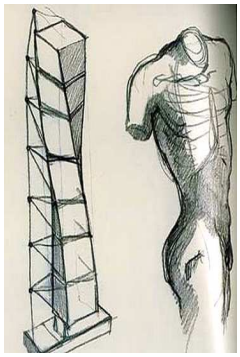


U.N.L.P - FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO			
DNC	**ESTRUCTURAS – NIVEL 2 - PLAN DE ESTUDIOS 6**		
	Taller: VERTICAL III – DELALOYE - NICO - CLIVIO		
GE5	***Guía de estudio nro. 7: DISEÑO ESTRUCTURAL PARA EDIFICIOS DE PEQUEÑA ALTURA***		
2013	Elaboró: Ing .Luis Arisnavarreta/ Ing. Alejandro Nico	Revisión: 0	Fecha julio de 2013

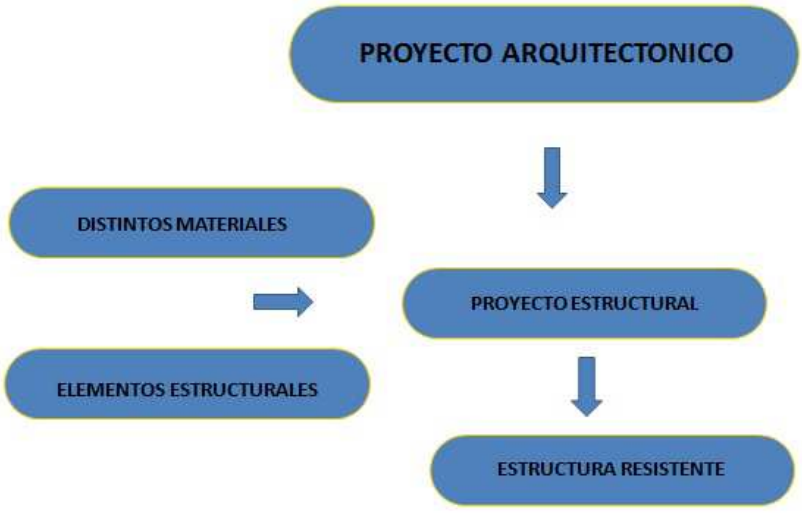
1.- PROYECTO ESTRUCTURAL vs. PROYECTO ARQUITECTONICO

Es un hecho conocido el poco interés que tiene el alumno de arquitectura por las estructuras. Estas, basadas esencialmente en conceptos físico matemáticos resultan un escollo en el desarrollo creativo del fin arquitectónico. Sin embargo, y al respecto, es necesario aclarar algunos conceptos

Durante la concreción de un proyecto arquitectónico es necesario saber que el mismo debe ser pensado en conjunto con otros factores que pueden condicionarlo o no, como son la estructura resistente, instalaciones complementarias, medios tecnológicos y económicos disponibles, factores ambientales etc., etc.

En particular, el proyecto arquitectónico deberá estar "sostenido" y/o acompañando de una estructura resistente.

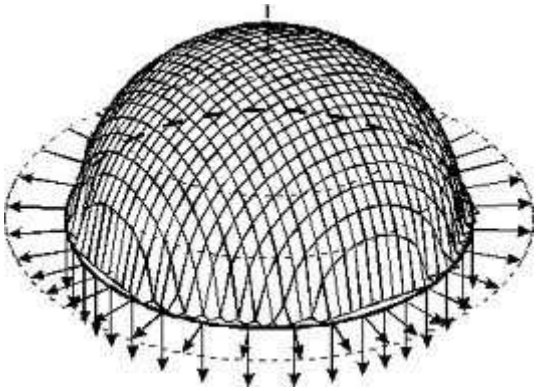
Si bien es cierto que este proyecto estructural no debería condicionar al arquitectónico, y el arquitecto debería poder "volar" con sus instintos e inquietudes, también debes saber que cuanto menos racional resulte la estructura, seguramente será más cara y de dificultosa concreción.

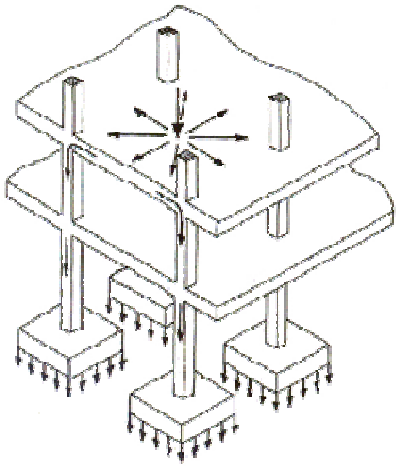


Las necesidