.2 R-68 hay varios sistemas que se pueden utilizar para el curado del hormigón celular:

- a) Curado por lo menos a 21°C o más, como mínimo por siete días si es cemento Portland normal tipo I y por tres días si se utiliza cemento Portland tipo III de resistencia rápida.
- b) Curado en autoclave, lugar donde permanecerá de 14 a 28 horas. Bajo una presión aproximada de 10.5 kg. /cm² y a una temperatura de 185° C. El curado en vapor es necesario para obtener hormigón celular de primera calidad.

El acero de refuerzo utilizado en el hormigón curado en autoclave debe ser protegido para evitar la corrosión, en un baño de una mezcla de recubrimiento que puede ser:

- Protegerlo con hormigón celular de mayor espesor.
- Solución bituminosa oxidada que se endurece al aire.
- Capa de lechada de cemento con o sin látex de hule y un material coloidal como la caseína.
- Resinas Epoxicas.
- Ahogado en hormigón normal.

4.1. Ejemplo de proceso de producción en empresa YTONG

A continuación, se describe a modo de ejemplo el proceso de producción de hormigón celular que se lleva a cabo en la sede ubicada en España de la marca YTONG (perteneciente al Grupo Xella, uno de los proveedores líderes de soluciones activas a nivel internacional en los materiales de construcción y las industrias relacionadas, con sede central en Alemania). [20]

El proceso de producción Ytong es sencillo y respetuoso con el medioambiente, al requerir poca materia prima (con 1m³ de materia prima se fabrican 5m³ de producto) y tener un consumo energético bajo.

Una vez realizada la mezcla, ésta se vierte a los moldes, donde empieza a reaccionar el polvo de aluminio (agente de expansión) con el agua alcalina. Solamente se requiere una cantidad ínfima del agente de expansión (0,05% de la masa). En este proceso se libera hidrógeno, conformándose los poros que caracterizan al hormigón celular. Aunque el proceso de expansión en los moldes solo dura media hora la mezcla se deja endurecer durante aproximadamente 2 horas antes del desencofrado. (Figura 11)



Figura 11

Después del desencofrado se realizan los cortes y el perfilado. La consistencia del material en este momento es todavía blanda, lo cual deja realizar los cortes mediante alambres. (Figura 12)



Figura 12

Para conseguir la resistencia final, el bloque ya cortado y perfilado a la geometría final de producto se introduce al túnel de autoclave. Se trata de una cámara hermética en la que se somete al material a una temperatura de 180° C y una presión atmosférica de 10-11 atmósferas. Después de aproximadamente 10 horas, el curado ha terminado y los productos están listos para el embalaje. (Figura 13)

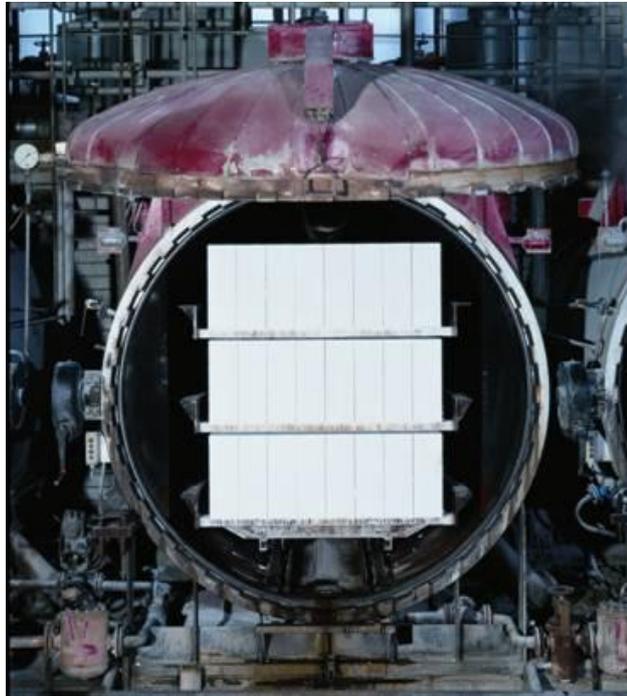


Figura 13

Las fábricas de Ytong disponen de los certificados ISO 9001 e ISO 14001 y fabrican el hormigón celular conforme a la normativa europea EN 771-4 (Bloques de hormigón celular curado en autoclave).

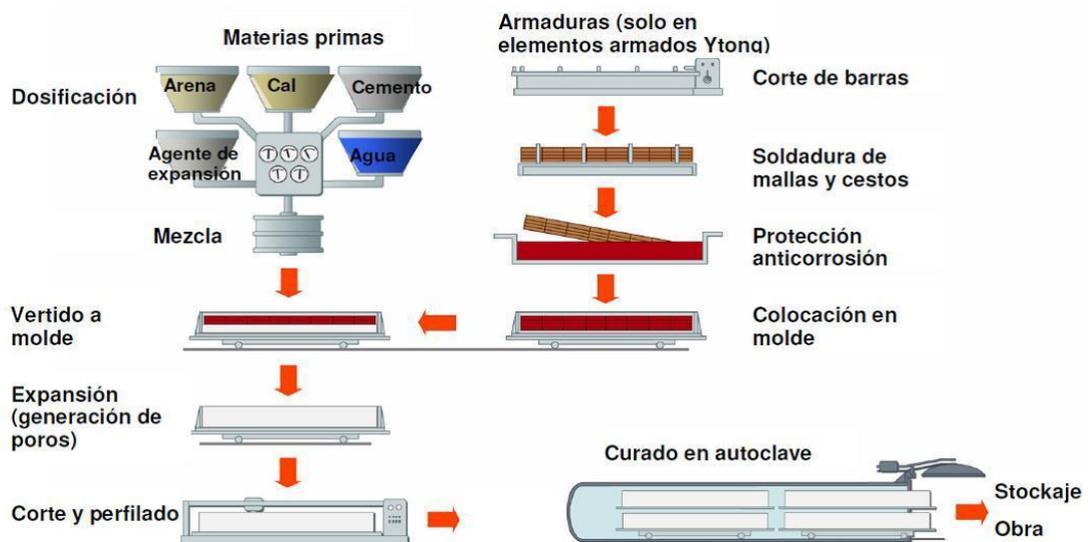


Figura 14. Esquema representativo del proceso de producción de hormigón celular.

4.1.1. Ejemplos de productos fabricados por YTONG



Figura 15. Bloques



Figura 16. Dinteles portantes



Figura 17. Dintel en U



Figura 18. Placas de forjado

CAPÍTULO 5: ANTECEDENTES DE USO Y APLICACIONES

5.1. Antecedente nacional del hormigón celular: “Retak”

La empresa Ardal S.A., ubicada Victoria, Entre ríos, Argentina, produce y comercializa productos de hormigón celular para la construcción bajo la marca Retak.

A continuación, se describe brevemente el sistema constructivo y se muestran algunos de sus productos como así también algunas de las características más significativas de los productos Retak.

5.1.1. Sistema constructivo Retak

Este sistema combina rapidez y limpieza de ejecución de sistemas de construcción en seco, con la versatilidad de la construcción tradicional.

Sus componentes son ladrillos de HHCA Retak (Hormigón Celular Curado en Autoclave), dinteles, ladrillos “U” y una serie de accesorios y herramientas para facilitar su uso, brindando óptimas soluciones constructivas.

Los ladrillos de HHCA Retak se pueden utilizar tanto para tabiques interiores como para muros exteriores, y cumplen los requerimientos de resistencia necesarios para muros portantes a partir de 15cm de espesor. Se pueden emplear entonces en viviendas, ampliaciones, refacciones, así como también en mampostería de cerramiento, divisoria en edificios y muros contrafuego en industrias.

5.1.2. Productos Retak



LADRILLO MACIZO

Para construir todo tipo de muros exteriores, interiores, portantes, tabiques divisorios.

Altura: 25cm – Longitud: 50cm = 8un/m²



LADRILLO U

Los ladrillos “U” se utilizan para la realización de vigas de encadenado y refuerzos verticales.

Altura: 25cm – Longitud: 50cm



DINTELES

Es una pieza de HCCA con armadura incorporada diseñada para cubrir vanos de puertas y ventanas, agilizando los tiempos de obra.



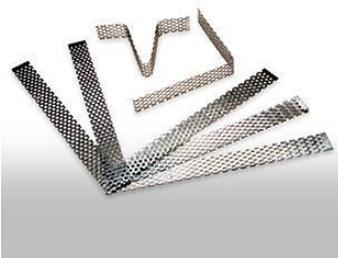
ESCALERA

La escalera es una opción práctica y rápida, que permite utilizarse el mismo día de su realización ya que no requiere encofrado, hormigón ni armadura adicional.



HERRAMIENTAS

Los productos retak® cuentan con las herramientas necesarias para su correcta colocación.



ACCESORIOS

Gama de accesorios para complementar el sistema constructivo retak®.



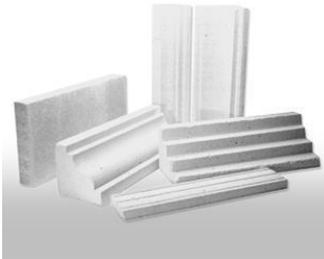
LÍNEA ALBAÑILERÍA

Todo lo necesario para asegurar la adherencia adecuada para el sistema constructivo.



LÍNEA REVOQUE

Retak® cuenta con una amplia variedad de productos de terminación interior y exterior, para lograr los mejores acabados.



ELEMENTOS DECORATIVOS

Les dan un toque distintivo a las aberturas, arcadas, cielorrasos, azoteas, jardines, tanto en ambientes interiores como exteriores.

5.1.3. Propiedades destacadas de Retak

5.1.3.1. Aislación Térmica

Los muros de ladrillos de HCCA poseen una gran resistencia térmica R superior a los otros sistemas constructivos (o bien una reducida transmitancia térmica K). Por ejemplo, una pared de 15 cm de ladrillos de HCCA ($K= 0,60 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$) tiene una aislación térmica aún superior a un muro doble de mampostería tradicional de 30 cm de espesor con cámara de aire ($K= 0,86 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$).

Se presenta un cuadro comparativo de la transmitancia térmica:

Descripción del Muro	Espesor	Transmitancia Térmica K	
		W/(m ² .°C)	kcal/(m ² .hora.°C)
Muro de Ladrillos HCCA	20	0,54	0,47
Muro de Ladrillos HCCA	17,5	0,62	0,54
Muro de Ladrillos HCCA	15	0,70	0,60
Muro doble ladrillo hueco 12 + cámara de aire 2 cm + ladrillo hueco 12 revocado en ambas caras 2 cm	30	0,91	0,78
Muro doble ladrillo hueco 12 + cámara de aire 2 cm + ladrillo común 12 revocado en ambas caras 2 cm	30	1,01	0,87
Muro de ladrillo cerámico portante de 18 cm revocado en ambas caras 1 cm	20	1,31	1,13
Muro de ladrillo cerámico portante de 12 cm revocado en ambas caras 1 cm	15	1,55	1,33
Muro de ladrillo hueco 12 cm revocado en ambas caras 1,5 cm	15	1,74	1,50
Muro de ladrillo común de 12 cm revocado en ambas caras	15	2,68	2,30

5.1.3.2. Aislación acústica

Al ser un material poroso y permeable al aire, amortigua las ondas sonoras por el paso sucesivo a través de sus células y capas de aire contenidas en ella, reduciendo en gran medida el pasaje del sonido. Por otro lado, en los muros de HCCA no existen puentes acústicos, a diferencia de otros mampuestos como ladrillos huecos o de hormigón, en donde las caras están vinculadas por elementos rígidos.

Se presenta un cuadro que muestra el índice de reducción acústica compensada:

Espesor del Muro	RW [dB]	
	Sin revocar	Con revoque
Ladrillo retak® 7,5 cm	35	-
Ladrillo retak® 10 cm	35	41
Ladrillo retak® 15 cm	40	42
Ladrillo retak® 17,5 cm	41	-

5.1.3.3. Liviandad

Los productos de HCCA son piezas prefabricadas listas para ser utilizadas. Su bajo peso lo hace un material ideal para obras rápidas, con un óptimo comportamiento estructural y con gran simplificación de procesos constructivos. Su menor peso reduce costos de transporte, manipuleo en obra y disminuye la sobrecarga sobre estructuras independientes y fundaciones.

Esesor de ladrillos	Peso específico de diseño	Peso unitario	Peso de muro
cm	kgf/m ³	kgf/Ladrillo	kgf/m ²
7,5	680	6,38	51
10	680	8,5	68
12,5	680	10,62	85
15	680	12,75	102
17,5	680	14,87	119
20	680	17	136

5.1.3.4. Resistencia al fuego

En los laboratorios INTI – Construcciones se llevó a cabo el ensayo de resistencia al fuego de un muro de 15 cm de espesor construido con Ladrillos de HCCA retak® unidos con Mortero Adhesivo retak®, sin revocar. Luego de 240 minutos se decidió interrumpir el ensayo sin observar ningún síntoma de falla, obteniendo la clasificación FR240. La temperatura en la cara no expuesta no excedió los 75 °C.

Temperatura en cara expuesta	1150°C
Temperatura en cara no expuesta	70°C
Estabilidad al fuego	240 minutos
Estanqueidad a la llama	240 minutos
No-emisión de gases inflamables	240 minutos
Aislamiento térmico	240 minutos

5.1.3.5. Capacidad portante

El Curado en Autoclaves del HCCA retak® garantiza las condiciones de humedad y temperatura necesarias para la formación de los cristales de tobermorita, los cuales conforman una matriz resistente y durable que es la que otorga la resistencia al material. Como consecuencia de ello, los Ladrillos de HCCA retak® tienen una adecuada resistencia para construir tanto paredes portantes como paredes de simple cerramiento, considerándose portantes los ladrillos a partir de 15 cm de espesor.

Tensión de rotura a compresión	30 kgf/cm ²
Tensión de diseño	6 kgf/cm ²

5.2. Antecedente regional del hormigón celular: “OBRAS – Premoldeados”

A continuación, se menciona una empresa regional que fabrica hormigón celular y lo aplica para la construcción de viviendas prefabricadas y módulos habitacionales. El nombre de la empresa es “OBRAS - Premoldeados” y se ubica en Carril Belgrano 110, Rivadavia, Mendoza, Argentina.

5.2.1. Viviendas industrializadas de “OBRAS - Premoldeados”

Se utiliza un sistema de construcción tradicional sismo resistente, que se inicia con una zapata corrida armada premoldeada en la que se encuentra inmersa la viga de vinculación inferior, sobre la que se dejará una caladura o raja para el encastre del panel premoldeado de hormigón celular de pared. El paso siguiente será el montaje de las losas o paneles horizontales, que apoyarán sobre los paneles verticales que tendrán incorporadas las vigas a la altura de techo en los casos que coincidan con muros perimetrales externos. En los extremos de cada panel de pared se ubicarán columnas de hormigón tradicional que serán ejecutadas in-situ, al igual que las vigas de techo intermedias, conformando un entramado superior que conjuntamente con las columnas y las vigas inferiores logran enmarcar cada elemento premoldeado en forma individual y con el conjunto.

La flexibilidad proyectual y su simplicidad en el montaje permiten la realización de diversos tipos de construcciones tradicionales y no tradicionales, concibiéndose como un sistema abierto.

De esta manera, los paneles conforman los elementos estructurales de cerramiento vertical y horizontal de un edificio, cuya función estructural es calculada de acuerdo a los códigos de edificación vigentes y las normas de habitabilidad de la secretaria de Vivienda de la Nación.

Este sistema es de junta húmeda y la unión entre los diferentes elementos que integran el sistema es continua, lo que hace que deba considerarse como construcción tradicional.

5.2.1.1 Antecedente de barrio industrializado – “Barrio Escorihuela”

Se adjuntan imágenes del proceso constructivo del “Barrio Escorihuela”, Mendoza, Argentina. (Imágenes por cortesía de Daniel Moreno – “OBRAS - Premoldeados”)



Figura 19. Llenado de platea de fundación



Figura 20. Transporte de paneles prefabricados y grúa de montaje



Figura 21. Colocación de paneles



Figura 22. Armado y encofrado de vigas y columnas



Figura 23. Desencofrado y terminación final



Figura 24. Vista panorámica del barrio

CAPÍTULO 6: BASES PARA EL DISEÑO Y DIMENSIONADO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CELULAR

En este capítulo vamos a analizar el comportamiento estructural del hormigón celular. En principio se planteará el desarrollo del cálculo de elementos estructurales de hormigón celular armado, haciendo uso del código CIRSOC 201. Los elementos a estudiar serán vigas, losas y columnas con dimensiones acordes a una vivienda pequeña tipo IPV.

Posteriormente para cada uno de los elementos estructurales se hará un análisis de sensibilidad. El mismo consiste en ir variando la resistencia última del hormigón (f_c) y la cantidad de armadura colocada para obtener la capacidad última del elemento estructural en cada caso.

Se tomó el siguiente rango de resistencias alcanzables del hormigón celular teniendo en cuenta lo estudiado en los capítulos anteriores.

Densidad (kg/m ³)	f_c (MPa)
1523	10
1572	11
1615	12
1633	13
1658	14
1684	15

Tabla N°29

Los valores fueron tomados del código ACI 523.3R-93, de la tabla anteriormente expuesta en la sección 3.1.1. Para obtener las distintas resistencias para cada densidad se interpoló considerando una cantidad de cemento portland tipo 1 de 390 kg/m³.

Por último, para estudiar el comportamiento de un tabique sismorresistente de hormigón celular armado, en el capítulo 6.4 se realizará el cálculo haciendo uso del código CIRSOC 103.

6.1 Cálculo de losa en hormigón celular

6.1.1 Datos

6.1.1.1 Condiciones ambientales y vida útil

- La estructura se supone expuesta a un ambiente del tipo A1 según la Tabla 2.1 del CIRSOC 201. Tampoco se prevé reacción álcali-sílice.
- La vida útil se estima en 50 años.

6.1.1.2 Datos geométricos

Dimensiones

- $h = 0,20\text{m}$ (adoptado inicialmente luego verifíco con el reglamento)
- $L = 3,5\text{m}$

6.3.1.3 Materiales a emplear

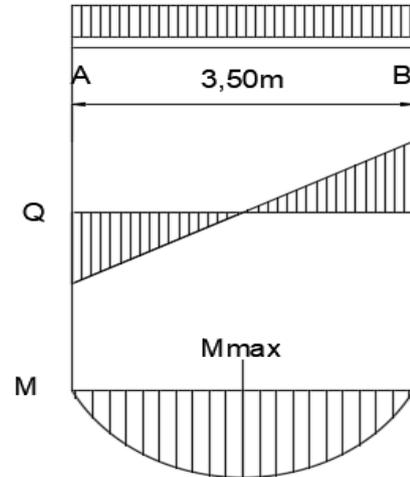
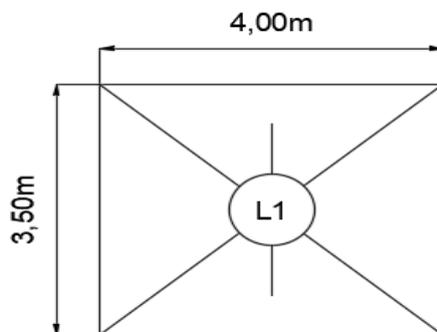
Hormigón Celular

- Resistencia especificada ($f'c$): 13MPa.
- (Valor que resulta del análisis realizado en el apartado 3.1.1 del presente proyecto)
- $f'c \leq 30\text{MPa}$ entonces $\beta_1 = 0,85$ (según CIRSOC 201 artículo 10.2.7.3)
 - Peso específico (γ) = $1633 \text{ kg/m}^3 = 16,01\text{kN/m}^3$
 - Recubrimiento de hormigón = $cc = 20\text{mm}$ (según CIRSOC 202 tabla 5, para HL 13)

Acero ADN420

- $F_y = 420\text{MPa}$
- $E = 200000\text{MPa}$
- A los efectos de un diseño preliminar se supone armadura: $db \ 10\text{mm}$

6.1.1.4 Análisis de cargas



- **Cargas permanentes (D)**

Elemento	b (m/m)	E (m)	Peso (KN/m3)	Sub total (KN/m ²)
Mortero alivianado de pendiente	-	0,08	5	0,4
Imprimación asfáltica y barrera de vapor	-	-	0,05	0,05
Cielorraso de yeso aplicado	-	0,02	12,5	0,25
Hormigón Celular	1	0,20	16,01	3,20
TOTAL CARGA MUERTA (Qd)				3,9

Tabla N°30

- **Sobre carga de servicio o viva (L)**

$$QI = 1,0 \text{ KN/m}^2$$

Valor correspondiente de “azoteas inaccesibles” (valor extraído del CIRSOC 101–Tabla 4.1)

- **Sobre carga de nieve (S)**

Se estima una sobrecarga de $0,3 \text{ KN/m}^2$ sobre la losa en el caso de que sea losa de cubierta plana. (valor extraído del CIRSOC 104 – Tabla 1.8)

Combinaciones de cargas (Según CIRSOC 201 - Art 9.2.1)

- **U = 1,4 (D+F)**
- **U = 1,2 (D +F+T) + 1,6 (L+ H) + 0,5 (Lr ó S ó R)**
- $U = 1,2 D + 1,6 (Lr \text{ ó } S \text{ ó } R) + (f1 L \text{ ó } 0,8 W)$
- $U = 1,2 D + 1,6 W + f1 L + 0,5 (Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$
- $U = 1,2 D + 1,0 E + f1 (L + Lr) + f2 S$
- $U = 0,9 D + 1,6 W + 1,6 H$
- $U = 0,9 D + 1,0 E + 1,6 H$

Aplicación

$$qu = 1,4 \cdot 3,9 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 5,46 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$qu = 1,2 \cdot 3,9 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} + 1,6 \cdot 1,00 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} + 0,5 \cdot 0,3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 6,43 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$qu = 6,43 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

En base a este valor de la combinación de cargas, cargo la losa simplemente apoyada y cálculo los esfuerzos de corte y momento flector.

- Reacción de la losa sobre la viga

$$Ra = Rb = \frac{6,43 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 3,5 \text{ m}}{2} = 11,25 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

- Momento máximo para losa:

$$M_{\text{max}} = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{6,43 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot (3,5 \text{ m})^2}{8} = 9,84 \text{ KNm}$$

6.1.2 Diseño

6.1.2.1 Diseño según la rigidez

Se adoptará el procedimiento de la tabla 9.5 a del CIRSOC 201 en la cual establece espesores mínimos para vigas y losas macizas armadas en una dirección. Para nuestro caso será simplemente apoyada ($l/20$)

En hormigones livianos los valores de la tabla se deben multiplicar por:

$$(1,65 - 0,0003w_c)$$

Valor que debe ser igual o mayor que 1,09. Siendo w_c la densidad del hormigón, para nuestro caso adoptamos del capítulo anterior una densidad de 1633 kg/m³.

Entonces:

$$h_{\min} = \frac{l}{20} \times (1,65 - 0,0003w_c) = \frac{350\text{cm}}{20} \times \left(1,65 - 0,0003 \cdot 1633 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) = 20,30\text{cm}$$

A los fines del cálculo adoptó $h = 21 \text{ cm}$

$$h \geq h_{\min}$$

6.1.2.2 Diseño según la resistencia

- **Verificación de la necesidad de armadura comprimida m_{n5}**

$$m_{n5} = 0,375 \cdot \beta_1 \left(\frac{0,375 \cdot \beta_1}{2}\right)$$

$$m_{n5} = 0,2679$$

- **Dimensionamos para el momento más desfavorable**

$$d = h - cc - \frac{db}{2} = 21\text{cm} - 2 \text{ cm} - 0,5\text{cm} = 18,5 \text{ cm}$$

$$m_{ut} = \frac{M_{ut} \cdot 10^3}{0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot d^2} = \frac{9,84 \text{ KNm} \cdot 10^3}{0,85 \cdot 13\text{MPa} \cdot 100\text{cm} \cdot (18,5\text{cm})^2} = 0,0260$$

$$m_n = \frac{m_{ut}}{\phi} = \frac{0,0260}{0,90} = 0,0289$$

Se adopta la hipótesis que es una sección controlada por tracción entonces

$$\phi = 0,90$$

Si $m_n < m_{n5} \rightarrow$ no es necesario colocar armadura a compresión

$$0,0289 < 0,2679 \rightarrow \text{No requiere armadura a compresión}$$

• **Sección necesaria de armadura a tracción**

$$\omega_m = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot m_n} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,0289} = 0,0293$$

$$A_s = \omega_m \cdot b \cdot d \cdot 0,85 \cdot \frac{f'_c}{f_y} + \frac{P_u}{0,90 \cdot f_y}$$

$$A_s = 0,0293 \cdot 100\text{cm} \cdot 18,5\text{cm} \cdot 0,85 \cdot \frac{13\text{MPa}}{420\text{MPa}} = 1,43 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Una vez calculada la sección de acero, debe verificar la cuantía mínima siguiendo los lineamientos del artículo 10.5.1. del CIRSOC 201

$$A_{s_{min1}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d$$

$$A_{s_{min1}} = \frac{\sqrt{13\text{MPa}}}{4 \cdot 420\text{MPa}} \cdot 100\text{cm} \cdot 18,5\text{cm} = 3,97 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{s_{min2}} = \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d$$

$$A_{s_{min2}} = \frac{1,4}{420\text{MPa}} \cdot 100\text{cm} \cdot 18,5\text{cm} = 6,17 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

En base a esta verificación el código CIRSOC 201 artículo 10.5.3 nos permite adoptar una cuantía de $1,33 \cdot A_s$ calculado y no utilizar el A_s de la armadura mínima, por lo tanto:

$$A_s = 1,33 \cdot 1,43 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = 1,90 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Finalmente

$$\text{Area (6db)} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,6)^2}{4} = 0,283 \text{ cm}^2$$

$$Separacion = \frac{0,283 \text{ cm}^2}{1,90 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}} = 0,15\text{m} = 15 \text{ cm}$$

Adoptó 1 db 6 c/15cm

- **Sección necesaria de la armadura secundaria**

Esta armadura se debe colocar en la dirección perpendicular respecto de la armadura principal. La sección mínima se establece por condiciones de contracción y temperatura. Según el art. 7.12 del CIRSOC 201.

$$As \text{ sec} = 0,0018 \cdot b \cdot d$$

$$As \text{ sec} = 0,0018 * 100\text{cm} * 18,5\text{cm} = 3,33 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$As \text{ sec} = \frac{3,33 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}}{2} = 1,66 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{Area (8db)} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,6)^2}{4} = 0,2827 \text{ cm}^2$$

$$Separacion = \frac{0,2827 \text{ cm}^2}{1,66 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}} = 0,17 \text{ m} = 17\text{cm}$$

Adoptó 1 db 6 c/15cm

- **Distribución de armadura**

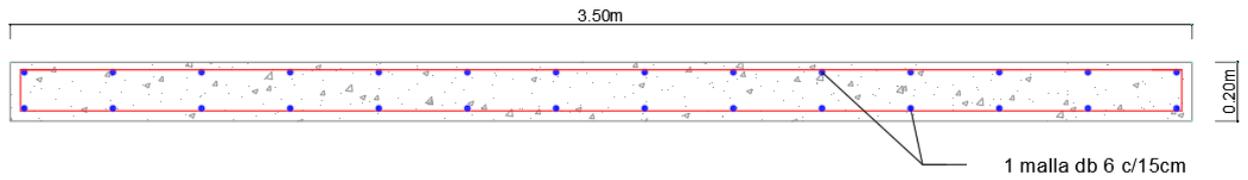
La separación máxima s de la armadura en dirección de la luz debe ser según lo establece el art. 10.5.4 del CIRSOC 201.

$$S \leq \begin{cases} 2,5 \cdot h = 2,5 \cdot 21\text{cm} = 52,5\text{cm} \\ 25 \cdot db = 25 \cdot 0,6 \text{ cm} = 15\text{cm} \rightarrow \text{Verifica} \\ 30\text{cm} \end{cases}$$

Tanto para la armadura principal como para la secundaria también debe verificarse la condición dada en el art. 7.12.2.2. del R-C-201:

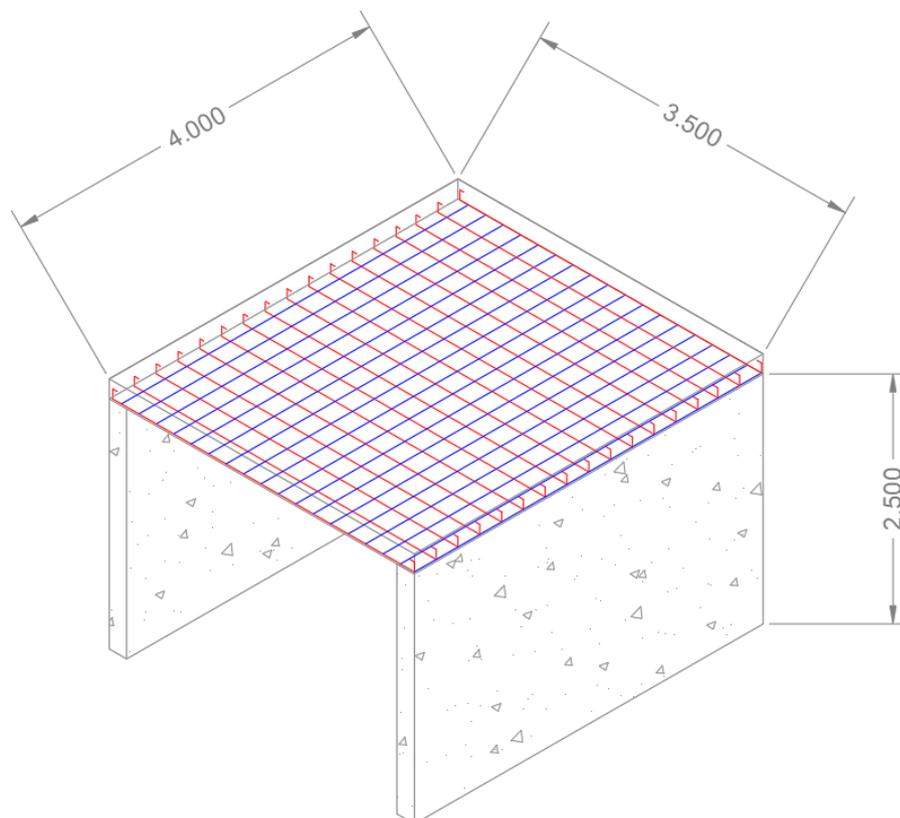
$$S \leq \begin{cases} 3 \cdot h = 3 \cdot 21\text{cm} = 63\text{cm} \\ 30\text{cm} \rightarrow \text{Verifica} \end{cases}$$

6.1.3 Detalle de armado



REFERENCIAS:

- Armadura principal AZUL
- Armadura secundaria ROJO



6.1.4 Análisis de sensibilidad de losa

Para el análisis de la losa se tomaron en cuenta espesores de losa habituales para una vivienda pequeña tipo IPV. Los espesores fueron las siguientes:

- 7,5cm
- 10cm
- 15cm
- 20cm
- 25cm

Se definió el espesor y resistencia a compresión del hormigón celular, donde a partir de esta se fueron adoptando diferentes configuraciones de armadura (As), calculando el momento último que es capaz de resistir la sección.

A continuación, se presentan una tabla resumen de los cálculos realizados.

Llamaremos Tipo 1 al hormigón celular de $f'c = 13\text{MPa}$, Tipo 2 al hormigón celular de $f'c = 15\text{MPa}$ y H20 al hormigón convencional de $f'c = 20\text{MPa}$.

		h = 7,5cm	h = 10cm	h = 15cm	h = 20cm	h = 25cm
10MPa	As (cm ²)	7,85	7,85	11,30	14,13	16,75
	Mu (KNm)	8,59	17,32	45,28	83,63	130,05
11MPa	As (cm ²)	7,85	7,85	11,30	14,13	16,75
	Mu (KNm)	9,21	17,93	46,56	85,62	132,85
12MPa	As (cm ²)	7,85	7,85	11,30	14,13	16,75
	Mu (KNm)	9,72	18,45	47,62	87,29	135,19
13MPa	As (cm ²)	7,85	7,85	11,30	14,13	16,75
	Mu (KNm)	10,15	18,88	48,52	88,69	137,16
14MPa	As (cm ²)	7,85	7,85	11,30	14,13	16,75
	Mu (KNm)	10,52	19,25	49,29	89,90	138,85
15MPa	As (cm ²)	7,85	7,85	11,30	14,13	16,75
	Mu (KNm)	10,85	19,57	49,96	90,94	140,32
20MPa	As (cm ²)	7,85	7,85	11,30	14,13	16,75
	Mu (KNm)	11,97	20,70	52,30	94,60	145,46

Tabla N°31. Análisis de cada sección de losa variando la densidad del hormigón

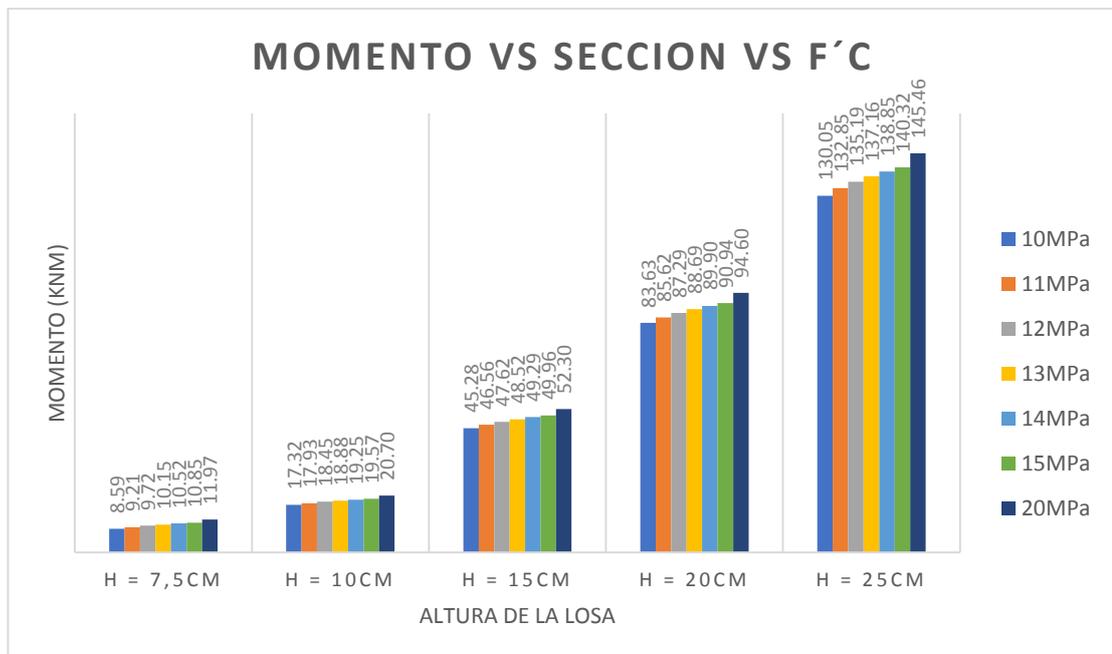


Gráfico de Tabla N°31

TIPO	f'c	h = 7,5cm	h = 10cm	h = 15cm	h = 20cm	h = 25cm
TIPO 1	13MPa	10,15	18,88	48,52	88,69	137,16
TIPO 2	15MPa	10,85	19,57	49,96	90,94	140,32
H20	20MPa	11,97	20,70	52,30	94,60	145,46

Tabla N°32. Análisis de los Mu de los dos tipos de hormigón utilizados

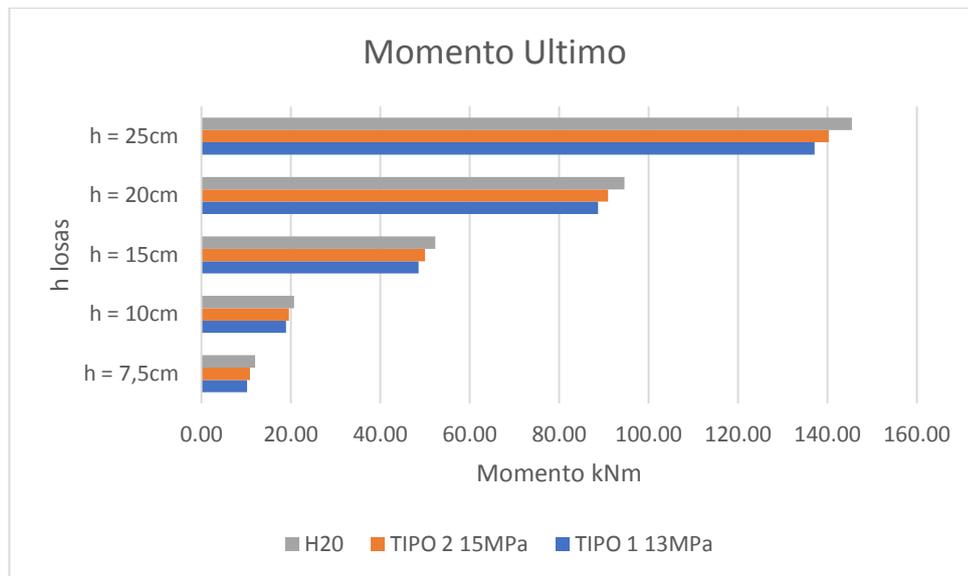


Gráfico de Tabla N°32

6.1.4.1 Observaciones

De los gráficos se puede observar que no existe una diferencia muy significativa entre el momento flector resistente de una viga de hormigón de $f'c = 20\text{MPa}$ y el de una viga de hormigón celular de $f'c = 13\text{MPa}$

La disminución en la resistencia entre una losa de hormigón de $f'c = 20\text{MPa}$ y la de una losa de hormigón celular de $f'c = 13\text{MPa}$ es del orden del 6,65%. En ambos casos se consideraron las losas con cuantías similares.

6.2 Cálculo de viga en hormigón celular

6.2.1 Datos

6.2.1.1 Condiciones ambientales y vida útil

- La estructura estará expuesta a un ambiente A1, según CIRSOC 201 - Tabla 2.1

Según el tipo de exposición (A1) el hormigón debe tener una resistencia no menor a 20MPa. Para este caso no nos vamos a adaptar al código ya que el hormigón celular utilizado tiene una resistencia menor a 20Mpa

- Vida útil en servicio: 50 años (artículo 2.2.1.3 - CIRSOC 201)

6.2.1.2 Datos geométricos

Dimensiones:

- $b = 20\text{cm}$
- $h = 30\text{cm}$
- $L = 4000\text{cm}$

6.2.1.3 Materiales a emplear

Hormigón Celular

- Resistencia especificada ($f'c$): 13MPa. (Valor que resulta del análisis realizado en el apartado 3.1.1 del presente proyecto)
- $f'c \leq 30\text{MPa}$ entonces $\beta_1 = 0,85$ (según CIRSOC 201 artículo 10.2.7.3)
- Peso específico (γ) = 1633 kg/m³ = 16,01kN/m³
- Recubrimiento de hormigón = $cc = 20\text{mm}$ (según CIRSOC 202 tabla 5, para HL 13)

Acero

- $F_y = 420\text{MPa}$
- $E = 200000\text{MPa}$
- A los efectos de un diseño preliminar se supone armadura: db 10mm y db 6mm

6.2.1.4 Análisis de carga

- Reacción de la losa

$$\text{Reaccion de la losa} = 11,25 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Este valor surge del análisis de carga de la losa apartado 6.1.1.4 del proyecto

- Peso propio de la viga

$$P_p \text{ viga} = 0,20\text{m} \cdot 0,30\text{m} \cdot 16,01 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} = 0,96 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Entonces:

$$q_u \text{ viga} = P_p \text{ viga} + \text{Reaccion losa}$$

$$q_u \text{ viga} = 0,96 \frac{\text{KN}}{\text{m}} + 11,25 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 12,21 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

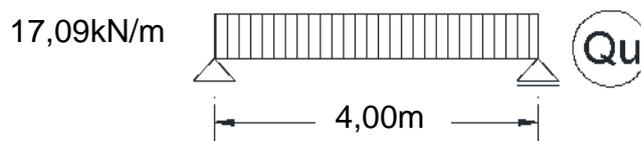
Combinaciones de cargas (Según CIRSOC 201 - Art 9.2.1)

$$U = 1,4 (D+F)$$

$$q_u = 1,4 \cdot D = 1,4 \cdot 12,21 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 17,09 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

6.2.1.5 Esquema estructural

En este punto planteamos el funcionamiento de la viga, al ser prefabricada deseamos que este simplemente apoyada por lo tanto podemos apreciar un vínculo de primera



especie y otro de 2da especie.

6.2.1.6 Solicitaciones

- Reacción de la viga

$$R_A = R_B = \frac{Q_u \times l}{2} = \frac{17,09 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \times 4\text{m}}{2} = 34,18\text{KN}$$

- Momento máximo de la viga

$$M_{\text{max}} = \frac{Q_u \times l^2}{8} = \frac{17,09 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \times (4\text{m})^2}{8} = 34,18\text{KNm}$$

6.2.2 Diseño

6.2.2.1 Diseño según la rigidez

- Control de la flecha

La altura mínima (h_{min}) está dado por el CIRSOC 201 – Tabla 9.5 (a) para el caso de una viga simplemente apoyada.

En hormigones livianos los valores de la tabla se deben multiplicar por:

$$(1,65 - 0,0003w_c)$$

Valor que debe ser igual o mayor que 1,09.

Entonces:

$$h_{\text{min}} = \frac{l}{16} \times (1,65 - 0,0003w_c) = \frac{400\text{cm}}{16} \times (1,65 - 0,0003 \cdot 1633 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}) = 29,00\text{cm}$$

A los fines del cálculo adoptó $h = 30\text{cm}$.

$$h \geq h_{min}$$

6.2.2.2 Diseño según la resistencia

Inecuación básica de diseño aplicada al requisito de resistencia:

$$\text{Suministro} \geq \text{Demanda}$$

$$\text{Resistencia de Diseño} \geq \text{Resistencia Requerida}$$

$$\phi S_n \geq \gamma Q_d$$

Para el caso de flexión la inecuación básica de diseño aplicada al requisito de resistencia, en este caso para flexión, es:

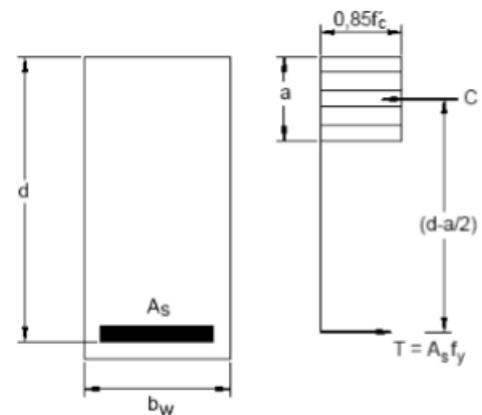
$$\phi M_n \geq M_u \rightarrow M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

Donde M_n es:

$$M_n = T \cdot z$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot z$$

$$M_n = \left[A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \right]$$



M_u es dato (del análisis estructural), ϕ lo adopto como dato, entonces determino M_n . Además, puedo calcular “ d ” y “ a ”, conozco f_y , por lo que resta despejar A_s de la expresión anterior, y calcularlo.

La expresión de A_s , es la siguiente:

$$A_s = w_m \cdot b \cdot d \cdot 0,85 \cdot \frac{f'_c}{f_y} + P_n \cdot \frac{10}{f_y}$$

Determinación de “ d ”:

$$d = h - c_c - d_{be} - \frac{db}{2} = 30 \text{ cm} - 2\text{cm} - 0,6\text{cm} - 0,5\text{cm} = 26,9\text{cm}$$

Determinación de “ w_m ”:

$$w_m = k_a = 1 - \sqrt{1 - 2m_n}$$

Se desconoce el valor de m_n , por lo que su expresión de cálculo es:

$$m_n = \frac{m_{ut}}{\phi}$$

$$m_{ut} = \frac{Mut}{0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot d^2}$$

Donde Mut:

$$Mut = Mu - Pu \cdot y_t$$

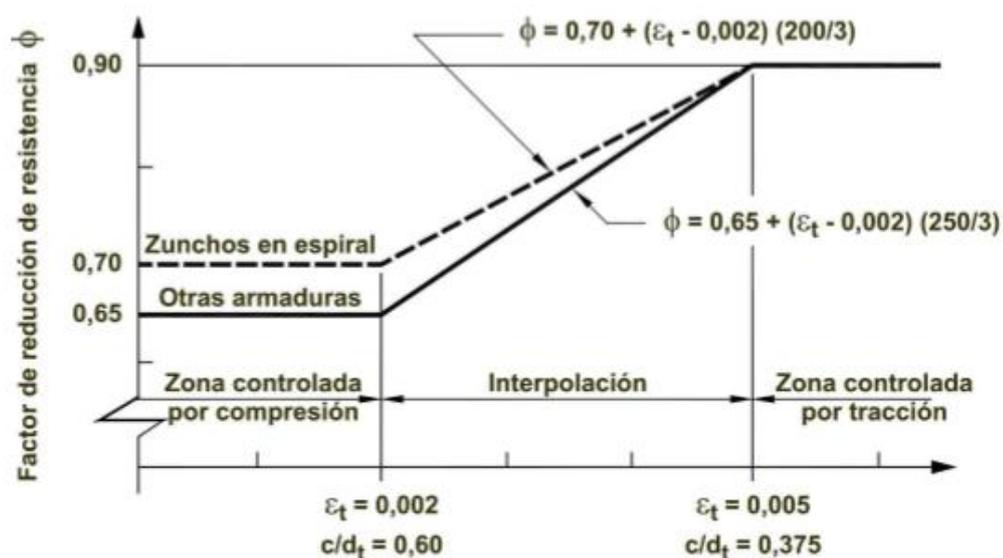
Para nuestro caso, no hay esfuerzo normal, por lo que $Pu=0$

Se procede entonces a efectuar los cálculos necesarios:

$$Mut = 34,18 \text{ KNm}$$

$$m_{ut} = \frac{34,18 \text{ KNm} \cdot 10^3}{0,85 \cdot 13 \text{ MPa} \cdot 20 \text{ cm} \cdot (26,9 \text{ cm})^2} = 0,214$$

Para calcular m_n , consideramos a $\phi=0,90$, ya que se considera que se trata de una sección controlada por tracción, por lo tanto, la deformación específica en la armadura más traccionada es mayor al 5‰ ($\epsilon_t \geq 0,005$). De acuerdo a la Tabla 9.3.5 del CIRSOC 201, se obtiene el valor de $\phi=0,90$



Por lo que:

$$m_n = \frac{m_{ut}}{\phi} = \frac{0,214}{0,9} = 0,2378$$

$$m_{n5} = 0,375 \cdot \beta_1 \cdot \left(1 - \frac{0,375 \cdot 0,85}{2}\right) = 0,375 \cdot 0,85 \cdot \left(1 - \frac{0,375 \cdot 0,85}{2}\right) = 0,2679$$

$$m_{n5} > m_n$$

Como $m_{n5} > m_n$ entonces no es necesario colocar armadura traccionada para mantener la condición de sección controlada por tracción con $\gamma = 0,90$

$$w_{n5} = 1 - \sqrt{1 - 2m_n} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,2378} = 0,2758$$

Armadura a tracción necesaria:

$$A_s = w_{n5} \cdot \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d}{f_y}$$

$$A_s = 0,2758 \cdot \frac{0,85 \cdot 13\text{MPa} \cdot 20\text{cm} \cdot 26,9\text{cm}}{420\text{MPa}} = 3,90 \text{ cm}^2$$

Adopto 4 db 12 = 4,52 cm²

Verificación de la armadura mínima

$$A_{s_{\min 1}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d = \frac{\sqrt{13\text{MPa}}}{4 \times 420\text{MPa}} \times 20\text{cm} \times 26,9\text{cm} = 1,15\text{cm}^2$$

$$A_{s_{\min 2}} = \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{420\text{MPa}} \times 20\text{cm} \times 26,9\text{cm} = 1,79 \text{ cm}^2$$

La armadura adoptada es mayor que las mínimas exigidas por el código

Verificación del ancho mínimo necesario (b_{nec}) para la colocación de la armadura

$$b_{nec} = 4 \cdot 12\text{mm} + 3 \cdot 25\text{mm} + 2 \cdot 6\text{mm} + 40 \text{ mm} = 175 \text{ mm} = 17,5 \text{ cm}$$

$$b_{nec} < b = 20\text{cm} \rightarrow \text{Verifica}$$

6.2.2.3 Diseño al corte

Parámetros de la armadura a corte

- $d_{be} = 6\text{mm}$
- $A_{d_{be}} = 0,28\text{cm}^2$
- $n = 2$ (n° de barras)
- $A_v = n \cdot A_{d_{be}} = 2 \cdot 0,28\text{cm}^2 = 0,56\text{cm}^2$
- $(A_v/s)_{\min} = b/k = 20\text{cm}/12,6 = 1,59\text{cm}^2/\text{m}$

Solicitud de corte en la sección crítica

$$V_u(d) = R_A + q \cdot \left(d + \frac{b}{2}\right)$$

$$V_u(d) = 34,18 \text{ KN} - 17,09 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \times \left(0,269\text{m} + \frac{0,20\text{m}}{2}\right) = 27,87 \text{ KN}$$

Resistencia de Diseño

$$V_n = \frac{V_u(d)}{\phi} = \frac{27,87\text{KN}}{0,75} = 37,16 \text{ KN}$$

$$V_n \text{ lim} = \frac{5}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$V_n \text{ lim} = \frac{5}{6} \cdot \sqrt{13\text{MPa}} \cdot 0,20\text{m} \cdot 0,269\text{m} \cdot 1000$$

$$V_n \text{ lim} = 161,65\text{KN}$$

$$V_n \text{ lim} > V_n \rightarrow \textit{Verifica}$$

Resistencia al corte proporcionado por el hormigón

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{13\text{MPa}} \cdot 0,2\text{m} \cdot 0,269\text{m} \cdot 1000 = 32,33 \text{ KN}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 32,33 \text{ KN} = 24,25 \text{ KN}$$

$$V_u(d) > \phi \cdot V_c \rightarrow \textit{se requiere armadura de corte}$$

Resistencia al corte proporcionado por la armadura

$$V_s = V_n - V_c$$

$$V_s = 37,16\text{KN} - 24,25\text{KN} = 12,91\text{KN}$$

Separación necesaria de estribos

$$\frac{V_s}{\sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d} = \frac{12,91 \text{ KN}}{\sqrt{13\text{MPa}} \cdot 0,2\text{m} \cdot 0,269\text{m} \cdot 1000} = 0,066 < \frac{1}{3}$$

Límite para la separación de la armadura de corte

$$S_{\text{max}} \begin{cases} \frac{d}{2} = \frac{26,9\text{cm}}{2} = 13,45\text{cm} \\ 40\text{cm} \end{cases}$$

Por lo tanto, $S_{\text{max}} = 13,45\text{cm}$

Sección necesaria de estribos por metro

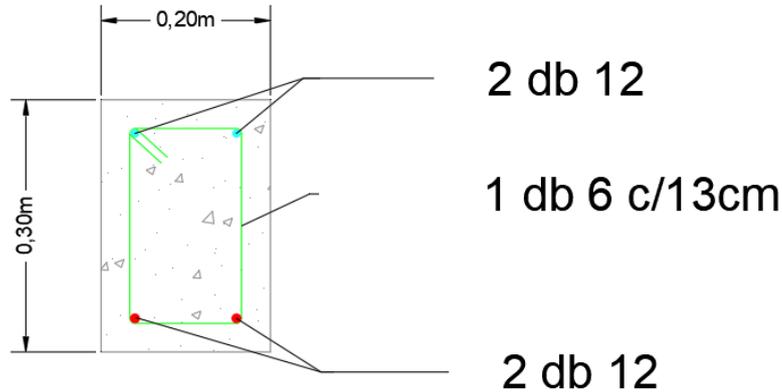
$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{d \cdot f_y} = \frac{12,91 \text{ KN}}{26,9\text{cm} \times 42 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}} = 0,0114 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Separación de estribos

$$S = \frac{A_v}{\frac{A_v}{s}} = \frac{0,56 \text{ cm}^2}{0,0114 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}} = 49,12 \text{ cm}$$

Adopto finalmente como estribo 6db c/13cm

6.2.3 Detalle de Armadura



6.2.4 Análisis de sensibilidad de la Viga

En el análisis de la viga se tomaron en cuenta secciones habituales para una vivienda pequeña tipo IPV. Las secciones fueron las siguientes:

- 20cm x 20cm
- 20cm x 25cm
- 20cm x 30cm
- 20cm x 35cm
- 20cm x 40cm

Se definió la sección y resistencia a compresión, donde a partir de esta se fueron adoptando diferentes configuraciones de armadura (As y A's), calculando el momento último (Mu) que es capaz de resistir la sección.

Para adoptar la armadura a tracción se tuvo en cuenta una cuantía comprendida entre el 0,35% y 0,70%. Para el caso de la armadura de compresión se tomó el criterio de adoptar una cuantía del 50% de la armadura traccionada aproximadamente.

En todos los casos se verifico que la deformación unitaria del acero traccionado sea mayor al 0,005 para asegurar la falla dúctil de la viga

A continuación, se presentan una tabla resumen de los cálculos realizados. Llamaremos Tipo 1 al hormigón celular de $f'c = 13\text{MPa}$, Tipo 2 al hormigón celular de $f'c = 15\text{MPa}$ y H20 para el hormigón convencional de $f'c = 20\text{MPa}$, este último para tener una referencia conocida de la capacidad resistente de los hormigones que cotidianamente se utilizan para estructuras en el modelo de casa previsto.

$f'c$		20x20	20x25	20x30	20x35	20x40
10MPa	As (cm2)	2,07	2,57	3,27	3,89	3,89
	Mu (KNm)	11,56	18,97	29,62	42,09	49,55
11MPa	As (cm2)	2,26	2,86	3,39	4,18	4,18
	Mu (KNm)	12,43	20,74	31,12	45,44	53,48
12MPa	As (cm2)	2,26	3,14	3,89	4,52	5,15

	Mu (KNm)	12,61	22,90	35,50	49,22	64,84
13MPa	As (cm2)	2,57	3,36	3,89	4,52	5,59
	Mu (KNm)	14,38	24,69	35,38	49,28	70,43
14MPa	As (cm2)	2,86	3,64	4,18	4,80	5,59
	Mu (KNm)	15,88	26,54	38,14	51,96	70,62
15MPa	As (cm2)	2,86	3,64	4,18	4,80	5,59
	Mu (KNm)	16,00	26,72	38,29	52,34	71,28
20MPa	As (cm2)	2,86	3,64	4,52	5,02	5,59
	Mu (KNm)	16,40	27,26	41,59	55,50	71,94

Tabla N°33. Análisis de cada sección variando la densidad del hormigón

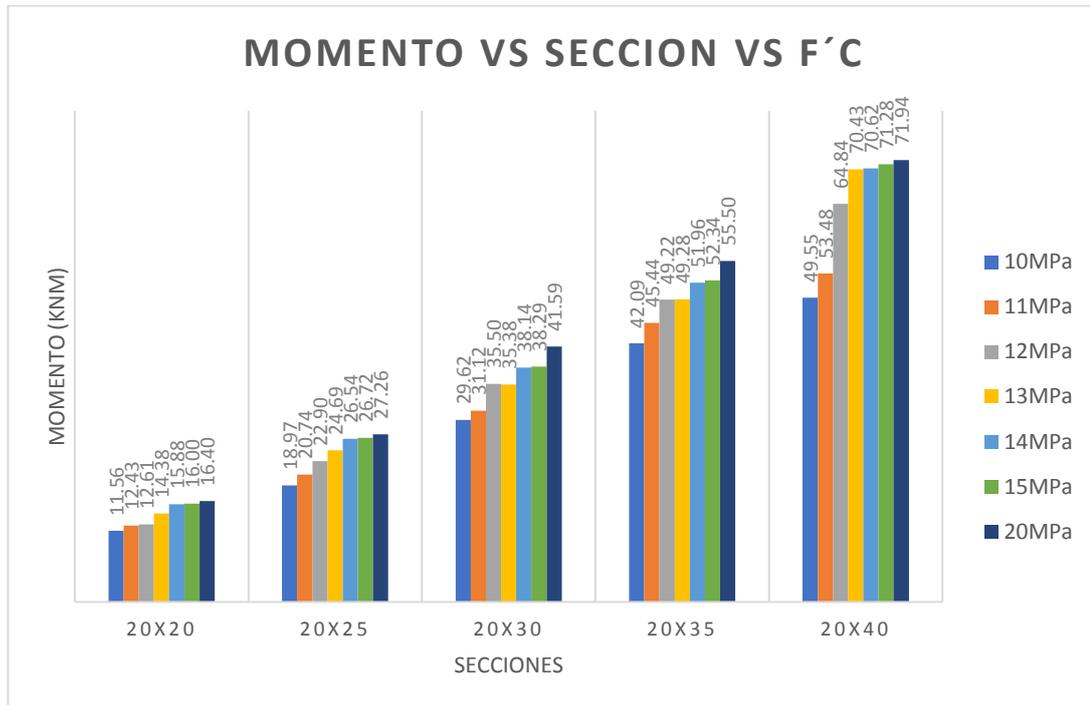


Gráfico de Tabla N°33

TIPO	f'c	20x20	20x25	20x30	20x35	20x40
TIPO 1	13MPa	14,38	24,69	35,38	49,28	70,43
TIPO 2	15MPa	16,00	26,72	38,29	52,34	71,28
H20	20MPa	16,40	27,26	41,59	55,50	71,94

Tabla N°34. Análisis de los Mu de los dos tipos de hormigón utilizados

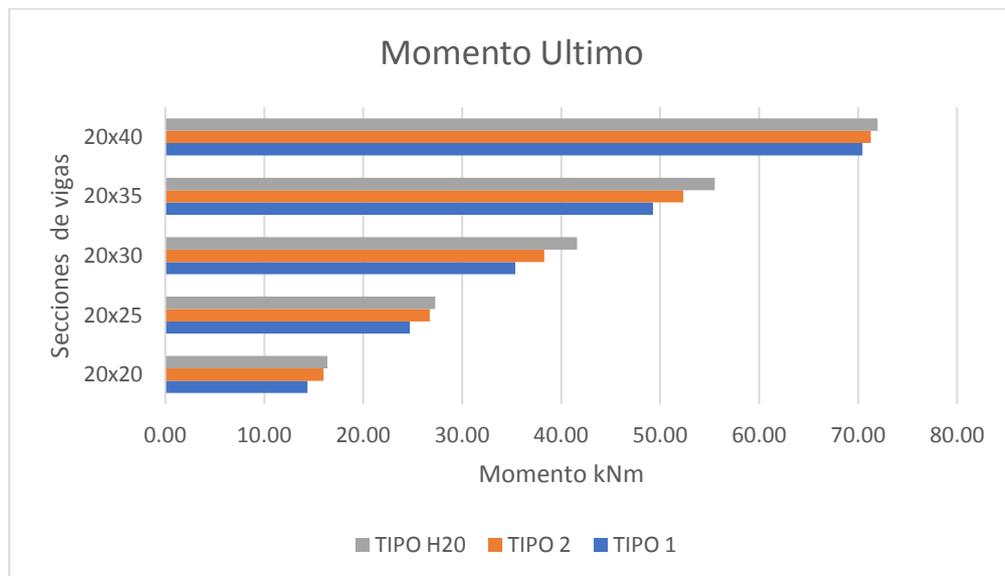


Gráfico de tabla Tabla N°34

6.2.4.1 Observaciones

De los gráficos se puede observar que no existe una diferencia muy significativa entre el momento flector resistente de una viga de hormigón de $f'c = 20\text{MPa}$ y el de una viga de hormigón celular de $f'c = 13\text{MPa}$

La disminución en la resistencia entre una viga de hormigón de $f'c = 20\text{MPa}$ y el de una viga de hormigón celular de $f'c = 13\text{MPa}$ es del orden del 8,7%. En ambos casos se consideraron las vigas con cuantías similares.

6.3 Cálculo de columna de hormigón celular

6.3.1 Datos

6.3.1.1 Condiciones ambientales y vida útil

- La estructura se supone expuesta a un ambiente del tipo A1 según la Tabla 2.1 del CIRSOC 201. Tampoco se prevé reacción álcali-sílice.
- La vida útil se estima en 50 años.

6.3.1.2 Datos geométricos

Dimensiones:

- $h = \text{altura} = 0,18\text{m}$
- $b = \text{ancho} = 0,18\text{m}$
- $L = \text{longitud} = 2,90\text{m}$

6.3.1.3 Materiales a emplear

Hormigón Celular

- Resistencia especificada ($f'c$): 13MPa.
- (Valor que resulta del análisis realizado en el apartado 3.1.1 del presente proyecto)
- $f'c \leq 30\text{MPa}$ entonces $\beta_1 = 0,85$ (según CIRSOC 201 artículo 10.2.7.3)
- Peso específico (γ) = 1633 kg/m³ = 16,01kN/m³
- Recubrimiento de hormigón = cc = 20mm (según CIRSOC 202 tabla 5, para HL 13)

Acero ADN420

- $F_y = 420\text{MPa}$
- $E = 200000\text{MPa}$

6.3.1.4 Análisis de carga

$$\text{Peso propio} = 0,18\text{m} \cdot 0,18\text{m} \cdot 2,90\text{m} \cdot 16,01 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} = 1,50\text{KN}$$

$$\text{Reaccion de la viga} = (R_v) = 36,96 \text{ kN}$$

$$P_u = P_p + R_v = 1,50\text{KN} + 36,96 \text{ kN} = 38,46\text{KN}$$

Combinaciones de cargas (Según CIRSOC 201 - Art 9.2.1)

$$U = 1,4 (D+F)$$

$$P_u = 1,4 \cdot D = 1,4 \cdot 38,46 \text{ KN} = 53,85 \text{ KN}$$

6.3.2 Calculo de capacidad

Adopto de armadura 4 Ø 12

$$A_{st} = 4,52 \text{ cm}^2 = 0,000452 \text{ m}^2$$

Para columnas con estribos simples.

$$P_o = 0,85 \cdot f'c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}$$

$$P_o = 0,85 \cdot 13000 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot [(0,18\text{m} \cdot 0,18\text{m}) - 0,000452\text{m}^2] + 420000 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 0,000452\text{m}^2$$

$$P_o = 542,86 \text{ KN}$$

$$P_n = 0,80 \cdot P_o = 0,80 \cdot 542,86 \text{ KN} = 434,29 \text{ KN}$$

$$P_u = \emptyset \cdot P_n = 0,65 \cdot 434,29 \text{ KN} = 282,29 \text{ KN}$$

$$\emptyset \cdot P_n \geq P_u = 53,85 \text{ KN} \rightarrow \textit{Verifica}$$

Se adopta 4 Ø 12

Verificación de cuantía

$$\rho_{min} = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{0,000452 \text{ m}^2}{0,18\text{m} \cdot 0,18\text{m}} = 0,0139 = 1,39\% \rightarrow \textit{Verifica}$$

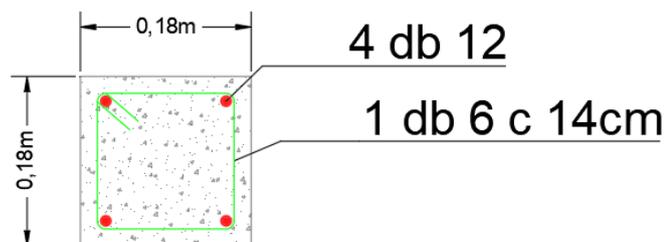
Calculo estribos

Adopto para el cálculo estribos de 6 Ø

$$s \leq \begin{cases} 12 \cdot db = 12 \cdot 12\text{mm} = 144 \text{ mm} \\ 48 \cdot db_e = 48 \cdot 6\text{mm} = 288\text{mm} \\ \text{dimensión del menos lado de la columna} = 180\text{mm} \end{cases}$$

Se adopta 1 Ø 6 c/14cm

6.3.3 Detalle de armadura



6.3.4 Análisis de sensibilidad de la columna

En el análisis de las columnas se tomaron en cuenta secciones habituales de las mismas. Las secciones fueron las siguientes:

- 20cm x 20cm
- 25cm x 25cm
- 20cm x 30cm

Se definió la sección y resistencia a compresión, donde a partir de esta se fueron adoptando diferentes configuraciones de armadura (A_s), calculando el normal último (P_u) que es capaz de resistir la sección.

Para adoptar la armadura de las columnas se tuvo en cuenta la cuantía mínima exigida por el código CIRSOC 201 del 1%.

A continuación, se presentan una tabla resumen de los cálculos realizados. Llamaremos Tipo 1 al hormigón celular de $f'c = 13\text{MPa}$, Tipo 2 al hormigón celular de $f'c = 15\text{MPa}$ y H20 para el hormigón convencional de $f'c = 20\text{MPa}$, este último para tener una referencia conocida de la capacidad resistente de los hormigones que cotidianamente se utilizan para estructuras en el modelo de casa previsto.

		20 x 20	25 x 25	20 x 30
10MPa	As (cm2)	4,52	6,79	6,79
	Pu (KNm)	458,93	705,39	688,39
11MPa	As (cm2)	4,52	6,79	6,79
	Pu (KNm)	485,82	747,43	728,73
12MPa	As (cm2)	4,52	6,79	6,79
	Pu (KNm)	512,71	789,47	769,07
13MPa	As (cm2)	4,52	6,79	6,79
	Pu (KNm)	539,60	831,51	809,41
14MPa	As (cm2)	4,52	6,79	6,79
	Pu (KNm)	566,50	873,55	849,75
15MPa	As (cm2)	4,52	6,79	6,79
	Pu (KNm)	593,39	915,58	890,08
20MPa	As (cm2)	4,52	6,79	6,79
	Pu (KNm)	727,85	1125,78	1091,78

Tabla N°35. Análisis de cada sección variando la densidad del hormigón

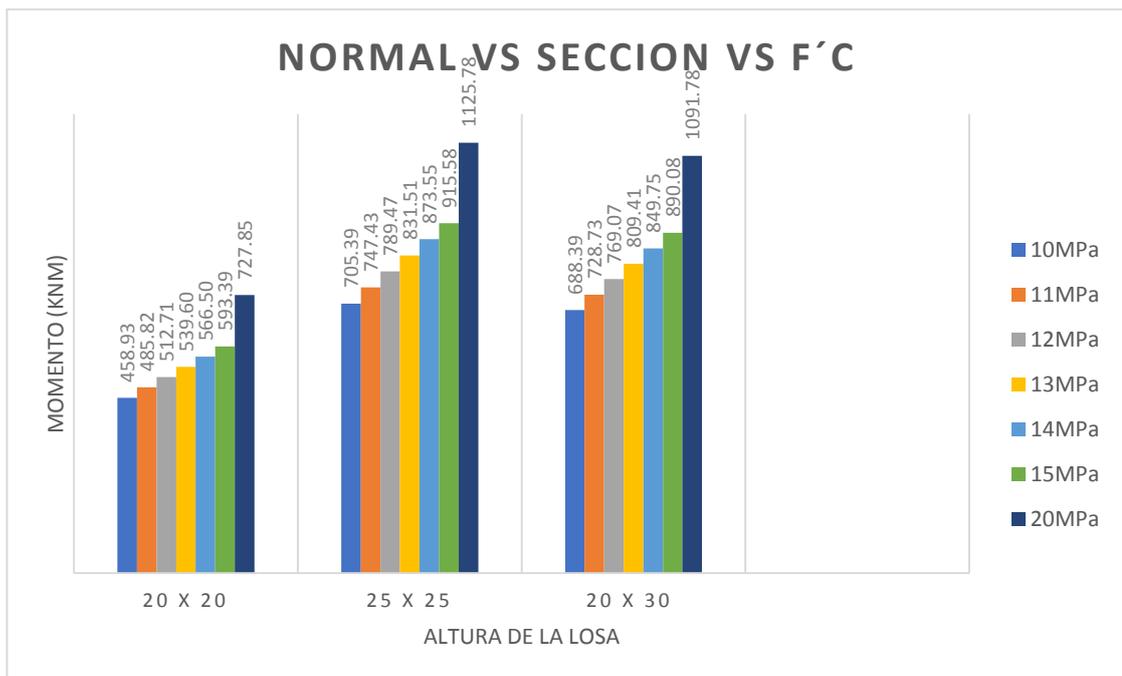


Gráfico de Tabla N°35

TIPO	f'c	20 x 20	25 x 25	20 x 30
TIPO 1	13MPa	539,60	831,51	809,41
TIPO 2	15MPa	593,39	915,58	890,08
H20	20MPa	727,85	1125,78	1091,78

Tabla N°36. Análisis de los Pu de los dos tipos de hormigón utilizados

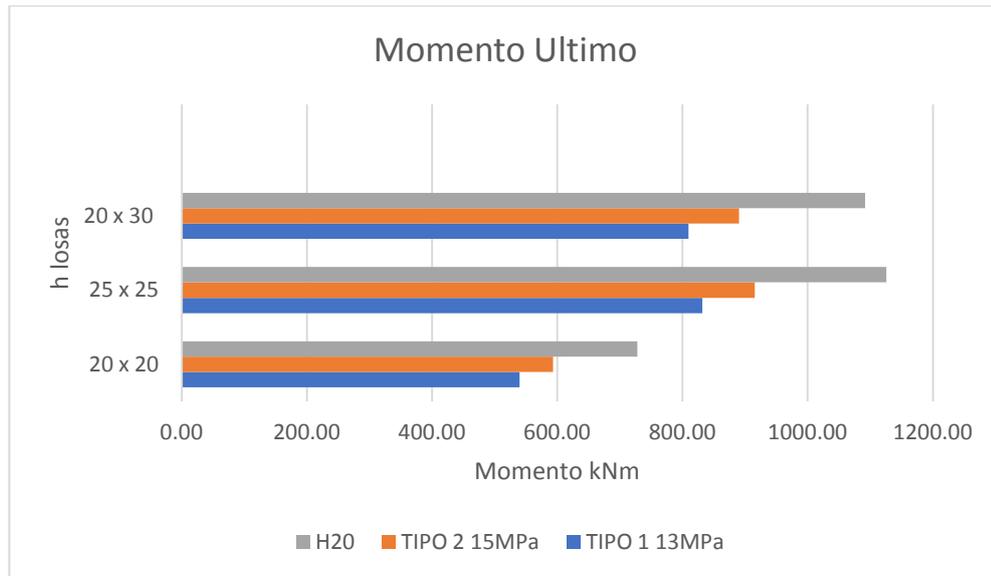


Gráfico de tabla Tabla N°36

6.3.4.1 Observaciones

De los gráficos se puede observar que para el caso de las columnas en el esfuerzo a compresión si existe una diferencia en los valores del normal ultimo que es capaz de soportar cada elemento. Esto es debido a la gran relevancia que tienen las características del hormigón para dichas solicitaciones.

La disminución en la resistencia entre una columna de hormigón de $f'c = 20\text{MPa}$ y el de una columna de hormigón celular de $f'c = 13\text{MPa}$ es del orden del 25,97%. En ambos casos se consideraron las vigas con cuantías similares.

6.4 Cálculo tabique de hormigón celular

6.4.1 Datos

6.4.1.1 Condiciones ambientales y vida útil

- La estructura se supone expuesta a un ambiente del tipo A1 según la Tabla 2.1 del CIRSOC 201. Tampoco se prevé reacción álcali-sílice.
- La vida útil se estima en 50 años.

6.4.1.2 Datos geométricos

Dimensiones:

- $l_w = \text{longitud} = 3,5\text{m}$
- $h_w = \text{altura total} = 2,9\text{m}$
- $h = \text{espesor de la sección transversal} = 0,18\text{m}$

6.4.1.3 Materiales a emplear

Hormigón Celular

- Resistencia especificada ($f'c$): 13MPa.
(Valor que resulta del análisis realizado en el apartado 3.1.1 del presente proyecto)
- $f'c \leq 30\text{MPa}$ entonces $\beta_1 = 0,85$ (según CIRSOC 201 artículo 10.2.7.3)
- Peso específico (γ) = 1633 kg/m³ = 16,01kN/m³
- Recubrimiento de hormigón = cc = 20mm (según CIRSOC 202 tabla 5, para HL 13)

Acero ADN420

- $F_y = 420\text{MPa}$
- $E = 200000\text{MPa}$

6.4.1.4 Análisis de carga

a) Carga muerta (D)

$$\text{Reaccion de la losa} = (Rl) = 11,25 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Este valor surge del análisis de carga de la losa apartado 6.1.1.4 del proyecto

$$\text{Peso propio del tabique} = (\text{ppt}) = 16,01 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot 0,18\text{m} \cdot 2,9\text{m} = 8,36 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$D = Rl + \text{ppt} = 11,25 \frac{\text{KN}}{\text{m}} + 8,36 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 19,61 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$D = 19,61 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \cdot 3,5\text{m} = 68,63 \text{ KN}$$

b) Acción sísmica (E)

Acción sísmica vertical (E_v)

$$E_v = 0,2 \cdot b \cdot D \cdot \gamma_d$$

b = ordenada del plafón del espectro elástico de pseudoaceleraciones horizontales (Tabla 4 – 103 II - 1991)

Para zona sísmica 4 y suelo Tipo II → $b = 1,05$

Tabla 4. Valores de a_s , b , T_1 y T_2 para las distintas zonas sísmicas y tipos de suelo de fundación.

ZONA SÍSMICA	SUELO	a_s	b	T_1	T_2
4	Tipo I	0,35	1,05	0,20	0,35
	Tipo II	0,35	1,05	0,30	0,60
	Tipo III	0,35	1,05	0,40	1,00
3	Tipo I	0,25	0,75	0,20	0,35
	Tipo II	0,25	0,75	0,30	0,60
	Tipo III	0,25	0,75	0,40	1,00
2	Tipo I	0,16	0,48	0,20	0,50
	Tipo II	0,17	0,51	0,30	0,70
	Tipo III	0,18	0,54	0,40	1,10
1	Tipo I	0,08	0,24	0,20	0,60
	Tipo II	0,09	0,27	0,30	0,80
	Tipo III	0,10	0,30	0,40	1,20

Tabla N°37

D = cargas permanentes

$\gamma_d = 1$ = factor de riesgo para grupo B (según CIRSOC 103 Parte I - 1991)

Construcción	Factor de riesgo γ_d
Grupo A_0	1,4
Grupo A	1,3
Grupo B	1

Tabla N°38

$$E_v = 0,2 \cdot 1,05 \cdot 68,62 \text{ KN} \cdot 1 = 14,41 \text{ KN}$$

Acción sísmica horizontal (EH)

El esfuerzo de corte basal surge del análisis sísmico de la estructura. Para el diseño del tabique se va a adoptar un EH similar al de una vivienda tipo IPV.

$$V_u = 300 \text{ KN}$$

Combinaciones (según CIRSOC 103 I - ADENDA – art. 1.3):

- $N_u = 1,00 \cdot D \pm E + f_1 \cdot L + f_2 \cdot S$

$$N_u 1 = 1 \cdot 68,63 \text{ KN} + 14,41 \text{ KN} = 83,04 \text{ KN}$$

$$N_u 2 = 1 \cdot 68,63 \text{ KN} - 14,41 \text{ KN} = 54,22 \text{ KN}$$

- $M_u = 1,00 \cdot D \pm E + f_1 \cdot L + f_2 \cdot S$

$$M_u 2 = 300\text{KN} \cdot 2,9\text{m} = 870\text{KNm}$$

Cuadro resume

	Nu (KN)	Mu (KNm)
C1	83,04	870

6.4.2 Calculo de tabique a flexión

Seleccionar un espesor para el tabique (h) art. 14.5.3.1

$$h \geq \begin{cases} L_w/25 = 3500\text{mm}/25 = 140\text{mm} \\ 100\text{mm} \\ H_w/25 = 2900\text{mm}/25 = 116\text{mm} \end{cases}$$

Adopto h = 180mm ≥ 140mm ----> VERIFICA

Armadura longitudinal

$$\rho_{\min} = \frac{0,7}{F_y} \leq \frac{\Sigma A_b}{b_i \cdot s_v} = \frac{A_s}{b_i \cdot s_v} \leq \frac{16}{F_y} \quad (\text{Ec 3.10 – CIRSOC 103 II})$$

bi = espesor del tabique
As= Sección bruta de acero
sv = separación de armadura

$$\frac{0,7}{F_y} = 0,0017 = 0,17\%$$

$$\frac{16}{F_y} = 0,038 = 3,8\%$$

Se recomienda empezar el diseño con $\rho = 0,25\%$

$$A_s = 0,0025 \cdot 18\text{cm} \cdot 100\text{cm} = 4,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{Area (8db)} = \frac{\pi \cdot (0,8)^2}{4} = 0,50 \text{ cm}^2$$

$$\frac{0,50 \text{ cm}^2}{\left(\frac{4,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}}{2}\right)} = 0,222\text{m} = 22,20\text{cm}$$

Adopto 1 db 8 c/20cm

$$\rho_{\text{adop}} = \frac{4,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}}{100\text{cm} \cdot 18\text{cm}} = 0,25\%$$

Capacidad a flexión

$$\eta = \frac{N_u}{A_g \cdot f'_c}$$

$$\eta = \frac{83,04 \text{ KN}}{(0,18\text{m} \cdot 3,5 \text{ m}) \cdot 13000 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} = 0,0101$$

Momento nominal según Ec. Aproximada

$$M_n = (A_{st} \cdot f_y + N_u) \cdot \frac{L_w - a}{2}$$

$$a = \frac{\eta + \rho \cdot f_r}{0,85 + 2 \cdot \rho \cdot f_r}$$

$$f_r = \frac{f_y}{f'_c}$$

$$f_r = \frac{f_y}{f'_c} = \frac{420\text{MPa}}{13\text{MPa}} = 32,31$$

$$a = \frac{0,0101 + 0,0025 \cdot 32,31}{0,85 + 2 \cdot 0,0025 \cdot 32,31} = 0,0898 \text{ m}$$

$$M_n = \left(0,00157\text{m}^2 \cdot 420000 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} + 83,04\text{KN}\right) \cdot \frac{3,5\text{m} - 0,0898\text{m}}{2} = 1265,93\text{KNm}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \cdot 1265,93 \text{ KNm} = 1139,34 \text{ KNm} \geq 870 \text{ KNm} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Para este caso se cumple que $M_u \leq \phi M_n$, por lo que el tabique no requiere armadura de borde

Factor de sobrerresistencia flexional

$$\phi_w^\circ = \frac{M_w^\circ}{M_E^w} = \frac{\lambda_0 \cdot M_n}{M_E^w} \quad (\text{Ec 3.12 – CIRSOC 103 II})$$

λ_0 = factor de sobrerresistencia del acero - $\lambda_0 = 1,40$

M_E^w = momento en un tabique producido por las fuerzas horizontales solamente

M_w° = capacidad flexional en la base de un tabique

M_n = resistencia nominal a flexión en la base de un tabique

Se plantea para cada combinación el cálculo de la sobrerresistencia flexional teniendo en cuenta la armadura adoptada para el tabique.

Armadura de alma $\rightarrow \phi 8 \text{ c}/20\text{cm}$

$$\phi_w^\circ = \frac{1,4 \cdot 1139,34 \text{ KNm}}{870 \text{ KNm}} = 1,83$$

Factor de ampliación dinámica

Para análisis estático de edificios de hasta 6 pisos utilizamos la siguiente ecuación

$$w_v = 0,90 + \frac{n}{10} \quad (\text{Ec 3.16 – CIRSOC 103 II})$$

n = número de niveles

$$w_v = 0,90 + \frac{1}{10} = 1$$

Longitud de rotula plástica

$$L_p \geq \left\{ \begin{array}{l} L_w = 3,5\text{m} \end{array} \right.$$

$$hw/6 = 2,9m/6 = 0,48m$$

Adopto el mayor por lo tanto la rótula plástica se forma a 3,5m desde la sección crítica.

6.4.3 Diseño a corte

Esfuerzo de corte de diseño

$$Vu_i = wv \cdot \Phi_w^\circ \cdot V_{Ei} \leq \frac{\mu}{\Phi} \cdot V_{Ei} \quad (Ec. 3.15 - CIRSOC 103 II)$$

V_{Ei} = esfuerzo de corte provocado por las fuerzas sísmicas horizontales

V_{ui} = esfuerzo de corte de diseño por capacidad

μ = ductilidad global de la estructura (según Tabla 3.1 – CIRSOC 103II)

$$\mu = \frac{4}{z} = \frac{4}{2} = 2$$

z = factor de aspecto del tabique

$$1,00 < z = 2,50 - 0,50 \cdot Ar < 2,00$$

$$z = 2,50 - 0,50 \cdot Ar = 2,50 - 0,50 \cdot \left(\frac{2,90 m}{4 m}\right) = 2,137 \rightarrow z = 2$$

Se toma el valor de 2 para “z” ya que es el valor más cercano que cumple con la condición exigida por el código

Ar = relación de aspecto de un tabique ($Ar = hw/Lw$)

Φ = factor de reducción de resistencia (Art. 1.6 – CIRSOC 103 II)

1.6. FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA

En la determinación de la resistencia de diseño de los elementos, deberán utilizarse los factores de reducción de resistencia que a continuación se establecen:

	Factor de reducción de resistencia (ϕ)
(a) Cuando la resistencia requerida se basa en las solicitaciones máximas posibles que se desarrollan teniendo en cuenta la sobrerresistencia de las rótulas plásticas.	1,00
(b) Cuando la resistencia requerida se basa en las solicitaciones provenientes de la combinación de los estados de carga – artículo 1.3., Parte II –:	
• Flexión con o sin tracción o compresión axial	0,90
• Corte y torsión	0,85
• Aplastamiento del hormigón	0,70

Tabla N°39

$$\Phi = 0,85$$

$$Vu_i = wv \cdot \Phi_w \cdot V_{Ei} = 1 \cdot 1,83 \cdot 300\text{KN} = 549 \text{ KN}$$

$$\frac{\mu}{\Phi} \cdot V_{Ei} = \frac{2}{0,85} \cdot 300\text{KN} = 705,88\text{KN}$$

$$Vu_i \leq \frac{\mu}{\Phi} \cdot V_{Ei} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Tensión nominal de corte

$$vn = \frac{Vu}{0,80 \cdot bw \cdot Lw} \quad (\text{Ec. 3.19 CIRSOC 103II})$$

La tensión nominal de corte definida por la expresión (3-19), no deberá superar el mayor de los siguientes valores:

$$vn \leq \begin{cases} 0,20 \cdot f'c = 0,20 \cdot 13\text{MPa} = 2,6 \text{ MPa} \\ 0,10\sqrt{f'c} = 0,10\sqrt{13\text{MPa}} = 0,36 \text{ MPa} \\ \boxed{9\text{MPa}} \end{cases}$$

$$vn = \frac{Vu}{0,80 \cdot bw \cdot Lw} = \frac{549\text{KN}}{0,80 \cdot 0,18\text{m} \cdot 3,5\text{m}} = 1089,29 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 1,09\text{MPa}$$

$$vn \leq 9\text{MPa} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Resistencia al corte proporcionado por el H°

En las secciones de tabiques sismorresistentes donde no se espere la formación de rótulas plásticas, la contribución del hormigón a la resistencia al corte deberá tomarse como el menor de los valores calculados como:

$$vc = 0,27\sqrt{f'c} + \frac{Pu}{4 \cdot Ag} \quad (\text{Ec. 3.22 - CIRSOC 103II})$$

o

$$v_c = 0,05\sqrt{f'_c} + \frac{L_w \left(0,10 \sqrt{f'_c} + 0,20 \frac{P_u}{A_g} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{L_w}{2}} \quad (\text{Ec. 3.23 - CIRSOC 103II})$$

Cuando $\frac{M_u}{V_u} - \frac{L_w}{2}$ sea cero o negativo, no deberá aplicarse la expresión (3-23)

$$v_c = 0,27\sqrt{13\text{MPa}} + \frac{83040\text{N}}{4 \cdot 180\text{mm} \cdot 3500\text{mm}} = 1,01\text{MPa}$$

$$v_c = 0,05\sqrt{13\text{MPa}} + \frac{3500\text{mm} \cdot \left(0,10 \sqrt{13\text{MPa}} + 0,20 \frac{83040\text{N}}{180\text{mm} \cdot 3500\text{mm}} \right)}{\frac{870000\text{KNmm}}{549\text{KN}} - \frac{3500\text{mm}}{2}} = -8,01\text{MPa}$$

Diseño de armadura de corte horizontal

$$A_{vh} = \frac{(V_n - V_c) \cdot b_w \cdot sh}{f_y} \geq \frac{0,70 \cdot b_w \cdot sh}{f_y} \quad (\text{Ec. 3.24 CIRSOC 103II})$$

Si adopto un diámetro la separación será:

$$sh = \frac{A_{vh} \cdot f_y}{(V_n - V_c) \cdot b_w}$$

Adoptamos como armadura: 2 ramas de $\phi 10$

$$sh = \frac{2 \cdot 0,28\text{cm}^2 \cdot 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{\left(11,11 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} - 10,30 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \cdot 18\text{cm}} = 161,32 \text{ cm}$$

La separación no debe ser mayor que la menor de:

$$sh \leq \begin{cases} L_w/5 = 350\text{cm}/5 = 70\text{cm} \\ 3 \cdot b_w = 3 \cdot 18\text{cm} = 54\text{cm} \\ \boxed{45\text{cm}} \end{cases}$$

Finalmente adoptamos estribos 2 ramas $\phi 6$ c/45cm

Controlamos cuantía mínima horizontal

$$A_{vh} = \frac{(V_n - V_c) \cdot b_w \cdot s_h}{f_y} \geq \frac{0,70 \cdot b_w \cdot s_h}{f_y} \quad (\text{Ec. 3.24 CIRSOC 103II})$$

$$A_{v_{\min}} = \frac{0,70}{f_y} \cdot b_w \cdot s_h$$

$$A_{v_{\min}} = \frac{0,70}{420} \cdot 18\text{cm} \cdot 45\text{cm} = 1,35\text{cm}^2 \leq 2 \cdot 0,28\text{cm}^2 = 0,56\text{cm}^2 \rightarrow \text{NO VERIFICA}$$

Como no cumple adopto 10db por 6db

$$A_{v_{\min}} = \frac{0,70}{420} \cdot 18\text{cm} \cdot 45\text{cm} = 1,35\text{cm}^2 \leq 2 \cdot 0,78\text{cm}^2 = 1,57\text{cm}^2 \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Finalmente queda db 10 c/ 45cm

6.4.4 Requerimientos adicionales para tabiques poco esbeltos

$$\text{Si } \frac{hw}{L_w} < 3 \rightarrow \text{Tabique poco esbelto}$$

$$\frac{hw}{L_w} = \frac{2,9\text{m}}{3,5\text{m}} = 0,83 < 3$$

Da como resultado que el tabique es poco esbelto por lo que se van a tener que considerar los siguientes requerimientos:

Corte por deslizamiento

Si $V_d + V_f < V_{Ev}^{\circ}$ → deberá proveerse al tabique de armadura diagonal

- V_d :

$$V_d = 0,25 \cdot f_y \cdot A_{sw}$$

$$V_d = 0,25 \cdot 420000 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 1,58 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 165,37 \text{ KN}$$

Asw = área total de la armadura vertical en el alma del tabique

- Vf:

$$V_f = 0,25 \cdot f'c \cdot A_f$$

$$V_f = 0,25 \cdot 13000 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot (1,75\text{m} \cdot 0,18\text{m}) = 1023,75\text{KN}$$

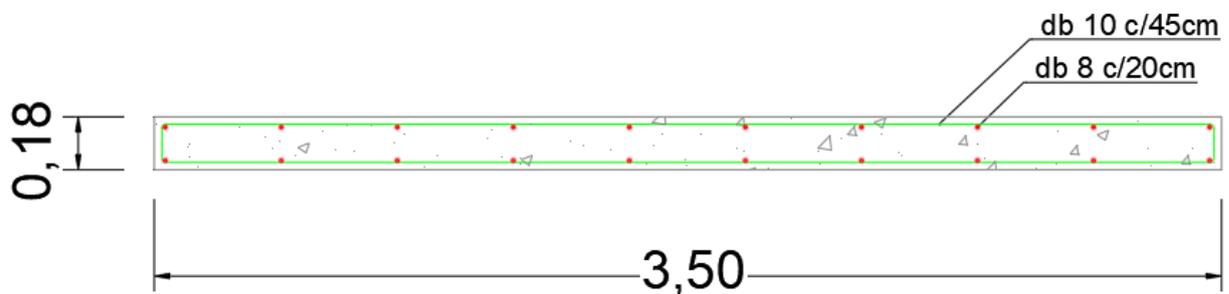
Af = área efectiva de una sección para el cálculo de la resistencia al corte por fricción

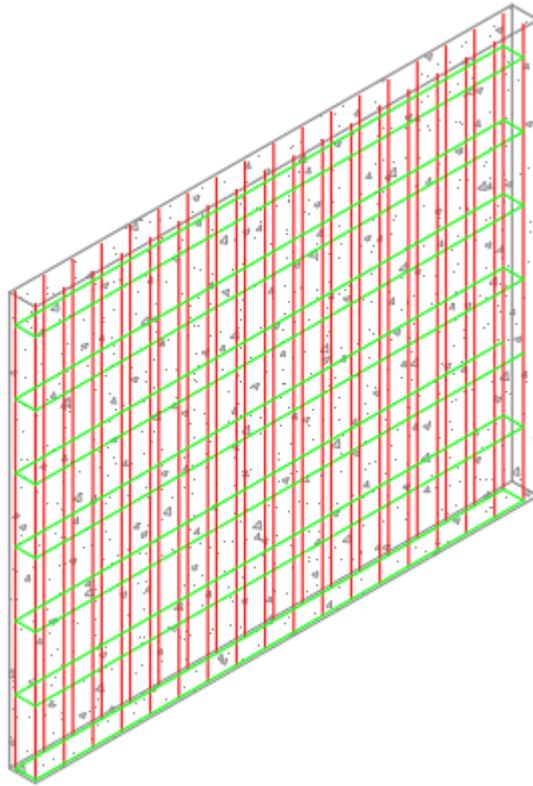
$$V_d + V_f < V_{Ev}^{\circ}$$

$$165,37\text{KN} + 1023,75\text{KN} = 1289,12 \text{ KN} > 300\text{KN}$$

Por lo tanto, no debe proveerse armadura diagonal

6.4.5 Detalles de armado de tabique





CAPÍTULO 7: DISEÑO ESTRUCTURAL Y ANALISIS SISMICO DE UNA VIVIENDA

7.1 Instrucción

Con el fin de analizar el comportamiento estructural del hormigón celular vamos a aplicarlo a un caso particular realizando el dimensionado y análisis sísmico de una vivienda típica del Instituto Provincial de la Vivienda de la Provincia de Mendoza (en adelante IPV).

La vivienda corresponde a la licitación: “Construcción barrio los tamarindos”. El proyecto consiste en la construcción de 34 viviendas con muros de mampostería y estructura de hormigón armado convencional.

A los fines de este proyecto se hará un estudio del comportamiento sísmico de una vivienda de la misma tipología, pero con estructura de hormigón celular armado.

Se considerará la vivienda conformada por:

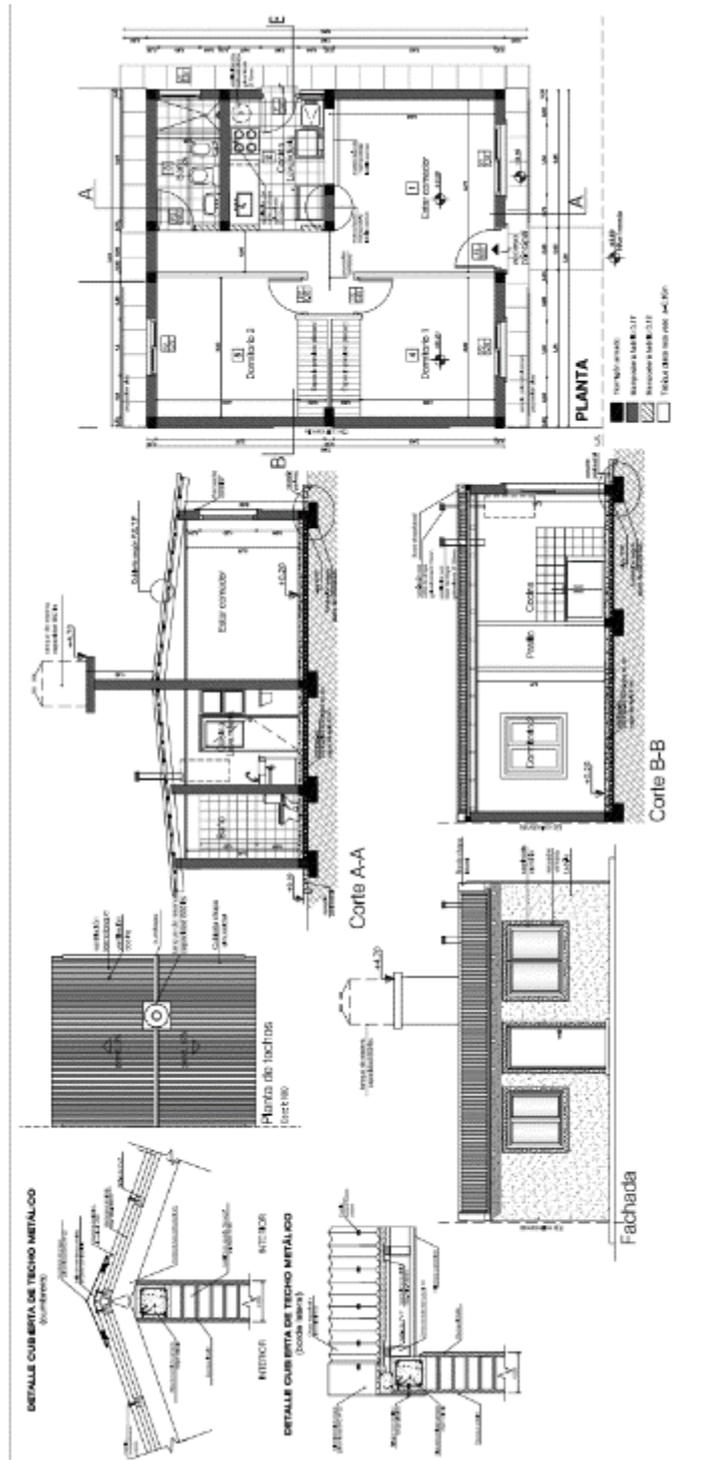
- Tabiques sismorresistentes de hormigón celular armado
- Vigas de hormigón celular armado
- Losas de hormigón celular armado macizas apoyadas en una dirección
- Columnas de hormigón celular armado

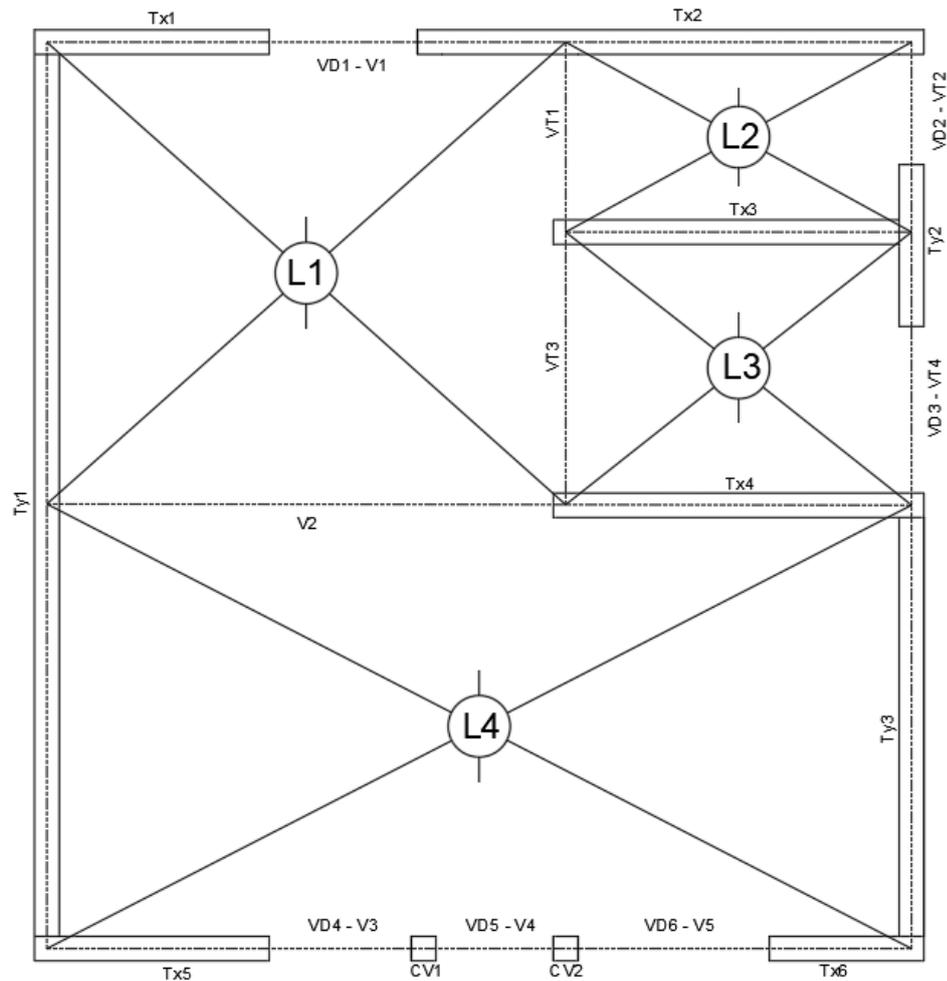
A continuación, se adjunta el plano de arquitectura de una de las viviendas.

7.2 Consideraciones generales de la vivienda en estudio

Se trata de una construcción destinado a vivienda unifamiliar, de un nivel. La cual consta de una superficie cubierta de 54,72m². La tipología estructural está planteada con “Tabiques Sismorresistentes de Hormigón Celular”, según INPRES-CIRSOC 103 Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes (Parte I 2013 y Parte II 2005).

Planta estructural:





7.3 Característica de los materiales

Los materiales a emplear son:

Hormigón Celular

- Resistencia especificada ($f'c$): 13MPa.
(Valor que resulta del análisis realizado en el apartado 3.1.1 del presente proyecto)
- $f'c \leq 30\text{MPa}$ entonces $\beta_1 = 0,85$ (según CIRSOC 201 artículo 10.2.7.3)
- Peso específico (γ) = $1633 \text{ kg/m}^3 = 16,01\text{kN/m}^3$
- Recubrimiento de hormigón = $cc = 20\text{mm}$ (según CIRSOC 202 tabla 5, para HL 13)

Acero ADN420

- $F_y = 420\text{MPa}$
- $E = 200000\text{MPa}$

7.4 Análisis de cargas y acciones

- Análisis de carga losa

Losa: **L1** L: 377 cm h nec: 21,9 cm L/20
Tipo de Losa: A: 420 cm h adop.: 22 cm
MACIZA

Descripción	m/m	b	e	Peso Especific.	SubTotal
		m/m	m	kN/m ³	kN/m ²
Hormigon Celular			0,22	16,01	3,52
Cielorraso de yeso aplicado			0,02	12,50	0,25
Impresión asfáltica y barrera de vapor					0,05
Mortero alivianado con copos de poliestireno expandido			0,05	4,00	0,20
TOTAL CARGAS PERMANENTES					4,02

Según CIRSOC 101- Cap. 4.4

SOBRECARGA (L)	1,00
-----------------------	-------------

TOTAL= 1,2 D + 1,6 L	6,43	kN/m²
TOTAL= 1,4 D	5,63	kN/m²

M max	11,42	KNm/m
R max	12,11	KN/m

Losa: **L2** L: 155 cm h nec: 9,0 cm L/20
Tipo de Losa: A: 280 cm h adop.: 15 cm
MACIZA

Descripción	m/m	b	e	Peso Especific.	SubTotal
		m/m	m	kN/m ³	kN/m ²
Hormigon Celular			0,15	16,01	2,40
Cielorraso de yeso aplicado			0,02	12,50	0,25
Impresión asfáltica y barrera de vapor					0,05
Mortero alivianado con copos de poliestireno expandido			0,05	4,00	0,20
TOTAL CARGAS PERMANENTES					2,90

Según CIRSOC 101- Cap. 4.4

SOBRECARGA (L)	1,00
-----------------------	-------------

TOTAL= 1,2 D + 1,6 L =	5,08	kN/m²
TOTAL= 1,4 D	4,06	kN/m²

M max	1,53	KNm/m
R max	3,94	KN/m

Losa: **L3** L: 223 cm h nec: 12,935 cm L/20
Tipo de Losa: A: 280 cm h adop.: 15 cm
MACIZA

Descripción	m/m	b	e	Peso Especific.	SubTotal
		m/m	m	kN/m ³	kN/m ²
Hormigon Celular			0,15	16,01	2,40
Cielorraso de yeso aplicado			0,02	12,50	0,25
Impresión asfáltica y barrera de vapor					1,00
Mortero alivianado con copos de poliestireno expandido			0,05	4,00	0,20
TOTAL CARGAS PERMANENTES					3,85

Según CIRSOC 101- Cap. 4.4

SOBRECARGA (L)	1,00
-----------------------	-------------

TOTAL= 1,2 D + 1,6 L =	6,22	kN/m²
TOTAL= 1,4 D	5,39	kN/m²

M max	3,87	KNm/m
R max	6,94	KN/m

Losa: **L4** L: 363 cm h nec: 21,056 cm L/20
Tipo de Losa: A: 700 cm h adop.: 22 cm
MACIZA

Descripción	m/m	b	e	Peso Especific.	SubTotal
		m/m	m	kN/m ³	kN/m ²
Hormigon Celular			0,22	16,01	3,52
Cielorraso de yeso aplicado			0,02	12,50	0,25
Impresión asfáltica y barrera de vapor					1,00
Mortero alivianado con copos de poliestireno expandido			0,05	4,00	0,20
TOTAL CARGAS PERMANENTES					4,97

Según CIRSOC 101- Cap. 4.4

SOBRECARGA (L)	1,00
-----------------------	-------------

TOTAL= 1,2 D + 1,6 L =	7,57	kN/m²
TOTAL= 1,4 D	6,96	kN/m²

M max	12,46	KNm/m
R max	13,73	KN/m

7.5 Diseño estructural

A continuación, se adjuntan las planillas de cálculo para las cuales el procedimiento de diseño fue el mismo que el efectuado en el capítulo 6. Las características de los materiales son las ya definidas anteriormente en el capítulo 7.3.

Diseño de Losas

Armadura Principal			Armadura de cont y temp			Separacion	
db mm	s cm	As adop cm ² /m	db mm	s cm	As adop cm ² /m	s max (As P) cm	s max (As cont y temp) cm
8	20	2,51	8	15	3,35	20	30
6	15	1,88	8	20	2,51	15	30
6	15	1,88	8	20	2,51	15	30
8	20	2,51	8	15	3,35	20	30

N°	Dimensiones					Parametros Geometricos			Solicitaciones						
	b cm	L cm	h nec cm	h cm	cc cm	d cm	d' cm	yt cm	Mu KNm	Pu KN	Mut KNm	mn KNm	wn	mn5	ΔMn KNm
L1	100	377	21,87	22	2	18,4	6,0	7,4	11,42	0	11,42	0,0339	0,0345	0,2679	-87,56
L2	100	155	8,99	15	2	11,8	5,0	4,3	1,53	0	1,53	0,0110	0,0111	0,2679	-1277,16
L3	100	223	12,94	15	2	11,8	5,0	4,3	3,87	0	3,87	0,0279	0,0283	0,2679	-45,48
L4	100	363	21,06	22	2	18,4	6,0	7,4	12,46	0	12,46	0,0370	0,0377	0,2679	-5,65

f'c	13 Mpa
fy	420 Mpa
γ	16,01 KN/m³
β	0,85

Determinaciones									
Armadura a compresion	As min 1 cm ² /m	As min 2 cm ² /m	As min 3 cm ² /m	As cont. y temp. cm ² /m	As calc cm ² /m	As nec cm ² /m	ε's ‰	wn5	As' nec cm ² /m
NO	3,95	6,13	2,22	3,31	1,67	2,22	0,39	0,78	37,97
NO	2,53	3,93	0,46	2,12	0,34	0,46	-0,39	0,78	23,91
NO	2,53	3,93	1,17	2,12	0,88	1,17	-0,39	0,78	24,34
NO	3,95	6,13	2,43	3,31	1,83	2,43	0,39	0,78	37,98

- Diseño de vigas

N°	Dimensiones					Parametros Geometricos		Solicitaciones									
	b cm	h nec cm	h cm	L cm	cc cm	d cm	d' cm	qu KN/m	R KN	Mu KNm	Pu KN	Mut KNm	mn KNm	wn	mn5	ΔMn KNm	Armadura a compresion
V1	20	7,50	20	120	2	17,0	4,2	13,01	7,81	2,34	0	2,34	0,0407	0,0416	0,2679	-14,51	NO
V2	20	26,25	40	420	2	36,8	5,0	27,64	58,05	60,95	0	60,95	0,2263	0,2601	0,2679	-12,47	NO
V3	20	7,19	20	115	2	17,0	4,2	14,63	8,41	2,42	0	2,42	0,0421	0,0430	0,2679	-14,43	NO
V4	20	5,94	20	95	2	17,0	4,2	14,63	6,95	1,65	0	1,65	0,0287	0,0291	0,2679	-15,28	NO
V5	20	9,69	20	155	2	17,0	4,2	14,63	11,34	4,39	0	4,39	0,0764	0,0796	0,2679	-12,23	NO
VD	20	9,69	20	155	2	17,0	4,2	0,90	0,69	0,27	0	0,27	0,0047	0,0047	0,2679	-16,81	NO
VT	20	13,91	20	222,6	2	17,0	4,2	0,90	1,00	0,56	0	0,56	0,0097	0,0097	0,2679	-16,50	NO

As min 1 cm2/m	As min 2 cm2/m	As calc cm2/m	As nec cm2/m	ε's ‰	fs Mpa	wn5	As' nec cm2/m	db ₁ mm	n° ₁	db ₂ mm	n° ₂	As adop cm2/m	db ₁ ' mm	n° ₁ '	As' adop cm2/m
0,73	1,13	0,3722	1,13	1,02	204,7	0,7846	-5,54	8	3			1,51	0	0	0,00
1,58	2,45	5,0364	5,04	1,91	382,6	0,7846	-1,03	12	4	10	1	5,31	0	0	0,00
0,73	1,13	0,3846	1,13	1,02	204,7	0,7846	-5,51	8	3			1,51	0	0	0,00
0,73	1,13	0,2606	1,13	1,02	204,7	0,7846	-5,83	8	3			1,51	0	0	0,00
0,73	1,13	0,7121	1,13	1,02	204,7	0,7846	-4,67	8	3			1,51	0	0	0,00
0,73	1,13	0,0420	1,13	1,02	204,7	0,7846	-6,42	8	3			1,51	0	0	0,00
0,73	1,13	0,0868	1,13	1,02	204,7	0,7846	-6,30	8	3			1,51	0	0	0,00

f _c	13	Mpa
f _y	420	Mpa
γ	16,01	KN/m3
β	0,85	
φ flexión	0,9	
E	200000	MPa

N°	Parametros Geometricos				Solicitaciones											
	dbe mm	n	s cm	Av/s [cm2/m]	Vu KN	Vn KN	Vn lim KN	Vc KN	Armadura de corte	Vs KN	1/3V(Fc)bd KN	s max cm	s calc cm	s nec cm	Av/s cal [cm2/m]	Av/s min [cm2/m]
V1	6	2	8,5	6,65	7,81	10,41	102,16	20,43	Aw/s min	-10,02	40,86	8,50	-40,28	8,50	-1,40	1,59
V2	6	2	18,0	3,14	58,05	77,39	221,14	44,23	Aw/s calculo	33,17	88,46	18,40	26,35	18,40	2,15	1,59
V3	6	2	8,5	6,65	8,41	11,22	102,16	20,43	Aw/s min	-9,22	40,86	8,50	-43,81	8,50	-1,29	1,59
V4	6	2	8,5	6,65	6,95	9,27	102,16	20,43	Aw/s min	-11,17	40,86	8,50	-36,16	8,50	-1,56	1,59
V5	6	2	8,5	6,65	11,34	15,12	102,16	20,43	Aw/s min	-5,31	40,86	8,50	-75,98	8,50	-0,74	1,59
VD	6	2	8,5	6,65	0,69	0,93	102,16	20,43	Aw/s min	-19,51	40,86	8,50	-20,70	8,50	-2,73	1,59
VT	6	2	8,5	6,65	1,00	1,33	102,16	20,43	Aw/s min	-19,10	40,86	8,50	-21,14	8,50	-2,68	1,59

Corte	
K	Φ
12,6	0,75

• Diseño de columnas

Columna	Dimensiones					Solicitaciones		Armadura Longitudinal						Estribos			
	b [cm]	h [cm]	L [cm]	cc [cm]	Ag [cm2]	Pu [kN]	Pn [kN]	Ast [cm2]	As min [cm2]	As max [cm2]	As nec [cm2]	db adop [mm]	n°	As [cm2]	dbe mm	s cm	s nec cm
CV1	20	20	270	2	400	17,09	26,29	-16,87	4,00	32,00	4,00	12	4	4,52	6	14	14,4
CV2	20	20	270	2	400	20,02	30,79	-16,87	4,00	32,00	4,00	12	4	4,52	6	14	14,4

Propiedades Mecánicas			
f _c	f _y	γ	φ compresión
[Mpa]	[Mpa]	[kN/m3]	
20	420	16,01	0,65

Cuadro resumen

ELEMENTO	CARACTERISTICAS DEL MATERIAL			CARACTERISTICAS GEOMETRICAS				ARMADURAS		
VIGAS	f'c [Mpa]	fy[Mpa]	E	b [cm]	h [cm]	l[cm]	cc [cm]	As	As'	Estribos
V1	13	420	200000	20	20	120	2	3db8	2db8	1 db6 c/ 8,5cm
V2	13	420	200000	20	40	420	2	3db16 + 1db12	2db8	1 db6 c/ 18cm
V3	13	420	200000	20	20	115	2	3db8	2db8	1 db6 c/ 8,5cm
V4	13	420	200000	20	20	95	2	3db8	2db8	1 db6 c/ 8,5cm
V5	13	420	200000	20	20	155	2	3db8	2db8	1 db6 c/ 8,5cm
VD	13	420	200000	20	20	155	2	3db8	2db8	1 db6 c/ 8,5cm
VT	13	420	200000	20	20	222,6	2	3db8	2db8	1 db6 c/ 8,5cm

ELEMENTO	CARACTERISTICAS DEL MATERIAL			CARACTERISTICAS GEOMETRICAS			ARMADURAS	
LOSAS	f'c [Mpa]	fy[Mpa]	E	h [cm]	l[cm]	cc [mm]	Principal	Secundaria
LOSA-1	13	420	200000	22	377	20	1db8 c/20cm	1 db 8 c/ 15cm
LOSA-2	13	420	200000	15	155	20	1db8 c/15cm	1 db 8 c/ 20cm
LOSA-3	13	420	200000	15	223	20	1db8 c/15cm	1 db 8 c/ 20cm
LOSA-4	13	420	200000	22	363	20	1db8 c/20cm	1 db 8 c/ 15cm

7.6 Centro de masa

Para la determinación del centro de masa se tuvo en cuenta el peso que aportan las losas, tabiques, columnas y vigas de hormigón celular armado. Para el caso de los tabiques se tomó el peso que aportan dichas estructuras a partir de 1 metro de altura medido desde el piso.

Después, se determinaron las coordenadas principales en "x" e "y" del baricentro de cada elemento con respecto al origen, definido en la esquina inferior izquierda del plano de estructura.

Una vez definido todos los valores se procede a calcular las coordenadas del centro de masa de la vivienda.

PB	Dimensiones			n°	Peso unitario [kN/m²]	γ [kN/m³]	Peso [kN]	Coordenadas		P. xi	P. yi
	x	y	h					x	y		
L1	4,00	3,57			6,43		91,82	2,200	5,615	202,00	515,57
L2	2,60	1,35			5,08		17,83	5,700	6,752	101,64	120,39
L3	2,60	2,03			6,22		32,83	5,700	4,840	187,13	158,89
L4	6,80	3,42			7,57		176,05	3,600	1,915	633,77	337,13
L tanque	1,20	1,20			3,22		4,64	4,800	3,730	22,27	17,31
T1X	1,90	0,20	1,70			16	10,34	0,200	7,500	2,07	77,52
T2X	4,10	0,20	1,70			16	22,30	5,150	7,500	114,87	167,28
T3X	2,80	0,20	1,70			16	15,23	5,600	5,950	85,30	90,63
T4X	3,00	0,20	1,70			16	16,32	5,700	3,724	93,02	60,78
T5X	1,90	0,20	1,70			16	10,34	0,950	0,100	9,82	1,03
T4X sup	1,20	0,20	1,20			16	4,61	4,725	3,730	21,77	17,19
T6X	1,25	0,20	1,70			16	6,80	6,575	0,100	44,71	0,68
T1Y	0,20	7,20	1,70			16	39,17	0,100	3,700	3,92	144,92
T2Y	0,20	1,32	1,70			16	7,18	7,100	5,840	50,98	41,94
T3Y	0,20	3,42	1,70			16	18,60	7,100	1,810	132,09	33,67
CV1	0,20	0,20	1,70			16	1,09	3,150	0,100	3,43	0,11
CV2	0,20	0,20	1,70			16	1,09	4,300	0,100	4,68	0,11
V1	1,20	0,20	0,20			16	0,77	2,500	7,500	1,92	5,76
VD1	1,20	0,20	0,20			16	0,77	2,500	7,500	1,92	5,76
VT1	0,20	1,55	0,20			16	0,99	4,300	6,725	4,27	6,67
VD2	0,20	1,00	0,20			16	0,64	7,100	6,950	4,54	4,45
VT2	0,20	1,00	0,20			16	0,64	7,100	6,950	4,54	4,45
VT3	0,20	2,23	0,20			16	1,42	4,300	4,837	6,13	6,89
VD3	0,20	1,46	0,20			16	0,93	7,100	4,450	6,63	4,16
VT4	0,20	1,46	0,20			16	0,93	7,100	4,450	6,63	4,16
V2	4,20	0,20	0,40			16	5,38	2,200	3,627	11,83	19,50
V3	1,15	0,20	0,20			16	0,74	2,475	0,100	1,82	0,07
VD4	1,15	0,20	0,20			16	0,74	2,475	0,100	1,82	0,07
V4	0,95	0,20	0,20			16	0,61	3,725	0,100	2,26	0,06
VD5	0,95	0,20	0,20			16	0,61	3,725	0,100	2,26	0,06
V5	1,55	0,20	0,20			16	0,99	5,175	0,100	5,13	0,10
VD6	1,55	0,20	0,20			16	0,99	5,175	0,100	5,13	0,10
Σ =							493,38	total		1780,32	1847,41

peso total	KN	493,38
------------	----	---------------

X _{cm} [m]	=	3,61 m
Y _{cm} [m]	=	3,74 m

7.7 Centro de rigidez

La estructura sismorresistente está conformada por tabiques de hormigón celular armado identificados según el plano de estructura.

Para el cálculo de la rigidez no se tendrá en cuenta el efecto del agrietamiento ya que se considerará un comportamiento elástico de la estructura. Por lo tanto, su factor de reducción de rigidez es igual a "1".

Una vez calculada las rigideces, con las coordenadas del baricentro de cada uno de los elementos procedemos a determinar el centro de rigidez de la vivienda.

Elemento	Rx [kN/m]	Dist. Y [m]	Rxi.yi [kNm/m]	yr
T1X	123306,8	7,50	924801,0	5,33
T2X	582453,1	7,50	4368398,5	
T3X	289913,8	5,95	1724987,2	
T4X	332392,2	3,72	1237828,5	
T5X	123306,8	0,10	12330,7	
T4X sup	193919,2	3,73	723318,5	
T6X	42552,4	0,10	4255,2	
	1687844,3		8995919,6	

Elemento	Ry [kN/m]	Dist. X [m]	Ryi . Xi [kNm/m]	xr
T1Y	1310882,9	0,10	131088,3	1,96
T2Y	49193,1	7,10	349270,8	
T3Y	425378,2	7,10	3020185,3	
	1785454,2		3500544,4	

XCR [m] =	1,96
YCR [m] =	5,33

7.4 Determinación de la acción sísmica por el método estático

Se aplica el método general de análisis sísmicos, Método Estático, especificado en el capítulo 6 del Reglamento INPRES – CIRSOC 103 parte I.

7.4.1 Acción sísmica

Para el estudio de las acciones sísmica el código CIRSOC103 – parte I permite realizar un análisis estático con la máxima aceleración de diseño. Este método es un procedimiento aproximado que se basa en la forma modal asociada al primer modo de vibración de la estructura, por lo que el reglamento establece algunas limitaciones para poder aplicarlo, controlando de tal manera la influencia de los modos superiores de vibración en la respuesta estructural a la excitación sísmica.

Dichas restricciones consisten principalmente en acotar la altura total del edificio en función de la zona sísmica de emplazamiento y del grupo a que pertenece según su destino y funciones, y en limitar el período fundamental a un valor no mayor de tres veces el T2 de fin de plafón del espectro de diseño correspondiente. Por otra parte, el reglamento limita su aplicación a estructuras que posean regularidad en planta y en elevación.

Regularidad en planta

Tabla 2.3. Condiciones de regularidad en planta

CONDICIONES		Ver Sección
1a	Son estructuras torsionalmente regulares o con irregularidad torsional baja cuando en todos los niveles o masas se cumple: $\Delta_{bk} / \Delta_{mk} \leq 1,2$	
1b	Son estructuras con irregularidad torsional media cuando en algún nivel o masa se cumple: $1,2 < \Delta_{bk} / \Delta_{mk} \leq 1,4$	
1c	Son estructuras con irregularidad torsional extrema cuando en algún nivel o masa se cumple: $\Delta_{bk} / \Delta_{mk} \geq 1,4$	2.6.3- a)
2a	Son estructuras regulares cuando los elementos resistentes para acción sísmica son continuos en altura y el esfuerzo se mantiene en un único plano vertical	
2b	Son estructuras irregulares todos los casos no incluidos en 2a	2.6.3- b)
3a	Son estructuras regulares los sistemas formados por elementos perpendiculares o con doble simetría	3.2
3b	Son estructuras irregulares todos los casos no incluidos en 3a	3.2.
4a	Son estructuras regulares de esquinas entrantes cuando la proyección de la planta se extiende más allá de la esquina entrante una longitud menor al 15% de las dimensiones de la planta en las direcciones de análisis	
4b	Son estructuras irregulares de esquinas entrantes todas aquéllas no incluidas en 4a	2.6.3. e)

Regularidad en altura

Tabla 2.4. Condiciones de regularidad en altura

CONDICIONES		Ver Sección
1a	Son estructuras regulares o con irregularidad baja en rigidez cuando en todos los niveles o masas se cumple: $\Delta_{mk} \leq 1,4\Delta_{mk+1}$	
1b	Son estructuras con irregularidad de rigidez media cuando en algún nivel se cumple: $1,4\Delta_{mk+1} < \Delta_{mk} \leq 1,7\Delta_{mk+1}$	
1c	Son estructuras con irregularidad de rigidez extrema cuando en algún nivel se cumple: $1,7\Delta_{mk+1} \leq \Delta_{mk}$	2.6.3- a)
2	Son estructuras con regularidad de masas cuando las masas de cada nivel varían menos de 30% respecto de los niveles adyacentes (1)	2.7.2.
3	Son estructuras con regularidad geométrica cuando en todos los niveles la dimensión horizontal del sistema resistente varía menos del 30% respecto de los niveles adyacentes	
4a	Son estructuras regulares cuando los elementos verticales son continuos en altura o los retranqueos en su plano son inferiores a la longitud del elemento. Las dimensiones de los componentes son constantes o crecientes hacia abajo	
4b	Son estructuras irregulares todos los casos no incluidos en 4a	2.6.3- b) 2.6.3- c)
5a	Son estructuras regulares en resistencia cuando en todos los niveles la resistencia lateral es superior al 80% de la resistencia del nivel inmediato superior	2.6.3.d)
5b	Son estructuras irregulares todos los casos no incluidos en 5a (piso débil)	2.6.3.a) 2.6.3.d)

Dado que el fin de nuestras tesis se centra principalmente en la resistencia estructural del hormigón celular, para el caso de la vivienda en estudio vamos asumir una irregularidad torsional media.

Clasificación de la vivienda según su destino y funciones:

A los fines del diseño sismorresistente, las construcciones se agrupan de acuerdo con sus funciones y con la trascendencia que puedan tener eventuales daños o colapsos de las mismas en caso de ocurrencia de sismos.

Nuestra vivienda pertenece al Grupo B

Verificación de condiciones para aplicación del método estático

Tabla 2.5. Condiciones para la aplicación del método estático

Zona sísmica	Altura máxima de la Construcción (m)			Regularidad en planta Tabla 2.3 – Línea			Regularidad en altura Tabla 2.4 – Línea		
	A _o	A	B	A _o	A	B	A _o	A	B
3 y 4	12	30	45	1 _a , 3 _a 4 _a	1 _b , 4 _a	1 _b	1 _a , 2, 3, 5 _a	1 _b , 2, 3, 5 _a	1 _b , 2, 3, 5 _a
0*, 1 y 2	16	45	60	1 _b	1 _b	1 _b	1 _a , 2, 3	1 _b , 2, 3	1 _b , 2, 3

Se verifica para zona sísmica 3 y 4 por lo tanto es aplicable el método estático

7.4.2 Zonificación sísmica

Según la ubicación definida para el edificio en estudio, corresponde “ZONA SÍSMICA 4” con “PELIGROSIDAD SÍSMICA MUY ELEVADA”, de acuerdo a la Tabla 2.1 INPRES-CIRSOC 103-2013, la cual se adjunta a continuación.

Tabla 2.1. Peligrosidad sísmica

Zona sísmica	Peligrosidad
0	Muy reducida
1	Reducida
2	Moderada
3	Elevada
4	Muy elevada

7.4.3 Clasificación del sitio de emplazamiento de la construcción

El tendrá en cuenta un “Tipo 2–S_D”, que corresponde a un suelo cohesivo consistente, de baja plasticidad. Gravitas y/o arenas de baja densidad, según Tabla 2.2 INPRES-CIRSOC 103-2013.

Tabla 2.2. Clasificación del sitio – Influencia del suelo

Tipo espectral	Sitio	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUELOS	PROPIEDADES DE SUELO PROMEDIO		
			Velocidad media de la onda de corte, V_{sm} (m/s)	Nº de golpes medio del ensayo de penetración normalizado N_m	Resistencia media al corte no drenado S_{um} (kPa)
Tipo 1	SA	Formación de roca dura, con presencia superficial y escasa meteorización.	>1500	-	-
	SB	Formación de roca dura con pequeña capa de suelo denso y/o roca meteorizada <3m	760 a 1500	-	-
	SC	Formación de roca blanda o meteorizada que No cumple con SA y SB. Gravas y/o arenas muy densas. Suelo cohesivo pre-consolidado, muy duro. Gravas y/o arenas de densidad media.	360 a 760	>50	>100
Tipo 2	SD	Suelo cohesivo consistente, de baja plasticidad. Gravass y/o arenas de baja densidad.	180 a 360	15 a 50	50 a 100
Tipo 3	SE	Suelo cohesivo blando de baja plasticidad.	<180	<15	< 50
	SF	Suelos dinámicamente inestables. Requieren estudios especiales.			

7.4.4 Clasificación de las construcciones según su destino y funciones

La construcción tiene destino de vivienda unifamiliar, por lo que corresponde clasificarlas como edificio de “GRUPO B” con factor de riesgo $\gamma_r = 1,0$.

7.4.5 Espectro de diseño

Tabla 3.1 Valores de a_s , C_a y C_v para las distintas zonas sísmicas y tipos espectrales

Tipo Espectral (Sitio)	Zona Sísmica							
	4		3		2		1	
	$a_s = 0,35$		$a_s = 0,25$		$a_s = 0,15$		$a_s = 0,08$	
	C_a	C_v	C_a	C_v	C_a	C_v	C_a	C_v
1 (S_A, S_B, S_C)	$0,37N_s$	$0,51N_v$	$0,29N_s$	$0,39N_v$	0,18	0,25	0,09	0,13
2 (S_D)	$0,40N_s$	$0,59N_v$	$0,32N_s$	$0,47N_v$	0,22	0,32	0,12	0,18
3 (S_E)	$0,36N_s$	$0,90N_v$	$0,35N_s$	$0,74N_v$	0,30	0,50	0,19	0,26

De Tabla 3.1 se obtienen los siguientes valores:

- $a_s = 0,35$
- $C_a = 0,40N_a$

- $C_v = 0.59N_v$
- $N_a = 1$
- $N_v = 1,2$

Por lo tanto, resolviendo las expresiones:

- $C_a = 0.40$
- $C_v = 0.708$
- $T_2 = C_v / 2,5C_a = 0.708 \text{ seg}$
- $T_1 = 0,2.T_2 = 0,142 \text{ seg}$
- $T_3 = 13 \text{ seg}$

Para nuestro edificio, el periodo fundamental "T" es:

- Dirección X → $T_x = 0,03 \text{ seg}$
- Dirección Y → $T_y = 0,03 \text{ seg}$

Independientemente del valor calculado del periodo, el periodo a utilizar en el análisis estructural no excederá lo siguiente:

$$T \leq C_u \cdot T_a$$

Donde:

- C_u = coeficiente que depende del valor de la aceleración máxima efectiva del sitio. Tabla 6.1
- T_a = periodo fundamental aproximado; $T_a = C_r.H^x$

Los valores C_r y x se determinan en función de la Tabla 6.2, H es la altura total del edificio.

- $T_a = 0,0488.3,10 \text{ m}^{0.75} = 0,114 \text{ s}$
- $C_u = 1,40$
- $T = 1,40.0,114 \text{ s} = 0,16 \text{ s}$

Como el valor de periodo máximo no es superado por los periodos calculados, se utilizarán estos últimos para el análisis.

El cálculo de la ordenada del espectro elástico de aceleraciones toma las siguientes formas dependiendo del valor de T, T1 y T2

$$S_a = C_a (1 + 1,5 \cdot T/T_1) \quad \text{para } T \leq T_1$$

$$S_a = 2,5 C_a \quad \text{para } T_1 < T \leq T_2$$

$$S_a = C_v / T \quad \text{para } T_2 < T \leq T_3$$

$$S_a = C_v \cdot T_3/T^2 \quad \text{para } T > T_3$$

Para nuestro caso $T_x < T_1$ y $T_y < T_1$.

La ordenada del espectro elástico de aceleraciones será:

$$S_{ax} = C_a \left(1 + 1,5 \cdot \frac{T_x}{T_1} \right) = 0,40 \cdot \left(1 + 1,5 \cdot \frac{0,03\text{seg}}{0,142\text{seg}} \right) = 0,55$$

$$S_{ay} = C_a \left(1 + 1,5 \cdot \frac{T_y}{T_1} \right) = 0,40 \cdot \left(1 + 1,5 \cdot \frac{0,03\text{seg}}{0,142\text{seg}} \right) = 0,54$$

7.4.6 Factor de reducción

El factor de reducción "R" está en función del tipo estructural y del nivel de diseño y detallado de los componentes estructurales que componen el sistema sismorresistente. El factor "R" incorpora la capacidad de disipación de energía y la sobrerresistencia de la estructura.

Para Tabique con un comportamiento elástico según artículo 5.1.2 del Reglamento "R" es:

$$R = 1,50$$

El valor es el mismo tanto para la dirección "x" como la "y"

7.4.7 Acción sísmica horizontal

El esfuerzo de corte en la base será:

$$V_o = C \cdot W$$

- C = coeficiente sísmico
- W = peso considerado por la acción sísmica

En función de nuestro análisis de carga

$$W = 493,38 \text{ KN}$$

El Coeficiente Sísmico como en nuestro caso $T < T_2$ será:

$$C = 2,5 \cdot C_a \cdot \frac{\gamma^r}{R}$$

$$C_x = 2,5 \cdot 0,40 \cdot \frac{1}{1,5} = 0,67$$

$$C_y = 2,5 \cdot 0,40 \cdot \frac{1}{1,5} = 0,67$$

Entonces el esfuerzo de corte en la base es:

$$V_o = C \cdot W$$

$$V_{o x} = C_x \cdot W = 0,67 \cdot 493,38 \text{ KN} = 328,92 \text{ KN}$$

$$V_{o y} = C_y \cdot W = 0,67 \cdot 493,38 \text{ KN} = 328,92 \text{ KN}$$

7.5 Calculo de la excentricidad estática

$$e_x = X_{CM} - X_{CR} = 3,61\text{m} - 1,96\text{m} = 1,65\text{m}$$

$$e_y = Y_{CM} - Y_{CR} = 3,74\text{m} - 5,33\text{m} = -1,59\text{m}$$

7.6 Calculo de la excentricidad accidental

Se extrae de la siguiente tabla del CIRSOC 103 – parte 1 el valor de la excentricidad accidental.

Tabla 6.3. Excentricidad Accidental

<i>Irregularidad Torsional (Ver Tabla 2.3.)</i>	<i>Excentricidad Accidental e_{ak}</i>
Estructura torsionalmente regular o con irregularidad torsional baja	0 (cero)
Estructura con irregularidad torsional media	+/- 5% de la longitud de la planta en el nivel k , perpendicular a la dirección de aplicación de las fuerzas.
Estructura con irregularidad torsional extrema	+/- 10% de la longitud de la planta en el nivel k perpendicular a la dirección de aplicación de las fuerzas. Ver 8.3.1.1.

En nuestro caso la vivienda presenta irregularidad torsional media a lo que le corresponde un valor de excentricidad accidental igual a:

$e_{ak} = +/- 5\%$ de la longitud de la planta en el nivel **k**, perpendicular a la dirección de aplicación de las fuerzas.

$$e_{ax} = L_x \cdot \frac{5\%}{100} = 7,2\text{m} \cdot \frac{5\%}{100} = 0,36\text{m}$$

L_y = longitud de planta en la dirección “y”

$$e_{ay} = L_y \cdot \frac{5\%}{100} = 7,6\text{m} \cdot \frac{5\%}{100} = 0,38\text{m}$$

L_x = longitud de planta en la dirección “x”

7.7 Calculo de la excentricidad dinámica

$$E_{x1} = e_x + e_{ax} = 1,65\text{m} + 0,36\text{m} = 2,01\text{m}$$

$$E_{x2} = e_x - e_{ax} = 1,65\text{m} - 0,36\text{m} = 1,29\text{m}$$

$$E_{y1} = e_y + e_{ay} = -1,59\text{m} + 0,38\text{m} = -1,21\text{m}$$

$$E_{y2} = e_y - e_{ay} = -1,59\text{m} - 0,38\text{m} = -1,97\text{m}$$

7.8 Calculo del momento torsor

$$M_{tx-1} = F_{1x} \cdot E_{y1} = 328,92\text{KN} \cdot -1,21\text{m} = -396,50\text{KNm}$$

$$M_{tx-2} = F_{1x} \cdot E_{y2} = 328,92\text{KN} \cdot -1,97\text{m} = -646,48\text{KNm}$$

$$M_{ty-1} = F_{1y} \cdot E_{x1} = 328,92\text{KN} \cdot 2,01\text{m} = 328,92\text{KNm}$$

$$M_{ty-2} = F_{1y} \cdot E_{x2} = 328,92\text{KN} \cdot 1,29\text{m} = 423,59\text{KNm}$$

7.9 Distribución de la fuerza sísmica

7.9.1 Elementos sismorresistentes en la dirección X

$$Y_{0i} = Y_i - Y_R \quad S_{xi} = R_{xi} Y_{0i}$$

Elemento	Rxi [kN/m]	Yi [m]	Yoi [m]	Rxi Yoi [kNm/m]	Yoi^2 [m2]	Rxi Yoi^2 [kNm2/m]
T1X	123306,8	7,50	2,17	267597,0	4,71	580731,5
T2X	582453,1	7,50	2,17	1264023,5	4,71	2743148,3
T3X	289913,8	5,95	0,62	179796,4	0,38	111504,7
T4X	332392,2	3,72	-1,61	-533764,7	2,58	857134,2
T5X	123306,8	0,10	-5,23	-644873,4	27,35	3372576,9
T4X sup	193919,2	3,73	-1,60	-310237,3	2,56	496326,3
T6X	42552,4	0,10	-5,23	-222541,5	27,35	1163853,9
Σ Rxi	1687844			0,0		9325275,9

Fuerzas:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
Corte dir [kN]	Ftx1 [kNm]	Ftx2 [kNm]	Fty1 [kNm]	Fty2 [kNm]	Fuerza Sismica [kN]	
24,03	-4,02	-6,55	3,33	4,29	24,03	
113,51	-18,99	-30,96	15,75	20,28	113,51	
56,50	-2,70	-4,40	2,24	2,89	56,50	
64,78	8,02	13,07	-6,65	-8,56	77,85	
24,03	9,69	15,79	-8,04	-10,35	39,82	
37,79	4,66	7,60	-3,87	-4,98	45,39	
8,29	3,34	5,45	-2,77	-3,57	13,74	
328,92						

$$(1) F_{1x} \frac{R_{xi}}{\sum R_{xi}}$$

$$(2) M_{tx-1} \frac{S_{xi}}{I_{xy}}$$

$$(3) M_{tx-2} \frac{S_{xi}}{I_{xy}}$$

$$(4) M_{ty-1} \frac{S_{xi}}{I_{xy}}$$

$$(5) M_{ty-2} \frac{S_{xi}}{I_{xy}}$$

$$I_{xy} = \sum R_{xi} Y_{0i}^2 + \sum R_{yi} X_{0i}^2$$

$$I_{xy} = 26398389,01$$

$$X_{0i} = X_i - X_R \quad S_{yi} = R_{xi} \cdot X_{0i}$$

Elemento	Rxi [kN/m]	Xi [m]	Yoi [m]	Rxi Yoi [kNm/m]	Yoi^2 [m2]	Rxi Yoi^2 [kNm2/m]
T1Y	1310882,9	0,10	-1,86	-2439016,2	3,46	4538010,2
T2Y	49193,1	7,10	5,14	252823,3	26,41	1299362,6
T3Y	425378,2	7,10	5,14	2186192,8	26,41	11235740,3
ΣRy	1785454			0,0		17073113,1

328,92

7.9.2 Elementos sismorresistentes en la dirección Y

$$(1) F_{1x} \frac{R_{xi}}{\Sigma R_{xi}}$$

$$(2) M_{tx-1} \frac{S_{xi}}{I_{xy}}$$

$$(3) M_{tx-2} \frac{S_{xi}}{I_{xy}}$$

$$(4) M_{ty-1} \frac{S_{xi}}{I_{xy}}$$

$$(5) M_{ty-2} \frac{S_{xi}}{I_{xy}}$$

7.10 Verificación de tabique a corte

A modo de ejemplo vamos a detallar el cálculo del tabique T1x. El procedimiento es el mismo para todos los demás tabiques.

7.10.1 Verificación de la máxima resistencia al corte

$$Vn \lim \leq \frac{5}{6} \sqrt{f'c} * h * d$$

$$Vn \lim = \frac{5}{6} \cdot \sqrt{13\text{MPa}} \cdot 0,2\text{m} \cdot 1,52\text{m} \cdot 1000 = 913,41 \text{ KN}$$

Según calculo sísmico $F_{T1x} = 24,03\text{KN}$

h = espesor tabique

d = distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada (altura útil) en mm (art. 11.10.6)

$$d = 0,8 \cdot lw = 0,8 \cdot 1,9m = 1,52m$$

$$V_u \text{ lim} = V_n \text{ lim} \cdot \varphi = 913,41 \text{ KN} \cdot 0,75 = 685,06 \text{ KN}$$

$$V_u < V_n \text{ lim} \rightarrow \text{Verifica}$$

7.10.2 Resistencia al corte proporcionado por el H° (art 11.10.5)

$$V_c \leq \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot h \cdot d$$

$$V_c \leq \frac{1}{6} \sqrt{13 \text{ MPa}} \cdot 0,2m \cdot 1,52m \cdot 1000 = 182,68 \text{ KN}$$

7.10.3 Fuerza sísmica

Del análisis sísmico de la vivienda se obtiene que el corte del tabique T1x es:

$$V_u = 24,03 \text{ KN}$$

7.10.4 Armadura de corte horizontal

Si $V_u < \varnothing \cdot \frac{V_c}{2}$ se debe colocar la armadura de corte mínima exigida por el código CIRSOC 201

$$V_u < \varnothing \cdot \frac{V_c}{2}$$

$$24,03 \text{ KN} < 0,75 \cdot \frac{182,68 \text{ KN}}{2} = 68,50 \text{ KN}$$

Requiere armadura mínima.

Cuantía mínima de armadura horizontal:

$$\rho_{\min} = 0,0020$$

Entonces:

$$A_{st} = A_g \cdot \rho_{\min}$$

$$\left(\frac{A_{st}}{s}\right)_{\min} = (20\text{cm} \cdot 100\text{cm}) \cdot 0,0020 = 4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$Area_{(8db)} = \frac{\pi \cdot (0,8\text{cm})^2}{4} = 0,50\text{cm}^2$$

$$s = \frac{Area_{(8db)}}{\left(\frac{A_{st}}{s}\right)} = \frac{0,50\text{cm}^2}{4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}} = 0,25\text{m} = 25\text{cm}$$

2 capas

Adopto 8db c/25cm

$$\left(\frac{A_{st}}{s}\right)_{\text{adoptado}} = \frac{2\text{capas} \cdot 0,50\text{cm}^2}{0,25\text{m}} = 4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

7.10.5 Separación máx. De armadura de corte horizontal (11.10.9.3)

$$s \leq \begin{cases} 1/5 \cdot l_w = 1/5 \cdot 1700\text{mm} = 340\text{mm} \\ 3h = 3 \cdot 200\text{mm} = 600\text{mm} \\ \boxed{300 \text{ mm}} \end{cases}$$

25cm < 30cm → Verifica

7.10.6 Corte resistido por la armadura

$$V_s = \frac{A_v}{s} \cdot f_{yt} \cdot d$$

$$V_s = 4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \cdot 420000 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 1,52\text{m} \cdot \frac{1}{100^2} = 256,72\text{KN}$$

7.10.7 Verificación a corte

$$V_u < \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$17,44 \text{ KN} < 0,75 \cdot (182,68\text{KN} + 256,72 \text{ KN}) = 329,55 \text{ KN}$$

7.11 Verificación de tabiques a flexo-compresión

7.11.1 Calculo de resistencia de diseño del tabique

Los tabiques estudiados están sometidos a un esfuerzo de flexo-compresión, por lo tanto, el procedimiento de cálculo consiste en determinar el diagrama de interacción N-M del elemento. Y verificar que el punto de intersección entre el esfuerzo normal y el momento flector que soporta el tabique caiga dentro de la línea de falla del diagrama.

La resistencia de diseño debe ser mayor o igual que la resistencia requerida:

$$(\phi P_n, \phi M_n) \geq (P_u, M_u)$$

En donde el esfuerzo normal es igual a la reacción que transmite la losa y el momento flector es el provocado por la fuerza sísmica que recibe el elemento.

7.11.1.1 Diagrama de interacción N-M

Para calcular el diagrama de interacciones entre el esfuerzo normal y el momento flector se hará uso del software Response2000.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

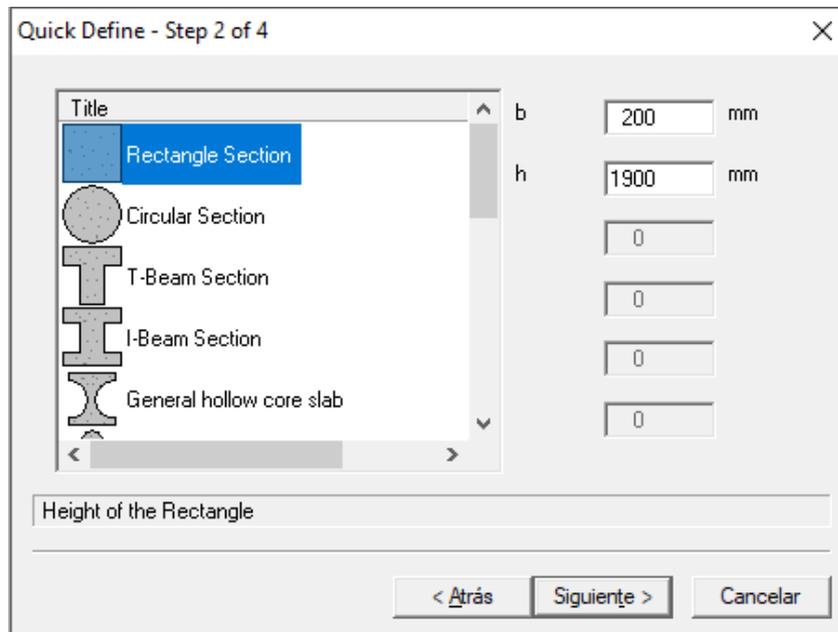
1. Propiedades de los materiales

Los valores corresponden a la resistencia especificada a compresión del hormigón celular (f'_c) que es 13MPa y la tensión de fluencia del acero (f_y) ADN420 que es 420MPa.

Se va a utilizar acero ADN420 tanto para la armadura horizontal como transversal.

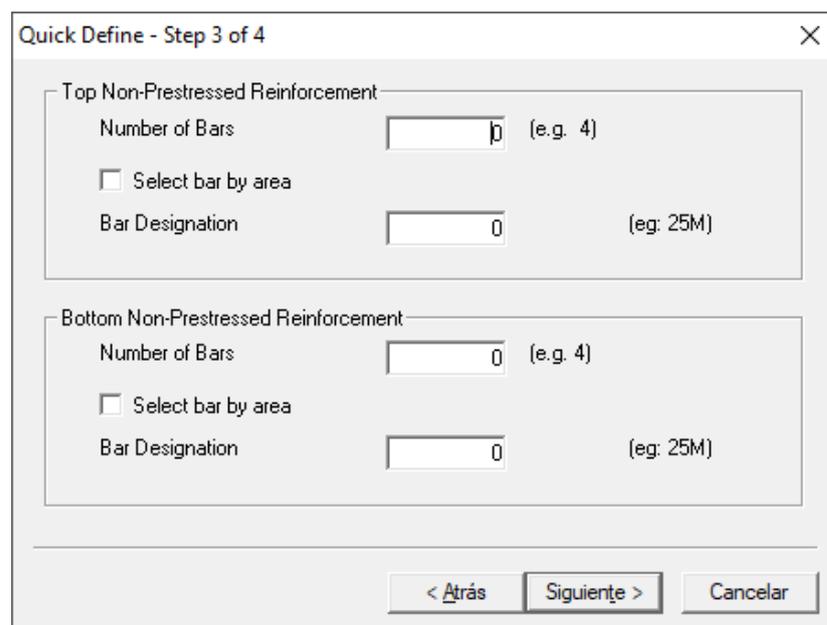
2. Propiedades geométricas del tabique

El tabique corresponde a una sección rectangular de 200mm de ancho y 1900mm de alto



3. Armadura vertical del tabique

En este paso vamos a dejar los casilleros en blanco para ingresar la armadura vertical luego



4. Armadura horizontal del tabique

Se colocan armadura horizontal cerrada con 8db cada 25cm con un recubrimiento de 2cm.

Quick Define - Step 4 of 4

Transverse Steel

Stirrup Type: Closed Stirrup

Select bar by area

Bar Designation: 8 mm (eg: 10M)

Spacing: 250 mm

Clear Cover: 2 mm

Bottom Tendons

Number of 13 mm strands: 0

Delta-Epsilon P: 6.500 mm/m

< Atrás Finalizar Cancelar

5. Armadura vertical del tabique

Se colocan 2 barras por cara, una cantidad en toda la longitud de 8 barras de 6db cada 20cm. Colocamos un recubrimiento de 2cm.

Define Longitudinal Reinforcement

Individual Layers | Circular Patterns | **Distributed Layers**

Pattern List

Name: Armadura Vertical

Defined Types

Add Modify Delete Explode

Pattern Definition

Bars per Layer: 2 (eg: 2)

Selection Type: Select bar by area

Bar Designation: 6 mm (eg: 25M)

Number of Layers: 8 (eg: 4)

Dist. to top: 1898 mm (eg: 300)

Dist. to bottom: 2

Rebar Type: Long

Aceptar Cancelar Aplicar

6. Resultado de diseño

<u>Geometric Properties</u>		
	Gross Conc.	Trans (n=10.60)
Area (mm ²) x 10 ³	380.0	384.3
Inertia (mm ⁴) x 10 ⁶	114316.7	115989.8
y _t (mm)	950	950
y _b (mm)	950	950
S _t (mm ³) x 10 ³	120333.3	122094.5
S _b (mm ³) x 10 ³	120333.3	122094.5

Crack Spacing
2 x dist + 0.1 d_b / ρ

Loading (N, M, V + dN, dM, dV)
0.0, -0.0, 0.0 + 0.0, 1.0, 0.0

Concrete

f_c' = 13.0 MPa

a = 19 mm

f_t = 1.26 MPa (auto)

ε_c' = 1.91 mm/m

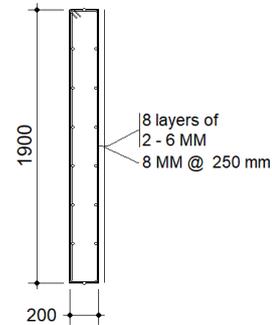
Rebar

f_y = 420 MPa

f_y = 420

ε_s = 100.0 mm/m

All dimensions in millimetres
Clear cover to reinforcement = 1 mm

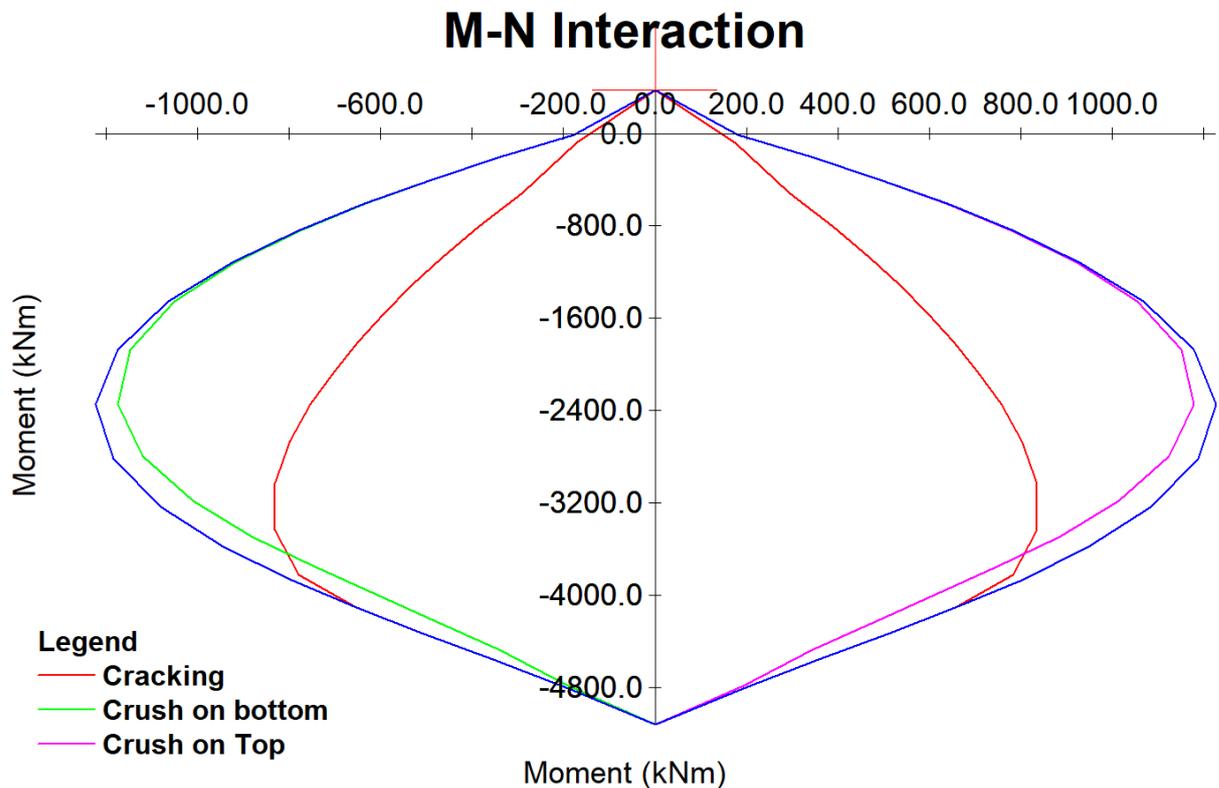




Tx1

2021/6/16

7. Diagrama de interacción N-M



7.11.2 Verificación de capacidad

Normal ultimo:

$$\text{Reaccion de la losa} = (Rl) = 8,85 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga transmitida por la losa} = 8,85 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \cdot 1,90\text{m} = 16,82\text{KN}$$

Valor correspondiente al análisis de carga realizado en el capítulo 7.4

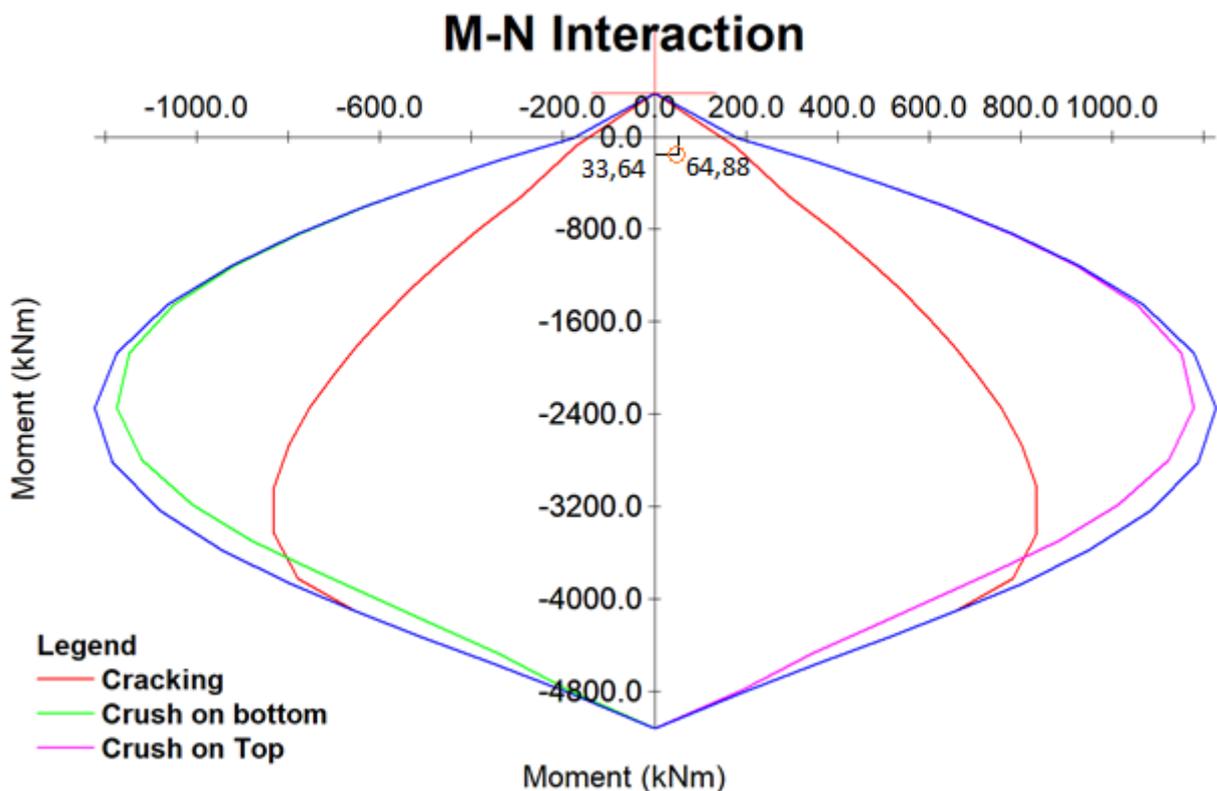
$$\text{Peso propio del tabique} = (\text{ppt}) = 16,01 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot 0,20\text{m} \cdot 2,7\text{m} \cdot 1,9\text{m} = 16,43 \text{ KN}$$

$$N_u = Rl + \text{ppt} = 16,82 \text{ KN} + 16,43 \text{ KN} = 33,24 \text{ KN}$$

Momento ultimo:

$$M_u = F_{tx1} \cdot h = 24,03\text{KN} \cdot 2,70 \text{ m} = 64,88 \text{ KNm}$$

Una vez calculados los valores de N_u y M_u , ubicamos dicha coordenada en el diagrama de interacción correspondiente



7.11.3 Determinar la armadura vertical (art. 14.3)

$$A_s \text{ vertical} = 0,0012 \cdot A_g = 0,0012 \cdot (20\text{cm} \cdot 100\text{cm}) = 2,4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

7.11.4 Separación de armadura

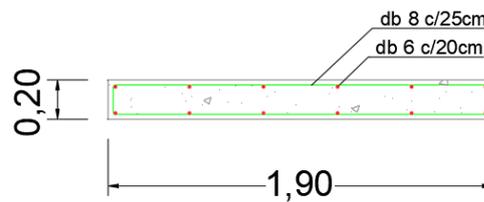
$$s = \frac{\left(\frac{A_{st}}{s}\right)}{\text{Area}_{(8db)}} = \frac{0,50\text{cm}^2}{\frac{2,4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}}{2}} = 0,416\text{m} = 41,6\text{cm}$$

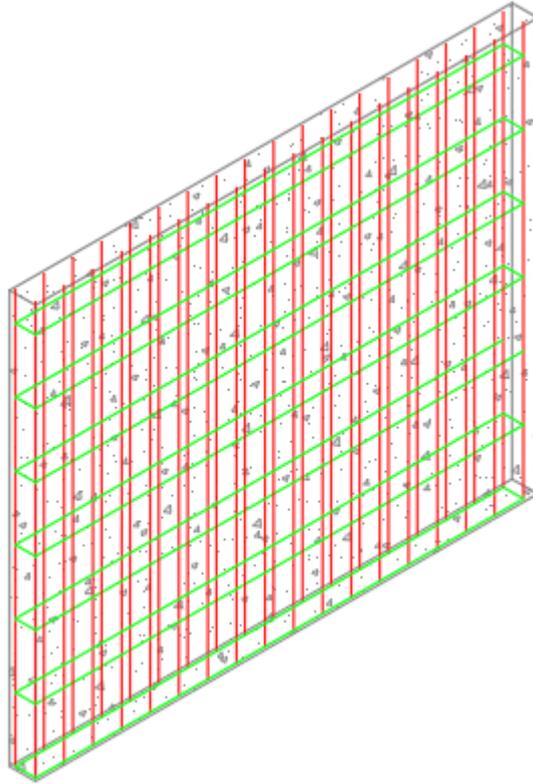
Separación máxima de armadura vertical

$$s \leq \begin{cases} 3h = 3 \cdot 200\text{mm} = 600\text{mm} \\ \boxed{300 \text{ mm}} \end{cases}$$

Adopto 6db c/20cm

7.12 Detalle de armado





CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES

- En la actualidad contamos con una amplia variedad de sistemas constructivos para viviendas de los cuales solo unos pocos se utilizan en la gran mayoría de los casos. Esto es en general debido a la costumbre y desconfianza a nuevos sistemas constructivos, los cuales pueden traer grandes beneficios en la reducción de tiempos y costos.
- Teniendo en cuenta lo anterior, la utilización del hormigón celular podría ser una buena alternativa al método tradicional de construcción para reducir el déficit habitacional que presenta el país. Esto se debe a que presenta varias ventajas que derivan de sus propiedades.
- Dentro de las propiedades más relevantes del hormigón celular se destacan:
 - Reducción del peso propio de la estructura: en el orden del 40% Tomando una densidad base del hormigón celular armado de 1700 kg/m^3
 - La aislación acústica: la cual presenta características de insonoridad mayores a los 41db exigidos por el código de edificación de Mendoza.
 - Resistencia al fuego: basándonos en la tabla del ACI 523.3 – 1993 observamos que para una densidad de 1600 kg/m^3 en un muro de 14,7cm conseguimos una resistencia al fuego superior a F180, lo que corresponde a un elemento estructural “altamente resistente al fuego” según la clasificación del Código urbano de edificación de la ciudad de Mendoza.
 - Aislación térmica: sobre los ensayos proporcionados el material cumple con la aislación térmica mínima clase “C” especificada por la norma IRAM.
 - Facilidad de manipulación y montaje: principalmente por su bajo peso.
- El material hormigón celular armado (con $f'c = 13\text{MPa}$ y densidades entre 1600 kg/m^3 y 1700kg/m^3) presenta muy buenas propiedades mecánicas, reflejadas en los cálculos estructurales confeccionados en el capítulo 6.
En el análisis de sensibilidad realizado en dicho capítulo se compararon elementos estructurales de igual geometría y cuantías similares, variando solamente la resistencia específica del hormigón ($f'c$). Las resistencias específicas comparadas fueron las de un hormigón celular de 13MPa y las de un hormigón convencional de 20MPa . Los resultados obtenidos fueron los siguientes:
 - La disminución del momento ultimo entre una losa de hormigón convencional de $f'c = 20\text{MPa}$ y el de una losa de hormigón celular de $f'c = 13\text{MPa}$ es del orden del 6,65%
 - La disminución del momento ultimo entre una viga de hormigón convencional de $f'c = 20\text{MPa}$ y el de una viga de hormigón celular de $f'c = 13\text{MPa}$ es del orden del 8,7%

- La disminución del normal último entre una columna de hormigón convencional de $f'c = 20\text{MPa}$ y el de una columna de hormigón celular de $f'c = 13\text{MPa}$ es del orden del 25,97% por la importante influencia del hormigón en las sollicitaciones de compresión.
- En base al análisis sísmico de la vivienda en estudio conformada por hormigón celular armado (con una densidad entre 1600 y 1700 kg/m^3 y un $f'c$ de 13Mpa), se observa que la misma verifica aplicando el método estático para un sismo de diseño en una zona sísmica tipo 4, según el código CIRSOC 103. Como aclaración esta conclusión es en base teórica y debida a cálculos y secciones adoptadas previas investigaciones que corresponden con el objetivo del proyecto. Como recomendación se deberían realizar estudios a escala para contrastar los análisis teóricos a fin de obtener la aprobación de los entes reguladores y sumar un nuevo método constructivo a la sociedad acompañado de la seguridad estructural correspondiente.

AGRADECIMIENTOS

A la cátedra “Proyecto Final”:

- Ing. José Luis Mendoza
- Ing. Gustavo Alejandro Castro
- Ing. Pablo Enrique Martin
- Ing. Helvio Grili

Al tutor:

- Dr. Ing. Carlos Frau

A los colaboradores:

- Dra. Ing. Noemí Graciela Maldonado
- Ing. Daniel Moreno

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CIRSOC 201 – 2005: “Reglamento argentino de estructuras de hormigón”.
- [2] CIRSOC 202 – 1985: “Hormigón liviano de estructura compacta, dimensionamiento, elaboración y control”.
- [3] “Tecnología del Hormigón” – Ingeniería Civil | UTN – Santa Fe - Ing. M. Fernanda Carrasco.
- [4] ACI 523.3R-93: “Guía para concretos celulares por encima de 50 pcf (800kg/m³), y para hormigones agregados por encima de 50 pcf (800kg/m³) con resistencias a la compresión inferiores a 2500 psi (17,2 Mpa)”.
- [5] Libro: “Hormigones especiales” - Edgardo F. Irassar.
- [6] “A classification of studies on properties of foam concrete” - Artículo de investigación en “Cement and Concrete Composites” - Julio 2009
- [7] Libro “Diseño Y Control De Mezclas De Concreto” - Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff & William C. Panarese.
- [8] Libro: “Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials” - Joseph F. Lamond and James H. Pielert.
- [9] Concretos Celulares Ltda., 2005.
- [10] Norma IRAM 1567. Agregados livianos para hormigón estructural.
- [11] ACI 213R-03: Guía para hormigón estructural ligero agregado.
- [12] Norma IRAM N° 11605. Aislamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximos admisibles de Transmitancia Térmica “K”.
- [13] Norma IRAM 11603 define la clasificación bioambiental de la República Argentina. El cual se ve en la siguiente figura.
- [14] Norma IRAM 11601-2002:” Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo”
- [15] Código urbano y de edificación de la ciudad de Mendoza.
- [16] Cfr. Pan Pacific Engineering PTY LTD.
- [17] Apunte de cátedra - Instalaciones Eléctricas y Acústicas de Universidad Tecnológica Nacional, Regional Mendoza.
- [18] “Caracterización del concreto celular elaborado con espuma preformada” - Adolfo Elizondo Fócil - febrero 2006
- [19] Norma IRAM 1511. Hormigón fresco de cemento pórtland. Método de determinación del contenido de aire por la técnica volumétrica.
- [20] Página web YTOG: www.ytong.es
- [21] Página web Retak: www.retak.com.ar/
- [22] CIRSOC 103 - Reglamento argentino para construcciones sismorresistentes - Parte I: Construcciones en general - 2018

[23] CIRSOC 103 - Reglamento argentino para construcciones sismorresistentes -
Parte II: Construcciones de hormigón armado – 2005

ANEXOS

Anexo 1 - Ensayos de laboratorio



INSTITUTO DE MATERIALES Y SUELOS
FACULTAD DE INGENIERIA
Universidad Nacional de San Juan

J. J. de Urquiza 35 Norte - J5400GNA - Capital - SAN JUAN.
Tel Directo y FAX +54 264 4226445 - 4203608.
Tel Com. +54 264 4211700 - Int. 268 a 271 y 417 a 419.

ESTUDIO DE PROBETAS DE HORMIGONES CELULARES INFORME DE AVANCE

Objeto: Ensayos Físicos - Mecánicos de Probetas de Hormigones Celulares.

Obra: Control de Calidad de Probetas de Hormigón Celular.

Solicitante: Obras S.R.L.

N° Muestra IMS: 327/13

Fecha: 05/09/2013

Z:\Informes\Año 2013\Obras SRL\Informes\Control de Hormigones Celulares IMS 327-13. Rev. 1- Rocio-C.
Informe sólo válido con firma original.

INFORME TÉCNICO REVISIÓN 1

El presente estudio de hormigones celulares se realiza por requerimiento del Solicitante y tiene por objeto la determinación de propiedades mecánicas en probetas.

1. Ensayos de Laboratorio.

Sobre las probetas de hormigón celular elaboradas y remitidas por el Solicitante se han efectuado los siguientes ensayos:

- Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple.
- Determinación del Módulo de Elasticidad Longitudinal del material.
- Determinación del Peso Específico del material.
- Ensayo de Tracción Directa.
- Ensayo de Flexión Simple.
- Ensayo de Corte.
- Ensayo de Dilatación Térmica.
- Ensayo de Choque Duro y Choque Blando.

Los resultados de los ensayos de Laboratorio realizados, se detallan en las planillas resumen en los siguientes apartados del presente Informe Técnico.



INSTITUTO DE MATERIALES Y SUELOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
Universidad Nacional de San Juan

J. J. de Urquiza 35 Norte - J5400GNA - Capital - SAN JUAN.
Tel Directo y FAX +54 264 4226445 - 4203608.
Tel Conm. +54 264 4211700 - Int. 268 a 271 y 417 a 419.

2. Resultados de los Ensayos.

2.1 Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple.

a. Probetas Cilíndricas 15cm x 30 cm.

IMS N°	Mezcla	Prob N°	Edad [días]	Diám. [cm]	Alt. [cm]	Peso [gr]	Carga [Kg]	Pu [gr/cm ²]	σ_{rot} [Kg/cm ²]	E [Kg/cm ²]
940	A	P1	8	15,18	30,00	7.840	8.200	1,38	45,31	36.622
971		P1	28	15,71	30,91	8.420	5.200	1,41	26,83	-
972		P2		14,92	30,05	5.600	5.250	1,07	30,03	-
973		P3		14,95	29,94	5.360	3.850	1,02	21,93	-
983		P4		15,17	30,52	8.560	10.000	1,55	55,33	-
944	B	P2	8	15,10	30,00	5.900	5250	1,10	29,32	22.251
974		P1	28	14,93	30,17	7.420	7.600	1,40	43,41	-
975		P2		14,87	29,98	7.220	8.000	1,39	46,07	-
976		P3		14,83	30,09	5.960	7.400	1,12	42,84	-
946	C	P1	8	14,60	29,70	8.040	13.450	1,62	80,34	70.758
977		P1	28	14,52	29,93	8.320	20.400	1,68	123,20	81.761
978		P2		14,52	29,78	7.140	11.500	1,45	69,45	55.654
979		P3		14,41	29,81	7.760	14.650	1,60	82,83	-
988	P4	14,43	29,85	7.480	12.800	1,53	78,27	-		
949	E	P1	8	15,00	30,34	9.080	12.850	1,69	72,72	93.593
980		P1	28	14,96	29,74	8.460	6.600	1,62	37,55	76.728
981		P2		15,05	29,77	8.280	6.300	1,56	35,41	61.299
982		P3		15,05	29,32	7.620	6.650	1,46	37,38	-
991		P4		15,05	29,80	8.420	6.800	1,59	38,22	-

Nota 1: Se adjunta a este Informe Técnico las gráficas del comportamiento del material con su correspondiente Módulo de Elasticidad Longitudinal a la edad de 7 días en Anexo I.

Nota 2: Se adjunta a este Informe Técnico las gráficas del comportamiento del material con su correspondiente Módulo de Elasticidad Longitudinal a la edad de 28 días en Anexo II.



INSTITUTO DE MATERIALES Y SUELOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
Universidad Nacional de San Juan

J. J. de Urquiza 35 Norte - J5400GNA - Capital - SAN JUAN.
Tel Directo y FAX +54 264 4226445 - 4203608.
Tel Conm. +54 264 4211700 - Int. 268 a 271 y 417 a 419.

b. Probetas Cilíndricas 10 cm x 20 cm.

IMS N°	Mezcla	Probeta N°	Edad [días]	Diámetro [cm]	Altura [cm]	Peso [gr]	Carga [Kg]	Pu [gr/cm ³]	σ_{res} [Kg/cm ²]
952	A	P1	9	9,80	20,30	1.800	1.400	1,18	18,56
953		P2		9,90	20,70	2.020	1.450	1,27	18,84
994		P1	28	9,72	20,40	1.980	3.300	1,31	44,47
995		P2		9,73	20,48	2.302	4.460	1,51	59,98
996		P3		9,72	20,31	1.940	2.870	1,29	38,68
997		P4		9,71	20,31	1.900	3.000	1,26	40,51
998		P5		9,97	20,12	2.098	3.650	1,34	46,75
999		P6		9,75	20,12	2.562	4.130	1,71	55,32
955		P1		9,72	20,32	2.100	1.800	1,39	24,26
956	P2	9,81	20,18	1.980	2.330	1,30	30,69		
1000	P1	10,00	20,22	1.885	3.030	1,19	38,58		
1001	B	P2	28	9,72	20,30	1.905	4.160	1,27	56,05
1002		P3		9,70	20,30	1.705	2.940	1,14	39,78
1003		P4		9,68	20,32	1.878	3.500	1,26	47,56
1004		P5		9,72	20,27	1.568	2.550	1,04	34,37
1005		P6		9,82	20,25	2.011	3.430	1,31	45,29
970		P1		9,82	20,23	2.460	2.390	1,61	31,56
969	P2	9,72	20,21	2.400	2.880	1,60	38,81		
1006	C	P1	28	9,73	20,21	2.368	5.000	1,58	67,24
1007		P2		9,73	20,12	2.264	6.050	1,51	81,37
1008		P3		9,72	20,11	2.155	5.400	1,44	72,77
1009		P4		9,75	20,21	2.259	5.350	1,50	71,66
958		P1		9,82	19,80	1.880	1.360	1,25	17,96
959	P2	9,80	19,35	2.280	1.880	1,56	24,92		
1010	E	P1	28	9,76	20,18	1.619	1.450	1,07	19,38
1011		P2		9,81	19,72	1.927	2.450	1,29	32,41
1012		P3		9,81	19,65	1.615	1.600	1,09	21,17
1013		P4		10,05	19,76	2.436	3.200	1,55	40,34



INSTITUTO DE MATERIALES Y SUELOS
FACULTAD DE INGENIERIA

Universidad Nacional de San Juan

J. J. de Urquiza 35 Norte - J5400GNA - Capital - SAN JUAN.
Tel Directo y FAX +54 264 4226445 - 4203608.
Tel Com. +54 264 4211700 - Int. 268 a 271 y 417 a 419.

c. Probetas cilíndricas 5 cm x 10 cm.

IMS N°	Mezcla	Probeta N°	Edad [días]	Diámetro [cm]	Altura [cm]	Peso [gr]	Carga [Kg]	Pu [gr/cm ³]	σ_{rot} [Kg/cm ²]
962	A	P2	9	5,38	10,98	280	560	1,12	24,63
963		P1		5,42	11,03	260	580	1,02	25,14
961		P3	28	5,38	11,11	272	1.125	1,08	49,49,
1014		P1		5,41	11,01	272	1.050	1,07	45,68
1015		P2		5,39	11,12	278	1.075	1,10	47,71
1016		P4		5,38	10,91	277	950	1,12	41,49
964	B	P1	9	5,41	11,02	300	580	1,18	25,23
965		P2		5,52	11,23	220	550	0,82	22,98
966		P3	28	5,44	11,21	245	800	0,94	34,42
1017		P1		5,37	11,21	253	700	1,00	30,91
1018		P2		5,39	11,26	242	675	0,94	29,58
1019		P4		5,38	11,22	255	850	1,00	37,39
967	E	P2	9	5,54	11,03	380	1170	1,43	48,54
968		P1		5,40	11,02	500	1340	1,98	58,51
1020		P1	28	5,41	11,36	328	600	1,26	26,10
1021		P2		5,39	10,96	412	1.450	1,65	63,55
1022		P3		5,38	10,89	462	1.850	1,87	81,38
1023		P4		5,41	11,11	425	1.110	1,66	47,85

2.2 Ensayo de Resistencia a la Compresión Diametral.

a. Probetas cilíndricas 10 cm x 20 cm.

IMS N°	Mezcla	Probeta N°	Edad [días]	Diámetro [cm]	Altura [cm]	Peso [gr]	Carga [Kg]	Pu [gr/cm ³]	τ_{rot} [Kg/cm ²]
954	A	P3	9	9,92	20,50	1.680	1.500	1,06	4,70
957	B	P3		9,90	20,23	1.700	2.020	1,09	6,42
960	E	P3		9,84	20,02	1.880	1.530	1,23	4,94

b. Probetas cilíndricas 15 cm x 30 cm.

IMS N°	Mezcla	Probeta N°	Edad [días]	Diámetro [cm]	Altura [cm]	Peso [gr]	Carga [Kg]	Pu [gr/cm ³]	τ_{rot} [Kg/cm ²]
942	A	P3	8	15,00	30,00	7.140	4.300	1,35	6,08
945	B	P3		15,18	30,20	6.900	4.600	1,26	6,39
947	C	P2		14,67	29,70	7.020	5.500	1,40	8,04
951	E	P3		14,90	29,62	8.300	4.800	1,77	7,27



INSTITUTO DE MATERIALES Y SUELOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
Universidad Nacional de San Juan

J. J. de Urquiza 35 Norte - J5400GNA - Capital - SAN JUAN.
Tel Directo y FAX +54 264 4226445 - 4203608.
Tel Conm. +54 264 4211700 - Int. 268 a 271 y 417 a 419.

2.3 Ensayo de Tracción Directa.

Probetas Cilíndricas 15 cm x 30 cm.

IMS N°	Mezcla	Probeta N°	Edad [días]	Diámetro [cm]	Altura [cm]	Peso [gr]	Carga [Kg]	Pu [gr/cm³]	σ_{rot} [Kg/cm²]
941	A	P2	8	15,10	30,60	8.020	950	1,46	5,30
984		P5	28	14,61	30,07	5.380	50	1,07	0,30
985		P6		15,11	30,08	8.300	1450	1,54	8,09
943	B	P1	8	15,00	30,20	5.420	250	1,02	1,41
986		P4	28	14,72	30,21	6.400	800	1,25	4,70
987		P5		14,86	30,13	6.300	800	1,21	4,61
948	C	P3	8	14,90	30,00	6.720	900	1,28	5,16
989		P5	28	14,92	30,02	7.980	1.150	1,52	6,58
990		P6		14,62	29,77	7.900	900	1,58	5,36
950	E	P2	8	15,20	29,60	7.620	950	1,42	5,24
992		P5	28	14,83	29,40	7.840	1.400	1,54	8,11
993				15,01	29,69	7.260	1.000	1,37	5,62

2.4 Ensayo de Flexión Simple.

Mezcla	Probeta N°	Edad [días]	Ancho [cm]	Alto [cm]	Largo [cm]	Peso [gr]	Carga [Kg]	σ_{rot} [Kg/cm²]
A	1	28	50	14,80	155	146,00	2171,24	2,71
	2		50	15,00	149	146,00	2171,24	2,61
B	1		52	14,30	148	178,12	2235,10	2,98
	2		50	16,00	150	150,38	2458,61	2,43
E	1		50	16,00	150	140,16	2043,52	2,02
	2		53	13,70	149	119,72	2011,59	2,99

Nota 3: Se adjunta a este Informe Técnico las gráficas del comportamiento del material en Anexo III.



INSTITUTO DE MATERIALES Y SUELOS
FACULTAD DE INGENIERIA
Universidad Nacional de San Juan

J. J. de Urquiza 35 Norte - J5400GNA - Capital - SAN JUAN.
Tel Directo y FAX +54 264 4226445 - 4203608.
Tel Conm. +54 264 4211700 - Int. 268 a 271 y 417 a 419.

2.5 Ensayo de Corte.

Mezcla	Probeta Nº	L ₁ [cm]	L ₂ [cm]	e [cm]	Carga [Kg]	τ_{rot} [Kg/cm ²]
A	1	60,00	60,00	15,00	1.170	0,91
	2	60,00	60,00	15,00	1.130	0,88
	3	59,50	59,50	15,30	8.600	6,61
	4	60,00	60,00	15,00	1.140	0,89
B	1	60,20	60,20	14,80	2.200	1,73
	2	60,00	60,00	15,30	1.900	1,45
	3	60,50	60,50	15,30	1.700	1,29
	4	59,50	59,50	16,00	2.400	1,76
C	1	60,20	60,20	15,40	1.320	1,00
	2	59,80	59,80	15,60	1.900	1,43
	3	60,00	60,00	15,20	1.520	1,17
	4	60,50	60,50	15,00	9.800	7,56

2.6 Ensayo de Dilatación Térmica.

En ejecución

2.7. Ensayo de Choque Duro y Choque Blando.

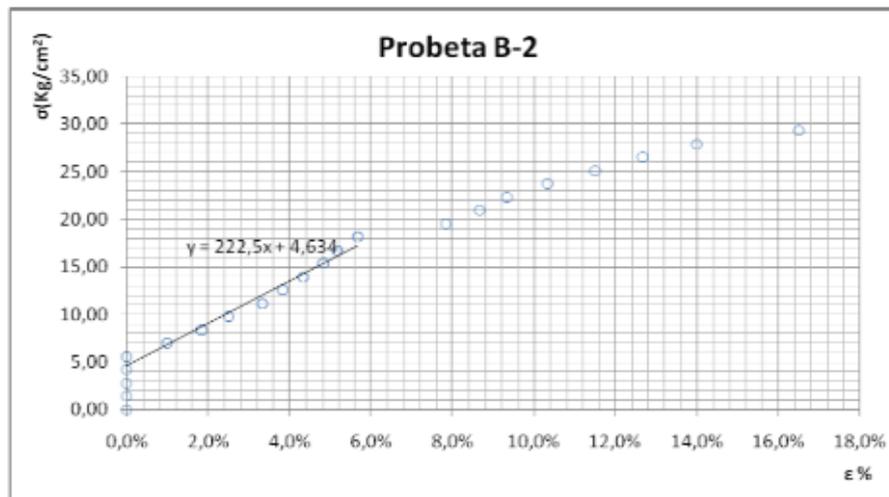
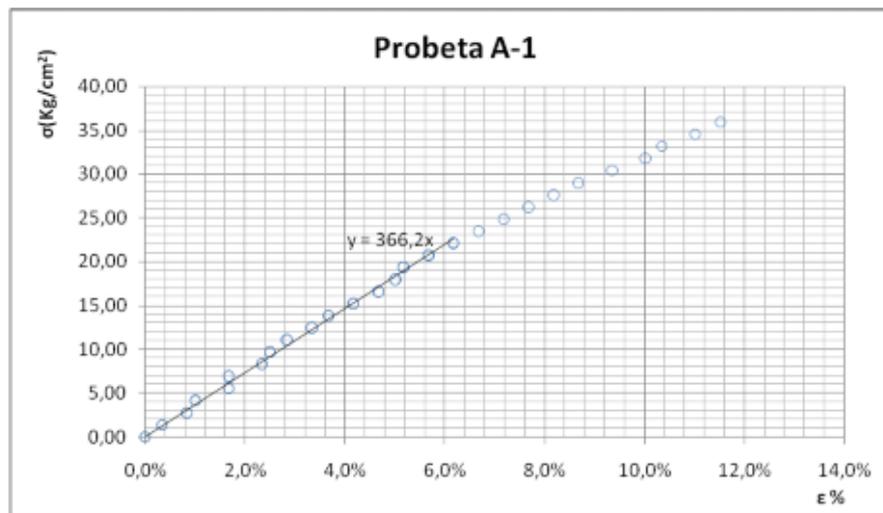
En Ejecución



INSTITUTO DE MATERIALES Y SUELOS
FACULTAD DE INGENIERIA
Universidad Nacional de San Juan

J. J. de Urquiza 35 Norte - J5400GNA - Capital - SAN JUAN.
Tel Directo y FAX +54 264 4226445 - 4203608.
Tel Conm. +54 264 4211700 - Int. 268 a 271 y 417 a 419.

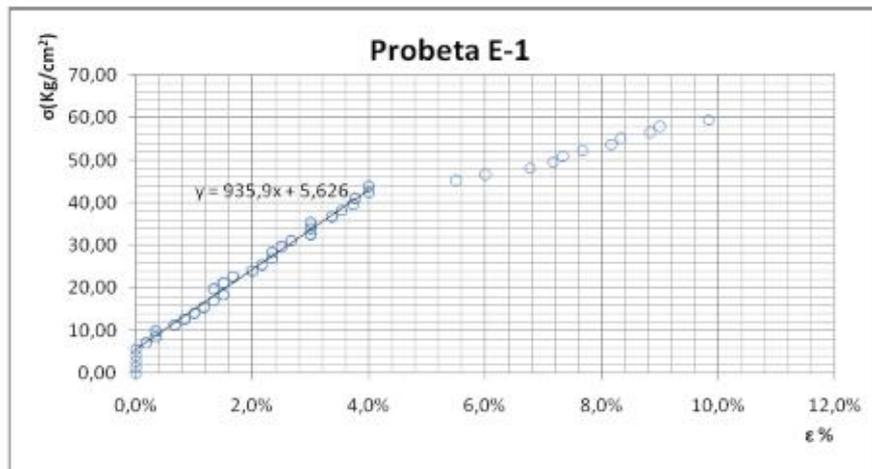
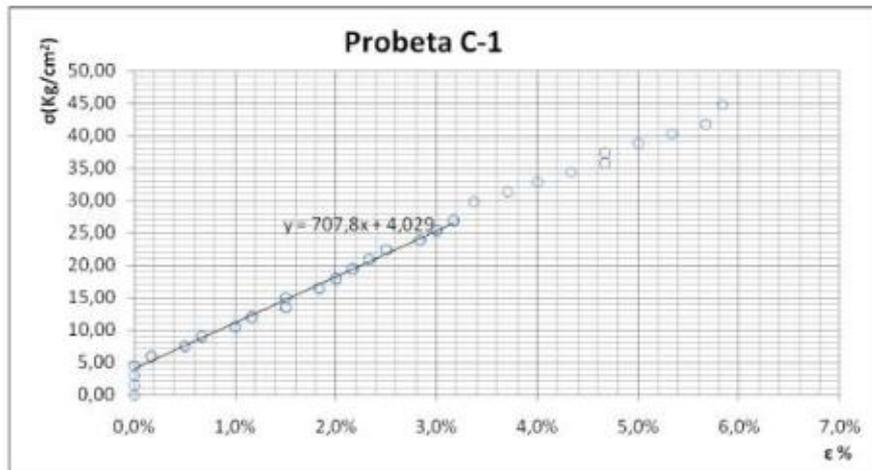
ANEXO I





INSTITUTO DE MATERIALES Y SUELOS
FACULTAD DE INGENIERIA
Universidad Nacional de San Juan

J. J. de Urquiza 35 Norte - J5400GNA - Capital - SAN JUAN.
Tel Directo y FAX +54 264 4226445 - 4203608.
Tel Conm. +54 264 4211700 - Int. 268 a 271 y 417 a 419.

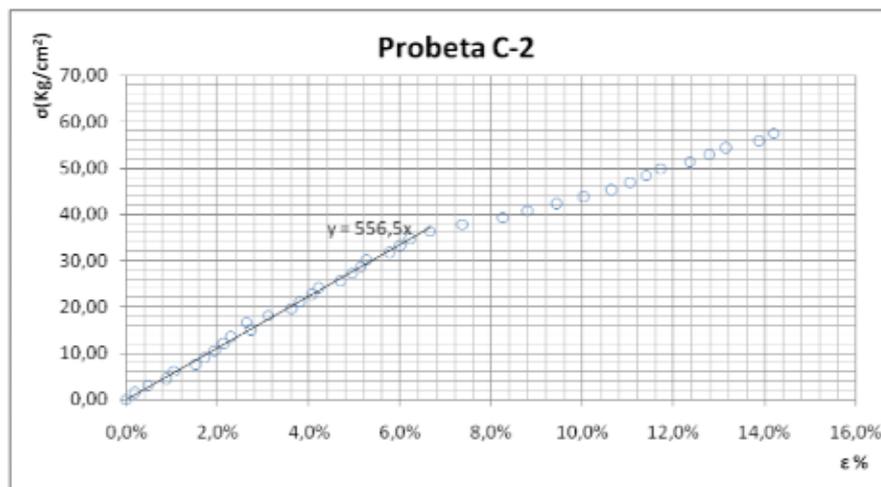
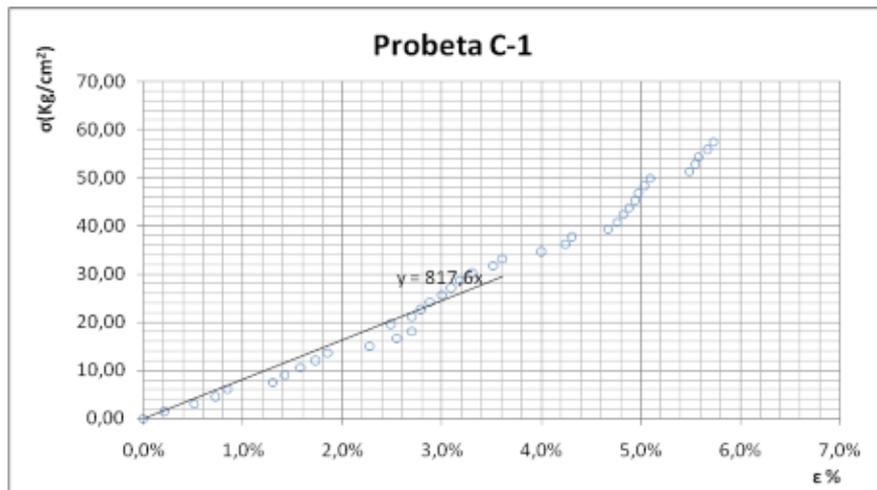




INSTITUTO DE MATERIALES Y SUELOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
Universidad Nacional de San Juan

J. J. de Urquiza 35 Norte - J5400GNA - Capital - SAN JUAN.
Tel Directo y FAX +54 264 4226445 - 4203608.
Tel Conm. +54 264 4211700 - Int. 268 a 271 y 417 a 419.

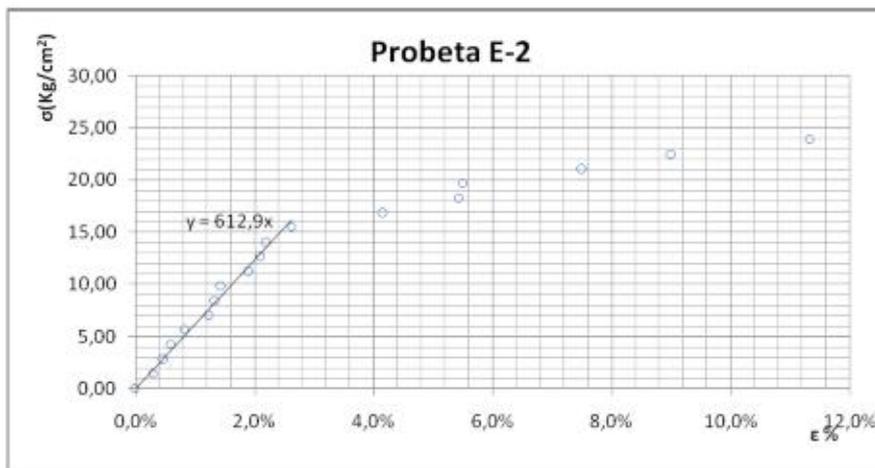
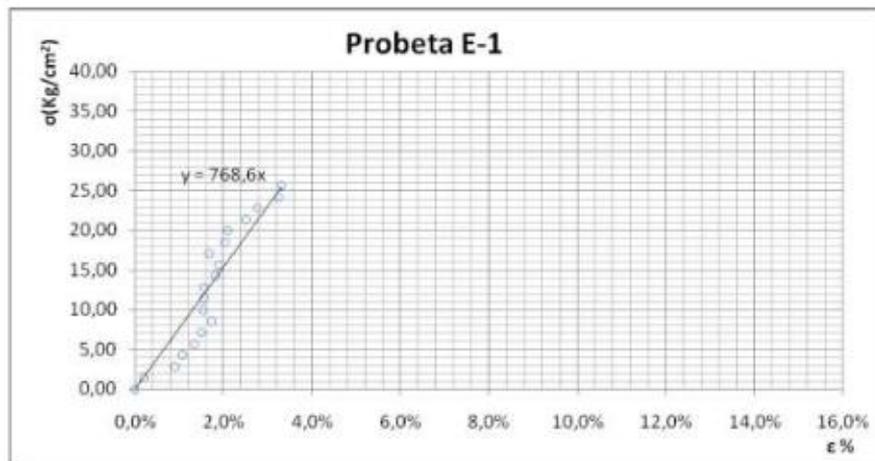
ANEXO II





INSTITUTO DE MATERIALES Y SUELOS
FACULTAD DE INGENIERIA
Universidad Nacional de San Juan

J. J. de Urquiza 35 Norte - J5400GNA - Capital - SAN JUAN.
Tel Directo y FAX +54 264 4226445 - 4203608.
Tel Conm. +54 264 4211700 - Int. 268 a 271 y 417 a 419.

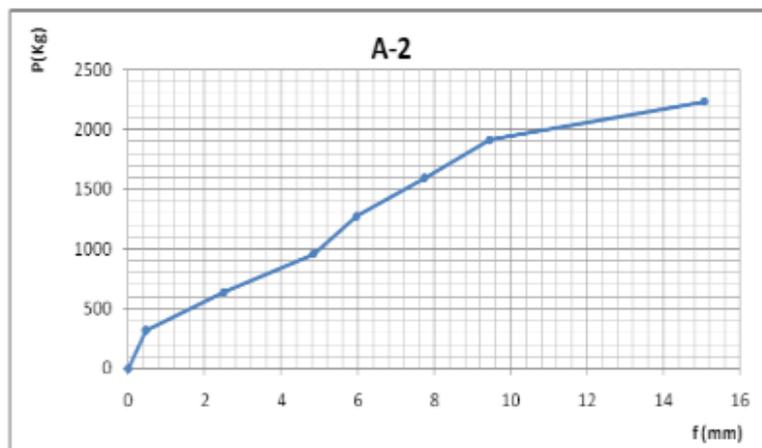
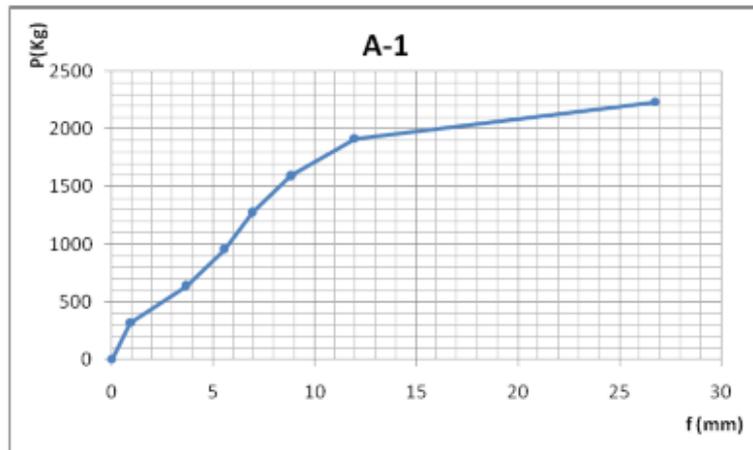




INSTITUTO DE MATERIALES Y SUELOS
FACULTAD DE INGENIERIA
Universidad Nacional de San Juan

J. J. de Urquiza 35 Norte - J5400GNA - Capital - SAN JUAN.
Tel Directo y FAX +54 264 4226445 - 4203608.
Tel Com. +54 264 4211700 - Int. 268 a 271 y 417 a 419.

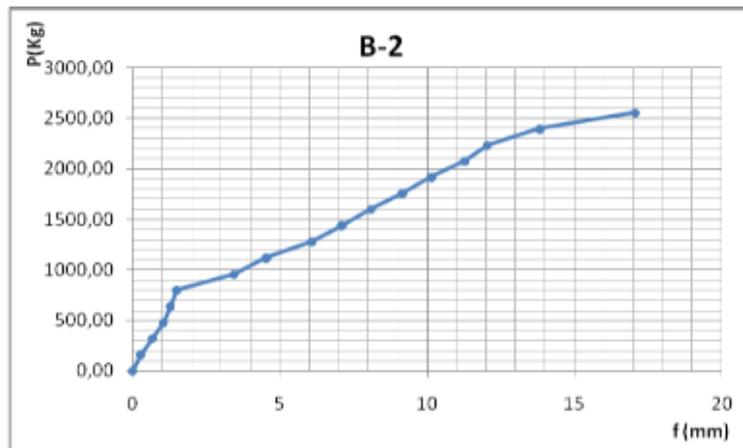
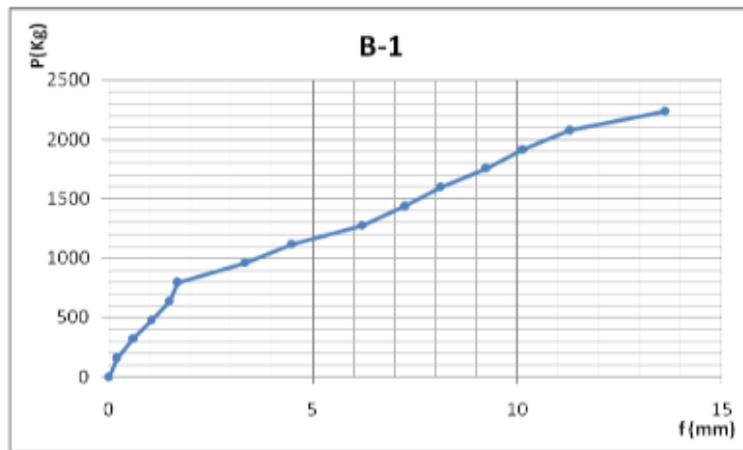
ANEXO III





INSTITUTO DE MATERIALES Y SUELOS
FACULTAD DE INGENIERIA
Universidad Nacional de San Juan

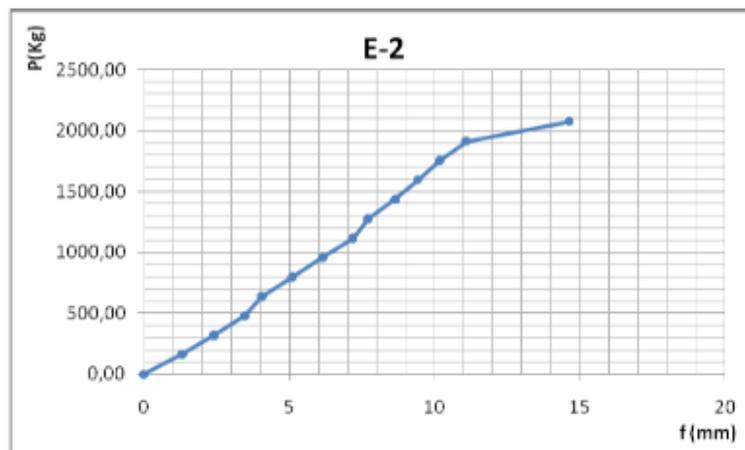
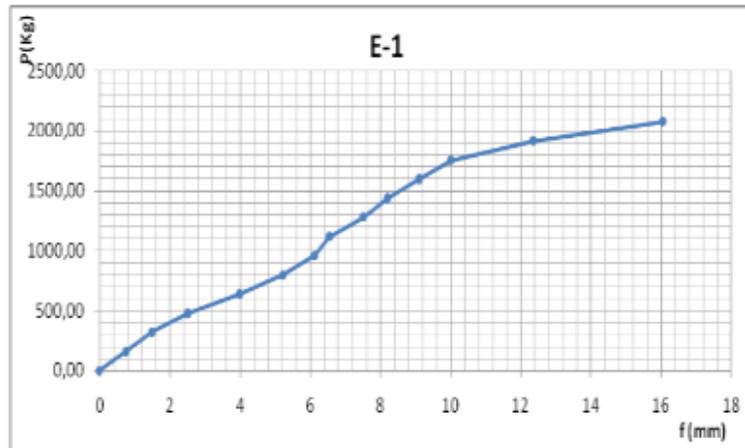
J. J. de Urquiza 35 Norte - J5400GNA - Capital - SAN JUAN.
Tel Directo y FAX +54 264 4226445 - 4203608.
Tel Conm. +54 264 4211700 - Int. 268 a 271 y 417 a 419.





INSTITUTO DE MATERIALES Y SUELOS
FACULTAD DE INGENIERIA
Universidad Nacional de San Juan

J. J. de Urquiza 35 Norte - J5400GNA - Capital - SAN JUAN.
Tel Directo y FAX +54 264 4226445 - 4203608.
Tel Conm. +54 264 4211700 - Int. 268 a 271 y 417 a 419.



Informe de Asistencia Técnica

O.T. N° -101 27115 Tipo ÚNICO
Página 1 de 8

Fecha de Informe: 26/06/2017

Solicitante

OBRAS SOCIEDAD DE RESPONSABILIDAD LIMITADA.
Carril Belgrano N° 110 – Rivadavia (5577) – Mendoza

Elemento

Plano de un muro de hormigón celular (1200kg/m³) de 180mm de espesor, con terminación exterior de pintura texturada plástica (1600kg/m³) de 1mm de espesor e interiormente con pintura Látex (1000kg/m³) de 0,2mm de espesor.

Identificado por el usuario como "Módulo de dos dormitorios – detalle 2". Los elementos entregados por el usuario para este análisis se encuentran a partir del Folio 7/8.

Determinaciones requeridas

Estudio teórico para la determinación de transmitancia térmica y distribución de isoterma considerando la incidencia de puentes térmicos, si los hubiera, verificación de riesgos de condensación superficial e intersticial y cálculo del caudal másico de condensaciones si la hubiere. Efectuándose el análisis en geometría 2D, de un muro hormigón celular

En la Figura 1, se muestra, el esquema de uno del muro analizado, con los valores de conductividad térmica y permeabilidad al vapor de agua, para el caso del hormigón celular se extrajeron de la OT N° 101/27094 y 101/27095, respectivamente. y para los demás materiales, se adoptó valores de tablas

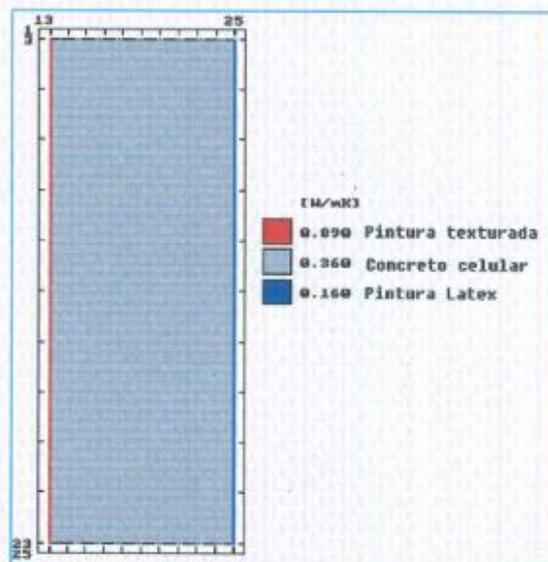


Figura 1

Fecha de Recepción: 12/05/2017

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización escrita del INTI. Los resultados consignados se refieren exclusivamente a los elementos recibidos, el INTI y su Centro de Investigación y Desarrollo en Construcciones declinan toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este informe.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

www.inti.gov.ar
consultas@inti.gov.ar
0800 444 4004
Facebook/INTI
Twitter @INTIArgentina

Sede Parque Tecnológico Miguelete

Avenida General Paz 5445
Casilla de Correo 157
B1650WAB San Martín,
Prov. de Buenos Aires, República Argentina
Teléfono (54 11) 4724 6350
E-mail construcciones@inti.gov.ar

Método Empleado.

Para la determinación del valor de Transmitancia Térmica (K), se realizó un estudio basado en la resolución de la ecuación de **FOURIER** de transmisión de calor, en geometría bidimensional de múltiples materiales, que se obtiene numéricamente por computadora. El método considera la influencia de los puentes térmicos si los hubiera.

El estudio teórico correspondiente a la verificación de los riesgos de condensación, se basa en la resolución de la ecuación diferencial de **FICK**, en dos dimensiones, para obtener la distribución de presiones de vapor en la configuración analizada. Sobre la base de ésta, se calcula la distribución de las temperaturas de rocío. El método utilizado responde a los procedimientos recomendados en la **Norma IRAM 11625-1996 y 11630-2012**. Para el cálculo del caudal másico de condensado se empleó el método de **Glaser**.

Condiciones de Cálculo:

Se efectuó el análisis solicitado para la Ciudad de Mendoza (Aero) (Mendoza.), correspondiente a la Zona Bioambiental **IVa**, según clasificación de la **NORMA IRAM 11603-2012**, en la que se establece la temperatura mínima de diseño (Te); la temperatura interior (Ti) y la humedad relativa exterior (HRE), se adoptaron de acuerdo a lo establecido en la **NORMA IRAM 11625-1996**, mientras que la humedad relativa interior de diseño (HRI) se obtuvo en función de la temperatura exterior, utilizando la figura 5 definida en la misma norma.

Las magnitudes mencionadas se detallan en la **Tabla 1**

Zona Bioambiental	Localidad	Ti	HRe	Te	HRI
IVa	Mendoza (Aero) (Mendoza)	18°C	90%	-3,9°C	62,9%

Tabla 1

Resultados

Valor de Transmitancia Térmica: Cálculo Teórico.

Para la realización del estudio correspondiente se consideró la sección del muro, definido por dos ejes de simetría tales que delimitan un módulo repetitivo del mismo.

Debido a limitaciones en el programa de cálculo, se modificaron las aristas oblicuas, por una representación geométrica rectilínea equivalente desde el punto de vista térmico.

Para el trazado de las isotermas se emplean los valores de temperatura de aire adoptados: **18°C** para el interior y **-3,9°C** para el exterior.

En la **Figura N° 2**, se muestra la distribución de isotermas y la distribución de las temperaturas en la superficie interior.

El valor de la transmitancia térmica global del muro, se determina haciendo el promedio ponderado, como consecuencia de haber considerado los diferentes caminos de transmisión de calor existentes incluyendo también la unión del muro.

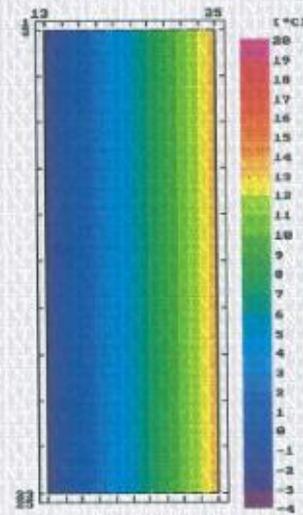


Figura N° 2

«La reproducción y difusión del presente informe se halla sujeta a las cláusulas obrantes en la primer foja, anverso y reverso»

Descripción	K
Muro de hormigón celular (1200kg/m³) de 180mm de espesor, con terminación exterior de pintura texturada plástica (1600kg/m³) de 1mm de espesor e interiormente con pintura Látex (1000kg/m³) de 0,2mm de espesor	1,48 W/m² K

Límite Admisible.

La aplicación de la NORMA IRAM 11605:2002 vigente, en lo que atañe a valores máximos admisibles de transmitancia térmica, para una temperatura exterior de diseño de la localidad en la que se analiza el muro, establece que el valor de K_{MAXADM} para la condición de invierno, puede presentar diferentes valores en función del nivel de confort higrotérmico que se persigue. Tales valores resultantes en (W/m² K) se presentan en la Tabla 2.

NORMA IRAM 11605-2002				
Temperatura Exterior de Diseño	-3,9°C	Nivel C Mínimo	Nivel B Medio	Nivel A Recomendado
Requisitos Normativos	K_{maxadm} (W/ m².K)	1,527	0,874	0,321
Cumplimiento Normativo		CUMPLE	NO CUMPLE	

Tabla 2

Por lo tanto, para el valor obtenido por cálculo (1,48 W/m² K), el sistema constructivo **CUMPLE SOLAMENTE** para el Nivel Mínimo de confort higrotérmico

Puentes Térmicos.

Como resultado del mismo cálculo se determinó tanto el valor máximo como el valor mínimo de K. La Norma IRAM 11605-2002 en su apartado 5.4.: Puentes térmicos, establece que en todos los casos la Transmitancia Térmica para un puente térmico no debe ser más del 50 % mayor que el valor de transmitancia térmica del Muro (apartado 5.4.1), o sea

$$\frac{K_{PT}}{K_{MO}} \leq 1,5$$

Si los puentes térmicos se encuentran a una distancia menor o igual a 1,7m, esta relación se reduce un 35 % (apartado 5.4.2). Por lo tanto

$$\frac{K_{PT}}{K_{MO}} \leq 1,35$$

La configuración del muro analizado, **no presenta puentes térmicos.**

Verificación de Riesgos de Condensación:

Condensación Superficial.

De acuerdo con las condiciones ambientales adoptadas, se halló la temperatura de rocío del aire interior y considerando las resistencias térmicas superficiales interiores (Rsi) según apartado 5.1.3.1 de la Norma 11625-1996 y Tabla 2 de la Norma IRAM 11630-2012, indicadas en la Tabla 3, se determinó la mínima temperatura superficial ($T_{s\min}$) observada, con el objeto de poder verificar la ocurrencia de **Riesgos de Condensación Superficial.**

Fig. 13

«La reproducción y difusión del presente informe se halla sujeta a las cláusulas obrantes en la primer foja, anverso y reverso»

Norma IRAM	Lugar	R _{si} (m² K/W)
11625	Centro del muro opaco	0,17
11630	Aristas superiores y rincones	0,25
	Aristas verticales a altura media	
	Aristas y rincones inferiores	0,34
	Rincones y aristas "protegidas" (por ej. interiores de placares y muebles sobre muros externos)	0,50
Detrás de muebles en muro externo		

Tabla 3

Los datos se detallan en la Tabla 4, inclusive la humedad relativa de condensación superficial interior (HRCI), que es el mínimo valor de humedad relativa, a partir del cual comienza a producirse condensación superficial y que se obtiene considerando la mínima temperatura superficial interior, la que se detalla también en dicha Tabla.

Cuando la temperatura superficial interior calculada es menor que la temperatura de rocío del ambiente de la habitación, conduce a la existencia de condensación de humedad sobre el muro.

En las Figuras N°3 a 6, se muestran las distribuciones de isotermas sobre la sección analizada y la distribución de las temperaturas en la superficie interior, obtenidas para las resistencias superficiales interior de 0,17m²K/W, 0,25m²K/W, 0,34 m²K/W y 0,50 m²K/W, respectivamente.

Resistencia Superficial Interior (m²K/W)	T _{rocío} (°C)	T _{superficial} (°C)	VERIFICACIÓN DE RIESGOS DE CONDENSACIÓN SUPERFICIAL	HRCI (%)	Ubicación
0,17	10,87	12,80	NO SE VERIFICAN	71,6	---
0,25		11,13		64,1	
0,34		9,60	SE VERIFICAN	57,9	
0,50		7,54	SE VERIFICAN	50,3	

Tabla 4

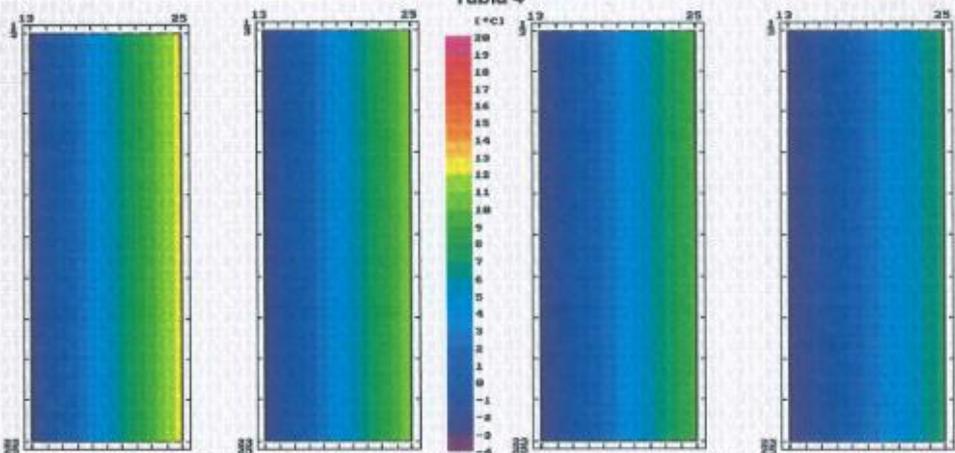


Figura 3. R_{si}=0,17m²K/W Figura 4. R_{si}=0,25m²K/W Figura 5. R_{si}=0,34m²K/W Figura 6. R_{si}=0,50m²K/W

«La reproducción y difusión del presente informe se halla sujeta a las cláusulas obrantes en la primer foja, anverso y reverso»

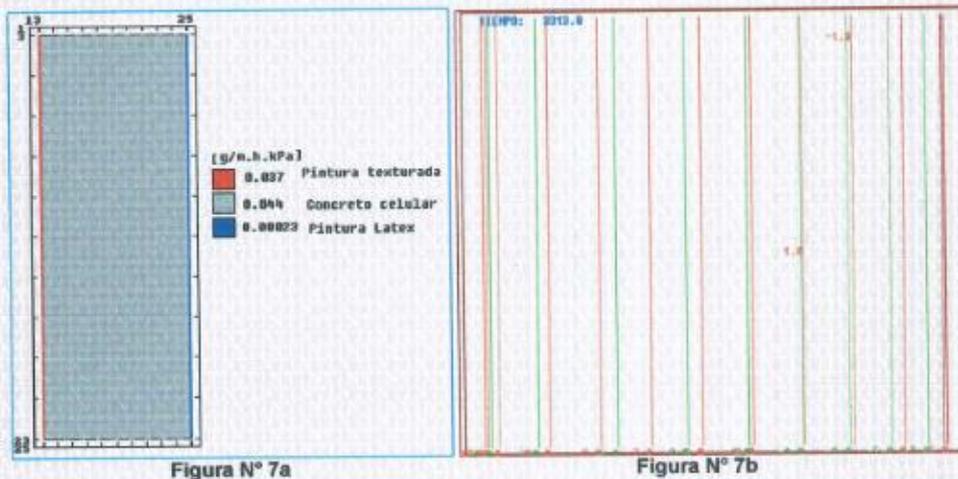
Condensación Intersticial.

Para la realización de este cálculo, se consideraron los siguientes valores de permeabilidad al vapor de agua de los materiales, que se indican en la **Figura 7a** para el caso analizado

De acuerdo con las condiciones higrotérmicas adoptadas, tanto para exterior como para interior, se obtuvo la distribución de temperaturas de bulbo seco (líneas de **color rojo**) y de rocío (líneas de **color verde**) en el interior del componente constructivo.

Se producirá condensación en aquellas zonas del componente, en las que la temperatura de bulbo seco sea inferior a la temperatura de rocío. Tales zonas se muestran en la **Figura N°7b**, en el corte del muro, por el área coloreada, cuya superficie no debe entenderse como una cuantificación de la misma, sino sólo indicativas de su extensión.

En dicha Figura, se muestra un corte transversal del muro en geometría bidimensional, donde se puede apreciar los casos que pueden tener la **NO EXISTENCIA DE RIESGOS DE CONDENSACIÓN INTERSTICIAL**, para las condiciones de temperatura y humedad relativa, adoptadas.



CALCULO DEL CAUDAL MÁSIICO DE CONDENSADO

CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

El caudal másico de condensado se determinó efectuando el producto de la diferencia entre la presión de vapor interior y la presión de vapor correspondiente a la temperatura mínima de la superficie interior, por el coeficiente de la transferencia de masa β , ó permeabilidad al vapor de agua de la capa de aire en contacto con la pared.

$$g = \beta \times (PV_i - PV_{s_i})$$

Luego, se calculó la cantidad de horas estimadas, en que la temperatura superficial es inferior a la temperatura de rocío, para poder determinar el caudal másico de condensado de vapor de agua diario. Los valores obtenidos se presentan en la **Tabla 5**.

Eg

«La reproducción y difusión del presente informe se halla sujeta a las cláusulas obrantes en la primer foja, anverso y reverso»

Rsi (m² K/W)	0,17	0,25	0,34	0,50	Ubicación
Caudal Másico de Condensado (g/m².h)	-----		10	25	-----
Horas diarias probables de ocurrencia	-----		11	24	

Tabla 5

NOTA 4: Se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos surgen como consecuencia de haber utilizado los programas de computación con las mejores técnicas de cálculo que se dispone hasta el momento.

No obstante, la información que alimenta a los mismos es extraída de tablas, tanto la que se refieren a las propiedades de los materiales como a las variables ambientales. Esto permite establecer una evaluación del comportamiento higrotérmico con cierto grado de veracidad, la que puede ser convalidada con ensayos que contemplen las condiciones más desfavorables de exposición.

Conclusiones:

El análisis teórico efectuado al sistema constructivo, permitió obtener una evaluación de su comportamiento higrotérmico que se resume en la Tabla siguiente.

CONDICIONES DE CONTORNO									
ZONA BIOAMBIENTAL	LOCALIDAD	TEMPERATURA DE DISEÑO EXTERIOR (Te)	HUMEDAD RELATIVA INTERIOR (HRi)						
Iva	Mendoza (Aero) (Mendoza)	-3,9°C	62,9%						
NIVELES DE CUMPLIMIENTO NORMATIVO									
CASO ANALIZADO	Muro de hormigón celular (1200kg/m³) de 180mm de espesor, con terminación exterior de pintura texturada plástica (1600kg/m²) de 1mm de espesor e interiormente con pintura Látex (1000kg/m³) de 0,2mm de espesor.								
	LÍMITE MÁXIMO ADMISIBLE. (IRAM 11605)	Nivel	<table border="1"> <tr><td>Mínimo</td><td>CUMPLE</td></tr> <tr><td>Medio</td><td>No CUMPLE</td></tr> <tr><td>Recomendado</td><td>No CUMPLE</td></tr> </table>	Mínimo	CUMPLE	Medio	No CUMPLE	Recomendado	No CUMPLE
	Mínimo	CUMPLE							
Medio	No CUMPLE								
Recomendado	No CUMPLE								
PUENTES TÉRMICOS (IRAM 11605)		NO CORRESPONDE							
VERIFICACIÓN DE RIESGOS DE CONDENSACIÓN (IRAM 11625 Y 11630)	Superficial	Rsi (m²K/W)	0,17 CUMPLE						
			0,25 No CUMPLE						
	Intersticial		CUMPLE						

CONDICIÓN DE HABITABILIDAD HIGROTÉRMICA	Mínimo (*)
---	------------

(*) Con riesgos de condensación superficial en Aristas y rincones inferiores, rincones y aristas protegidas (por ej. Interiores de placares y muebles sobre muros externos) y detrás de muebles sobre muros externos

WJ

«La reproducción y difusión del presente informe se halla sujeta a las cláusulas obrantes en la primer foja, anverso y reverso»

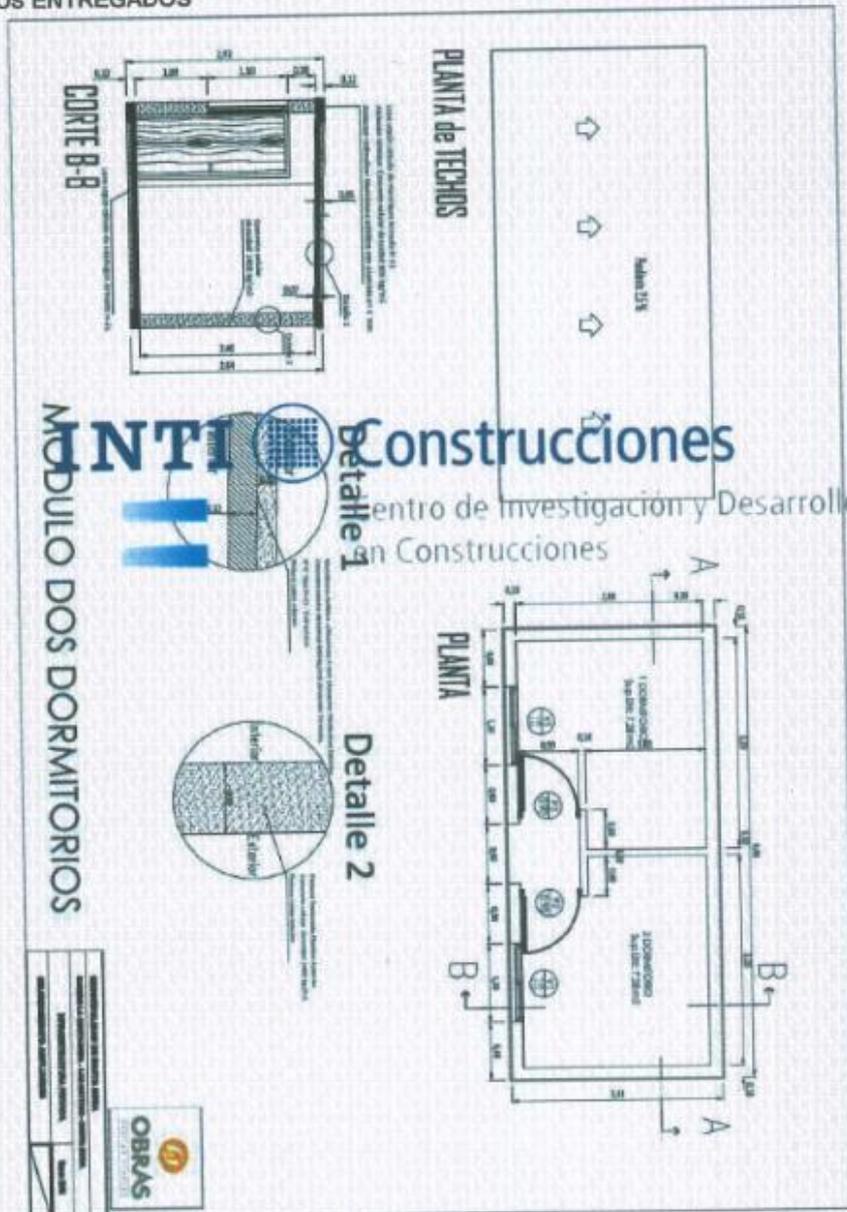
INTI Construcciones

Ministerio de Producción
Presidencia de la Nación

O.T. N° -101 27115 Tipo ÚNICO
Página 7 de 8

Observaciones:

PLANOS ENTREGADOS



«La reproducción y difusión del presente informe se halla sujeta a las cláusulas obrantes en la primer foja, anverso y reverso»

INTI Construcciones

Ministerio de Producción
Presidencia de la Nación

O.T. N° -101 27115 Tipo ÚNICO
Página 8 de 8

En el valor cálculo másico de condensado superficial e intersticial, se deberá aplicar las siguientes consideraciones:

- 1.- Considerando que el 10% de los días de la estación invernal, se producirán temperaturas más críticas que la de diseño adoptada en el caso, esto ocurriría a lo sumo ocho días en el año.
- 2.- La temperatura de diseño no se mantendrá constante durante las veinticuatro horas del día, cuando esta se produzca. Es decir, la temperatura exterior adoptada aumentará en ciertas horas del día por lo que se producirán re- evaporaciones en este caso.
- 3.- El estudio se efectuó para el camino de trasmisión del calor que representa la situación más desfavorable desde el punto de vista de la condensación.
- 4.- Dado el carácter transitorio de la condensación es conveniente que la superficie interior sea absorbente, de esa forma será absorbida la cantidad de agua condensada hasta que suba la temperatura de la superficie y el agua pueda volver a evaporarse.
- 5.- Este problema puede agravarse, cuando se analice en condiciones higrotémicas diferentes a las adoptadas en este estudio, correspondientes a localidades con temperaturas exteriores de diseño inferiores ó a la generación de mayor porcentaje de humedad relativa interior, debido a las costumbres de los ocupantes.
- 6.- El valor hallado corresponde a las condiciones iniciales del comportamiento higrotémico, ya que si el estado de condensación es permanente, la situación se puede ir agravando, debido a que los materiales componentes modifican sus propiedades en función del contenido de humedad que posean.

Referencias:

- [1] MOISTURE PROBLEMS IN HOUSES, A. T. Hansen, Canadian Building Digest. May 1984
- [2] COMPUTING THE RATE OF SUPERFICIAL AND INTERSTITIAL CONDENSATION, M. G. Davies, Building Scientist Great Britain Scientist Great Britain
- [3] CONDENSACIÓN DE HUMEDAD EN VIVIENDAS, I. Lotersztain
- [4] NORMAS IRAM sobre "Acondicionamiento Térmico de Edificios" N° 11601, 11603, 11605 y 11625
- [5] ISO 6946/2 THERMAL INSULATION, Calculation methods. Part 2: Thermal bridges of rectangular sections in plane structures.
- [6] SAP Users Group, "TAP 6 Thermal Analyzer Computer Program", University of Southern California, Dept. of Civil Engineering, Los Angeles
- [7] IL PROGETTO DELL'ELEMENTO DI INVOLUCRO OPACO, Chiara Aghemo-Cristina Azzolino, LAMSA, Italia, abril 1996.
- [8] THERMAL BRIDGES: A TWO-DIMENSIONAL AND THREE-DIMENSIONAL TRANSIENT THERMAL ANALYSIS. P. Standaert, ASHRAE /DOE/BTECC Conference, USA (1985).

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a las condiciones en las que se realizaron las mediciones y/o ensayos.

Fin del informe

Tco. José Víctor Moruga
UT Hbitabilidad
INTI Construcciones

ING. VICENTE VOLANTINO
DIRECCION
INTI - CONSTRUCCIONES

«La reproducción y difusión del presente informe se halla sujeta a las cláusulas obrantes en la primer foja, anverso y reverso»

Anexo 2 - Análisis de sensibilidad Viga

Diseño de viga para $f'c = 10\text{MPa}$. Sección = $20\text{cm} \times 20\text{cm}$

$f'c$	10	Mpa
f_y	420	MPa
d_{be}	0,6	cm
γ	1523	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 20cm γ 1523 kg/m³

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b_{acc} (cm)	Armadura a traccion			Armadura a compresion			As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/A's	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (KN)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	et
7	1	20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8		2	0,6	0,64	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	5,95	101,15	0,00176	351,43	19,86	121,01	42,20							
4		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8		2	0,6	0,64	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	3,40	57,80	0,00083	165,00	9,33	67,13	42,20							
3		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8		2	0,6	0,64	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	2,55	43,35	0,00010	20,00	1,13	44,48	42,20							
2,92		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8		2	0,6	0,64	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	2,48	42,19	0,00002	4,11	0,23	42,43	42,20	6,68	0,9	6,01	0,1360	0,1468	14,3728	
5	2	20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,64	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	4,25	72,25	0,00126	252,00	14,24	86,49	63,30							
4,5		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,64	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	3,83	65,03	0,00107	213,33	12,06	77,08	63,30							
4		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,64	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	3,40	57,80	0,00083	165,00	9,33	67,13	63,30							
3,81		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,64	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	3,24	55,05	0,00072	143,31	8,10	63,15	63,30	9,61	0,9	8,65	0,1956	0,2197	8,6044	
6	3	20	20	2	16,9	3	13	2	1	1	0,8	2	0,8	0,64	1,13	2,07	1,00	0,48	0,52%	0,25%	5,10	86,70	0,00150	300,00	30,14	116,84	87,04						
5		20	20	2	16,9	3	13	2	1	1	0,8	2	0,8	0,64	1,13	2,07	1,00	0,48	0,52%	0,25%	4,25	72,25	0,00120	240,00	24,12	96,37	87,04						
4		20	20	2	16,9	3	13	2	1	1	0,8	2	0,8	0,64	1,13	2,07	1,00	0,48	0,52%	0,25%	3,40	57,80	0,00075	150,00	15,07	72,87	87,04						
4,6		20	20	2	16,9	3	13	2	1	1	0,8	2	0,8	0,64	1,13	2,07	1,00	0,48	0,52%	0,25%	3,91	66,47	0,00104	208,70	20,97	87,44	87,04	12,85	0,9	11,56	0,2646	0,3139	5,1238

N'	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN		Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	17,92	44,84	89,60	Verifica	33,63
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	17,92	44,84	89,60	Verifica	33,63
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	17,92	44,84	89,60	Verifica	33,63
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	17,92	44,84	89,60	Verifica	33,63

Diseño de viga para $f'c = 11\text{MPa}$. Sección = 20cm x 20cm

$f'c$	11	Mpa
f_y	420	MPa
dbe	0,6	cm
γ	1572	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 20cm γ 1572 kg/m³

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{ccc} (cm)	Armadura a traccion			Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/A's	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	wm	et
5	1	20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8		2	0,6	0,67	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	4,25	79,475	0,00126	252,00	14,24	93,72	42,20						
4		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8		2	0,6	0,67	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	3,40	63,58	0,00083	165,00	9,33	72,91	42,20						
2		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8		2	0,6	0,67	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	1,70	31,79	-0,00135	-270,00	-15,26	16,53	42,20						
2,77		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8		2	0,6	0,67	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	2,35	44,0292	-0,00014	-28,16	-1,59	42,44	42,20	6,74	0,9	6,07	0,1248	0,1337	16,0735
7	2	20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,67	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	5,95	111,265	0,00176	351,43	19,86	131,13	63,30						
5		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,67	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	4,25	79,475	0,00126	252,00	14,24	93,72	63,30						
4		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,67	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	3,40	63,58	0,00083	165,00	9,33	72,91	63,30						
3,6		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,67	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	3,06	57,222	0,00058	116,67	6,59	63,82	63,30	9,78	0,9	8,80	0,1810	0,2013	9,6704
6	3	20	20	2	16,8	3	10,1	2	1,2		2	0,8	0,66	1,12	2,26	1,00	0,44	0,57%	0,25%	5,10	95,37	0,00150	300,00	30,14	125,51	94,95						
5		20	20	2	16,8	3	10,1	2	1,2		2	0,8	0,66	1,12	2,26	1,00	0,44	0,57%	0,25%	4,25	79,475	0,00120	240,00	24,12	103,59	94,95						
4		20	20	2	16,8	3	10,1	2	1,2		2	0,8	0,66	1,12	2,26	1,00	0,44	0,57%	0,25%	3,40	63,58	0,00075	150,00	15,07	78,65	94,95						
4,62		20	20	2	16,8	3	10,1	2	1,2		2	0,8	0,66	1,12	2,26	1,00	0,44	0,57%	0,25%	3,93	73,4349	0,00105	210,39	21,14	94,57	94,95	13,81	0,9	12,43	0,2617	0,3096	5,2352

N°	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN		Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,32	18,79	45,71	93,97	Verifica	34,28
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,32	18,79	45,71	93,97	Verifica	34,28
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,32	18,79	45,71	93,97	Verifica	34,28
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,32	18,79	45,71	93,97	Verifica	34,28

Diseño de viga para $f'c = 12\text{MPa}$. Sección = 20cm x 20cm

$f'c$	12	Mpa
f_y	420	MPa
dbe	0,6	cm
γ	1615	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 20cm γ 1615 kg/m³

formula adptado

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion		Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/A's	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	st		
6	1	20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8		2	0,6	0,70	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	5,10	104,04	0,00155	310,00	17,52	121,56	42,20							
4		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8		2	0,6	0,70	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	3,40	69,36	0,00083	165,00	9,33	78,69	42,20							
3		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8		2	0,6	0,70	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	2,55	52,02	0,00010	20,00	1,13	53,15	42,20							
2,65		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8		2	0,6	0,70	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	2,25	45,951	-0,00028	-56,60	-3,20	42,75	42,20	6,84	0,9	6,16	0,1161	0,1237	17,6103	
7	2	20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,70	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	5,95	121,38	0,00176	351,43	19,86	141,24	63,30							
5		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,70	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	4,25	86,7	0,00126	252,00	14,24	100,94	63,30							
4		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,70	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	3,40	69,36	0,00083	165,00	9,33	78,69	63,30							
3,4		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,70	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	2,89	58,956	0,00044	88,24	4,99	63,94	63,30	9,87	0,9	8,89	0,1675	0,1845	10,8214	
7	3	20	20	2	16,8	3	10,1	2	1,2		3	0,8	0,69	1,12	2,26	1,51	0,67	0,57%	0,38%	5,95	121,38	0,00171	342,86	51,68	173,06	94,95							
6		20	20	2	16,8	3	10,1	2	1,2		3	0,8	0,69	1,12	2,26	1,51	0,67	0,57%	0,38%	5,10	104,04	0,00150	300,00	45,22	149,26	94,95							
5		20	20	2	16,8	3	10,1	2	1,2		3	0,8	0,69	1,12	2,26	1,51	0,67	0,57%	0,38%	4,25	86,7	0,00120	240,00	36,17	122,87	94,95							
4,09		20	20	2	16,8	3	10,1	2	1,2		3	0,8	0,69	1,12	2,26	1,51	0,67	0,57%	0,38%	3,48	70,9206	0,00080	159,90	24,10	95,02	94,95	14,01	0,9	12,61	0,2433	0,2835	5,9959	

N'	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm2	cm2	m	cm2/m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	19,63	46,55	98,15	Verifica	34,91
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	19,63	46,55	98,15	Verifica	34,91
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	19,63	46,55	98,15	Verifica	34,91
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	19,63	46,55	98,15	Verifica	34,91

Diseño de viga para f'c = 13MPa. Sección = 20cm x 20cm

f'c	13	Mpa
fy	420	MPa
dbe	0,6	cm
γ	1615	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
Es	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 20cm γ 1615 kg/m³

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion		Armadura a compresion		As min		As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/A's	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	st
								2	0,8	2	0,6	0,73	1,13																		
6	1	20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8	2	0,6	0,73	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	5,10	112,71	0,00155	310,00	17,52	130,23	42,20						
5		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8	2	0,6	0,73	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	4,25	93,925	0,00126	252,00	14,24	108,17	42,20						
3		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8	2	0,6	0,73	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	2,55	56,355	0,00010	20,00	1,13	57,49	42,20						
2,52		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8	2	0,6	0,73	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	2,14	47,3382	-0,00045	-30,48	-5,11	42,22	42,20	6,82	0,9	6,14	0,1068	0,1132	19,5310
6	2	20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8	2	0,6	0,73	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	5,10	112,71	0,00155	310,00	17,52	130,23	63,30						
5		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8	2	0,6	0,73	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	4,25	93,925	0,00126	252,00	14,24	108,17	63,30						
4		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8	2	0,6	0,73	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	3,40	75,14	0,00083	165,00	9,33	84,47	63,30						
3,2		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8	2	0,6	0,73	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	2,72	60,112	0,00028	56,25	3,18	63,29	63,30	9,85	0,9	8,86	0,1542	0,1684	12,1427
7	3	20	20	2	16,9	3	16,3	2	1	2	0,8	0,73	1,13	2,57	1,51	0,59	0,64%	0,38%	5,95	131,495	0,00171	342,86	51,68	183,17	108,14						
6		20	20	2	16,9	3	16,3	2	1	2	0,8	0,73	1,13	2,57	1,51	0,59	0,64%	0,38%	5,10	112,71	0,00150	300,00	45,22	157,93	108,14						
5		20	20	2	16,9	3	16,3	2	1	2	0,8	0,73	1,13	2,57	1,51	0,59	0,64%	0,38%	4,25	93,925	0,00120	240,00	36,17	130,10	108,14						
4,3		20	20	2	16,9	3	16,3	2	1	2	0,8	0,73	1,13	2,57	1,51	0,59	0,64%	0,38%	3,66	80,7755	0,00091	181,40	27,34	108,12	108,14	15,98	0,9	14,38	0,2531	0,2973	5,5778

N°	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN		Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	19,63	46,55	98,15	Verifica	34,91
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	19,63	46,55	98,15	Verifica	34,91
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	19,63	46,55	98,15	Verifica	34,91
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	19,63	46,55	98,15	Verifica	34,91

Diseño de viga para $f'c = 14\text{MPa}$. Sección = 20cm x 20cm

$f'c$	14	Mpa
f_y	420	MPa
d_{be}	0,6	cm
γ	1658	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 20cm γ 1633 kg/m³

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b_{acc} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/A_s	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	wm	et
6	1	20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8			2	0,6	0,76	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	5,10	121,38	0,00155	310,00	17,52	138,90	42,20						
5		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8			2	0,6	0,76	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	4,25	101,15	0,00126	252,00	14,24	115,39	42,20						
3		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8			2	0,6	0,76	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	2,55	60,69	0,00010	20,00	1,13	61,82	42,20						
2,43		20	20	2	17	2,9	9,3	2	0,8			2	0,6	0,76	1,13	1,00	0,57	0,56	0,25%	0,14%	2,07	49,1589	-0,00058	-116,05	-6,56	42,60	42,20	6,92	0,9	6,23	0,1007	0,1063	20,9829
7	2	20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8			2	0,6	0,76	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	5,95	141,61	0,00176	351,43	19,86	161,47	63,30						
6		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8			2	0,6	0,76	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	5,10	121,38	0,00155	310,00	17,52	138,90	63,30						
4		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8			2	0,6	0,76	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	3,40	80,92	0,00083	165,00	9,33	90,25	63,30						
3,05		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8			2	0,6	0,76	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	2,59	61,7015	0,00015	29,51	1,67	63,37	63,30	9,92	0,9	8,93	0,1443	0,1565	13,2894
7	3	20	20	2	16,9	3,1	16,5	3	1	1	0,8	2	1	0,75	1,13	2,86	1,57	0,55	0,71%	0,39%	5,95	141,61	0,00167	334,29	52,48	194,09	120,01						
6		20	20	2	16,9	3,1	16,5	3	1	1	0,8	2	1	0,75	1,13	2,86	1,57	0,55	0,71%	0,39%	5,10	121,38	0,00145	290,00	45,53	166,91	120,01						
5		20	20	2	16,9	3,1	16,5	3	1	1	0,8	2	1	0,75	1,13	2,86	1,57	0,55	0,71%	0,39%	4,25	101,15	0,00114	228,00	35,80	136,95	120,01						
4,49		20	20	2	16,9	3,1	16,5	3	1	1	0,8	2	1	0,75	1,13	2,86	1,57	0,55	0,71%	0,39%	3,82	90,8327	0,00093	185,75	29,16	119,99	120,01	17,64	0,9	15,88	0,2595	0,3065	5,3196

N'	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN		Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	28,92	21,20	48,12	106,01	Verifica	36,09
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	28,92	21,20	48,12	106,01	Verifica	36,09
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	28,92	21,20	48,12	106,01	Verifica	36,09
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	28,92	21,20	48,12	106,01	Verifica	36,09

Diseño de viga para $f'c = 15\text{MPa}$. Sección = $20\text{cm} \times 20\text{cm}$

$f'c$	15	Mpa
f_y	420	MPa
d_{be}	0,6	cm
γ	1684	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 20cm γ 1684 kg/m³

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{ascc} (cm)	Armadura a traccion			Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	wm	et	
6	1	20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,78	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	5,10	130,05	0,00155	310,00	17,52	147,57	63,30							
4		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,76	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	3,40	86,7	0,00083	165,00	9,33	96,03	63,30							
3		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,76	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	2,55	65,025	0,00010	20,00	1,13	66,16	63,30							
2,92		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,76	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	2,48	63,291	0,00002	4,11	0,23	63,52	63,30	10,01	0,9	9,01	0,1358	0,1465	14,4037	
7	2	20	20	2	17	2,9	15,9	4	0,8		2	0,6	0,76	1,13	2,01	0,57	0,28	0,50%	0,14%	5,95	151,725	0,00176	351,43	19,86	171,59	84,40							
5		20	20	2	17	2,9	15,9	4	0,8		2	0,6	0,76	1,13	2,01	0,57	0,28	0,50%	0,14%	4,25	108,375	0,00126	252,00	14,24	122,62	84,40							
4		20	20	2	17	2,9	15,9	4	0,8		2	0,6	0,76	1,13	2,01	0,57	0,28	0,50%	0,14%	3,40	86,7	0,00083	165,00	9,33	96,03	84,40							
3,6		20	20	2	17	2,9	15,9	4	0,8		2	0,6	0,76	1,13	2,01	0,57	0,28	0,50%	0,14%	3,06	78,03	0,00058	116,67	6,59	84,62	84,40	13,00	0,9	11,70	0,1764	0,1955	10,0413	
7	3	20	20	2	16,9	3,1	16,5	3	1	1	0,8	2	1	0,75	1,13	2,86	1,57	0,55	0,71%	0,39%	5,95	151,725	0,00167	334,29	52,48	204,21	120,01						
6		20	20	2	16,9	3,1	16,5	3	1	1	0,8	2	1	0,75	1,13	2,86	1,57	0,55	0,71%	0,39%	5,10	130,05	0,00145	290,00	45,53	175,58	120,01						
5		20	20	2	16,9	3,1	16,5	3	1	1	0,8	2	1	0,75	1,13	2,86	1,57	0,55	0,71%	0,39%	4,25	108,375	0,00114	228,00	35,80	144,17	120,01						
4,32		20	20	2	16,9	3,1	16,5	3	1	1	0,8	2	1	0,75	1,13	2,86	1,57	0,55	0,71%	0,39%	3,67	93,636	0,00085	169,44	26,60	120,24	120,01	17,78	0,9	16,00	0,2441	0,2846	5,9609

N°	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
----	---	-----	------	----	---	------	---	----	----	----	--------	-------------	----

Diseño de viga para $f'c = 20\text{MPa}$. Sección = 20cm x 20cm

$f'c$	20	Mpa
f_y	420	MPa
dbe	0,6	cm
γ	2400	kg/m3
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 20cm γ 2400 kg/m3

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion			Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	et	
6	1	20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,91	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	5,10	173,4	0,00155	310,00	17,52	190,92	63,30							
4		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,91	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	3,40	115,6	0,00083	165,00	9,33	124,93	63,30							
3		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,91	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	2,55	86,7	0,00010	20,00	1,13	87,83	63,30							
2,42		20	20	2	17	2,9	12,6	3	0,8		2	0,6	0,91	1,13	1,51	0,57	0,38	0,38%	0,14%	2,06	69,938	-0,00060	-119,01	-6,73	63,21	63,30	10,22	0,9	9,20	0,1040	0,1101	20,1635	
6	2	20	20	2	17	2,9	15,9	4	0,8		2	0,6	0,91	1,13	2,01	0,57	0,28	0,50%	0,14%	5,10	173,4	0,00155	310,00	17,52	190,92	84,40							
5		20	20	2	17	2,9	15,9	4	0,8		2	0,6	0,91	1,13	2,01	0,57	0,28	0,50%	0,14%	4,25	144,5	0,00126	252,00	14,24	158,74	84,40							
4		20	20	2	17	2,9	15,9	4	0,8		2	0,6	0,91	1,13	2,01	0,57	0,28	0,50%	0,14%	3,40	115,6	0,00083	165,00	9,33	124,93	84,40							
2,32		20	20	2	17	2,9	15,9	4	0,8		2	0,6	0,91	1,13	2,01	0,57	0,28	0,50%	0,14%	2,48	84,388	0,00002	4,11	0,23	84,62	84,40	13,33	0,9	12,00	0,1357	0,1464	14,4132	
7	3	20	20	2	16,9	3,1	16,5	3	1	1	0,8	2	1	0,90	1,13	2,86	1,57	0,55	0,71%	0,39%	5,95	202,3	0,00167	334,29	52,48	254,78	120,01						
6		20	20	2	16,9	3,1	16,5	3	1	1	0,8	2	1	0,90	1,13	2,86	1,57	0,55	0,71%	0,39%	5,10	173,4	0,00145	290,00	45,53	218,93	120,01						
4		20	20	2	16,9	3,1	16,5	3	1	1	0,8	2	1	0,90	1,13	2,86	1,57	0,55	0,71%	0,39%	3,40	115,6	0,00068	135,00	21,20	136,80	120,01						
3,66		20	20	2	16,9	3,1	16,5	3	1	1	0,8	2	1	0,90	1,13	2,86	1,57	0,55	0,71%	0,39%	3,11	105,774	0,00046	91,80	14,41	120,19	120,01	18,22	0,9	16,40	0,1876	0,2096	9,1669

Barra de acero

N°	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm2	cm2	m	cm2/m	m	KN	KN	KN	KN		Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	25,34	52,26	126,71	Verifica	39,19
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	25,34	52,26	126,71	Verifica	39,19
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	25,34	52,26	126,71	Verifica	39,19
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,170	26,92	25,34	52,26	126,71	Verifica	39,19

Diseño de viga para $f'c = 10\text{MPa}$. Sección = 20cm x 25cm
Galdeano-Gómez-Politino 2019

$f'c$	10	Mpa
f_y	420	MPa
dbe	0,6	cm
γ	1523	kg/m3
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa

seccion de 20cm x 25cm Y 1523 kg/m3

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ε _v	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (Kn)	Mn (KN.m)	φ	Mu(KN.m)	mn	vm	et
7	1	20	25	2	22	3	15,9	4	0,8			2	0,8	0,83	1,47	2,01	1,00	0,50	0,40%	0,20%	5,95	101,15	0,00171	342,66	34,45	135,60	84,40						
6		20	25	2	22	3	15,9	4	0,8			2	0,8	0,83	1,47	2,01	1,00	0,50	0,40%	0,20%	5,10	86,7	0,00150	300,00	30,14	116,84	84,40						
5		20	25	2	22	3	15,9	4	0,8			2	0,8	0,83	1,47	2,01	1,00	0,50	0,40%	0,20%	4,25	72,25	0,00120	240,00	24,12	96,37	84,40						
4,45		20	25	2	22	3	15,9	4	0,8			2	0,8	0,83	1,47	2,01	1,00	0,50	0,40%	0,20%	3,78	64,3025	0,00098	195,51	19,64	83,95	84,40	16,66	0,9	15,00	0,2025	0,2287	8,1521
8	2	20	25	2	21,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	0,82	1,46	2,57	1,00	0,39	0,51%	0,20%	6,80	115,6	0,00188	375,00	37,68	153,28	108,14						
7,5		20	25	2	21,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	0,82	1,46	2,57	1,00	0,39	0,51%	0,20%	6,38	108,375	0,00180	360,00	36,17	144,55	108,14						
7,1		20	25	2	21,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	0,82	1,46	2,57	1,00	0,39	0,51%	0,20%	6,04	102,595	0,00173	346,48	34,81	137,41	108,14						
5,56		20	25	2	21,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	0,82	1,46	2,57	1,00	0,39	0,51%	0,20%	4,73	80,342	0,00138	276,26	27,76	108,10	108,14	20,94	0,9	18,85	0,2569	0,3027	5,4252
12	3	20	25	2	21,9	3	16,3	2	1	2	0,8	3	0,8	0,82	1,46	2,57	1,51	0,59	0,51%	0,30%	10,20	173,4	0,00225	450,00	67,82	241,22	108,14						
10		20	25	2	21,9	3	16,3	2	1	2	0,8	3	0,8	0,82	1,46	2,57	1,51	0,59	0,51%	0,30%	8,50	144,5	0,00210	420,00	63,30	207,80	108,14						
8		20	25	2	21,9	3	16,3	2	1	2	0,8	3	0,8	0,82	1,46	2,57	1,51	0,59	0,51%	0,30%	6,80	115,6	0,00188	375,00	56,52	172,12	108,14						
4,99		20	25	2	21,9	3	16,3	2	1	2	0,8	3	0,8	0,82	1,46	2,57	1,51	0,59	0,51%	0,30%	4,24	72,1055	0,00120	239,28	36,06	108,17	108,14	21,08	0,9	18,97	0,2585	0,3050	5,3594

N°	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm2	cm2	m	cm2/m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,220	34,83	23,19	58,02	115,95	Verifica	43,52
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,220	34,83	23,19	58,02	115,95	Verifica	43,52
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,220	34,83	23,19	58,02	115,95	Verifica	43,52
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,220	34,83	23,19	58,02	115,95	Verifica	43,52

Diseño de viga para f'c = 11MPa. Sección = 20cm x 25cm

f'c	11	Mpa
fy	420	MPa
dbe	0,6	cm
γ	1572	kg/m3
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
Es	200000	Mpa
g1	0,85	

seccion de 20cm x 25cm γ 1572 kg/m3

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion			Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ε _y	f's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	φ	Mu	mn	vm	et	
6	1	20	25	2	22	3	15,9	4	0,8		2	0,8	0,87	1,47	2,01	1,00	0,50	0,40%	0,20%	5,10	95,37	0,00150	300,00	30,14	125,51	84,40							
5,5		20	25	2	22	3	15,9	4	0,8		2	0,8	0,87	1,47	2,01	1,00	0,50	0,40%	0,20%	4,68	87,4225	0,00136	272,73	27,40	114,83	84,40							
5,3		20	25	2	22	3	15,9	4	0,8		2	0,8	0,87	1,47	2,01	1,00	0,50	0,40%	0,20%	4,51	84,2435	0,00130	260,38	26,16	110,41	84,40							
4,3		20	25	2	22	3	15,9	4	0,8		2	0,8	0,87	1,47	2,01	1,00	0,50	0,40%	0,20%	3,66	68,3485	0,00091	181,40	18,23	86,58	84,40	17,25	0,9	15,53	0,1906	0,2134	8,9517	
7	2	20	25	2	21,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	0,86	1,46	2,57	1,00	0,39	0,51%	0,20%	5,95	111,265	0,00171	342,86	34,45	145,72	108,14						
6,9		20	25	2	21,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	0,86	1,46	2,57	1,00	0,39	0,51%	0,20%	5,87	109,676	0,00170	339,13	34,08	143,75	108,14						
6,97		20	25	2	21,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	0,86	1,46	2,57	1,00	0,39	0,51%	0,20%	5,92	110,788	0,00171	341,75	34,34	145,13	108,14						
5,2		20	25	2	21,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	0,86	1,46	2,57	1,00	0,39	0,51%	0,20%	4,42	82,654	0,00127	253,85	25,51	108,16	108,14	21,10	0,9	18,99	0,2352	0,2723	6,3654
11	3	20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,86	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	9,35	174,845	0,00218	436,36	43,85	218,69	120,01						
10,7		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,86	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	9,10	170,077	0,00216	431,78	43,38	213,46	120,01						
10,5		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,86	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	8,93	166,898	0,00214	428,57	43,06	209,96	120,01						
5,7		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,86	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	4,85	90,6015	0,00142	284,21	28,56	119,16	120,01	23,04	0,9	20,74	0,2569	0,3028	5,4220

N°	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm2	cm2	m	cm2/m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,220	34,83	24,32	59,16	121,61	Verifica	44,37
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,220	34,83	24,32	59,16	121,61	Verifica	44,37
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,220	34,83	24,32	59,16	121,61	Verifica	44,37
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,220	34,83	24,32	59,16	121,61	Verifica	44,37

Diseño de viga para $f'c = 12\text{MPa}$. Sección = 20cm x 25cm

$f'c$	12	Mpa
f_y	420	MPa
db _e	0,6	cm
γ	1615	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 25cm γ 1615 kg/m³

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion		Armadura a compresion		As min		As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/A _s	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	wm	et		
								3	1	2	0,8	1	2																			0,8	0,90
6	1	20	25	2	21,9	3	13,2	3	1		2	0,8	0,90	1,46	2,36	1,00	0,43	0,47%	0,20%	5,10	104,04	0,00150	300,00	30,14	134,18	98,91							
5,5		20	25	2	21,9	3	13,2	3	1		2	0,8	0,90	1,46	2,36	1,00	0,43	0,47%	0,20%	4,68	95,37	0,00136	272,73	27,40	122,77	98,91							
5,3		20	25	2	21,9	3	13,2	3	1		2	0,8	0,90	1,46	2,36	1,00	0,43	0,47%	0,20%	4,51	91,902	0,00130	260,38	26,16	118,06	98,91							
4,5		20	25	2	21,9	3	13,2	3	1		2	0,8	0,90	1,46	2,36	1,00	0,43	0,47%	0,20%	3,83	78,03	0,00100	200,00	20,10	98,13	98,91	19,39	0,9	17,45	0,1982	0,2231	8,4291	
7	2	20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,90	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	5,95	121,38	0,00171	342,86	34,45	155,83	120,01						
6,9		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,90	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	5,87	119,646	0,00170	339,13	34,08	153,72	120,01						
6,97		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,90	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	5,92	120,86	0,00171	341,75	34,34	155,20	120,01						
5,4		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,90	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	4,59	93,636	0,00133	266,67	26,79	120,43	120,01	23,42	0,9	21,08	0,2394	0,2780	6,1714
7	3	20	25	2	21,9	3	16,7	4	1		2	0,8	0,90	1,46	3,14	1,00	0,32	0,63%	0,20%	5,95	121,38	0,00171	342,86	34,45	155,83	131,88							
6,5		20	25	2	21,9	3	16,7	4	1		2	0,8	0,90	1,46	3,14	1,00	0,32	0,63%	0,20%	5,53	112,71	0,00162	323,08	32,46	145,17	131,88							
6		20	25	2	21,9	3	16,7	4	1		2	0,8	0,90	1,46	3,14	1,00	0,32	0,63%	0,20%	5,10	104,04	0,00150	300,00	30,14	134,18	131,88							
5,9		20	25	2	21,9	3	16,7	4	1		2	0,8	0,90	1,46	3,14	1,00	0,32	0,63%	0,20%	5,02	102,306	0,00147	294,92	29,63	131,94	131,88	25,44	0,9	22,90	0,2600	0,3072	5,3006	

N'	n	db _e	Ad _{b_e}	A _v	s	A _v /s	d	V _s	V _c	V _n	V _n lim	V _n < V _n lim	V _u
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN		KN
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	25,29	59,96	126,44	Verifica	44,97
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	25,29	59,96	126,44	Verifica	44,97
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	25,29	59,96	126,44	Verifica	44,97
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	25,29	59,96	126,44	Verifica	44,97

Diseño de viga para $f'c = 13\text{MPa}$. Sección = 20cm x 25cm

$f'c$	13	Mpa
f_y	420	MPa
d_{be}	0,6	cm
γ	1615	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 25cm γ 1615 kg/m³

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	formula										adptado																	
								Armadura a traccion		Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (KN)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	st				
6	1	20	25	2	21,9	3	13,2	3	1		2	0,8	0,94	1,46	2,36	1,00	0,43	0,47%	0,20%	5,10	112,71	0,00150	300,00	30,14	142,85	98,91									
5,5		20	25	2	21,9	3	13,2	3	1		2	0,8	0,94	1,46	2,36	1,00	0,43	0,47%	0,20%	4,68	103,318	0,00136	272,73	27,40	130,72	98,91									
5,3		20	25	2	21,9	3	13,2	3	1		2	0,8	0,94	1,46	2,36	1,00	0,43	0,47%	0,20%	4,51	99,5605	0,00130	260,38	26,16	125,72	98,91									
4,2		20	25	2	21,9	3	13,2	3	1		2	0,8	0,94	1,46	2,36	1,00	0,43	0,47%	0,20%	3,57	78,897	0,00086	171,43	17,23	96,12	98,91	19,13	0,9	17,21	0,1804	0,2006	9,7149			
7	2	20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,94	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	5,95	131,495	0,00171	342,86	34,45	165,95	120,01								
6,9		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,94	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	5,87	129,617	0,00170	339,13	34,08	163,69	120,01								
6,97		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,94	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	5,92	130,931	0,00171	341,75	34,34	165,27	120,01								
5,1		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,94	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	4,34	95,8035	0,00124	247,06	24,82	120,63	120,01	23,60	0,9	21,24	0,2226	0,2552	6,9931		
7	3	20	25	2	21,9	3,1	19,8	3	1	2	0,8	2	1	0,94	1,46	3,36	1,57	0,47	0,67%	0,31%	5,95	131,495	0,00167	334,29	52,48	183,98	141,11								
6,5		20	25	2	21,9	3,1	19,8	3	1	2	0,8	2	1	0,94	1,46	3,36	1,57	0,47	0,67%	0,31%	5,53	122,103	0,00157	313,85	49,27	171,38	141,11								
6		20	25	2	21,9	3,1	19,8	3	1	2	0,8	2	1	0,94	1,46	3,36	1,57	0,47	0,67%	0,31%	5,10	112,71	0,00145	290,00	45,53	158,24	141,11								
5,4		20	25	2	21,9	3,1	19,8	3	1	2	0,8	2	1	0,94	1,46	3,36	1,57	0,47	0,67%	0,31%	4,59	101,439	0,00128	255,56	40,12	141,56	141,11	27,43	0,9	24,69	0,2588	0,3054	5,3488		

N'	n	d _{be}	A _{dbe}	A _v	s	A _{v/s}	d	V _s	V _c	V _n	V _{n lim}	V _{n < V_{n lim}}
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	25,29	59,96	126,44	Verifica
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	25,29	59,96	126,44	Verifica
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	25,29	59,96	126,44	Verifica
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	25,29	59,96	126,44	Verifica

Diseño de viga para $f'c = 14\text{MPa}$. Sección = 20cm x 25cm

$f'c$	14	Mpa
f_y	420	MPa
d_{be}	0,6	cm
γ	1658	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 25cm γ 1658 kg/m³

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/A's	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	et
6	1	20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,98	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	5,10	121,38	0,00150	300,00	30,14	151,52	120,01						
5,5		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,98	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	4,68	111,265	0,00136	272,73	27,40	138,67	120,01						
5,3		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,98	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	4,51	107,219	0,00130	260,38	26,16	133,38	120,01						
5,25		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,98	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	4,46	106,208	0,00129	257,14	25,84	132,05	120,01	25,77	0,9	23,20	0,2258	0,2594	6,8288
7	2	20	25	2	21,9	3,1	16,7	4	1			2	1	0,98	1,46	3,14	1,57	0,50	0,63%	0,31%	5,95	141,61	0,00167	334,29	52,48	194,09	131,88						
6,9		20	25	2	21,9	3,1	16,7	4	1			2	1	0,98	1,46	3,14	1,57	0,50	0,63%	0,31%	5,87	139,587	0,00165	330,43	51,88	191,47	131,88						
6,97		20	25	2	21,9	3,1	16,7	4	1			2	1	0,98	1,46	3,14	1,57	0,50	0,63%	0,31%	5,92	141,003	0,00167	333,14	52,30	193,31	131,88						
4,85		20	25	2	21,9	3,1	16,7	4	1			2	1	0,98	1,46	3,14	1,57	0,50	0,63%	0,31%	4,12	98,1155	0,00108	216,49	33,99	132,11	131,88	25,85	0,9	23,27	0,2265	0,2604	6,7921
11	3	20	25	2	21,9	3,1	20	4	1	1	0,8	2	1	0,98	1,46	3,64	1,57	0,43	0,73%	0,31%	9,35	222,53	0,00215	430,91	67,65	290,18	152,98						
10,7		20	25	2	21,9	3,1	20	4	1	1	0,8	2	1	0,98	1,46	3,64	1,57	0,43	0,73%	0,31%	9,10	216,461	0,00213	426,17	66,91	283,37	152,98						
10,5		20	25	2	21,9	3,1	20	4	1	1	0,8	2	1	0,98	1,46	3,64	1,57	0,43	0,73%	0,31%	8,93	212,415	0,00211	422,86	66,39	278,80	152,98						
5,5		20	25	2	21,9	3,1	20	4	1	1	0,8	2	1	0,98	1,46	3,64	1,57	0,43	0,73%	0,31%	4,68	111,265	0,00131	261,82	41,11	152,37	152,98	29,49	0,9	26,54	0,2584	0,3049	5,3647

N'	n	d _{be}	Ad _{be}	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN		Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	27,31	61,99	136,57	Verifica	46,49
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	27,31	61,99	136,57	Verifica	46,49
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	27,31	61,99	136,57	Verifica	46,49
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	27,31	61,99	136,57	Verifica	46,49

Diseño de viga para $f'c = 15\text{MPa}$. Sección = 20cm x 25cm

$f'c$	15	Mpa
f_y	420	MPa
db	0,6	cm
γ	1684	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 25cm γ 1684 kg/m³

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion			Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_{γ}	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	et
6	1	20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	1,01	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	5,10	130,05	0,00150	300,00	30,14	160,19	120,01					
5,5		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,98	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	4,68	119,213	0,00136	272,73	27,40	146,62	120,01					
5		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,98	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	4,25	108,375	0,00120	240,00	24,12	132,49	120,01					
4,6		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	0,98	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	3,91	99,705	0,00104	208,70	20,97	120,67	120,01	23,85	0,9	21,46	0,1950	0,2190
7	2	20	25	2	21,9	3,1	16,7	4	1			2	1	0,98	1,46	3,14	1,57	0,50	0,63%	0,31%	5,95	151,725	0,00167	334,29	52,48	204,21	131,88					
6		20	25	2	21,9	3,1	16,7	4	1			2	1	0,98	1,46	3,14	1,57	0,50	0,63%	0,31%	5,10	130,05	0,00145	290,00	45,53	175,58	131,88					
5		20	25	2	21,9	3,1	16,7	4	1			2	1	0,98	1,46	3,14	1,57	0,50	0,63%	0,31%	4,25	108,375	0,00114	228,00	35,80	144,17	131,88					
4,6		20	25	2	21,9	3,1	16,7	4	1			2	1	0,98	1,46	3,14	1,57	0,50	0,63%	0,31%	3,91	99,705	0,00098	195,65	30,72	130,42	131,88	25,66	0,9	23,09	0,2098	0,2382
11	3	20	25	2	21,9	3,1	20	4	1	1	0,8	2	1	0,98	1,46	3,64	1,57	0,43	0,73%	0,31%	9,35	238,425	0,00215	430,91	67,65	306,08	152,98					
7		20	25	2	21,9	3,1	20	4	1	1	0,8	2	1	0,98	1,46	3,64	1,57	0,43	0,73%	0,31%	5,95	151,725	0,00167	334,29	52,48	204,21	152,98					
6,5		20	25	2	21,9	3,1	20	4	1	1	0,8	2	1	0,98	1,46	3,64	1,57	0,43	0,73%	0,31%	5,53	140,888	0,00157	313,85	49,27	190,16	152,98					
5,26		20	25	2	21,9	3,1	20	4	1	1	0,8	2	1	0,98	1,46	3,64	1,57	0,43	0,73%	0,31%	4,47	114,011	0,00123	246,39	38,68	152,69	152,98	29,69	0,9	26,72	0,2428	0,2828

N'	n	db	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	28,27	62,95	141,36	Verifica	47,21
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	28,27	62,95	141,36	Verifica	47,21
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	28,27	62,95	141,36	Verifica	47,21
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	28,27	62,95	141,36	Verifica	47,21

Diseño de viga para $f'c = 20\text{MPa}$. Sección = 20cm x 25cm

$f'c$	20	Mpa
f_y	420	MPa
d_{be}	0,6	cm
γ	2400	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 25cm $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/A's	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_y	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	et					
6	1	20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	1,17	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	5,10	173,4	0,00150	300,00	30,14	203,54	120,01											
5		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	1,17	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	4,25	144,5	0,00120	240,00	24,12	168,62	120,01											
4		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	1,17	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	3,40	115,6	0,00075	150,00	15,07	130,67	120,01											
3,75		20	25	2	21,9	3	16,5	3	1	1	0,8	2	0,8	1,17	1,46	2,86	1,00	0,35	0,57%	0,20%	3,19	108,375	0,00060	120,00	12,06	120,43	120,01	24,29	0,9	21,86	0,1489	0,1621	12,7346					
7	2	20	25	2	21,9	3,1	16,7	4	1			3	1	1,17	1,46	3,14	2,36	0,75	0,63%	0,47%	5,95	202,3	0,00167	334,29	78,72	281,02	131,88											
5		20	25	2	21,9	3,1	16,7	4	1			3	1	1,17	1,46	3,14	2,36	0,75	0,63%	0,47%	4,25	144,5	0,00114	228,00	53,69	198,19	131,88											
4		20	25	2	21,9	3,1	16,7	4	1			3	1	1,17	1,46	3,14	2,36	0,75	0,63%	0,47%	3,40	115,6	0,00068	135,00	31,79	147,39	131,88											
3,73		20	25	2	21,9	3,1	16,7	4	1			3	1	1,17	1,46	3,14	2,36	0,75	0,63%	0,47%	3,17	107,797	0,00051	101,34	23,87	131,66	131,88	26,39	0,9	23,75	0,1618	0,1776	11,3603					
6	3	20	25	2	21,9	3,2	20	4	1	1	0,8	4	1,2	1,17	1,46	3,64	4,52	1,24	0,73%	0,90%	5,10	173,4	0,00140	280,00	126,60	300,00	152,98											
5		20	25	2	21,9	3,2	20	4	1	1	0,8	4	1,2	1,17	1,46	3,64	4,52	1,24	0,73%	0,90%	4,25	144,5	0,00108	216,00	97,67	242,17	152,98											
4,5		20	25	2	21,9	3,2	20	4	1	1	0,8	4	1,2	1,17	1,46	3,64	4,52	1,24	0,73%	0,90%	3,83	130,05	0,00087	173,33	78,37	208,42	152,98											
3,8		20	25	2	21,9	3,2	20	4	1	1	0,8	4	1,2	1,17	1,46	3,64	4,52	1,24	0,73%	0,90%	3,23	109,82	0,00047	94,74	42,84	152,66	152,98	30,29	0,9	27,26	0,1857	0,2072	9,3069					

N'	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	32,65	67,32	163,23	Verifica	50,49
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	32,65	67,32	163,23	Verifica	50,49
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	32,65	67,32	163,23	Verifica	50,49
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,219	34,68	32,65	67,32	163,23	Verifica	50,49

Diseño de viga para $f'c = 10\text{MPa}$. Sección = 20cm x 30cm

$f'c$	10	Mpa
f_y	420	MPa
db	0,6	cm
γ	1523	kg/m3
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 30cm γ 1523 kg/m3

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion			Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu(KN.m)	mn	wm	et		
7	1	20	30	2	27	3	15,9	4	0,8		2	0,8	1,02	1,80	2,01	1,00	0,50	0,33%	0,17%	5,95	101,15	0,00171	342,86	34,45	135,60	84,40								
6		20	30	2	27	3	15,9	4	0,8		2	0,8	1,02	1,80	2,01	1,00	0,50	0,33%	0,17%	5,10	86,7	0,00150	300,00	30,14	116,84	84,40								
5		20	30	2	27	3	15,9	4	0,8		2	0,8	1,02	1,80	2,01	1,00	0,50	0,33%	0,17%	4,25	72,25	0,00120	240,00	24,12	96,37	84,40								
4,46		20	30	2	27	3	15,9	4	0,8		2	0,8	1,02	1,80	2,01	1,00	0,50	0,33%	0,17%	3,79	64,447	0,00098	196,41	19,74	84,18	84,40	20,92	0,9	18,82	0,1688	0,1861	10,7036		
																0,00				0,00														
8	2	20	30	2	26,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	1,01	1,79	2,57	1,00	0,39	0,43%	0,17%	6,80	115,6	0,00188	375,00	37,68	153,28	108,14							
7		20	30	2	26,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	1,01	1,79	2,57	1,00	0,39	0,43%	0,17%	5,95	101,15	0,00171	342,86	34,45	135,60	108,14							
6		20	30	2	26,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	1,01	1,79	2,57	1,00	0,39	0,43%	0,17%	5,10	86,7	0,00150	300,00	30,14	116,84	108,14							
5,6		20	30	2	26,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	1,01	1,79	2,57	1,00	0,39	0,43%	0,17%	4,76	80,92	0,00139	278,57	27,99	108,91	108,14	26,53	0,9	23,88	0,2157	0,2459	7,3694	
8	3	20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,01	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	6,80	115,6	0,00184	367,50	57,70	173,30	137,16							
7		20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,01	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	5,95	101,15	0,00167	334,29	52,48	153,63	137,16							
6		20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,01	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	5,10	86,7	0,00145	290,00	45,53	132,23	137,16							
6,22		20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,01	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	5,29	89,879	0,00150	300,96	47,25	137,13	137,16	32,91	0,9	29,62	0,2695	0,3211	4,9420	

1523 kg/m3

N°	n	db	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm2	cm2	m	cm2/m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,270	42,75	28,46	71,21	142,30	Verifica	53,41
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,270	42,75	28,46	71,21	142,30	Verifica	53,41
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,270	42,75	28,46	71,21	142,30	Verifica	53,41
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,270	42,75	28,46	71,21	142,30	Verifica	53,41

Diseño de viga para $f'c = 11\text{MPa}$. Sección = $20\text{cm} \times 30\text{cm}$

$f'c$	11	Mpa
f_y	420	MPa
dbe	0,6	cm
γ	1572	kg/m3
oc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 30cm γ 1572 kg/m3

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	oc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion			Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	wm	st	
								3	1		2	0,8																					1,06
6	1	20	30	2	26,9	3	13,2	3	1		2	0,8	1,06	1,79	2,36	1,00	0,43	0,39%	0,17%	5,10	95,37	0,00150	300,00	30,14	125,51	98,91							
5,5		20	30	2	26,9	3	13,2	3	1		2	0,8	1,06	1,79	2,36	1,00	0,43	0,39%	0,17%	4,68	87,4225	0,00136	272,73	27,40	114,83	98,91							
5,3		20	30	2	26,9	3	13,2	3	1		2	0,8	1,06	1,79	2,36	1,00	0,43	0,39%	0,17%	4,51	84,2435	0,00130	260,38	26,16	110,41	98,91							
4,8		20	30	2	26,9	3	13,2	3	1		2	0,8	1,06	1,79	2,36	1,00	0,43	0,39%	0,17%	4,08	76,296	0,00113	225,00	22,61	98,90	98,91	24,37	0,9	21,93	0,1801	0,2001	9,7419	
7	2	20	30	2	26,9	3,1	16,3	2	1	2	0,8	2	1	1,06	1,79	2,57	1,57	0,61	0,43%	0,26%	5,95	111,265	0,00167	334,29	52,48	163,75	108,14						
6,9		20	30	2	26,9	3,1	16,3	2	1	2	0,8	2	1	1,06	1,79	2,57	1,57	0,61	0,43%	0,26%	5,87	109,676	0,00165	330,43	51,88	161,55	108,14						
6,97		20	30	2	26,9	3,1	16,3	2	1	2	0,8	2	1	1,06	1,79	2,57	1,57	0,61	0,43%	0,26%	5,92	110,788	0,00167	333,14	52,30	163,09	108,14						
4,75		20	30	2	26,9	3,1	16,3	2	1	2	0,8	2	1	1,06	1,79	2,57	1,57	0,61	0,43%	0,26%	4,04	75,5013	0,00104	208,42	32,72	108,22	108,14	26,57	0,9	23,92	0,1964	0,2207	8,5517
11	3	20	30	2	26,8	3,1	13,8	3	1,2		3	1	1,06	1,79	3,39	2,36	0,69	0,57%	0,39%	9,35	174,845	0,00215	430,91	101,48	276,32	142,43							
10,7		20	30	2	26,8	3,1	13,8	3	1,2		3	1	1,06	1,79	3,39	2,36	0,69	0,57%	0,39%	9,10	170,077	0,00213	426,17	100,36	270,44	142,43							
10,5		20	30	2	26,8	3,1	13,8	3	1,2		3	1	1,06	1,79	3,39	2,36	0,69	0,57%	0,39%	8,93	166,898	0,00211	422,86	99,58	266,48	142,43							
5,3		20	30	2	26,8	3,1	13,8	3	1,2		3	1	1,06	1,79	3,39	2,36	0,69	0,57%	0,39%	4,51	84,2435	0,00125	249,06	58,65	142,90	142,43	34,58	0,9	31,12	0,2575	0,3035	5,4011	

1523 kg/m3

N°	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm2	cm2	m	cm2/m	m	KN	KN	KN	KN		Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,269	42,59	29,74	72,33	148,70	Verifica	54,25
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,269	42,59	29,74	72,33	148,70	Verifica	54,25
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,269	42,59	29,74	72,33	148,70	Verifica	54,25
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,269	42,59	29,74	72,33	148,70	Verifica	54,25

Diseño de viga para $f'c = 12\text{MPa}$. Sección = 20cm x 30cm

$f'c$	12	Mpa
f_y	420	MPa
d_{be}	0,6	cm
γ	1615	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 30cm γ 1615 kg/m³

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	formula				adptado																																	
								Armadura a traccion		Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	wm	et														
7	1	20	30	2	26,9	3,1	16,7	4	1			2	1	1,11	1,79	3,14	1,57	0,50	0,52%	0,26%	5,95	121,38	0,00167	334,29	52,48	173,86	131,88																		
6		20	30	2	26,9	3,1	16,7	4	1			2	1	1,11	1,79	3,14	1,57	0,50	0,52%	0,26%	5,10	104,04	0,00145	290,00	45,53	149,57	131,88																		
5,5		20	30	2	26,9	3,1	16,7	4	1			2	1	1,11	1,79	3,14	1,57	0,50	0,52%	0,26%	4,68	95,37	0,00131	261,82	41,11	136,48	131,88																		
5,32		20	30	2	26,9	3,1	16,7	4	1			2	1	1,11	1,79	3,14	1,57	0,50	0,52%	0,26%	4,52	92,2488	0,00125	250,38	39,31	131,56	131,88	32,08	0,9	28,88	0,2174	0,2481	7,2765												
7	2	20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,11	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	5,95	121,38	0,00167	334,29	52,48	173,86	137,16																		
6,9		20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,11	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	5,87	119,646	0,00165	330,43	51,88	171,52	137,16																		
6		20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,11	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	5,10	104,04	0,00145	290,00	45,53	149,57	137,16																		
5,55		20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,11	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	4,72	96,237	0,00132	264,86	41,58	137,82	137,16	33,38	0,9	30,04	0,2278	0,2622	6,7269												
7	3	20	30	2	26,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	3	1	1,11	1,79	3,89	2,36	0,60	0,65%	0,39%	5,95	121,38	0,00167	334,29	78,72	200,10	163,53																		
6,5		20	30	2	26,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	3	1	1,11	1,79	3,89	2,36	0,60	0,65%	0,39%	5,53	112,71	0,00157	313,85	73,91	186,62	163,53																		
6		20	30	2	26,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	3	1	1,11	1,79	3,89	2,36	0,60	0,65%	0,39%	5,10	104,04	0,00145	290,00	68,30	172,34	163,53																		
5,71		20	30	2	26,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	3	1	1,11	1,79	3,89	2,36	0,60	0,65%	0,39%	4,85	99,0114	0,00137	274,26	64,59	163,60	163,53	39,44	0,9	35,50	0,2692	0,3205	4,9551												

1523 kg/m³

N'	n	d _{be}	A _{dbe}	A _v	s	A _{v/s}	d	V _s	V _c	V _n	V _{n lim}	V _{n < V_{n lim}}	V _u
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN	KN	KN

Diseño de viga para $f'c = 13\text{MPa}$. Sección = 20cm x 30cm

$f'c$	13	Mpa
f_y	420	MPa
d_{be}	0,6	cm
γ	1615	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 30cm γ 1615 kg/m³

formula adaptado

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/A _s	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	wm	et
6	1	20	30	2	26,9	3,1	16,7	4	1			2	1	1,15	1,79	3,14	1,57	0,50	0,52%	0,26%	5,10	112,71	0,001450	290,00	45,53	158,24	131,88						
5,5		20	30	2	26,9	3,1	16,7	4	1			2	1	1,15	1,79	3,14	1,57	0,50	0,52%	0,26%	4,68	103,318	0,001309	261,82	41,11	144,42	131,88						
5,3		20	30	2	26,9	3,1	16,7	4	1			2	1	1,15	1,79	3,14	1,57	0,50	0,52%	0,26%	4,51	99,5605	0,001245	249,06	39,10	138,66	131,88						
5,05		20	30	2	26,9	3,1	16,7	4	1			2	1	1,15	1,79	3,14	1,57	0,50	0,52%	0,26%	4,29	94,8643	0,001158	231,68	36,37	131,24	131,88	32,14	0,9	28,93	0,2010	0,2267	8,2502
7	2	20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,15	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	5,95	131,495	0,001671	334,29	52,48	183,98	137,16						
6,5		20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,15	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	5,53	122,103	0,001569	313,85	49,27	171,38	137,16						
6		20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,15	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	5,10	112,71	0,001450	290,00	45,53	158,24	137,16						
5,25		20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,15	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	4,46	98,6213	0,001229	245,71	38,58	137,20	137,16	33,37	0,9	30,04	0,2102	0,2387	7,6807
7	3	20	30	2	26,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1	1,15	1,79	3,89	1,57	0,40	0,65%	0,26%	5,95	131,495	0,001671	334,29	52,48	183,98	163,53						
6,5		20	30	2	26,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1	1,15	1,79	3,89	1,57	0,40	0,65%	0,26%	5,53	122,103	0,001569	313,85	49,27	171,38	163,53						
6		20	30	2	26,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1	1,15	1,79	3,89	1,57	0,40	0,65%	0,26%	5,10	112,71	0,001450	290,00	45,53	158,24	163,53						
6,2		20	30	2	26,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1	1,15	1,79	3,89	1,57	0,40	0,65%	0,26%	5,27	116,467	0,001500	300,00	47,10	163,57	163,53	39,31	0,9	35,38	0,2476	0,2896	5,8067

1523 kg/m³

N'	n	d _{be}	Ad _{be}	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	KN
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,269	42,59	31,06	73,65	155,31	Verifica	55,24
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,269	42,59	31,06	73,65	155,31	Verifica	55,24
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,269	42,59	31,06	73,65	155,31	Verifica	55,24
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,269	42,59	31,06	73,65	155,31	Verifica	55,24

Diseño de viga para $f'c = 14\text{MPa}$. Sección = 20cm x 30cm

$f'c$	14	Mpa
f_y	420	MPa
d_{be}	0,6	cm
γ	1658	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 30cm $\gamma = 1658 \text{ kg/m}^3$

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{as} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	wm	ϵ_t					
6	1	20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,19	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	5,10	121,38	0,00145	290,00	45,53	166,91	137,16											
5,5		20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,19	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	4,68	111,265	0,00131	261,82	41,11	152,37	137,16											
5,3		20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,19	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	4,51	107,219	0,00125	249,06	39,10	146,32	137,16											
5,03		20	30	2	26,8	3,1	16,7	2	1,2	2	0,8	2	1	1,19	1,79	3,27	1,57	0,48	0,54%	0,26%	4,28	101,757	0,00115	230,22	36,14	137,90	137,16	33,66	0,9	30,30	0,1969	0,2214	8,5157					
7	2	20	30	2	26,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	3	1	1,19	1,79	3,89	2,36	0,60	0,65%	0,39%	5,95	141,61	0,00167	334,29	78,72	220,33	163,53											
6,9		20	30	2	26,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	3	1	1,19	1,79	3,89	2,36	0,60	0,65%	0,39%	5,87	139,587	0,00165	330,43	77,82	217,40	163,53											
6,5		20	30	2	26,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	3	1	1,19	1,79	3,89	2,36	0,60	0,65%	0,39%	5,53	131,495	0,00157	313,85	73,91	205,41	163,53											
5,23		20	30	2	26,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	3	1	1,19	1,79	3,89	2,36	0,60	0,65%	0,39%	4,45	105,803	0,00122	244,36	57,55	163,35	163,53	39,64	0,9	35,68	0,2319	0,2677	6,5238					
7	3	20	30	2	26,8	3,1	17,3	3	1,2	1	1	3	1	1,19	1,79	4,18	2,36	0,56	0,70%	0,39%	5,95	141,61	0,00167	334,29	78,72	220,33	175,40											
6		20	30	2	26,8	3,1	17,3	3	1,2	1	1	3	1	1,19	1,79	4,18	2,36	0,56	0,70%	0,39%	5,10	121,38	0,00145	290,00	68,30	189,68	175,40											
5		20	30	2	26,8	3,1	17,3	3	1,2	1	1	3	1	1,19	1,79	4,18	2,36	0,56	0,70%	0,39%	4,25	101,15	0,00114	228,00	53,69	154,84	175,40											
5,57		20	30	2	26,8	3,1	17,3	3	1,2	1	1	3	1	1,19	1,79	4,18	2,36	0,56	0,70%	0,39%	4,73	112,681	0,00133	266,07	62,66	175,34	175,40	42,38	0,9	38,14	0,2479	0,2900	5,7940					

1523 kg/m³

N°	n	d _{be}	Ad _{be}	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,268	42,43	33,43	75,86	167,13	Verifica	56,89
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,268	42,43	33,43	75,86	167,13	Verifica	56,89
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,268	42,43	33,43	75,86	167,13	Verifica	56,89
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,268	42,43	33,43	75,86	167,13	Verifica	56,89

Diseño de viga para $f'c = 15\text{MPa}$. Sección = 20cm x 30cm

$f'c$	15	Mpa
f_y	420	MPa
db	0,6	cm
γ	1684	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 30cm γ 1684 kg/m³

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/A _s	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	zt
7	1	20	30	2	26,8	3,1	17,1	2	1,2	2	1,0	2	1	1,24	1,79	3,83	1,57	0,41	0,64%	0,26%	5,95	151,725	0,00167	334,29	52,48	204,21	160,89						
6		20	30	2	26,8	3,1	17,1	2	1,2	2	1,0	2	1	1,19	1,79	3,83	1,57	0,41	0,64%	0,26%	5,10	130,05	0,00145	230,00	45,53	175,58	160,89						
5		20	30	2	26,8	3,1	17,1	2	1,2	2	1,0	2	1	1,19	1,79	3,83	1,57	0,41	0,64%	0,26%	4,25	108,375	0,00114	228,00	35,80	144,17	160,89						
5,5		20	30	2	26,8	3,1	17,1	2	1,2	2	1,0	2	1	1,19	1,79	3,83	1,57	0,41	0,64%	0,26%	4,68	119,213	0,00131	261,82	41,11	160,32	160,89	38,90	0,9	35,01	0,2124	0,2416	7,5545
7	2	20	30	2	26,8	3,2	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1,2	1,19	1,79	3,89	2,26	0,58	0,65%	0,38%	5,95	151,725	0,00163	325,71	73,64	225,36	163,53						
6		20	30	2	26,8	3,2	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1,2	1,19	1,79	3,89	2,26	0,58	0,65%	0,38%	5,10	130,05	0,00140	280,00	63,30	193,35	163,53						
5		20	30	2	26,8	3,2	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1,2	1,19	1,79	3,89	2,26	0,58	0,65%	0,38%	4,25	108,375	0,00108	216,00	48,83	157,21	163,53						
5,16		20	30	2	26,8	3,2	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1,2	1,19	1,79	3,89	2,26	0,58	0,65%	0,38%	4,39	111,843	0,00114	227,91	51,53	163,37	163,53	39,68	0,9	35,71	0,2167	0,2472	7,3149
8	3	20	30	2	26,8	3,2	17,3	3	1,2	1	1,0	2	1,2	1,19	1,79	4,18	2,26	0,54	0,70%	0,38%	6,80	173,4	0,00180	360,00	81,39	254,79	175,40						
7		20	30	2	26,8	3,2	17,3	3	1,2	1	1,0	2	1,2	1,19	1,79	4,18	2,26	0,54	0,70%	0,38%	5,95	151,725	0,00163	325,71	73,64	225,36	175,40						
6,5		20	30	2	26,8	3,2	17,3	3	1,2	1	1,0	2	1,2	1,19	1,79	4,18	2,26	0,54	0,70%	0,38%	5,53	140,888	0,00152	304,62	68,87	209,75	175,40						
5,5		20	30	2	26,8	3,2	17,3	3	1,2	1	1,0	2	1,2	1,19	1,79	4,18	2,26	0,54	0,70%	0,38%	4,68	119,213	0,00125	250,91	56,73	175,94	175,40	42,55	0,9	38,29	0,2323	0,2683	6,5037

1523 kg/m³

N'	n	db	Adb	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN		Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,268	42,43	34,60	77,03	172,99	Verifica	57,77
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,268	42,43	34,60	77,03	172,99	Verifica	57,77
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,268	42,43	34,60	77,03	172,99	Verifica	57,77
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,268	42,43	34,60	77,03	172,99	Verifica	57,77

Diseño de viga para $f'c = 20\text{MPa}$. Sección = 20cm x 30cm

$f'c$	20	Mpa
f_y	420	MPa
db	0,6	cm
γ	2400	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

Sección de 20cm x 30cm $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a tracción				Armadura a compresión		As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	et
6	1	20	30	2	26,8	3,1	17,1	2	1,2	2	1,0	2	1	1,43	1,79	3,83	1,57	0,41	0,64%	0,26%	5,10	173,4	0,00145	290,00	45,53	218,93	160,89						
5		20	30	2	26,8	3,1	17,1	2	1,2	2	1,0	2	1	1,43	1,79	3,83	1,57	0,41	0,64%	0,26%	4,25	144,5	0,00114	228,00	35,80	180,30	160,89						
4		20	30	2	26,8	3,1	17,1	2	1,2	2	1,0	2	1	1,43	1,79	3,83	1,57	0,41	0,64%	0,26%	3,40	115,6	0,00068	135,00	21,20	136,80	160,89						
3,98		20	30	2	26,8	3,1	17,1	2	1,2	2	1,0	2	1	1,43	1,79	3,83	1,57	0,41	0,64%	0,26%	3,38	115,022	0,00066	132,66	20,83	135,85	160,89	33,82	0,9	30,43	0,1385	0,1497	14,0363
7	2	20	30	2	26,8	3,2	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1,2	1,43	1,79	3,89	2,26	0,58	0,65%	0,38%	5,95	202,3	0,00163	325,71	73,64	275,94	163,53						
5		20	30	2	26,8	3,2	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1,2	1,43	1,79	3,89	2,26	0,58	0,65%	0,38%	4,25	144,5	0,00108	216,00	48,83	193,33	163,53						
3		20	30	2	26,8	3,2	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1,2	1,43	1,79	3,89	2,26	0,58	0,65%	0,38%	2,55	86,7	-0,00020	-40,00	-9,04	77,66	163,53						
3,45		20	30	2	26,8	3,2	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1,2	1,43	1,79	3,89	2,26	0,58	0,65%	0,38%	2,93	99,705	0,00022	43,48	9,83	109,53	163,53	27,58	0,9	24,82	0,1129	0,1202	18,2230
6	3	20	30	2	26,8	3,1	17,5	4	1,2			3	1	1,43	1,79	4,52	2,36	0,52	0,75%	0,39%	5,10	173,4	0,00145	290,00	68,30	241,70	189,91						
5		20	30	2	26,8	3,1	17,5	4	1,2			3	1	1,43	1,79	4,52	2,36	0,52	0,75%	0,39%	4,25	144,5	0,00114	228,00	53,69	198,19	189,91						
4		20	30	2	26,8	3,1	17,5	4	1,2			3	1	1,43	1,79	4,52	2,36	0,52	0,75%	0,39%	3,40	115,6	0,00068	135,00	31,79	147,39	189,91						
4,2		20	30	2	26,8	3,1	17,5	4	1,2			3	1	1,43	1,79	4,52	2,36	0,52	0,75%	0,39%	3,57	121,38	0,00079	157,14	37,01	158,39	189,91	39,13	0,9	35,22	0,1603	0,1757	11,5146

1523 kg/m³

N°	n	db	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN		Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,268	42,43	39,95	82,39	199,76	Verifica	61,79
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,268	42,43	39,95	82,39	199,76	Verifica	61,79
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,268	42,43	39,95	82,39	199,76	Verifica	61,79
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,268	42,43	39,95	82,39	199,76	Verifica	61,79

Diseño de viga para $f'c = 10\text{MPa}$. Sección = 20cm x 35cm

$f'c$	10	Mpa
f_y	420	MPa
d_{be}	0,6	cm
γ	1523	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 35cm γ 1523 kg/m³

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu(KN.m)	mn	wm	ϵ_t		
7	1	20	35	2	32	3	15,9	4	0,8			2	0,8	1,20	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	5,95	101,15	0,00171	342,86	34,45	135,60	84,40								
6		20	35	2	32	3	15,9	4	0,8			2	0,8	1,20	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	5,10	86,7	0,00150	300,00	30,14	116,84	84,40								
5		20	35	2	32	3	15,9	4	0,8			2	0,8	1,20	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	4,25	72,25	0,00120	240,00	24,12	96,37	84,40								
4,5		20	35	2	32	3	15,9	4	0,8			2	0,8	1,20	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	3,83	65,025	0,00100	200,00	20,10	85,12	84,40	25,39	0,9	22,85	0,1459	0,1584	13,0972		
																					0,00														
8	2	20	35	2	31,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	1,20	2,13	2,57	1,00	0,39	0,37%	0,14%	6,80	115,6	0,00188	375,00	37,68	153,28	108,14								
7,5		20	35	2	31,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	1,20	2,13	2,57	1,00	0,39	0,37%	0,14%	6,38	108,375	0,00180	360,00	36,17	144,55	108,14								
7,1		20	35	2	31,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	1,20	2,13	2,57	1,00	0,39	0,37%	0,14%	6,04	102,595	0,00173	346,48	34,81	137,41	108,14								
5,6		20	35	2	31,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	1,20	2,13	2,57	1,00	0,39	0,37%	0,14%	4,76	80,92	0,00139	278,57	27,99	108,91	108,14	31,98	0,9	28,78	0,1848	0,2061	9,3739		
12	3	20	35	2	31,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1	1,20	2,12	3,89	1,57	0,40	0,56%	0,22%	10,20	173,4	0,00223	445,00	69,87	243,27	163,53								
10		20	35	2	31,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1	1,20	2,12	3,89	1,57	0,40	0,56%	0,22%	8,50	144,5	0,00207	414,00	65,00	209,50	163,53								
9		20	35	2	31,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1	1,20	2,12	3,89	1,57	0,40	0,56%	0,22%	7,65	130,05	0,00197	393,33	61,75	191,80	163,53								
7,48		20	35	2	31,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1	1,20	2,12	3,89	1,57	0,40	0,56%	0,22%	6,36	108,086	0,00176	351,34	55,16	163,25	163,53	46,77	0,9	42,09	0,2720	0,3248	4,8515		

N°	n	d _{be}	Ad _{be}	Av	s	Av/s	d	V _s	V _c	V _n	V _{n lim}	V _{n < V_{n lim}}
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	33,73	84,40	168,65	Verifica
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	33,73	84,40	168,65	Verifica
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	33,73	84,40	168,65	Verifica
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	33,73	84,40	168,65	Verifica

Diseño de viga para $f'c = 11\text{MPa}$. Sección = 20cm x 35cm

$f'c$	11	MPa
f_y	420	MPa
d_{be}	0,6	cm
γ	1572	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	MPa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 35cm γ 1572 kg/m³

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/A's	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	et		
6	1	20	35	2	32	3	15,9	4	0,8			2	0,8	1,26	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	5,10	95,37	0,00150	300,00	30,14	125,51	84,40								
5,5		20	35	2	32	3	15,9	4	0,8			2	0,8	1,26	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	4,68	87,4225	0,00136	272,73	27,40	114,83	84,40								
5,3		20	35	2	32	3	15,9	4	0,8			2	0,8	1,26	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	4,51	84,2435	0,00130	260,38	26,16	110,41	84,40								
3,7		20	35	2	32	3	15,9	4	0,8			2	0,8	1,26	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	3,15	58,8115	0,00057	113,51	11,41	70,22	84,40	21,20	0,9	19,08	0,1107	0,1176	18,6753		
7	2	20	35	2	31,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	1,26	2,13	2,57	1,00	0,39	0,37%	0,14%	5,95	111,265	0,00171	342,86	34,45	145,72	108,14								
6,9		20	35	2	31,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	1,26	2,13	2,57	1,00	0,39	0,37%	0,14%	5,87	109,676	0,00170	339,13	34,08	143,75	108,14								
6,97		20	35	2	31,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	1,26	2,13	2,57	1,00	0,39	0,37%	0,14%	5,92	110,788	0,00171	341,75	34,34	145,13	108,14								
5,2		20	35	2	31,9	3	16,3	2	1	2	0,8	2	0,8	1,26	2,13	2,57	1,00	0,39	0,37%	0,14%	4,42	82,654	0,00127	253,85	25,51	108,16	108,14	31,91	0,9	28,72	0,1677	0,1848	10,8013		
11	3	20	35	2	31,8	3,1	17,3	3	1,2	1	1,0	3	1	1,26	2,12	4,18	2,36	0,56	0,60%	0,34%	9,35	174,845	0,00215	430,91	101,48	276,32	175,40								
9		20	35	2	31,8	3,1	17,3	3	1,2	1	1,0	3	1	1,26	2,12	4,18	2,36	0,56	0,60%	0,34%	7,65	143,055	0,00197	393,33	92,63	235,69	175,40								
8		20	35	2	31,8	3,1	17,3	3	1,2	1	1,0	3	1	1,26	2,12	4,18	2,36	0,56	0,60%	0,34%	6,80	127,16	0,00184	367,50	86,55	213,71	175,40								
6,4		20	35	2	31,8	3,1	17,3	3	1,2	1	1,0	3	1	1,26	2,12	4,18	2,36	0,56	0,60%	0,34%	5,44	101,728	0,00155	309,38	72,86	174,59	175,40	50,49	0,9	45,44	0,2670	0,3174	5,0346		

N°	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm2	cm2	m	cm2/m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	KN
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	35,38	86,04	176,89	Verifica	64,53
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	35,38	86,04	176,89	Verifica	64,53
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	35,38	86,04	176,89	Verifica	64,53
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	35,38	86,04	176,89	Verifica	64,53

Diseño de viga para $f'c = 14\text{MPa}$. Sección = $20\text{cm} \times 35\text{cm}$

$f'c$	14	MPa
f_y	420	MPa
dbe	0,6	cm
γ	1658	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	MPa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 35cm γ 1658 kg/m³

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion			Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	st			
6	1	20	35	2	32	3	15,9	4	0,8		2	0,8	1,43	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	5,10	121,38	0,00150	300,00	30,14	151,52	84,40									
5,5		20	35	2	32	3	15,9	4	0,8		2	0,8	1,43	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	4,68	111,265	0,00136	272,73	27,40	138,67	84,40									
5,3		20	35	2	32	3	15,9	4	0,8		2	0,8	1,43	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	4,51	107,219	0,00130	260,38	26,16	133,38	84,40									
3,65		20	35	2	32	3	15,9	4	0,8		2	0,8	1,43	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	3,10	73,8395	0,00053	106,85	10,74	84,58	84,40	25,60	0,9	23,04	0,1050	0,1112	19,9290			
7	2	20	35	2	32	3	19,4	4	0,8	1	1,0	3	0,8	1,43	2,13	2,79	1,51	0,54	0,40%	0,22%	5,95	141,61	0,00171	342,86	51,68	193,29	117,37								
6,9		20	35	2	32	3	19,4	4	0,8	1	1,0	3	0,8	1,43	2,13	2,79	1,51	0,54	0,40%	0,22%	5,87	139,587	0,00170	339,13	51,11	190,70	117,37								
6,97		20	35	2	32	3	19,4	4	0,8	1	1,0	3	0,8	1,43	2,13	2,79	1,51	0,54	0,40%	0,22%	5,92	141,003	0,00171	341,75	51,51	192,51	117,37								
4,4		20	35	2	32	3	19,4	4	0,8	1	1,0	3	0,8	1,43	2,13	2,79	1,51	0,54	0,40%	0,22%	3,74	89,012	0,00095	190,91	28,77	117,79	117,37	35,16	0,9	31,65	0,1443	0,1565	13,2902		
11	3	20	35	2	31,6	3,1	17,5	2	1,6	2	0,8	3	1	1,41	2,11	5,02	2,36	0,47	0,72%	0,34%	9,35	222,53	0,00215	430,91	101,48	324,01	211,01								
8		20	35	2	31,6	3,1	17,5	2	1,6	2	0,8	3	1	1,41	2,11	5,02	2,36	0,47	0,72%	0,34%	6,80	161,84	0,00184	367,50	86,55	248,39	211,01								
7		20	35	2	31,6	3,1	17,5	2	1,6	2	0,8	3	1	1,41	2,11	5,02	2,36	0,47	0,72%	0,34%	5,95	141,61	0,00167	334,29	78,72	220,33	211,01								
6,7		20	35	2	31,6	3,1	17,5	2	1,6	2	0,8	3	1	1,41	2,11	5,02	2,36	0,47	0,72%	0,34%	5,70	135,541	0,00161	322,39	75,92	211,46	211,01	60,61	0,9	54,55	0,2550	0,3000	5,4989		

N'	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	39,91	90,58	199,56	Verifica	67,93
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	39,91	90,58	199,56	Verifica	67,93
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	39,91	90,58	199,56	Verifica	67,93
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	39,91	90,58	199,56	Verifica	67,93

Diseño de viga para $f'c = 15\text{MPa}$. Sección = 20cm x 35cm

$f'c$	15	Mpa
f_y	420	MPa
dbe	0,6	cm
γ	1684	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 35cm γ 1684 kg/m³

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{nac} (cm)	Armadura a traccion			Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	wm	et	
6	1	20	35	2	32	3	15,9	4	0,8		2	0,8	1,43	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	5,10	130,05	0,00150	300,00	30,14	160,19	84,40							
5,5		20	35	2	32	3	15,9	4	0,8		2	0,8	1,43	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	4,68	119,213	0,00136	272,73	27,40	146,62	84,40							
4		20	35	2	32	3	15,9	4	0,8		2	0,8	1,43	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	3,40	86,7	0,00075	150,00	15,07	101,77	84,40							
3,5		20	35	2	32	3	15,9	4	0,8		2	0,8	1,43	2,13	2,01	1,00	0,50	0,29%	0,14%	2,98	75,8625	0,00043	85,71	8,61	84,48	84,40	25,65	0,9	23,08	0,0982	0,1036	21,6195	
7	2	20	35	2	32	3	19,4	4	0,8	1	1,0	3	0,8	1,43	2,13	2,79	1,51	0,54	0,40%	0,22%	5,95	151,725	0,00171	342,86	51,68	203,40	117,37						
5		20	35	2	32	3	19,4	4	0,8	1	1,0	3	0,8	1,43	2,13	2,79	1,51	0,54	0,40%	0,22%	4,25	108,375	0,00120	240,00	36,17	144,55	117,37						
4,5		20	35	2	32	3	19,4	4	0,8	1	1,0	3	0,8	1,43	2,13	2,79	1,51	0,54	0,40%	0,22%	3,83	97,5375	0,00100	200,00	30,14	127,68	117,37						
4,2		20	35	2	32	3	19,4	4	0,8	1	1,0	3	0,8	1,43	2,13	2,79	1,51	0,54	0,40%	0,22%	3,57	91,035	0,00086	171,43	25,84	116,87	117,37	35,00	0,9	31,50	0,1340	0,1445	14,6506
11	3	20	35	2	31,6	3,1	17,5	2	1,6	2	0,8	3	1	1,41	2,11	5,02	2,36	0,47	0,72%	0,34%	9,35	238,425	0,00215	430,91	101,48	339,90	211,01						
7		20	35	2	31,6	3,1	17,5	2	1,6	2	0,8	3	1	1,41	2,11	5,02	2,36	0,47	0,72%	0,34%	5,95	151,725	0,00167	334,29	78,72	230,45	211,01						
6		20	35	2	31,6	3,1	17,5	2	1,6	2	0,8	3	1	1,41	2,11	5,02	2,36	0,47	0,72%	0,34%	5,10	130,05	0,00145	290,00	68,30	198,35	211,01						
6,4		20	35	2	31,6	3,1	17,5	2	1,6	2	0,8	3	1	1,41	2,11	5,02	2,36	0,47	0,72%	0,34%	5,44	138,72	0,00155	309,38	72,86	211,58	211,01	60,83	0,9	54,74	0,2389	0,2773	6,1945

N'	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	KN
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	41,31	91,98	206,56	Verifica	68,98
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	41,31	91,98	206,56	Verifica	68,98
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	41,31	91,98	206,56	Verifica	68,98
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,320	50,67	41,31	91,98	206,56	Verifica	68,98

Diseño de viga para $f'c = 20\text{MPa}$. Sección = 20cm x 35cm

$f'c$	20	Mpa
f_y	420	MPa
d_{be}	0,6	cm
γ	2400	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 35cm γ 2400 kg/m³

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/A's	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	ϵ_t
6	1	20	35	2	31,9	3	20	4	1	1	0,8	2	0,8	1,70	2,13	3,64	1,00	0,28	0,52%	0,14%	5,10	173,4	0,00150	300,00	30,14	203,54	152,98						
5		20	35	2	31,9	3	20	4	1	1	0,8	2	0,8	1,70	2,13	3,64	1,00	0,28	0,52%	0,14%	4,25	144,5	0,00120	240,00	24,12	168,62	152,98						
4,8		20	35	2	31,9	3	20	4	1	1	0,8	2	0,8	1,70	2,13	3,64	1,00	0,28	0,52%	0,14%	4,08	138,72	0,00113	225,00	22,61	161,33	152,98						
4,55		20	35	2	31,9	3	20	4	1	1	0,8	2	0,8	1,70	2,13	3,64	1,00	0,28	0,52%	0,14%	3,87	131,495	0,00102	204,40	20,54	152,03	152,98	45,34	0,9	40,81	0,1310	0,1410	15,0874
7	2	20	35	2	31,8	3	17,3	3	1,2	1	1,0	3	0,8	1,69	2,12	4,18	1,51	0,36	0,60%	0,22%	5,95	202,3	0,00171	342,86	51,68	253,98	175,40						
6		20	35	2	31,8	3	17,3	3	1,2	1	1,0	3	0,8	1,69	2,12	4,18	1,51	0,36	0,60%	0,22%	5,10	173,4	0,00150	300,00	45,22	218,62	175,40						
5		20	35	2	31,8	3	17,3	3	1,2	1	1,0	3	0,8	1,69	2,12	4,18	1,51	0,36	0,60%	0,22%	4,25	144,5	0,00120	240,00	36,17	180,67	175,40						
4,9		20	35	2	31,8	3	17,3	3	1,2	1	1,0	3	0,8	1,69	2,12	4,18	1,51	0,36	0,60%	0,22%	4,17	141,61	0,00116	232,65	35,07	176,68	175,40	52,18	0,9	46,96	0,1518	0,1655	12,4117
7	3	20	35	2	31,6	3,1	14,4	2	1,6	1	1	3	1	1,68	2,11	4,80	2,36	0,49	0,69%	0,34%	5,95	202,3	0,00167	334,29	78,72	281,02	201,78						
6		20	35	2	31,6	3,1	14,4	2	1,6	1	1	3	1	1,68	2,11	4,80	2,36	0,49	0,69%	0,34%	5,10	173,4	0,00145	290,00	68,30	241,70	201,78						
5		20	35	2	31,6	3,1	14,4	2	1,6	1	1	3	1	1,68	2,11	4,80	2,36	0,49	0,69%	0,34%	4,25	144,5	0,00114	228,00	53,69	198,19	201,78						
5,08		20	35	2	31,6	3,1	14,4	2	1,6	1	1	3	1	1,68	2,11	4,80	2,36	0,49	0,69%	0,34%	4,32	146,812	0,00117	233,86	55,07	201,89	201,78	58,92	0,9	53,03	0,1735	0,1920	10,2836

N°	n	db	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
Diseño de viga para f'c = 10 MPa. Sección = 20cm x 40cm													
		cm	cm2	cm2	m	cm2/m	m	KN	KN	KN	KN		Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,319	50,51	47,55	98,06	237,77	Verifica	73,55
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,319	50,51	47,55	98,06	237,77	Verifica	73,55
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,319	50,51	47,55	98,06	237,77	Verifica	73,55
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,319	50,51	47,55	98,06	237,77	Verifica	73,55

f'c	10	Mpa
fy	420	Mpa
db	0,6	cm
γ	15233	kg/m3
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
Es	200000	Mpa
β1	0,85	

seccion de 20cm x 40cm Y 1523 kg/m3

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/A's	p	p'	a	C (KN)	ε _s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (Kn)	Mn (KN.m)	φ	Mu (KN.m)	mn	wm	et			
8	1	20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1	2	0,8	1,39	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	6,80	115,6	0,00188	375,00	37,68	153,28	117,37									
7		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1	2	0,8	1,39	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	5,95	101,15	0,00171	342,86	34,45	135,60	117,37									
6		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1	2	0,8	1,39	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	5,10	86,7	0,00150	300,00	30,14	116,84	117,37									
6,05		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1	2	0,8	1,39	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	5,14	87,4225	0,00151	302,48	30,39	117,82	117,37	40,43	0,9	36,39	0,1737	0,1922	10,2674			
8	2	20	40	2	37	3	19,6	3	0,8	2	1	2	0,8	1,39	2,47	3,08	1,00	0,33	0,38%	0,13%	6,80	115,6	0,00188	375,00	37,68	153,28	129,24									
7,5		20	40	2	37	3	19,6	3	0,8	2	1	2	0,8	1,39	2,47	3,08	1,00	0,33	0,38%	0,13%	6,38	108,375	0,00180	360,00	36,17	144,55	129,24									
7		20	40	2	37	3	19,6	3	0,8	2	1	2	0,8	1,39	2,47	3,08	1,00	0,33	0,38%	0,13%	5,95	101,15	0,00171	342,86	34,45	135,60	129,24									
6,65		20	40	2	37	3	19,6	3	0,8	2	1	2	0,8	1,39	2,47	3,08	1,00	0,33	0,38%	0,13%	5,65	96,0925	0,00165	329,32	33,09	129,18	129,24	44,09	0,9	39,68	0,1894	0,2119	9,0344			
8	3	20	40	2	36,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1	1,39	2,45	3,89	1,57	0,40	0,49%	0,20%	6,80	115,6	0,00184	367,50	57,70	173,30	163,53									
7		20	40	2	36,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1	1,39	2,45	3,89	1,57	0,40	0,49%	0,20%	5,95	101,15	0,00167	334,29	52,48	153,63	163,53									
6		20	40	2	36,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1	1,39	2,45	3,89	1,57	0,40	0,49%	0,20%	5,10	86,7	0,00145	290,00	45,53	132,23	163,53									
7,5		20	40	2	36,8	3,1	17,1	3	1,2	1	0,8	2	1	1,39	2,45	3,89	1,57	0,40	0,49%	0,20%	6,38	108,375	0,00176	352,00	55,26	163,64	163,53	55,05	0,9	49,55	0,2391	0,2777	6,1833			

N°	n	db	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm2	cm2	m	cm2/m	m	KN	KN	KN	KN		Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	39,00	97,59	195,01	Verifica	73,19
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	39,00	97,59	195,01	Verifica	73,19

Diseño de viga para $f'c = 11\text{MPa}$. Sección = 20cm x 40cm

$f'c$	11	Mpa
f_y	420	MPa
db _e	0,6	cm
γ	1572	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 40cm γ 1572 kg/m³ ???

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	et
6	1	20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,46	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	5,10	95,37	0,00150	300,00	30,14	125,51	117,37						
5,5		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,46	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	4,68	87,4225	0,00136	272,73	27,40	114,83	117,37						
5,3		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,46	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	4,51	84,2435	0,00130	260,38	26,16	110,41	117,37						
5,62		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,46	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	4,78	89,3299	0,00140	279,72	28,11	117,44	117,37	40,47	0,9	36,43	0,1581	0,1731	11,7331
7	2	20	40	2	37	3	19,6	3	0,8	2	1,0	2	0,8	1,46	2,47	3,08	1,00	0,33	0,38%	0,13%	5,95	111,265	0,00171	342,86	34,45	145,72	129,24						
6,5		20	40	2	37	3	19,6	3	0,8	2	1,0	2	0,8	1,46	2,47	3,08	1,00	0,33	0,38%	0,13%	5,53	103,318	0,00162	323,08	32,46	135,78	129,24						
6		20	40	2	37	3	19,6	3	0,8	2	1,0	2	0,8	1,46	2,47	3,08	1,00	0,33	0,38%	0,13%	5,10	95,37	0,00150	300,00	30,14	125,51	129,24						
6,2		20	40	2	37	3	19,6	3	0,8	2	1,0	2	0,8	1,46	2,47	3,08	1,00	0,33	0,38%	0,13%	5,27	98,549	0,00155	309,68	31,12	129,67	129,24	44,45	0,9	40,00	0,1736	0,1921	10,2772
9	3	20	40	2	36,8	3	17,3	3	1,2	1	1,0	4	0,8	1,45	2,45	4,18	2,01	0,48	0,52%	0,25%	7,65	143,055	0,00200	400,00	80,38	223,44	175,40						
8		20	40	2	36,8	3	17,3	3	1,2	1	1,0	4	0,8	1,45	2,45	4,18	2,01	0,48	0,52%	0,25%	6,80	127,16	0,00188	375,00	75,36	202,52	175,40						
7		20	40	2	36,8	3	17,3	3	1,2	1	1,0	4	0,8	1,45	2,45	4,18	2,01	0,48	0,52%	0,25%	5,95	111,265	0,00171	342,86	68,90	180,17	175,40						
6,8		20	40	2	36,8	3	17,3	3	1,2	1	1,0	4	0,8	1,45	2,45	4,18	2,01	0,48	0,52%	0,25%	5,78	108,088	0,00168	335,29	67,38	175,47	175,40	59,43	0,9	53,48	0,2347	0,2715	6,3914

Diseño de viga para $f'c = 12 \text{ MPa}$, Sección = $20 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$

N°	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	40,91	39,49	204,53	Verifica	74,62
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	40,91	39,49	204,53	Verifica	74,62
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	40,91	39,49	204,53	Verifica	74,62
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	40,91	39,49	204,53	Verifica	74,62

$f'c$	12	MPa
f_y	420	MPa
dbe	0,6	cm
γ	1615	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	MPa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 40cm γ 1615 kg/m³

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion		Armadura a compresion		As min		As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/A	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_y	F's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	wm	et		
								As min 1	As min 2	As min 1	As min 2																						
6	1	20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,53	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	5,10	104,04	0,00150	300,00	30,14	134,18	117,37						
5,5		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,53	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	4,68	95,37	0,00136	272,73	27,40	122,77	117,37						
5,3		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,53	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	4,51	91,902	0,00130	260,38	26,16	118,06	117,37						
5,27		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,53	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	4,48	91,3618	0,00129	258,44	25,97	117,35	117,37	40,59	0,9	36,53	0,1454	0,1578	13,1592
8	2	20	40	2	36,9	3	19,8	3	1	2	0,8	3	0,8	1,52	2,46	3,36	1,51	0,45	0,42%	0,19%	6,80	138,72	0,00168	375,00	56,52	195,24	141,11						
7		20	40	2	36,9	3	19,8	3	1	2	0,8	3	0,8	1,52	2,46	3,36	1,51	0,45	0,42%	0,19%	5,95	121,38	0,00171	342,86	51,68	173,06	141,11						
6		20	40	2	36,9	3	19,8	3	1	2	0,8	3	0,8	1,52	2,46	3,36	1,51	0,45	0,42%	0,19%	5,10	104,04	0,00150	300,00	45,22	149,26	141,11						
5,7		20	40	2	36,9	3	19,8	3	1	2	0,8	3	0,8	1,52	2,46	3,36	1,51	0,45	0,42%	0,19%	4,85	98,838	0,00142	284,21	42,84	141,67	141,11	48,60	0,9	43,74	0,1750	0,1937	10,1630
9	3	20	40	2	36,6	3,2	14,6	2	1,6	1	1,2	2	1,2	1,51	2,44	5,15	2,26	0,44	0,64%	0,28%	7,65	156,06	0,00193	386,67	87,42	243,48	216,28						
8		20	40	2	36,6	3,2	14,6	2	1,6	1	1,2	2	1,2	1,51	2,44	5,15	2,26	0,44	0,64%	0,28%	6,80	138,72	0,00180	360,00	81,39	220,11	216,28						
7		20	40	2	36,6	3,2	14,6	2	1,6	1	1,2	2	1,2	1,51	2,44	5,15	2,26	0,44	0,64%	0,28%	5,95	121,38	0,00163	325,71	73,64	195,02	216,28						
7,84		20	40	2	36,6	3,2	14,6	2	1,6	1	1,2	2	1,2	1,51	2,44	5,15	2,26	0,44	0,64%	0,28%	6,66	135,946	0,00178	355,10	80,28	216,23	216,28	72,04	0,9	64,84	0,2636	0,3124	5,1618

N°	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	42,72	101,31	213,62	Verifica	75,98
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	42,72	101,31	213,62	Verifica	75,98
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	42,72	101,31	213,62	Verifica	75,98
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	42,72	101,31	213,62	Verifica	75,98

Diseño de viga para $f'c = 13\text{MPa}$. Sección = 20cm x 40cm

$f'c$	13	Mpa
f_y	420	MPa
d_{be}	0,6	cm
γ	1615	kg/m ³
c_c	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 40cm γ 1615 kg/m³

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	formula										adptado															
								Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	wm	st
6	1	20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,59	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	5,10	112,71	0,00150	300,00	30,14	142,85	117,37						
5,5		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,59	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	4,68	103,318	0,00136	272,73	27,40	130,72	117,37						
5		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,59	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	4,25	93,925	0,00120	240,00	24,12	118,04	117,37						
4,97		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,59	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	4,22	93,3615	0,00119	237,83	23,90	117,26	117,37	40,70	0,9	36,63	0,1345	0,1450	14,5827
7	2	20	40	2	36,9	3	19,8	3	1	2	0,8	3	0,8	1,58	2,46	3,36	1,51	0,45	0,42%	0,19%	5,95	131,495	0,00171	342,86	51,68	183,17	141,11						
6		20	40	2	36,9	3	19,8	3	1	2	0,8	3	0,8	1,58	2,46	3,36	1,51	0,45	0,42%	0,19%	5,10	112,71	0,00150	300,00	45,22	157,93	141,11						
5,5		20	40	2	36,9	3	19,8	3	1	2	0,8	3	0,8	1,58	2,46	3,36	1,51	0,45	0,42%	0,19%	4,68	103,318	0,00136	272,73	41,11	144,42	141,11						
5,38		20	40	2	36,9	3	19,8	3	1	2	0,8	3	0,8	1,58	2,46	3,36	1,51	0,45	0,42%	0,19%	4,57	101,063	0,00133	265,43	40,01	141,07	141,11	48,54	0,9	43,69	0,1613	0,1770	11,4085
11	3	20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	3	1	1,57	2,44	5,59	2,36	0,42	0,70%	0,29%	9,35	206,635	0,00215	430,91	101,48	308,11	234,75						
10		20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	3	1	1,57	2,44	5,59	2,36	0,42	0,70%	0,29%	8,50	187,85	0,00207	414,00	97,50	285,35	234,75						
9		20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	3	1	1,57	2,44	5,59	2,36	0,42	0,70%	0,29%	7,65	169,065	0,00197	393,33	92,63	261,70	234,75						
7,92		20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	3	1	1,57	2,44	5,59	2,36	0,42	0,70%	0,29%	6,73	148,777	0,00183	365,15	85,99	234,77	234,75	78,25	0,9	70,43	0,2643	0,3135	5,1351

Diseño de viga para $f'c = 14\text{MPa}$. Sección = 20cm x 40cm

N°	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm2	cm2	m	cm2/m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	42,72	101,31	213,62	Verifica	75,98
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	42,72	101,31	213,62	Verifica	75,98
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	42,72	101,31	213,62	Verifica	75,98
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	42,72	101,31	213,62	Verifica	75,98

$f'c$	14	MPa
f_y	420	MPa
dbe	0,6	cm
γ	1658	kg/m3
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	MPa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 40cm γ 1658 kg/m3

c (cm)	N°	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b_{s+cc} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion				As min 1	As min 2	As (cm2)	A's (cm2)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	wm	st			
6	1	20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,65	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	5,10	121,38	0,00150	300,00	30,14	151,52	117,37											
5		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,65	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	4,25	101,15	0,00120	240,00	24,12	125,27	117,37											
4		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,65	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	3,40	80,92	0,00075	150,00	15,07	95,99	117,37											
4,71		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,65	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	4,00	95,2833	0,00109	217,83	21,89	117,17	117,37	40,79	0,9	36,71	0,1252	0,1342	16,0025					
7	2	20	40	2	36,9	3	19,8	3	1	2	0,8	3	0,8	1,64	2,46	3,36	1,51	0,45	0,42%	0,19%	5,95	141,61	0,00171	342,86	51,68	193,29	141,11											
6		20	40	2	36,9	3	19,8	3	1	2	0,8	3	0,8	1,64	2,46	3,36	1,51	0,45	0,42%	0,19%	5,10	121,38	0,00150	300,00	45,22	166,60	141,11											
5		20	40	2	36,9	3	19,8	3	1	2	0,8	3	0,8	1,64	2,46	3,36	1,51	0,45	0,42%	0,19%	4,25	101,15	0,00120	240,00	36,17	137,32	141,11											
5,15		20	40	2	36,9	3	19,8	3	1	2	0,8	3	0,8	1,64	2,46	3,36	1,51	0,45	0,42%	0,19%	4,38	104,185	0,00125	250,49	37,75	141,94	141,11	48,96	0,9	44,07	0,1511	0,1646	12,4882					
9	3	20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	3	1	1,63	2,44	5,59	2,36	0,42	0,70%	0,29%	7,65	182,07	0,00197	393,33	92,63	274,70	234,75											
8		20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	3	1	1,63	2,44	5,59	2,36	0,42	0,70%	0,29%	6,80	161,84	0,00184	367,50	86,55	248,39	234,75											
7		20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	3	1	1,63	2,44	5,59	2,36	0,42	0,70%	0,29%	5,95	141,61	0,00167	334,29	78,72	220,33	234,75											
7,5		20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	3	1	1,63	2,44	5,59	2,36	0,42	0,70%	0,29%	6,38	151,725	0,00176	352,00	82,90	234,62	234,75	78,47	0,9	70,62	0,2461	0,2874	5,8720					

N°	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm2	cm2	m	cm2/m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	46,15	104,73	230,74	Verifica	78,55
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	46,15	104,73	230,74	Verifica	78,55
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	46,15	104,73	230,74	Verifica	78,55
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	46,15	104,73	230,74	Verifica	78,55

Diseño de viga para $f'c = 15\text{MPa}$. Sección = $20\text{cm} \times 40\text{cm}$

$f'c$	15	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1684	kg/m ³
c_c	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 40cm γ 1684 kg/m³

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	F's (MPa)	C's (KN)	C + Cs'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	et
6	1	20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,71	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	5,10	130,05	0,00150	300,00	30,14	160,19	117,37						
5,5		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,65	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	4,68	119,213	0,00136	272,73	27,40	146,62	117,37						
4		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,65	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	3,40	86,7	0,00075	150,00	15,07	101,77	117,37						
4,5		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	2	0,8	1,65	2,47	2,79	1,00	0,36	0,35%	0,13%	3,83	97,5375	0,00100	200,00	20,10	117,63	117,37	41,06	0,9	36,95	0,1176	0,1255	17,3220
8	2	20	40	2	36,8	3,2	17,5	4	1,2			2	1,2	1,64	2,45	4,52	2,26	0,50	0,57%	0,28%	6,80	173,4	0,00180	360,00	81,39	254,79	189,91						
7		20	40	2	36,8	3,2	17,5	4	1,2			2	1,2	1,64	2,45	4,52	2,26	0,50	0,57%	0,28%	5,95	151,725	0,00163	325,71	73,64	225,36	189,91						
6		20	40	2	36,8	3,2	17,5	4	1,2			2	1,2	1,64	2,45	4,52	2,26	0,50	0,57%	0,28%	5,10	130,05	0,00140	280,00	63,30	193,35	189,91						
5,9		20	40	2	36,8	3,2	17,5	4	1,2			2	1,2	1,64	2,45	4,52	2,26	0,50	0,57%	0,28%	5,02	127,883	0,00137	274,58	62,08	189,96	189,91	64,71	0,9	58,24	0,1874	0,2093	9,1839
9	3	20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	4	1	1,63	2,44	5,59	3,14	0,56	0,70%	0,39%	7,65	195,075	0,00197	393,33	123,51	318,58	234,75						
8		20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	4	1	1,63	2,44	5,59	3,14	0,56	0,70%	0,39%	6,80	173,4	0,00184	367,50	115,40	288,80	234,75						
7		20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	4	1	1,63	2,44	5,59	3,14	0,56	0,70%	0,39%	5,95	151,725	0,00167	334,29	104,97	256,69	234,75						
6,37		20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	4	1	1,63	2,44	5,59	3,14	0,56	0,70%	0,39%	5,41	138,07	0,00154	308,01	96,71	234,78	234,75	79,19	0,9	71,28	0,2318	0,2677	6,5268

GABRIANO-GOMEZ-FLORES

2019

Página 100 de 250

N'	n	d _{be}	Ad _{be}	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	47,77	106,35	238,83	Verifica	79,76
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	47,77	106,35	238,83	Verifica	79,76

Diseño de viga para $f'c = 20\text{MPa}$. Sección = $20\text{cm} \times 40\text{cm}$

$f'c$	20	Mpa
f_y	420	MPa
d_{be}	0,6	cm
γ	2400	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)
E_s	200000	Mpa
β_1	0,85	

seccion de 20cm x 40cm γ 2400 kg/m³

c (cm)	N'	b (cm)	h (cm)	cc (cm)	d	d'	b _{acc} (cm)	Armadura a traccion				Armadura a compresion		As min 1	As min 2	As (cm ²)	A's (cm ²)	A's/As	ρ	ρ'	a	C (KN)	ϵ_s	f's (MPa)	C's (KN)	C + C's'	T (Kn)	Mn (KN.m)	ϕ	Mu	mn	vm	et
6	1	20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	3	0,8	1,97	2,47	2,79	1,51	0,54	0,35%	0,19%	5,10	173,4	0,00150	300,00	45,22	218,62	117,37						
5		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	3	0,8	1,97	2,47	2,79	1,51	0,54	0,35%	0,19%	4,25	144,5	0,00120	240,00	36,17	180,67	117,37						
4		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	3	0,8	1,97	2,47	2,79	1,51	0,54	0,35%	0,19%	3,40	115,6	0,00075	150,00	22,61	138,21	117,37						
3,56		20	40	2	37	3	19,4	4	0,8	1	1,0	3	0,8	1,97	2,47	2,79	1,51	0,54	0,35%	0,19%	3,03	102,884	0,00047	94,38	14,23	117,11	117,37	41,35	0,9	37,21	0,0888	0,0932	24,3691
6	2	20	40	2	36,8	3,1	17,3	3	1,2	1	1,0	3	1	1,96	2,45	4,18	2,36	0,56	0,52%	0,29%	5,10	173,4	0,00145	290,00	68,30	241,70	175,40						
5		20	40	2	36,8	3,1	17,3	3	1,2	1	1,0	3	1	1,96	2,45	4,18	2,36	0,56	0,52%	0,29%	4,25	144,5	0,00114	228,00	53,63	198,19	175,40						
4		20	40	2	36,8	3,1	17,3	3	1,2	1	1,0	3	1	1,96	2,45	4,18	2,36	0,56	0,52%	0,29%	3,40	115,6	0,00068	135,00	31,79	147,39	175,40						
4,52		20	40	2	36,8	3,1	17,3	3	1,2	1	1,0	3	1	1,96	2,45	4,18	2,36	0,56	0,52%	0,29%	3,84	130,628	0,00094	188,50	44,39	175,02	175,40	60,52	0,9	54,47	0,1314	0,1414	15,0281
7	3	20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	4	1	1,95	2,44	5,59	3,14	0,56	0,70%	0,39%	5,95	202,3	0,00167	334,29	104,97	307,27	234,75						
6		20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	4	1	1,95	2,44	5,59	3,14	0,56	0,70%	0,39%	5,10	173,4	0,00145	290,00	91,06	264,46	234,75						
5		20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	4	1	1,95	2,44	5,59	3,14	0,56	0,70%	0,39%	4,25	144,5	0,00114	228,00	71,59	216,09	234,75						
5,37		20	40	2	36,6	3,1	17,9	2	1,6	2	1	4	1	1,95	2,44	5,59	3,14	0,56	0,70%	0,39%	4,56	155,193	0,00127	253,63	79,64	234,83	234,75	79,94	0,9	71,94	0,1755	0,1944	10,1164

N'	n	dbe	Adbe	Av	s	Av/s	d	Vs	Vc	Vn	Vn lim	Vn < Vn lim	Vu
		cm	cm ²	cm ²	m	cm ² /m	m	KN	KN	KN	KN	Verifica	Kn
1	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	55,16	113,74	275,78	Verifica	85,31
2	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	55,16	113,74	275,78	Verifica	85,31
3	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	55,16	113,74	275,78	Verifica	85,31
4	2	0,6	0,283	0,565	0,15	3,77	0,370	58,58	55,16	113,74	275,78	Verifica	85,31

Anexo 3 - Análisis de sensibilidad de losa

Diseño de viga para $f'c = 10\text{MPa}$. $h = 7,5\text{ cm}$

$h_{\min} = 7,5\text{cm}$ $\gamma = 1523\text{ kg/m}^3$

$f'c$	10	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1523	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	7,5	2	4,5	0,25	0,8	0,6	0,8	0,85	1,50	0,81	1,50	2,01	0,84	0,99	0,22	3,98	0,9	3,58
2	100	7,5	2	4,5	0,20	0,8	0,6	0,8	0,85	1,50	0,81	1,50	2,51	0,84	1,24	0,28	4,82	0,9	4,33
3	100	7,5	2	4,5	0,15	0,8	0,6	0,8	0,85	1,50	0,81	1,50	3,35	0,84	1,65	0,37	6,08	0,9	5,47
4	100	7,5	2	4,3	0,25	1,2	0,6	0,8	0,81	1,43	0,77	1,43	4,52	0,84	2,23	0,52	7,11	0,9	6,40
5	100	7,5	2	4,3	0,20	1,2	0,6	0,8	0,81	1,43	0,77	1,43	5,65	0,84	2,79	0,65	8,11	0,9	7,30
6	100	7,5	2	4,4	0,10	1	0,6	0,8	0,83	1,47	0,79	1,47	7,85	0,84	3,88	0,88	9,54	0,9	8,59

Diseño de viga para $f'c = 11\text{MPa}$. $h = 7,5\text{ cm}$

$h_{\min} = 7,5\text{cm}$ $\gamma = 1572\text{ kg/m}^3$

$f'c$	11	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1572	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	7,5	2	4,5	0,25	0,8	0,6	0,8	0,89	1,50	0,81	1,50	2,01	0,84	0,90	0,20	4,02	0,9	3,62
2	100	7,5	2	4,5	0,20	0,8	0,6	0,8	0,89	1,50	0,81	1,50	2,51	0,84	1,13	0,25	4,89	0,9	4,40
3	100	7,5	2	4,5	0,15	0,8	0,6	0,8	0,89	1,50	0,81	1,50	3,35	0,84	1,50	0,33	6,20	0,9	5,58
4	100	7,5	2	4,3	0,25	1,2	0,6	0,8	0,85	1,43	0,77	1,43	4,52	0,84	2,03	0,47	7,34	0,9	6,60
5	100	7,5	2	4,3	0,20	1,2	0,6	0,8	0,85	1,43	0,77	1,43	5,65	0,84	2,54	0,59	8,46	0,9	7,62
6	100	7,5	2	4,4	0,10	1	0,6	0,8	0,87	1,47	0,79	1,47	7,85	0,84	3,53	0,80	10,23	0,9	9,21

Diseño de viga para $f'c = 12\text{MPa}$. $h = 7,5\text{ cm}$

$h_{\min} = 7,5\text{cm}$ $\gamma = 1615\text{ kg/m}^3$

$f'c$	12	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1615	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	7,5	2	4,5	0,25	0,8	0,6	0,8	0,93	1,50	0,81	1,50	2,01	0,84	0,83	0,18	4,06	0,9	3,65
2	100	7,5	2	4,5	0,20	0,8	0,6	0,8	0,93	1,50	0,81	1,50	2,51	0,84	1,03	0,23	4,94	0,9	4,45
3	100	7,5	2	4,5	0,15	0,8	0,6	0,8	0,93	1,50	0,81	1,50	3,35	0,84	1,38	0,31	6,31	0,9	5,68
4	100	7,5	2	4,3	0,25	1,2	0,6	0,8	0,89	1,43	0,77	1,43	4,52	0,84	1,86	0,43	7,53	0,9	6,77
5	100	7,5	2	4,3	0,20	1,2	0,6	0,8	0,89	1,43	0,77	1,43	5,65	0,84	2,33	0,54	8,76	0,9	7,88
6	100	7,5	2	4,4	0,10	1	0,6	0,8	0,91	1,47	0,79	1,47	7,85	0,84	3,23	0,73	10,80	0,9	9,72

Diseño de viga para $f'c = 13\text{MPa}$. $h = 7,5\text{ cm}$

$h_{\min} = 7,5\text{cm}$ γ 1633 kg/m³

$f'c$	13	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1633	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	7,5	2	4,5	0,25	0,8	0,6	0,8	0,97	1,50	0,81	1,50	2,01	0,84	0,76	0,17	4,09	0,9	3,68
2	100	7,5	2	4,5	0,20	0,8	0,6	0,8	0,97	1,50	0,81	1,50	2,51	0,84	0,95	0,21	4,99	0,9	4,49
3	100	7,5	2	4,5	0,15	0,8	0,6	0,8	0,97	1,50	0,81	1,50	3,35	0,84	1,27	0,28	6,39	0,9	5,75
4	100	7,5	2	4,3	0,25	1,2	0,6	0,8	0,92	1,43	0,77	1,43	4,52	0,84	1,72	0,40	7,69	0,9	6,92
5	100	7,5	2	4,3	0,20	1,2	0,6	0,8	0,92	1,43	0,77	1,43	5,65	0,84	2,15	0,50	9,01	0,9	8,11
6	100	7,5	2	4,4	0,10	1	0,6	0,8	0,94	1,47	0,79	1,47	7,85	0,84	2,98	0,68	11,28	0,9	10,15

Diseño de viga para $f'c = 14\text{MPa}$. $h = 7,5\text{ cm}$

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ $\gamma = 1658\text{ kg/m}^3$

$f'c$	14	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1658	kg/m ³
e_c	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b cm	h cm	cc cm	d cm	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1 cm ² /m	As min 2 cm ² /m	As cont. y temp. cm ² /m	As nec cm ² /m	As P adop cm ² /m	As S adop cm ² /m	a cm	ka	Mn	ϕ	Mu
					s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)									KNm		KNm
1	100	7,5	2	4,5	0,25	0,8	0,6	0,8	1,00	1,50	0,81	1,50	2,01	0,84	0,71	0,16	4,12	0,9	3,70
2	100	7,5	2	4,5	0,20	0,8	0,6	0,8	1,00	1,50	0,81	1,50	2,51	0,84	0,89	0,20	5,04	0,9	4,53
3	100	7,5	2	4,5	0,15	0,8	0,6	0,8	1,00	1,50	0,81	1,50	3,35	0,84	1,18	0,26	6,47	0,9	5,82
4	100	7,5	2	4,3	0,25	1,2	0,6	0,8	0,96	1,43	0,77	1,43	4,52	0,84	1,60	0,37	7,82	0,9	7,04
5	100	7,5	2	4,3	0,20	1,2	0,6	0,8	0,96	1,43	0,77	1,43	5,65	0,84	1,99	0,46	9,22	0,9	8,30
6	100	7,5	2	4,4	0,10	1	0,6	0,8	0,98	1,47	0,79	1,47	7,85	0,84	2,77	0,63	11,69	0,9	10,52

Diseño de viga para $f'c = 15\text{MPa}$. $h = 7,5\text{ cm}$

$h_{\min} = 7,5\text{cm}$ $\gamma = 1683\text{ kg/m}^3$

$f'c$	15	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1684	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	7,5	2	4,5	0,25	0,8	0,6	0,8	1,04	1,50	0,81	1,50	2,01	0,84	0,66	0,15	4,14	0,9	3,73
2	100	7,5	2	4,5	0,20	0,8	0,6	0,8	1,04	1,50	0,81	1,50	2,51	0,84	0,83	0,18	5,07	0,9	4,56
3	100	7,5	2	4,5	0,15	0,8	0,6	0,8	1,04	1,50	0,81	1,50	3,35	0,84	1,10	0,25	6,53	0,9	5,88
4	100	7,5	2	4,3	0,25	1,2	0,6	0,8	0,99	1,43	0,77	1,43	4,52	0,84	1,49	0,35	7,94	0,9	7,15
5	100	7,5	2	4,3	0,20	1,2	0,6	0,8	0,99	1,43	0,77	1,43	5,65	0,84	1,86	0,43	9,41	0,9	8,47
6	100	7,5	2	4,4	0,10	1	0,6	0,8	1,01	1,47	0,79	1,47	7,85	0,84	2,59	0,59	12,05	0,9	10,85

Diseño de viga para $f'c = 20\text{MPa}$. $h = 7,5\text{ cm}$

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ $\gamma = 2400\text{ kg/m}^3$

$f'c$	20	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	2400	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	7,5	2	4,5	0,25	0,8	0,6	0,8	1,20	1,50	0,81	1,50	2,01	0,84	0,50	0,11	4,22	0,9	3,80
2	100	7,5	2	4,5	0,20	0,8	0,6	0,8	1,20	1,50	0,81	1,50	2,51	0,84	0,62	0,14	5,20	0,9	4,68
3	100	7,5	2	4,5	0,15	0,8	0,6	0,8	1,20	1,50	0,81	1,50	3,35	0,84	0,83	0,18	6,76	0,9	6,09
4	100	7,5	2	4,3	0,25	1,2	0,6	0,8	1,14	1,43	0,77	1,43	4,52	0,84	1,12	0,26	8,36	0,9	7,52
5	100	7,5	2	4,3	0,20	1,2	0,6	0,8	1,14	1,43	0,77	1,43	5,65	0,84	1,40	0,32	10,06	0,9	9,05
6	100	7,5	2	4,4	0,10	1	0,6	0,8	1,17	1,47	0,79	1,47	7,85	0,84	1,94	0,44	13,31	0,9	11,97

Diseño de viga para $f'c = 10\text{MPa}$. $h = 10\text{ cm}$

$h_{\min} = 10\text{cm}$ $\gamma = 1523\text{ kg/m}^3$

$f'c$	10	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1523	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	10	2	7	0,20	0,8	0,6	0,8	1,32	2,33	1,26	2,33	2,51	0,84	1,24	0,18	7,92	0,9	7,13
2	100	10	2	7	0,15	0,8	0,6	0,8	1,32	2,33	1,26	2,33	3,35	0,84	1,65	0,24	10,22	0,9	9,19
3	100	10	2	7	0,10	0,8	0,6	0,8	1,32	2,33	1,26	2,33	5,02	0,84	2,48	0,35	14,30	0,9	12,87
4	100	10	2	6,8	0,20	1,2	0,6	0,8	1,28	2,27	1,22	2,27	5,65	0,84	2,79	0,41	15,09	0,9	13,58
5	100	10	2	6,8	0,15	1,2	0,6	0,8	1,28	2,27	1,22	2,27	7,54	0,84	3,72	0,55	18,39	0,9	16,55
6	100	10	2	6,9	0,10	1	0,6	0,8	1,30	2,30	1,24	2,30	7,85	0,84	3,88	0,56	19,24	0,9	17,32

Diseño de viga para $f'c = 11\text{MPa}$. $h = 10\text{ cm}$

$h_{\text{min}} = 10\text{cm}$ γ 1572 kg/m³

$f'c$	11	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1572	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	10	2	7	0,20	0,8	0,6	0,8	1,38	2,33	1,26	2,33	2,51	0,84	1,13	0,16	7,99	0,9	7,19
2	100	10	2	7	0,15	0,8	0,6	0,8	1,38	2,33	1,26	2,33	3,35	0,84	1,50	0,21	10,34	0,9	9,31
3	100	10	2	7	0,10	0,8	0,6	0,8	1,38	2,33	1,26	2,33	5,02	0,84	2,26	0,32	14,58	0,9	13,12
4	100	10	2	6,8	0,20	1,2	0,6	0,8	1,34	2,27	1,22	2,27	5,65	0,84	2,54	0,37	15,45	0,9	13,90
5	100	10	2	6,8	0,15	1,2	0,6	0,8	1,34	2,27	1,22	2,27	7,54	0,84	3,39	0,50	19,02	0,9	17,12
6	100	10	2	6,9	0,10	1	0,6	0,8	1,36	2,30	1,24	2,30	7,85	0,84	3,53	0,51	19,93	0,9	17,93

Diseño de viga para $f'c = 12\text{MPa}$. $h = 10\text{ cm}$

$h_{\min} = 10\text{cm}$ γ 1615 kg/m^3

$f'c$	12	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1615	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	10	2	7	0,20	0,8	0,6	0,8	1,44	2,33	1,26	2,33	2,51	0,84	1,03	0,15	8,05	0,9	7,24
2	100	10	2	7	0,15	0,8	0,6	0,8	1,44	2,33	1,26	2,33	3,35	0,84	1,38	0,20	10,44	0,9	9,40
3	100	10	2	7	0,10	0,8	0,6	0,8	1,44	2,33	1,26	2,33	5,02	0,84	2,07	0,30	14,81	0,9	13,33
4	100	10	2	6,8	0,20	1,2	0,6	0,8	1,40	2,27	1,22	2,27	5,65	0,84	2,33	0,34	15,74	0,9	14,17
5	100	10	2	6,8	0,15	1,2	0,6	0,8	1,40	2,27	1,22	2,27	7,54	0,84	3,10	0,46	19,54	0,9	17,59
6	100	10	2	6,9	0,10	1	0,6	0,8	1,42	2,30	1,24	2,30	7,85	0,84	3,23	0,47	20,50	0,9	18,45

Diseño de viga para $f'c = 13\text{MPa}$. $h = 10\text{ cm}$

$h_{min} = 10\text{cm}$ γ 1633 kg/m³

$f'c$	13	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1633	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	10	2	7	0,20	0,8	0,6	0,8	1,50	2,33	1,26	2,33	2,51	0,84	0,95	0,14	8,10	0,9	7,29
2	100	10	2	7	0,15	0,8	0,6	0,8	1,50	2,33	1,26	2,33	3,35	0,84	1,27	0,18	10,53	0,9	9,48
3	100	10	2	7	0,10	0,8	0,6	0,8	1,50	2,33	1,26	2,33	5,02	0,84	1,91	0,27	15,01	0,9	13,51
4	100	10	2	6,8	0,20	1,2	0,6	0,8	1,46	2,27	1,22	2,27	5,65	0,84	2,15	0,32	15,99	0,9	14,39
5	100	10	2	6,8	0,15	1,2	0,6	0,8	1,46	2,27	1,22	2,27	7,54	0,84	2,86	0,42	19,99	0,9	17,99
6	100	10	2	6,9	0,10	1	0,6	0,8	1,48	2,30	1,24	2,30	7,85	0,84	2,98	0,43	20,98	0,9	18,88

 Diseño de viga para $f'c = 14\text{MPa}$. $h = 10\text{ cm}$

$h_{min} = 10\text{cm}$ $\gamma = 1658 \text{ kg/m}^3$

$f'c$	14	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1658	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	10	2	7	0,20	0,8	0,6	0,8	1,56	2,33	1,26	2,33	2,51	0,84	0,89	0,13	8,14	0,9	7,32
2	100	10	2	7	0,15	0,8	0,6	0,8	1,56	2,33	1,26	2,33	3,35	0,84	1,18	0,17	10,61	0,9	9,55
3	100	10	2	7	0,10	0,8	0,6	0,8	1,56	2,33	1,26	2,33	5,02	0,84	1,77	0,25	15,18	0,9	13,66
4	100	10	2	6,8	0,20	1,2	0,6	0,8	1,51	2,27	1,22	2,27	5,65	0,84	1,99	0,29	16,21	0,9	14,58
5	100	10	2	6,8	0,15	1,2	0,6	0,8	1,51	2,27	1,22	2,27	7,54	0,84	2,66	0,39	20,37	0,9	18,33
6	100	10	2	6,9	0,10	1	0,6	0,8	1,54	2,30	1,24	2,30	7,85	0,84	2,77	0,40	21,39	0,9	19,25

 Diseño de viga para $f'c = 15\text{MPa}$. $h = 10 \text{ cm}$

$h_{min} = 10\text{cm}$ $\gamma = 1683 \text{ kg/m}^3$

$f'c$	15	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1684	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	10	2	7	0,20	0,8	0,6	0,8	1,61	2,33	1,26	2,33	2,51	0,84	0,83	0,12	8,18	0,9	7,36
2	100	10	2	7	0,15	0,8	0,6	0,8	1,61	2,33	1,26	2,33	3,35	0,84	1,10	0,16	10,67	0,9	9,60
3	100	10	2	7	0,10	0,8	0,6	0,8	1,61	2,33	1,26	2,33	5,02	0,84	1,65	0,24	15,32	0,9	13,79
4	100	10	2	6,8	0,20	1,2	0,6	0,8	1,57	2,27	1,22	2,27	5,65	0,84	1,86	0,27	16,39	0,9	14,75
5	100	10	2	6,8	0,15	1,2	0,6	0,8	1,57	2,27	1,22	2,27	7,54	0,84	2,48	0,37	20,70	0,9	18,63
6	100	10	2	6,9	0,10	1	0,6	0,8	1,59	2,30	1,24	2,30	7,85	0,84	2,59	0,37	21,75	0,9	19,57

Diseño de viga para $f'c = 20\text{MPa}$. $h = 10\text{ cm}$
 $h_{min} = 10\text{cm}$ $\gamma = 2400\text{ kg/m}^3$

$f'c$	20	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	2400	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	10	2	7	0,20	0,8	0,6	0,8	1,86	2,33	1,26	2,33	2,51	0,84	0,62	0,09	8,30	0,9	7,47
2	100	10	2	7	0,15	0,8	0,6	0,8	1,86	2,33	1,26	2,33	3,35	0,84	0,83	0,12	10,90	0,9	9,81
3	100	10	2	7	0,10	0,8	0,6	0,8	1,86	2,33	1,26	2,33	5,02	0,84	1,24	0,18	15,84	0,9	14,25
4	100	10	2	6,8	0,20	1,2	0,6	0,8	1,81	2,27	1,22	2,27	5,65	0,84	1,40	0,21	17,04	0,9	15,34
5	100	10	2	6,8	0,15	1,2	0,6	0,8	1,81	2,27	1,22	2,27	7,54	0,84	1,86	0,27	21,85	0,9	19,67
6	100	10	2	6,9	0,10	1	0,6	0,8	1,84	2,30	1,24	2,30	7,85	0,84	1,94	0,28	23,00	0,9	20,70

Diseño de viga para $f'c = 10\text{MPa}$. $h = 15\text{ cm}$
 $h_{min} = 15\text{cm}$ $\gamma = 1523\text{ kg/m}^3$

$f'c$	10	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1523	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	15	2	11,9	0,18	1	0,6	0,8	2,24	3,97	2,14	3,97	4,36	0,84	2,15	0,18	23,32	0,9	20,99
2	100	15	2	11,9	0,15	1	0,6	0,8	2,24	3,97	2,14	3,97	5,23	0,84	2,59	0,22	27,43	0,9	24,69
3	100	15	2	11,9	0,12	1	0,6	0,8	2,24	3,97	2,14	3,97	6,54	0,84	3,23	0,27	33,24	0,9	29,92
4	100	15	2	11,8	0,15	1,2	0,6	0,8	2,22	3,93	2,12	3,93	7,54	0,84	3,72	0,32	37,01	0,9	33,31
5	100	15	2	11,8	0,13	1,2	0,6	0,8	2,22	3,93	2,12	3,93	9,04	0,84	4,47	0,38	42,74	0,9	38,47
6	100	15	2	11,8	0,10	1,2	0,6	0,8	2,22	3,93	2,12	3,93	11,30	0,84	5,59	0,47	50,31	0,9	45,28

Diseño de viga para $f'c = 11\text{MPa}$. $h = 15\text{ cm}$
 $h_{\min} = 15\text{cm}$ $\gamma = 1572\text{ kg/m}^3$

$f'c$	11	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1572	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	15	2	11,9	0,18	1	0,6	0,8	2,35	3,97	2,14	3,97	4,36	0,84	1,96	0,16	23,53	0,9	21,18
2	100	15	2	11,9	0,15	1	0,6	0,8	2,35	3,97	2,14	3,97	5,23	0,84	2,35	0,20	27,73	0,9	24,96
3	100	15	2	11,9	0,12	1	0,6	0,8	2,35	3,97	2,14	3,97	6,54	0,84	2,94	0,25	33,72	0,9	30,34
4	100	15	2	11,8	0,15	1,2	0,6	0,8	2,33	3,93	2,12	3,93	7,54	0,84	3,39	0,29	37,64	0,9	33,87
5	100	15	2	11,8	0,13	1,2	0,6	0,8	2,33	3,93	2,12	3,93	9,04	0,84	4,06	0,34	43,65	0,9	39,29
6	100	15	2	11,8	0,10	1,2	0,6	0,8	2,33	3,93	2,12	3,93	11,30	0,84	5,08	0,43	51,73	0,9	46,56

Diseño de viga para $f'c = 12\text{MPa}$. $h = 15\text{ cm}$
 $h_{\text{min}} = 15\text{cm}$ $\gamma = 1615\text{ kg/m}^3$

$f'c$	12 Mpa
f_y	420 Mpa
d_{be}	0,6 cm
γ	1615 kg/m ³
cc	2 cm
s	2,5 cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	15	2	11,9	0,18	1	0,6	0,8	2,45	3,97	2,14	3,97	4,36	0,84	1,80	0,15	23,71	0,9	21,34
2	100	15	2	11,9	0,15	1	0,6	0,8	2,45	3,97	2,14	3,97	5,23	0,84	2,15	0,18	27,99	0,9	25,19
3	100	15	2	11,9	0,12	1	0,6	0,8	2,45	3,97	2,14	3,97	6,54	0,84	2,69	0,23	34,11	0,9	30,70
4	100	15	2	11,8	0,15	1,2	0,6	0,8	2,43	3,93	2,12	3,93	7,54	0,84	3,10	0,26	38,16	0,9	34,35
5	100	15	2	11,8	0,13	1,2	0,6	0,8	2,43	3,93	2,12	3,93	9,04	0,84	3,72	0,32	44,41	0,9	39,97
6	100	15	2	11,8	0,10	1,2	0,6	0,8	2,43	3,93	2,12	3,93	11,30	0,84	4,65	0,39	52,91	0,9	47,62

Diseño de viga para $f'c = 13\text{MPa}$. $h = 15\text{ cm}$
 $h_{\min} = 15\text{cm}$ γ 1633 kg/m^3

$f'c$	13	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1633	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	15	2	11,9	0,18	1	0,6	0,8	2,55	3,97	2,14	3,97	4,36	0,84	1,66	0,14	23,86	0,9	21,47
2	100	15	2	11,9	0,15	1	0,6	0,8	2,55	3,97	2,14	3,97	5,23	0,84	1,99	0,17	28,20	0,9	25,38
3	100	15	2	11,9	0,12	1	0,6	0,8	2,55	3,97	2,14	3,97	6,54	0,84	2,49	0,21	34,45	0,9	31,00
4	100	15	2	11,8	0,15	1,2	0,6	0,8	2,53	3,93	2,12	3,93	7,54	0,84	2,86	0,24	38,61	0,9	34,75
5	100	15	2	11,8	0,13	1,2	0,6	0,8	2,53	3,93	2,12	3,93	9,04	0,84	3,44	0,29	45,05	0,9	40,54
6	100	15	2	11,8	0,10	1,2	0,6	0,8	2,53	3,93	2,12	3,93	11,30	0,84	4,30	0,36	53,91	0,9	48,52

Diseño de viga para $f'c = 14\text{MPa}$. $h = 15\text{ cm}$
 $h_{\text{min}} = 15\text{cm}$ $\gamma = 1658\text{ kg/m}^3$

$f'c$	14	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1658	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	cont. y temp	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	15	2	11,9	0,18	1	0,6	0,8	2,65	3,97	2,14	3,97	4,36	0,84	1,54	0,13	23,98	0,9	21,59
2	100	15	2	11,9	0,15	1	0,6	0,8	2,65	3,97	2,14	3,97	5,23	0,84	1,85	0,16	28,38	0,9	25,55
3	100	15	2	11,9	0,12	1	0,6	0,8	2,65	3,97	2,14	3,97	6,54	0,84	2,31	0,19	34,73	0,9	31,26
4	100	15	2	11,8	0,15	1,2	0,6	0,8	2,63	3,93	2,12	3,93	7,54	0,84	2,66	0,23	38,99	0,9	35,09
5	100	15	2	11,8	0,13	1,2	0,6	0,8	2,63	3,93	2,12	3,93	9,04	0,84	3,19	0,27	45,60	0,9	41,04
6	100	15	2	11,8	0,10	1,2	0,6	0,8	2,63	3,93	2,12	3,93	11,30	0,84	3,99	0,34	54,77	0,9	49,29

Diseño de viga para $f'c = 15\text{MPa}$. $h = 15\text{ cm}$
 $h_{min} = 15\text{ cm}$ $\gamma = 1683\text{ kg/m}^3$

$f'c$	15	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1684	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	15	2	11,9	0,18	1	0,6	0,8	2,74	3,97	2,14	3,97	4,36	0,84	1,44	0,12	24,10	0,9	21,69
2	100	15	2	11,9	0,15	1	0,6	0,8	2,74	3,97	2,14	3,97	5,23	0,84	1,72	0,14	28,54	0,9	25,69
3	100	15	2	11,9	0,12	1	0,6	0,8	2,74	3,97	2,14	3,97	6,54	0,84	2,15	0,18	34,98	0,9	31,48
4	100	15	2	11,8	0,15	1,2	0,6	0,8	2,72	3,93	2,12	3,93	7,54	0,84	2,48	0,21	39,32	0,9	35,39
5	100	15	2	11,8	0,13	1,2	0,6	0,8	2,72	3,93	2,12	3,93	9,04	0,84	2,98	0,25	46,07	0,9	41,46
6	100	15	2	11,8	0,10	1,2	0,6	0,8	2,72	3,93	2,12	3,93	11,30	0,84	3,72	0,32	55,51	0,9	49,96

Diseño de viga para $f'c = 20\text{MPa}$. $h = 15\text{ cm}$
 $h_{\min} = 15\text{ cm}$ $\gamma = 2400\text{ kg/m}^3$

$f'c$	20	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	2400	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	15	2	11,9	0,18	1	0,6	0,8	3,17	3,97	2,14	3,97	4,36	0,84	1,08	0,09	24,48	0,9	22,03
2	100	15	2	11,9	0,15	1	0,6	0,8	3,17	3,97	2,14	3,97	5,23	0,84	1,29	0,11	29,10	0,9	26,19
3	100	15	2	11,9	0,12	1	0,6	0,8	3,17	3,97	2,14	3,97	6,54	0,84	1,62	0,14	35,85	0,9	32,27
4	100	15	2	11,8	0,15	1,2	0,6	0,8	3,14	3,93	2,12	3,93	7,54	0,84	1,86	0,16	40,47	0,9	36,43
5	100	15	2	11,8	0,13	1,2	0,6	0,8	3,14	3,93	2,12	3,93	9,04	0,84	2,23	0,19	47,74	0,9	42,96
6	100	15	2	11,8	0,10	1,2	0,6	0,8	3,14	3,93	2,12	3,93	11,30	0,84	2,79	0,24	58,11	0,9	52,30

Diseño de viga para $f'c = 10\text{MPa}$. $h = 20\text{ cm}$
 $h_{min} = 20\text{cm}$ γ 1523 kg/m^3

$f'c$	10	Mpa
f_y	420	Mpa
db_e	0,6	cm
γ	1523	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	20	2	16,9	0,12	1	0,6	0,8	3,18	5,63	3,04	5,63	6,54	0,84	3,23	0,19	49,40	0,9	44,46
2	100	20	2	16,9	0,10	1	0,6	0,8	3,18	5,63	3,04	5,63	7,85	0,84	3,88	0,23	58,03	0,9	52,23
3	100	20	2	16,9	0,08	1	0,6	0,8	3,18	5,63	3,04	5,63	9,81	0,84	4,85	0,29	70,19	0,9	63,17
4	100	20	2	16,8	0,13	1,2	0,6	0,8	3,16	5,60	3,02	5,60	8,70	0,84	4,30	0,26	62,95	0,9	56,66
5	100	20	2	16,8	0,10	1,2	0,6	0,8	3,16	5,60	3,02	5,60	11,30	0,84	5,59	0,33	78,24	0,9	70,41
6	100	20	2	16,8	0,08	1,2	0,6	0,8	3,16	5,60	3,02	5,60	14,13	0,84	6,98	0,42	92,92	0,9	83,63

Diseño de viga para $f'c = 11\text{MPa}$. $h = 20\text{ cm}$
 $h_{min} = 20\text{cm}$ γ 1572 kg/m³

$f'c$	11	Mpa
f_y	420	Mpa
db_e	0,6	cm
γ	1572	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	20	2	16,9	0,12	1	0,6	0,8	3,34	5,63	3,04	5,63	6,54	0,84	2,94	0,17	49,88	0,9	44,89
2	100	20	2	16,9	0,10	1	0,6	0,8	3,34	5,63	3,04	5,63	7,85	0,84	3,53	0,21	58,71	0,9	52,84
3	100	20	2	16,9	0,08	1	0,6	0,8	3,34	5,63	3,04	5,63	9,81	0,84	4,41	0,26	71,25	0,9	64,13
4	100	20	2	16,8	0,13	1,2	0,6	0,8	3,32	5,60	3,02	5,60	8,70	0,84	3,91	0,23	63,79	0,9	57,41
5	100	20	2	16,8	0,10	1,2	0,6	0,8	3,32	5,60	3,02	5,60	11,30	0,84	5,08	0,30	79,66	0,9	71,69
6	100	20	2	16,8	0,08	1,2	0,6	0,8	3,32	5,60	3,02	5,60	14,13	0,84	6,35	0,38	95,14	0,9	85,62

Diseño de viga para $f'c = 12\text{MPa}$. $h = 20\text{ cm}$
 $h_{\min} = 20\text{cm}$ $\gamma = 1615\text{ kg/m}^3$

$f'c$	12	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1615	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	20	2	16,9	0,12	1	0,6	0,8	3,48	5,63	3,04	5,63	6,54	0,84	2,69	0,16	50,27	0,9	45,25
2	100	20	2	16,9	0,10	1	0,6	0,8	3,48	5,63	3,04	5,63	7,85	0,84	3,23	0,19	59,28	0,9	53,35
3	100	20	2	16,9	0,08	1	0,6	0,8	3,48	5,63	3,04	5,63	9,81	0,84	4,04	0,24	72,15	0,9	64,93
4	100	20	2	16,8	0,13	1,2	0,6	0,8	3,46	5,60	3,02	5,60	8,70	0,84	3,58	0,21	64,49	0,9	58,04
5	100	20	2	16,8	0,10	1,2	0,6	0,8	3,46	5,60	3,02	5,60	11,30	0,84	4,65	0,28	80,84	0,9	72,75
6	100	20	2	16,8	0,08	1,2	0,6	0,8	3,46	5,60	3,02	5,60	14,13	0,84	5,82	0,35	96,98	0,9	87,29

Diseño de viga para $f'c = 13\text{MPa}$. $h = 20\text{ cm}$
 $h_{min} = 20\text{cm}$ $\gamma = 1633\text{ kg/m}^3$

$f'c$	13	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1633	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	20	2	16,9	0,12	1	0,6	0,8	3,63	5,63	3,04	5,63	6,54	0,84	2,49	0,15	50,61	0,9	45,55
2	100	20	2	16,9	0,10	1	0,6	0,8	3,63	5,63	3,04	5,63	7,85	0,84	2,98	0,18	59,77	0,9	53,79
3	100	20	2	16,9	0,08	1	0,6	0,8	3,63	5,63	3,04	5,63	9,81	0,84	3,73	0,22	72,90	0,9	65,61
4	100	20	2	16,8	0,13	1,2	0,6	0,8	3,61	5,60	3,02	5,60	8,70	0,84	3,31	0,20	65,08	0,9	58,57
5	100	20	2	16,8	0,10	1,2	0,6	0,8	3,61	5,60	3,02	5,60	11,30	0,84	4,30	0,26	81,84	0,9	73,65
6	100	20	2	16,8	0,08	1,2	0,6	0,8	3,61	5,60	3,02	5,60	14,13	0,84	5,37	0,32	98,55	0,9	88,69

Diseño de viga para $f'c = 14\text{MPa}$. $h = 20\text{ cm}$
 $h_{min} = 20\text{cm}$ $\gamma = 1658\text{ kg/m}^3$

$f'c$	14	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1658	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu	
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm						
1	100	20	2	16,9	0,12	1	0,6	0,8	3,76	5,63	3,04	5,63	6,54	0,84	2,31	0,14	50,90	0,9	45,81	
2	100	20	2	16,9	0,10	1	0,6	0,8	3,76	5,63	3,04	5,63	7,85	0,84	2,77	0,16	60,18	0,9	54,16	
3	100	20	2	16,9	0,08	1	0,6	0,8	3,76	5,63	1	3,04	5,63	9,81	0,84	3,46	0,20	73,54	0,9	66,19
4	100	20	2	16,8	0,13	1,2	0,6	0,8	3,74	5,60	3,02	5,60	8,70	0,84	3,07	0,18	65,59	0,9	59,03	
5	100	20	2	16,8	0,10	1,2	0,6	0,8	3,74	5,60	3,02	5,60	11,30	0,84	3,99	0,24	82,69	0,9	74,42	
6	100	20	2	16,8	0,08	1,2	0,6	0,8	3,74	5,60	3,02	5,60	14,13	0,84	4,99	0,30	99,89	0,9	89,90	

Diseño de viga para $f'c = 15\text{MPa}$. $h = 20\text{ cm}$
 $h_{min} = 20\text{cm}$ γ 1683 kg/m³

$f'c$	15 Mpa
f_y	420 Mpa
d_{be}	0,6 cm
γ	1684 kg/m ³
cc	2 cm
s	2,5 cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	20	2	16,9	0,12	1	0,6	0,8	3,90	5,63	3,04	5,63	6,54	0,84	2,15	0,13	51,14	0,9	46,03
2	100	20	2	16,9	0,10	1	0,6	0,8	3,90	5,63	3,04	5,63	7,85	0,84	2,59	0,15	60,54	0,9	54,48
3	100	20	2	16,9	0,08	1	0,6	0,8	3,90	5,63	3,04	5,63	9,81	0,84	3,23	0,19	74,10	0,9	66,69
4	100	20	2	16,8	0,13	1,2	0,6	0,8	3,87	5,60	3,02	5,60	8,70	0,84	2,86	0,17	66,03	0,9	59,43
5	100	20	2	16,8	0,10	1,2	0,6	0,8	3,87	5,60	3,02	5,60	11,30	0,84	3,72	0,22	83,44	0,9	75,09
6	100	20	2	16,8	0,08	1,2	0,6	0,8	3,87	5,60	3,02	5,60	14,13	0,84	4,65	0,28	101,05	0,9	90,94

Diseño de viga para $f'c = 20\text{MPa}$. $h = 20\text{ cm}$

$h_{\min} = 20\text{cm}$ $\gamma = 2400\text{ kg/m}^3$

$f'c$	20	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	2400	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	20	2	16,9	0,12	1	0,6	0,8	4,50	5,63	3,04	5,63	6,54	0,84	1,62	0,10	52,01	0,9	46,81
2	100	20	2	16,9	0,10	1	0,6	0,8	4,50	5,63	3,04	5,63	7,85	0,84	1,94	0,11	61,79	0,9	55,61
3	100	20	2	16,9	0,08	1	0,6	0,8	4,50	5,63	3,04	5,63	9,81	0,84	2,42	0,14	76,06	0,9	68,46
4	100	20	2	16,8	0,13	1,2	0,6	0,8	4,47	5,60	3,02	5,60	8,70	0,84	2,15	0,13	67,57	0,9	60,81
5	100	20	2	16,8	0,10	1,2	0,6	0,8	4,47	5,60	3,02	5,60	11,30	0,84	2,79	0,17	86,04	0,9	77,43
6	100	20	2	16,8	0,08	1,2	0,6	0,8	4,47	5,60	3,02	5,60	14,13	0,84	3,49	0,21	105,11	0,9	94,60

Diseño de viga para $f'c = 10\text{MPa}$. $h = 25\text{ cm}$

$h_{\min} = 25\text{cm}$ $\gamma = 1523\text{ kg/m}^3$

$f'c$	10	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,8	cm
γ	1523	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	25	2	21,9	0,10	1	0,6	0,8	4,12	7,30	3,94	7,30	7,85	0,84	3,88	0,18	77,42	0,9	69,68
2	100	25	2	21,9	0,08	1	0,6	0,8	4,12	7,30	3,94	7,30	9,81	0,84	4,85	0,22	94,43	0,9	84,99
3	100	25	2	21,8	0,10	1,2	0,6	0,8	4,10	7,27	3,92	7,27	11,30	0,84	5,59	0,26	106,17	0,9	95,55
4	100	25	2	21,8	0,09	1,2	0,6	0,8	4,10	7,27	3,92	7,27	12,56	0,84	6,21	0,28	116,04	0,9	104,43
5	100	25	2	21,8	0,08	1,2	0,6	0,8	4,10	7,27	3,92	7,27	14,13	0,84	6,98	0,32	127,83	0,9	115,05
6	100	25	2	21,6	0,12	1,6	0,6	0,8	4,07	7,20	3,89	7,20	16,75	0,84	8,27	0,38	144,50	0,9	130,05

Diseño de viga para $f'c = 11\text{MPa}$. $h = 25\text{ cm}$

$h_{min} = 25\text{cm}$ $\gamma = 1572\text{ kg/m}^3$

$f'c$	11	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1572	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	25	2	21,9	0,10	1	0,6	0,8	4,32	7,30	3,94	7,30	7,85	0,84	3,53	0,16	78,11	0,9	70,30
2	100	25	2	21,9	0,08	1	0,6	0,8	4,32	7,30	3,94	7,30	9,81	0,84	4,41	0,20	95,50	0,9	85,95
3	100	25	2	21,8	0,10	1,2	0,6	0,8	4,30	7,27	3,92	7,27	11,30	0,84	5,08	0,23	107,58	0,9	96,82
4	100	25	2	21,8	0,09	1,2	0,6	0,8	4,30	7,27	3,92	7,27	12,56	0,84	5,64	0,26	117,79	0,9	106,01
5	100	25	2	21,8	0,08	1,2	0,6	0,8	4,30	7,27	3,92	7,27	14,13	0,84	6,35	0,29	130,05	0,9	117,04
6	100	25	2	21,6	0,12	1,6	0,6	0,8	4,26	7,20	3,89	7,20	16,75	0,84	7,52	0,35	147,61	0,9	132,85

Diseño de viga para $f'c = 12\text{MPa}$. $h = 25\text{ cm}$
 $h_{\min} = 25\text{cm}$ $\gamma = 1615\text{ kg/m}^3$

$f'c$	12	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1615	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	25	2	21,9	0,10	1	0,6	0,8	4,52	7,30	3,94	7,30	7,85	0,84	3,23	0,15	78,68	0,9	70,81
2	100	25	2	21,9	0,08	1	0,6	0,8	4,52	7,30	3,94	7,30	9,81	0,84	4,04	0,18	96,39	0,9	86,75
3	100	25	2	21,8	0,10	1,2	0,6	0,8	4,50	7,27	3,92	7,27	11,30	0,84	4,65	0,21	108,76	0,9	97,89
4	100	25	2	21,8	0,09	1,2	0,6	0,8	4,50	7,27	3,92	7,27	12,56	0,84	5,17	0,24	119,25	0,9	107,32
5	100	25	2	21,8	0,08	1,2	0,6	0,8	4,50	7,27	3,92	7,27	14,13	0,84	5,82	0,27	131,89	0,9	118,70
6	100	25	2	21,6	0,12	1,6	0,6	0,8	4,45	7,20	3,89	7,20	16,75	0,84	6,90	0,32	150,21	0,9	135,19

Diseño de viga para $f'c = 13\text{MPa}$. $h = 25\text{ cm}$
 $h_{min} = 25\text{cm}$ $\gamma = 1633\text{ kg/m}^3$

$f'c$	13	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1633	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	25	2	21,9	0,10	1	0,6	0,8	4,70	7,30	3,94	7,30	7,85	0,84	2,98	0,14	79,16	0,9	71,24
2	100	25	2	21,9	0,08	1	0,6	0,8	4,70	7,30	3,94	7,30	9,81	0,84	3,73	0,17	97,14	0,9	87,43
3	100	25	2	21,8	0,10	1,2	0,6	0,8	4,68	7,27	3,92	7,27	11,30	0,84	4,30	0,20	109,76	0,9	98,79
4	100	25	2	21,8	0,09	1,2	0,6	0,8	4,68	7,27	3,92	7,27	12,56	0,84	4,77	0,22	120,48	0,9	108,43
5	100	25	2	21,8	0,08	1,2	0,6	0,8	4,68	7,27	3,92	7,27	14,13	0,84	5,37	0,25	133,46	0,9	120,11
6	100	25	2	21,6	0,12	1,6	0,6	0,8	4,64	7,20	3,89	7,20	16,75	0,84	6,37	0,29	152,40	0,9	137,16

Diseño de viga para $f'c = 14\text{MPa}$. $h = 25\text{ cm}$
 $h_{\min} = 25\text{cm}$ $\gamma = 1658\text{ kg/m}^3$

$f'c$	14	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1658	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	25	2	21,9	0,10	1	0,6	0,8	4,88	7,30	3,94	7,30	7,85	0,84	2,77	0,13	79,57	0,9	71,62
2	100	25	2	21,9	0,08	1	0,6	0,8	4,88	7,30	3,94	7,30	9,81	0,84	3,46	0,16	97,79	0,9	88,01
3	100	25	2	21,8	0,10	1,2	0,6	0,8	4,86	7,27	3,92	7,27	11,30	0,84	3,99	0,18	110,62	0,9	99,56
4	100	25	2	21,8	0,09	1,2	0,6	0,8	4,86	7,27	3,92	7,27	12,56	0,84	4,43	0,20	121,54	0,9	109,38
5	100	25	2	21,8	0,08	1,2	0,6	0,8	4,86	7,27	3,92	7,27	14,13	0,84	4,99	0,23	134,80	0,9	121,32
6	100	25	2	21,6	0,12	1,6	0,6	0,8	4,81	7,20	3,89	7,20	16,75	0,84	5,91	0,27	154,28	0,9	138,85

Diseño de viga para $f'c = 15\text{MPa}$. $h = 25\text{ cm}$

$h_{min} = 25\text{cm}$ $\gamma = 1683\text{ kg/m}^3$

$f'c$	15	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	1684	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	25	2	21,9	0,10	1	0,6	0,8	5,05	7,30	3,94	7,30	7,85	0,84	2,59	0,12	79,93	0,9	71,94
2	100	25	2	21,9	0,08	1	0,6	0,8	5,05	7,30	3,94	7,30	9,81	0,84	3,23	0,15	98,35	0,9	88,51
3	100	25	2	21,8	0,10	1,2	0,6	0,8	5,03	7,27	3,92	7,27	11,30	0,84	3,72	0,17	111,36	0,9	100,23
4	100	25	2	21,8	0,09	1,2	0,6	0,8	5,03	7,27	3,92	7,27	12,56	0,84	4,14	0,19	122,45	0,9	110,21
5	100	25	2	21,8	0,08	1,2	0,6	0,8	5,03	7,27	3,92	7,27	14,13	0,84	4,65	0,21	135,96	0,9	122,36
6	100	25	2	21,6	0,12	1,6	0,6	0,8	4,98	7,20	3,89	7,20	16,75	0,84	5,52	0,26	155,91	0,9	140,32

Diseño de viga para $f'c = 20\text{MPa}$. $h = 25\text{ cm}$
 $h_{min} = 25\text{cm}$ $\gamma = 2400\text{ kg/m}^3$

$f'c$	20	Mpa
f_y	420	Mpa
d_{be}	0,6	cm
γ	2400	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	cc	d	Armadura Principal		As cont. y temp.		As min 1	As min 2	As cont. y temp.	As nec	As P adop	As S adop	a	ka	Mn	ϕ	Mu
	cm	cm	cm	cm	s (m)	db (cm)	s (m)	db (cm)	cm ² /m	cm		KNm		KNm					
1	100	25	2	21,9	0,10	1	0,6	0,8	5,83	7,30	3,94	7,30	7,85	0,84	1,94	0,09	81,18	0,9	73,07
2	100	25	2	21,9	0,08	1	0,6	0,8	5,83	7,30	3,94	7,30	9,81	0,84	2,42	0,11	100,31	0,9	90,28
3	100	25	2	21,8	0,10	1,2	0,6	0,8	5,80	7,27	3,92	7,27	11,30	0,84	2,79	0,13	113,96	0,9	102,57
4	100	25	2	21,8	0,09	1,2	0,6	0,8	5,80	7,27	3,92	7,27	12,56	0,84	3,10	0,14	125,66	0,9	113,10
5	100	25	2	21,8	0,08	1,2	0,6	0,8	5,80	7,27	3,92	7,27	14,13	0,84	3,49	0,16	140,02	0,9	126,02
6	100	25	2	21,6	0,12	1,6	0,6	0,8	5,75	7,20	3,89	7,20	16,75	0,84	4,14	0,19	161,62	0,9	145,46

Anexo 4 - Análisis de sensibilidad columna

Columna de 20cm x 20cm

$h_{min} = 7,5cm$ γ 1523 kg/m³

f'c	10	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	1523	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	20	20	1,2	4	4,52	0,65	458,93	1,13%	14,40	4 Ø12
2	20	20	1,2	4	4,52	0,65	458,93	1,13%	14,40	4 Ø12
3	20	20	1,2	4	4,52	0,65	458,93	1,13%	14,40	4 Ø12
4	20	20	1,2	4	4,52	0,65	458,93	1,13%	14,40	4 Ø12
5	20	20	1,2	4	4,52	0,65	458,93	1,13%	14,40	4 Ø12
6	20	20	1,2	4	4,52	0,65	458,93	1,13%	14,40	4 Ø12

$h_{min} = 7,5cm$ γ 1572 kg/m³

f'c	11	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	1572	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	20	20	1,2	4	4,52	0,65	485,82	1,13%	14,40	4 Ø12
2	20	20	1,2	4	4,52	0,65	485,82	1,13%	14,40	4 Ø12
3	20	20	1,2	4	4,52	0,65	485,82	1,13%	14,40	4 Ø12
4	20	20	1,2	4	4,52	0,65	485,82	1,13%	14,40	4 Ø12
5	20	20	1,2	4	4,52	0,65	485,82	1,13%	14,40	4 Ø12
6	20	20	1,2	4	4,52	0,65	485,82	1,13%	14,40	4 Ø12

$h_{min} = 7,5cm$ γ 1615 kg/m³

f'c	12	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	1615	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	20	20	1,2	4	4,52	0,65	512,71	1,13%	14,40	4 Ø12
2	20	20	1,2	4	4,52	0,65	512,71	1,13%	14,40	4 Ø12
3	20	20	1,2	4	4,52	0,65	512,71	1,13%	14,40	4 Ø12
4	20	20	1,2	4	4,52	0,65	512,71	1,13%	14,40	4 Ø12
5	20	20	1,2	4	4,52	0,65	512,71	1,13%	14,40	4 Ø12
6	20	20	1,2	4	4,52	0,65	512,71	1,13%	14,40	4 Ø12

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ γ 1633 kg/m³

f'c	13	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	1633	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	20	20	1,2	4	4,52	0,65	539,60	1,13%	14,40	4 Ø12
2	20	20	1,2	4	4,52	0,65	539,60	1,13%	14,40	4 Ø12
3	20	20	1,2	4	4,52	0,65	539,60	1,13%	14,40	4 Ø12
4	20	20	1,2	4	4,52	0,65	539,60	1,13%	14,40	4 Ø12
5	20	20	1,2	4	4,52	0,65	539,60	1,13%	14,40	4 Ø12
6	20	20	1,2	4	4,52	0,65	539,60	1,13%	14,40	4 Ø12

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ γ 1658 kg/m³

f'c	14	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	1658	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	20	20	1,2	4	4,52	0,65	566,50	1,13%	14,40	4 Ø12
2	20	20	1,2	4	4,52	0,65	566,50	1,13%	14,40	4 Ø12
3	20	20	1,2	4	4,52	0,65	566,50	1,13%	14,40	4 Ø12
4	20	20	1,2	4	4,52	0,65	566,50	1,13%	14,40	4 Ø12
5	20	20	1,2	4	4,52	0,65	566,50	1,13%	14,40	4 Ø12
6	20	20	1,2	4	4,52	0,65	566,50	1,13%	14,40	4 Ø12

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ γ 1683 kg/m³

f'c	15	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	1684	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	20	20	1,2	4	4,52	0,65	593,39	1,13%	14,40	4 Ø12
2	20	20	1,2	4	4,52	0,65	593,39	1,13%	14,40	4 Ø12
3	20	20	1,2	4	4,52	0,65	593,39	1,13%	14,40	4 Ø12
4	20	20	1,2	4	4,52	0,65	593,39	1,13%	14,40	4 Ø12
5	20	20	1,2	4	4,52	0,65	593,39	1,13%	14,40	4 Ø12
6	20	20	1,2	4	4,52	0,65	593,39	1,13%	14,40	4 Ø12

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ γ 2400 kg/m³

f'c	20	Mpa
fy	420	Mpa
db	0,6	cm
γ	2400	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	20	20	1,2	4	4,52	0,65	727,85	1,13%	14,40	4 Ø12
2	20	20	1,2	4	4,52	0,65	727,85	1,13%	14,40	4 Ø12
3	20	20	1,2	4	4,52	0,65	727,85	1,13%	14,40	4 Ø12
4	20	20	1,2	4	4,52	0,65	727,85	1,13%	14,40	4 Ø12
5	20	20	1,2	4	4,52	0,65	727,85	1,13%	14,40	4 Ø12
6	20	20	1,2	4	4,52	0,65	727,85	1,13%	14,40	4 Ø12

Columna de 25cm x 25cm

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ γ 1523 kg/m³

f'c	10	Mpa
fy	420	Mpa
db	0,6	cm
γ	1523	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	25	25	1,2	6	6,79	0,65	705,39	1,09%	14,40	6 Ø12
2	25	25	1,2	6	6,79	0,65	705,39	1,09%	14,40	6 Ø12
3	25	25	1,2	6	6,79	0,65	705,39	1,09%	14,40	6 Ø12
4	25	25	1,2	6	6,79	0,65	705,39	1,09%	14,40	6 Ø12
5	25	25	1,2	6	6,79	0,65	705,39	1,09%	14,40	6 Ø12
6	25	25	1,2	6	6,79	0,65	705,39	1,09%	14,40	6 Ø12

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ γ 1572 kg/m³

f'c	11	Mpa
fy	420	Mpa
db	0,6	cm
γ	1572	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	25	25	1,2	6	6,79	0,65	747,43	1,09%	14,40	6 Ø12
2	25	25	1,2	6	6,79	0,65	747,43	1,09%	14,40	6 Ø12
3	25	25	1,2	6	6,79	0,65	747,43	1,09%	14,40	6 Ø12
4	25	25	1,2	6	6,79	0,65	747,43	1,09%	14,40	6 Ø12
5	25	25	1,2	6	6,79	0,65	747,43	1,09%	14,40	6 Ø12
6	25	25	1,2	6	6,79	0,65	747,43	1,09%	14,40	6 Ø12

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ Y 1615 kg/m³

f'c	12	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
Y	1615	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b cm	h cm	db cm	Cantidad	Ast cm ²	φ	Pu KN	ρ min	s min cm	Adopto
1	25	25	1,2	6	6,79	0,65	789,47	1,09%	14,40	6 Ø12
2	25	25	1,2	6	6,79	0,65	789,47	1,09%	14,40	6 Ø12
3	25	25	1,2	6	6,79	0,65	789,47	1,09%	14,40	6 Ø12
4	25	25	1,2	6	6,79	0,65	789,47	1,09%	14,40	6 Ø12
5	25	25	1,2	6	6,79	0,65	789,47	1,09%	14,40	6 Ø12
6	25	25	1,2	6	6,79	0,65	789,47	1,09%	14,40	6 Ø12

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ Y 1633 kg/m³

f'c	13	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
Y	1633	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b cm	h cm	db cm	Cantidad	Ast cm ²	φ	Pu KN	ρ min	s min cm	Adopto
1	25	25	1,2	6	6,79	0,65	831,51	1,09%	14,40	6 Ø12
2	25	25	1,2	6	6,79	0,65	831,51	1,09%	14,40	6 Ø12
3	25	25	1,2	6	6,79	0,65	831,51	1,09%	14,40	6 Ø12
4	25	25	1,2	6	6,79	0,65	831,51	1,09%	14,40	6 Ø12
5	25	25	1,2	6	6,79	0,65	831,51	1,09%	14,40	6 Ø12
6	25	25	1,2	6	6,79	0,65	831,51	1,09%	14,40	6 Ø12

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ Y 1658 kg/m³

f'c	14	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
Y	1658	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b cm	h cm	db cm	Cantidad	Ast cm ²	φ	Pu KN	ρ min	s min cm	Adopto
1	25	25	1,2	6	6,79	0,65	873,55	1,09%	14,40	6 Ø12
2	25	25	1,2	6	6,79	0,65	873,55	1,09%	14,40	6 Ø12
3	25	25	1,2	6	6,79	0,65	873,55	1,09%	14,40	6 Ø12
4	25	25	1,2	6	6,79	0,65	873,55	1,09%	14,40	6 Ø12
5	25	25	1,2	6	6,79	0,65	873,55	1,09%	14,40	6 Ø12
6	25	25	1,2	6	6,79	0,65	873,55	1,09%	14,40	6 Ø12

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ γ 1683 kg/m³

f'c	15	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	1684	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	25	25	1,2	6	6,79	0,65	915,58	1,09%	14,40	6 Ø12
2	25	25	1,2	6	6,79	0,65	915,58	1,09%	14,40	6 Ø12
3	25	25	1,2	6	6,79	0,65	915,58	1,09%	14,40	6 Ø12
4	25	25	1,2	6	6,79	0,65	915,58	1,09%	14,40	6 Ø12
5	25	25	1,2	6	6,79	0,65	915,58	1,09%	14,40	6 Ø12
6	25	25	1,2	6	6,79	0,65	915,58	1,09%	14,40	6 Ø12

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ γ 2400 kg/m³

f'c	20	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	2400	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	25	25	1,2	6	6,79	0,65	1125,78	1,09%	14,40	6 Ø12
2	25	25	1,2	6	6,79	0,65	1125,78	1,09%	14,40	6 Ø12
3	25	25	1,2	6	6,79	0,65	1125,78	1,09%	14,40	6 Ø12
4	25	25	1,2	6	6,79	0,65	1125,78	1,09%	14,40	6 Ø12
5	25	25	1,2	6	6,79	0,65	1125,78	1,09%	14,40	6 Ø12
6	25	25	1,2	6	6,79	0,65	1125,78	1,09%	14,40	6 Ø12

Columna de 30cm x 20cm

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ γ 1523 kg/m³

f'c	10	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	1523	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	20	30	1,2	6	6,79	0,65	688,39	1,13%	14,40	6 Ø12
2	20	30	1,2	6	6,79	0,65	688,39	1,13%	14,40	6 Ø12
3	20	30	1,2	6	6,79	0,65	688,39	1,13%	14,40	6 Ø12
4	20	30	1,2	6	6,79	0,65	688,39	1,13%	14,40	6 Ø12
5	20	30	1,2	6	6,79	0,65	688,39	1,13%	14,40	6 Ø12
6	20	30	1,2	6	6,79	0,65	688,39	1,13%	14,40	6 Ø12

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ γ 1572 kg/m³

f'c	11	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	1572	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	20	30	1,2	6	6,79	0,65	728,73	1,13%	14,40	6 Ø12
2	20	30	1,2	6	6,79	0,65	728,73	1,13%	14,40	6 Ø12
3	20	30	1,2	6	6,79	0,65	728,73	1,13%	14,40	6 Ø12
4	20	30	1,2	6	6,79	0,65	728,73	1,13%	14,40	6 Ø12
5	20	30	1,2	6	6,79	0,65	728,73	1,13%	14,40	6 Ø12
6	20	30	1,2	6	6,79	0,65	728,73	1,13%	14,40	6 Ø12

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ γ 1615 kg/m³

f'c	12	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	1615	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	20	30	1,2	6	6,79	0,65	769,07	1,13%	14,40	6 Ø12
2	20	30	1,2	6	6,79	0,65	769,07	1,13%	14,40	6 Ø12
3	20	30	1,2	6	6,79	0,65	769,07	1,13%	14,40	6 Ø12
4	20	30	1,2	6	6,79	0,65	769,07	1,13%	14,40	6 Ø12
5	20	30	1,2	6	6,79	0,65	769,07	1,13%	14,40	6 Ø12
6	20	30	1,2	6	6,79	0,65	769,07	1,13%	14,40	6 Ø12

$h_{min} = 7,5\text{cm}$ γ 1633 kg/m³

f'c	13	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	1633	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b	h	db	Cantidad	Ast	ϕ	Pu	ρ min	s min	Adopto
	cm	cm	cm		cm ²		KN		cm	
1	20	30	1,2	6	6,79	0,65	809,41	1,13%	14,40	6 Ø12
2	20	30	1,2	6	6,79	0,65	809,41	1,13%	14,40	6 Ø12
3	20	30	1,2	6	6,79	0,65	809,41	1,13%	14,40	6 Ø12
4	20	30	1,2	6	6,79	0,65	809,41	1,13%	14,40	6 Ø12
5	20	30	1,2	6	6,79	0,65	809,41	1,13%	14,40	6 Ø12
6	20	30	1,2	6	6,79	0,65	809,41	1,13%	14,40	6 Ø12

$h_{min} = 7,5cm$ γ 1658 kg/m³

f'c	14	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	1658	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b cm	h cm	db cm	Cantidad	Ast cm ²	ϕ	Pu KN	ρ min	s min cm	Adopto
1	20	30	1,2	6	6,79	0,65	849,75	1,13%	14,40	6 Ø12
2	20	30	1,2	6	6,79	0,65	849,75	1,13%	14,40	6 Ø12
3	20	30	1,2	6	6,79	0,65	849,75	1,13%	14,40	6 Ø12
4	20	30	1,2	6	6,79	0,65	849,75	1,13%	14,40	6 Ø12
5	20	30	1,2	6	6,79	0,65	849,75	1,13%	14,40	6 Ø12
6	20	30	1,2	6	6,79	0,65	849,75	1,13%	14,40	6 Ø12

$h_{min} = 7,5cm$ γ 1683 kg/m³

f'c	15	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	1684	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b cm	h cm	db cm	Cantidad	Ast cm ²	ϕ	Pu KN	ρ min	s min cm	Adopto
1	20	30	1,2	6	6,79	0,65	890,08	1,13%	14,40	6 Ø12
2	20	30	1,2	6	6,79	0,65	890,08	1,13%	14,40	6 Ø12
3	20	30	1,2	6	6,79	0,65	890,08	1,13%	14,40	6 Ø12
4	20	30	1,2	6	6,79	0,65	890,08	1,13%	14,40	6 Ø12
5	20	30	1,2	6	6,79	0,65	890,08	1,13%	14,40	6 Ø12
6	20	30	1,2	6	6,79	0,65	890,08	1,13%	14,40	6 Ø12

$h_{min} = 7,5cm$ γ 2400 kg/m³

f'c	20	Mpa
fy	420	Mpa
dbe	0,6	cm
γ	2400	kg/m ³
cc	2	cm
s	2,5	cm (min)

N°	b cm	h cm	db cm	Cantidad	Ast cm ²	ϕ	Pu KN	ρ min	s min cm	Adopto
1	20	30	1,2	6	6,79	0,65	1091,78	1,13%	14,40	6 Ø12
2	20	30	1,2	6	6,79	0,65	1091,78	1,13%	14,40	6 Ø12
3	20	30	1,2	6	6,79	0,65	1091,78	1,13%	14,40	6 Ø12
4	20	30	1,2	6	6,79	0,65	1091,78	1,13%	14,40	6 Ø12
5	20	30	1,2	6	6,79	0,65	1091,78	1,13%	14,40	6 Ø12
6	20	30	1,2	6	6,79	0,65	1091,78	1,13%	14,40	6 Ø12

Anexo 5 - Diagramas de interacción Verificación de capacidad Tx2

Normal ultimo:

Galdeano-Gómez-Politino

2019

Página 225 de 235

$$\text{Reaccion de la losa} = (Rl) = 19,10 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga transmitida por la losa} = 19,10 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \cdot 4,10\text{m} = 78,30\text{KN}$$

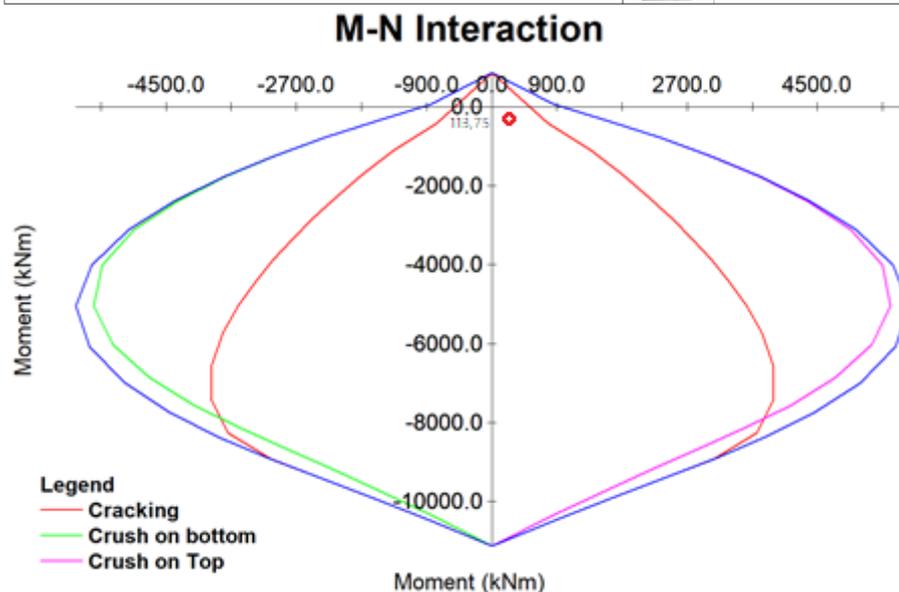
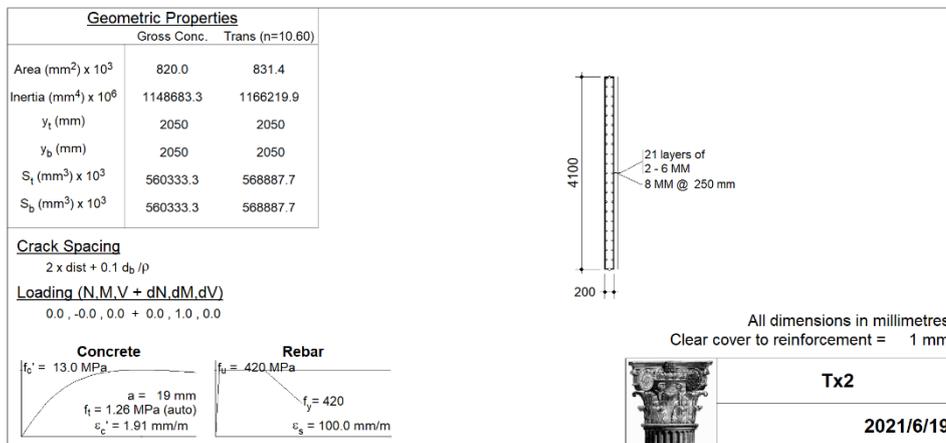
$$\text{Peso propio del tabique} = (\text{ppt}) = 16,01 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot 0,20\text{m} \cdot 2,7\text{m} \cdot 4,10\text{m} = 35,45 \text{ KN}$$

$$N_u = Rl + \text{ppt} = 78,30\text{KN} + 35,45\text{KN} = 113,75\text{KN}$$

Momento ultimo:

$$M_u = F_{tx1} \cdot h = 113,51\text{KN} \cdot 2,70 \text{ m} = 306,48\text{KNm}$$

Una vez calculados los valores de N_u y M_u , ubicamos dicha coordenada en el diagrama de interacción correspondiente



Verificación de capacidad Tx3

Normal ultimo:

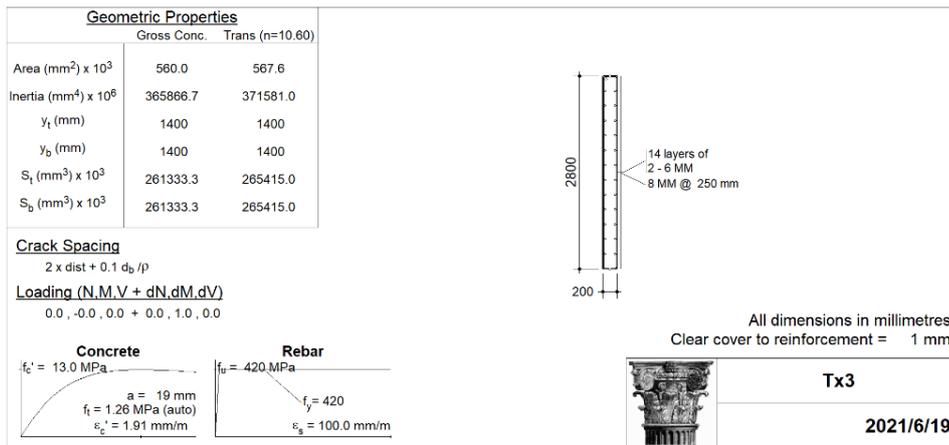
$$\text{Reaccion de la losa} = (Rl) = 10,77 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga transmitida por la losa} = 10,77 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \cdot 2,80\text{m} = 30,16\text{KN}$$

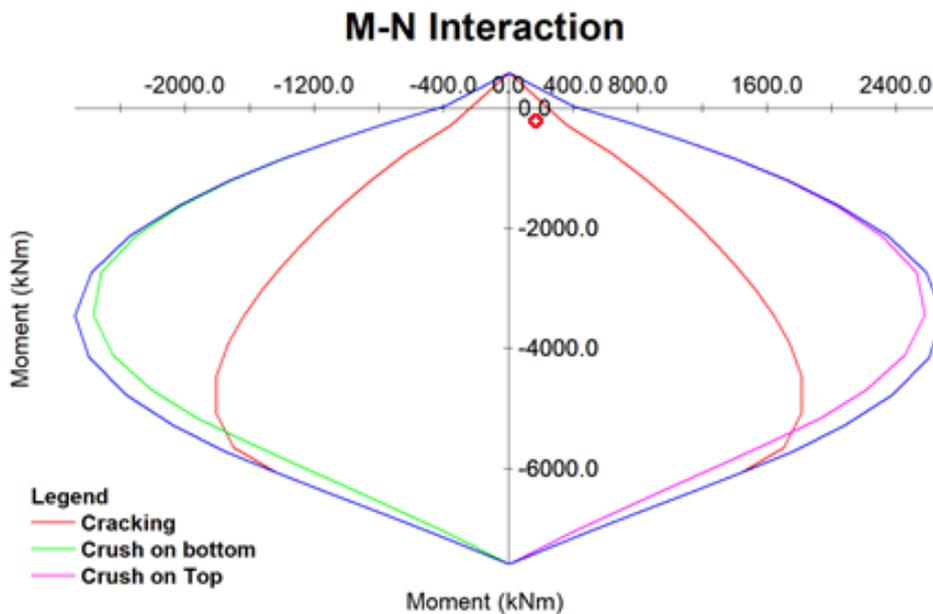
$$\text{Peso propio del tabique} = (\text{ppt}) = 16,01 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot 0,20\text{m} \cdot 2,7\text{m} \cdot 2,80\text{m} = 24,21\text{KN}$$

$$N_u = R_l + \text{ppt} = 30,16\text{KN} + 24,21\text{KN} = 54,37\text{KN}$$

Momento ultimo:



$$M_u = F_{tx1} \cdot h = 56,50\text{KN} \cdot 2,70 \text{ m} = 152,55\text{KNm}$$



Verificación de capacidad Tx4

Normal ultimo:

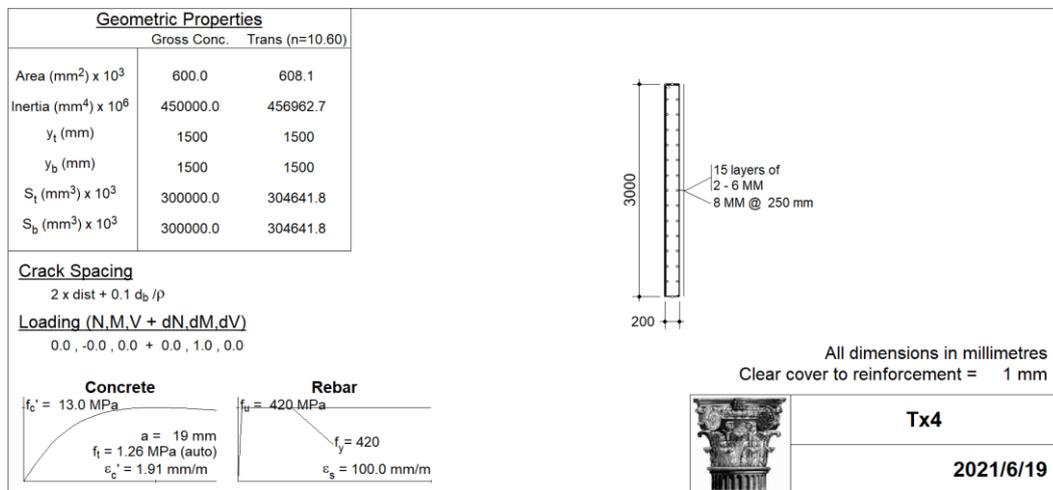
$$\text{Reaccion de la losa} = (Rl) = 28,96 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga transmitida por la losa} = 28,96 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \cdot 3,00\text{m} = 86,88\text{KN}$$

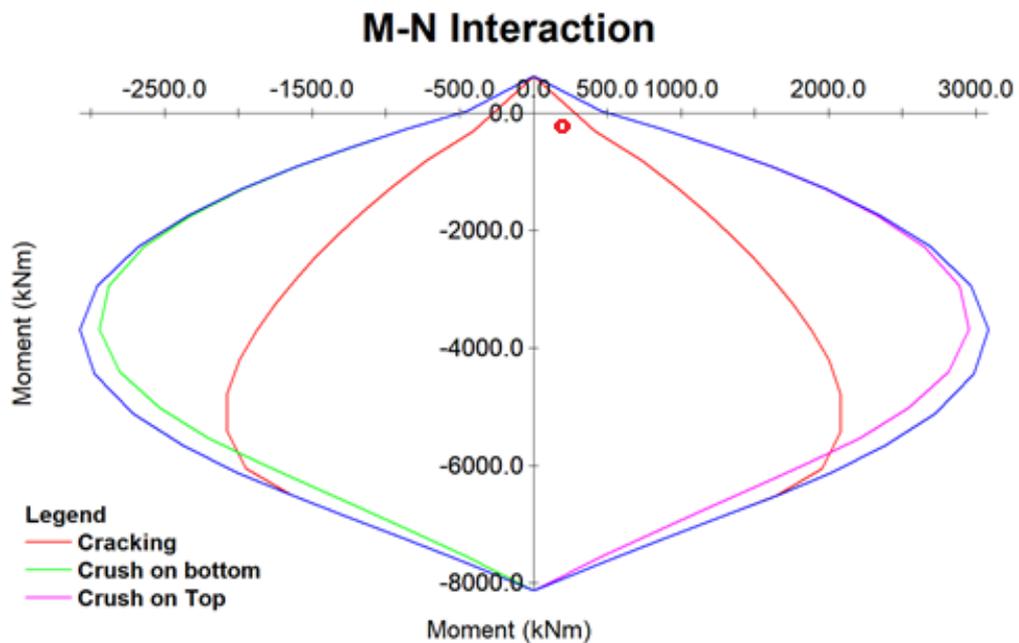
$$\text{Peso propio del tabique} = (ppt) = 16,01 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot 0,20\text{m} \cdot 2,7\text{m} \cdot 3,00\text{m} = 24,94\text{KN}$$

$$N_u = Rl + ppt = 86,88\text{KN} + 24,94\text{KN} = 111,82\text{KN}$$

Momento ultimo:



$$M_u = F_{tx1} \cdot h = 77,85\text{KN} \cdot 2,70\text{ m} = 210,19\text{KNm}$$



Verificación de capacidad Tx5

Normal ultimo:

$$\text{Reaccion de la losa} = (Rl) = 10,15 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga transmitida por la losa} = 10,15 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \cdot 1,90\text{m} = 19,28\text{KN}$$

$$\text{Peso propio del tabique} = (\text{ppt}) = 16,01 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot 0,20\text{m} \cdot 2,7\text{m} \cdot 1,90\text{m} = 16,43\text{KN}$$

$$N_u = Rl + \text{ppt} = 19,28\text{KN} + 16,43\text{KN} = 35,71\text{KN}$$

Momento ultimo:

$$M_u = F_t \cdot x_1 \cdot h = 39,82\text{KN} \cdot 2,70\text{m} = 107,51\text{KNm}$$

Geometric Properties		
	Gross Conc.	Trans (n=10.60)
Area (mm ²) x 10 ³	380.0	385.4
Inertia (mm ⁴) x 10 ⁶	114316.7	116304.8
y _t (mm)	950	950
y _b (mm)	950	950
S _t (mm ³) x 10 ³	120333.3	122426.1
S _b (mm ³) x 10 ³	120333.3	122426.1

Crack Spacing
2 x dist + 0.1 d_b / ρ

Loading (N, M, V + dN, dM, dV)
0.0, -0.0, 0.0 + 0.0, 1.0, 0.0

Concrete

f_c' = 13.0 MPa

a = 19 mm

f_t = 1.26 MPa (auto)

ε_c' = 1.91 mm/m

Rebar

f_y = 420 MPa

f_y = 420

ε_s = 100.0 mm/m

10 layers of
2 - 6 MM
8 MM @ 250 mm

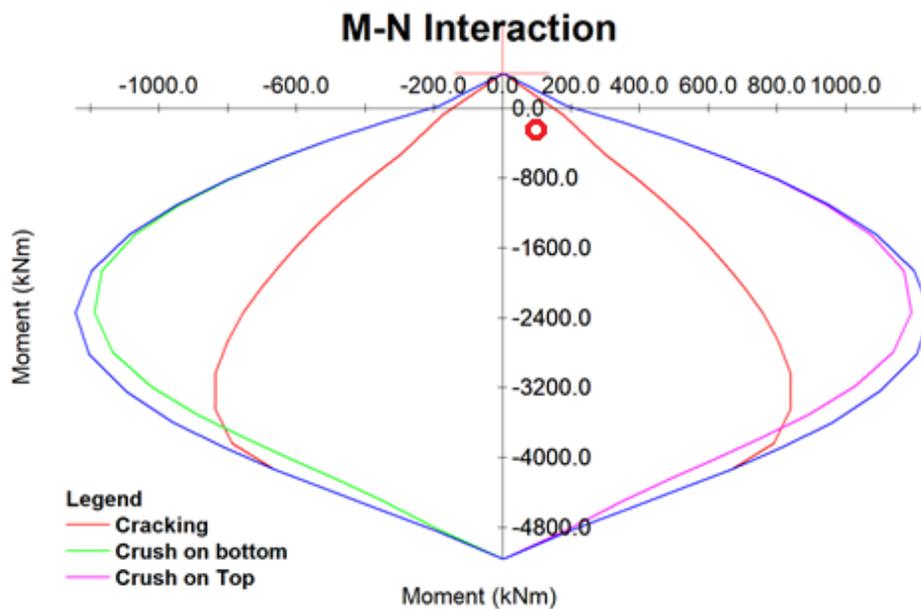
1900

200

All dimensions in millimetres
Clear cover to reinforcement = 1 mm



Tx5
2021/6/19



Verificación de capacidad Tx4 sup

Normal ultimo:

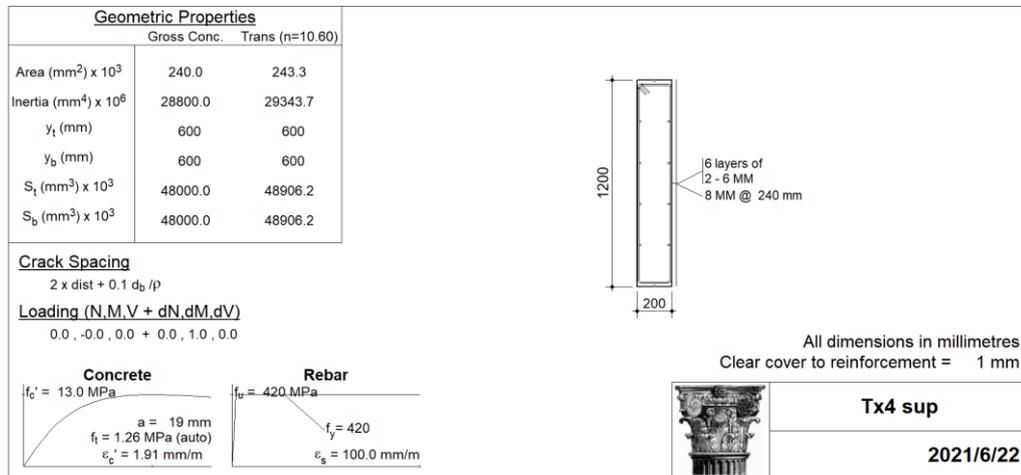
$$\text{Reaccion de la losa} = (Rl) = 3,28 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga transmitida por la losa} = 3,28 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \cdot 1,20\text{m} = 3,94\text{KN}$$

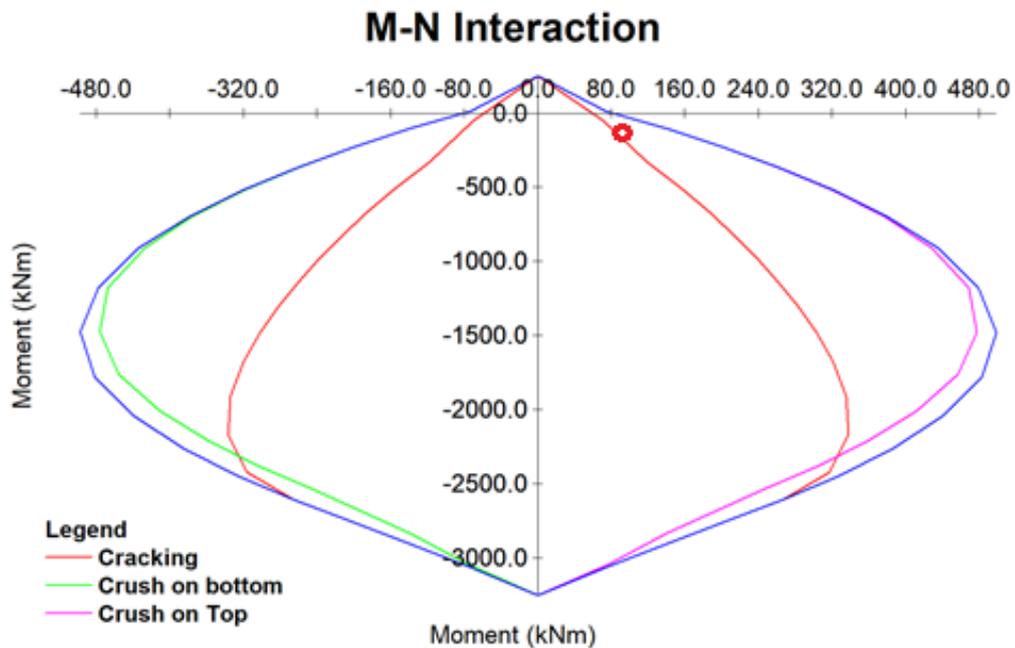
$$\text{Peso propio del tabique} = (\text{ppt}) = 16,01 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot 0,20\text{m} \cdot 2,7\text{m} \cdot 1,20\text{m} = 4,61\text{KN}$$

$$Nu = Rl + \text{ppt} = 3,94\text{KN} + 4,61\text{KN} = 8,55\text{KN}$$

Momento ultimo:



$$Mu = Ftx1 \cdot h = 45,39\text{KN} \cdot 2,70 \text{ m} = 122,55\text{KNm}$$



Verificación de capacidad Tx6

Normal ultimo:

$$\text{Reaccion de la losa} = (Rl) = 6,68 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

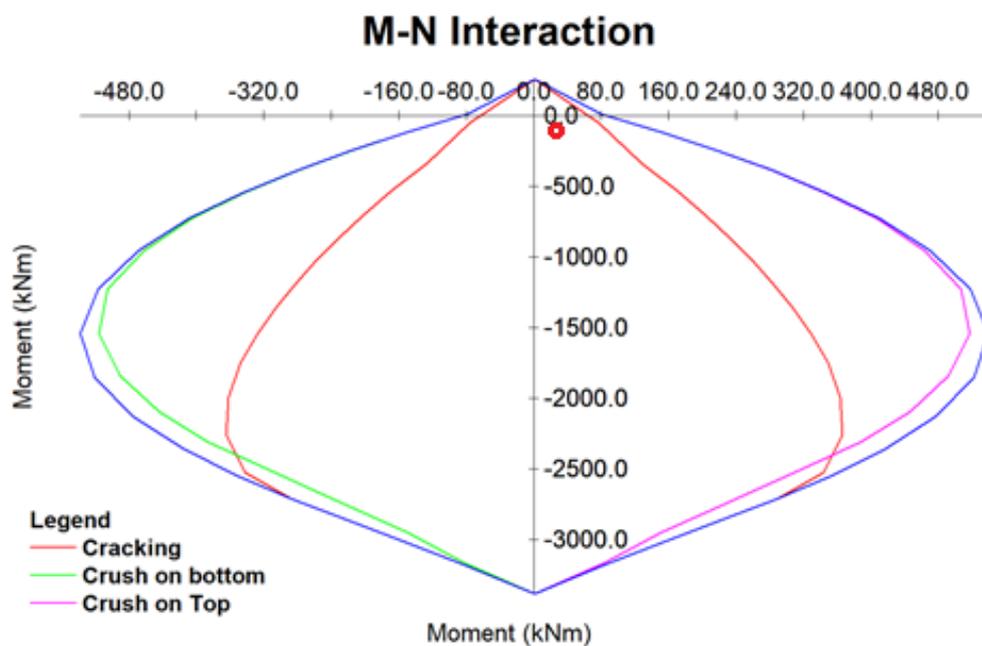
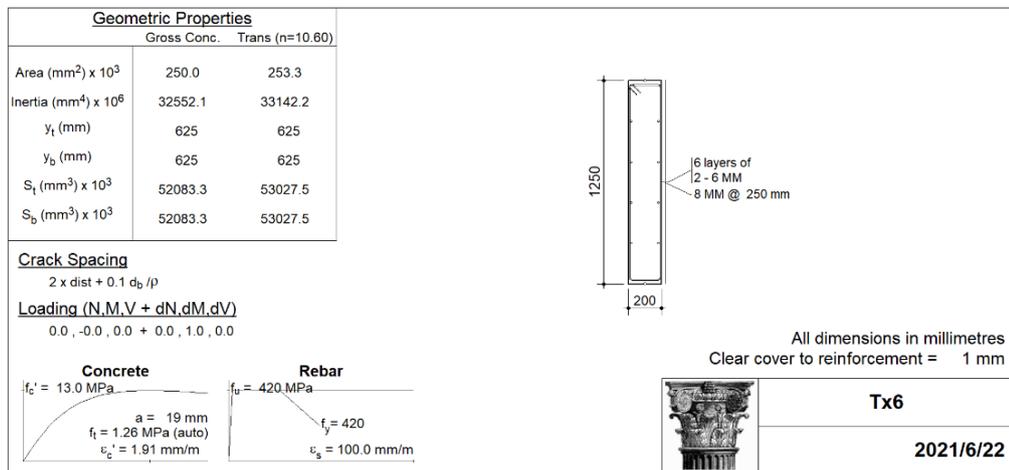
$$\text{Carga transmitida por la losa} = 6,68 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \cdot 1,25\text{m} = 8,35\text{KN}$$

$$\text{Peso propio del tabique} = (\text{ppt}) = 16,01 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot 0,20\text{m} \cdot 2,7\text{m} \cdot 1,25\text{m} = 10,81\text{KN}$$

$$N_u = Rl + \text{ppt} = 8,35\text{KN} + 10,81\text{KN} = 19,16\text{KN}$$

Momento ultimo:

$$M_u = F_{tx1} \cdot h = 13,74\text{KN} \cdot 2,70 \text{ m} = 37,10\text{KNm}$$



Verificación de capacidad Ty1

Normal ultimo:

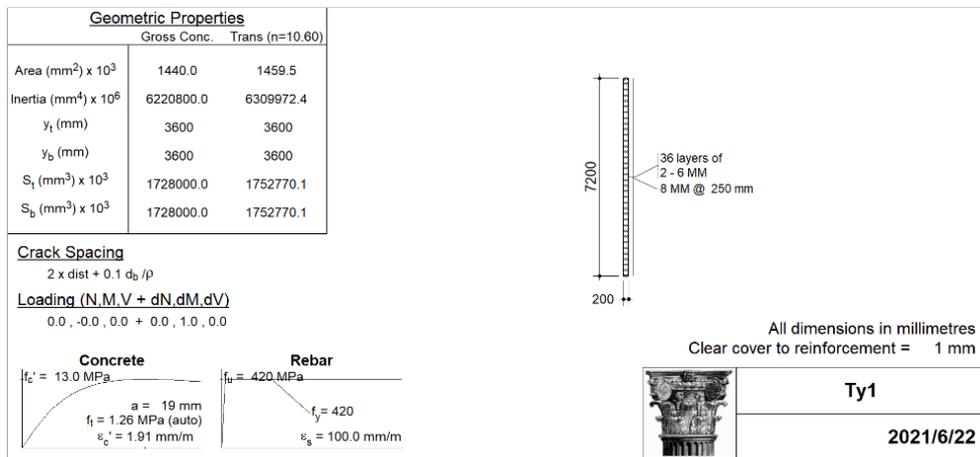
$$\text{Reaccion de la losa} = (Rl) = 5,76 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga transmitida por la losa} = 5,76 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \cdot 7,20\text{m} = 41,47\text{KN}$$

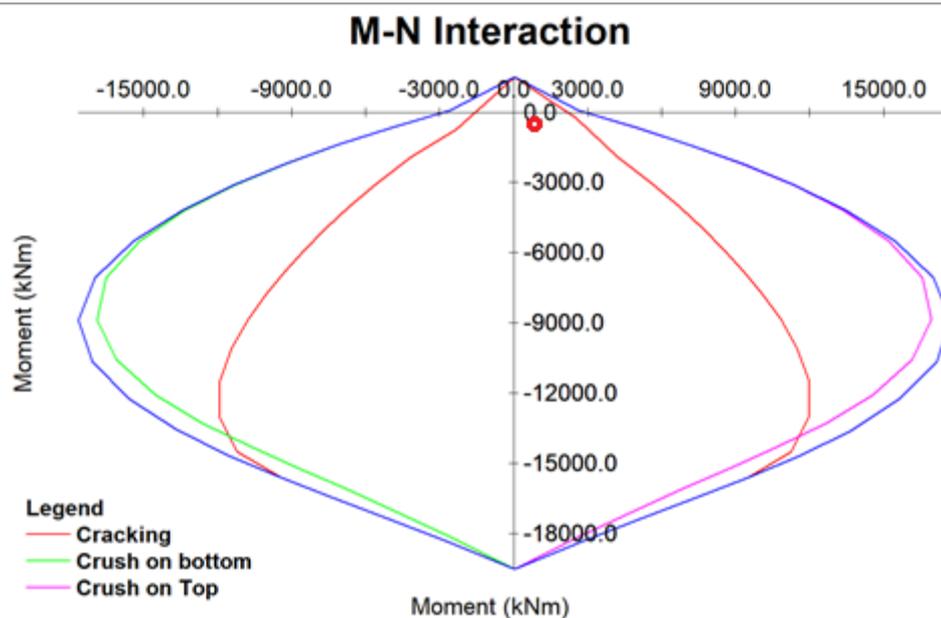
$$\text{Peso propio del tabique} = (\text{ppt}) = 16,01 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot 0,20\text{m} \cdot 2,7\text{m} \cdot 7,20\text{m} = 62,65\text{KN}$$

$$N_u = Rl + \text{ppt} = 41,47\text{KN} + 62,65\text{KN} = 19,16\text{KN}$$

Momento ultimo:



$$M_u = F_t x 1 \cdot h = 241,49\text{KN} \cdot 2,70 \text{ m} = 652,02\text{KNm}$$



Verificación de capacidad Ty2

Normal ultimo:

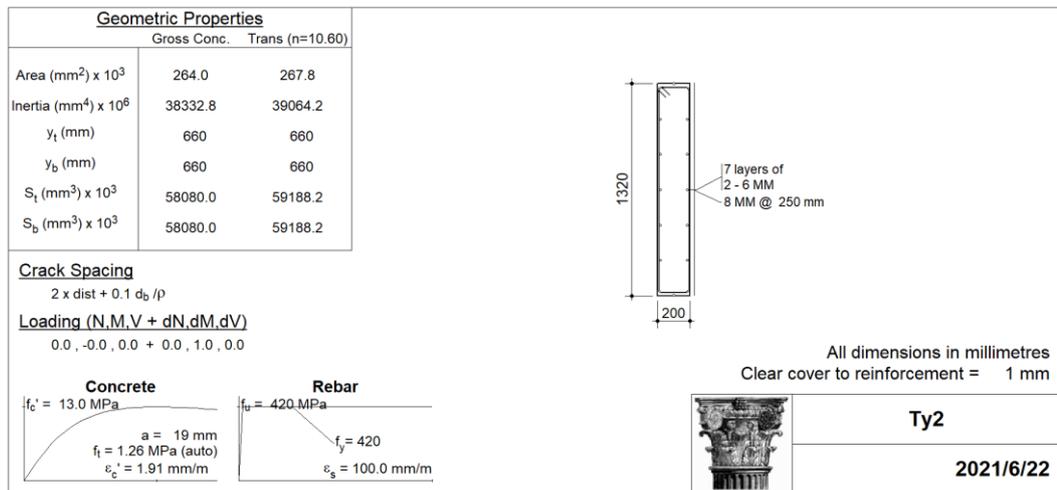
$$\text{Reaccion de la losa} = (Rl) = 1,06 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga transmitida por la losa} = 1,06 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \cdot 1,32\text{m} = 1,39\text{KN}$$

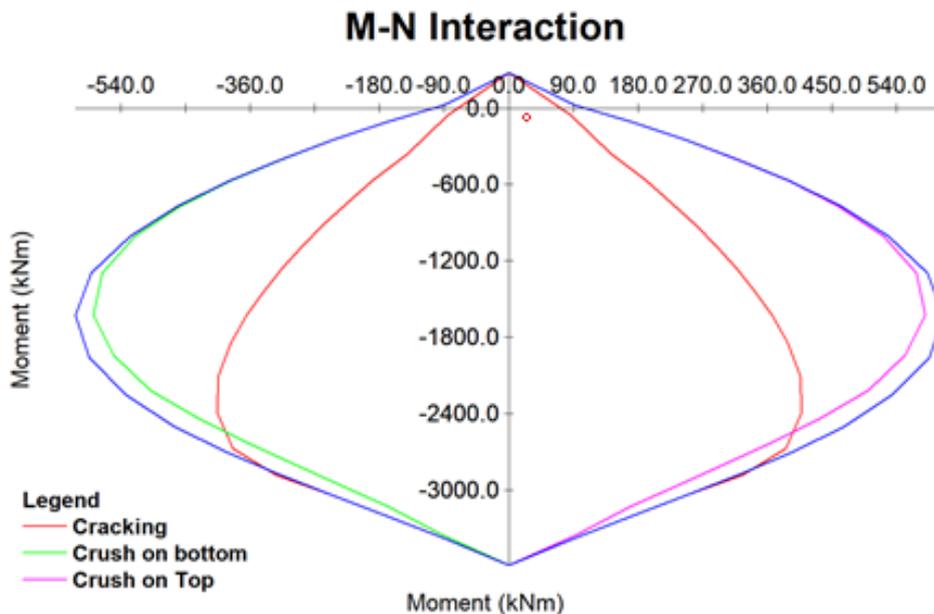
$$\text{Peso propio del tabique} = (\text{ppt}) = 16,01 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot 0,20\text{m} \cdot 2,7\text{m} \cdot 1,32\text{m} = 11,41\text{KN}$$

$$Nu = Rl + \text{ppt} = 1,39\text{KN} + 11,41\text{KN} = 12,80\text{KN}$$

Momento ultimo:



$$Mu = Ftx1 \cdot h = 13,12\text{KN} \cdot 2,70 \text{ m} = 35,42\text{KNm}$$



Verificación de capacidad Ty3

Normal ultimo:

$$\text{Reaccion de la losa} = (Rl) = 2,74 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

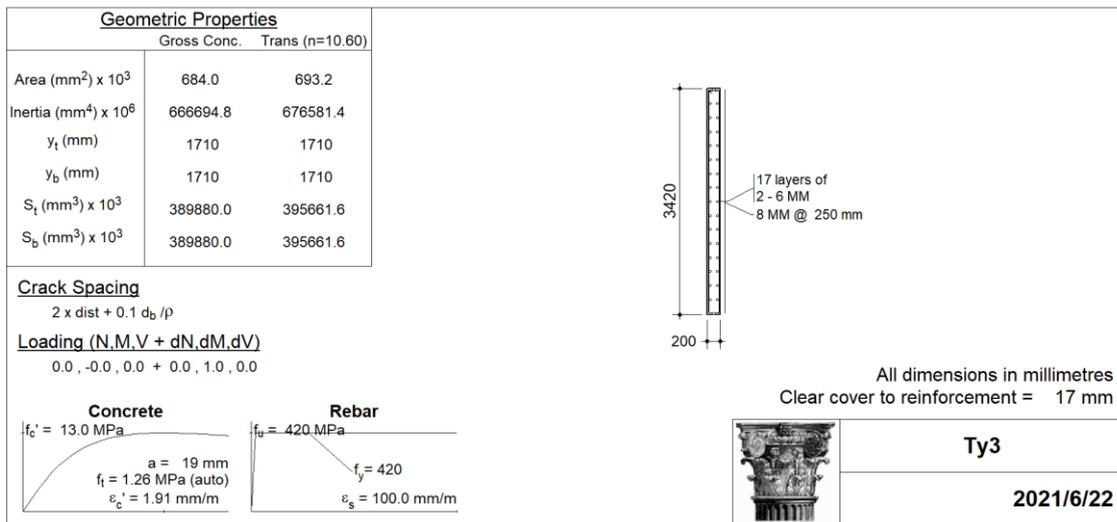
$$\text{Carga transmitida por la losa} = 2,74 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \cdot 3,42\text{m} = 9,37\text{KN}$$

$$\text{Peso propio del tabique} = (\text{ppt}) = 16,01 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot 0,20\text{m} \cdot 2,7\text{m} \cdot 3,42\text{m} = 9,36\text{KN}$$

$$N_u = Rl + \text{ppt} = 9,37\text{KN} + 9,36\text{KN} = 18,73\text{KN}$$

Momento ultimo:

$$M_u = F_{tx1} \cdot h = 113,44\text{KN} \cdot 2,70 \text{ m} = 306,29\text{KNm}$$



M-N Interaction

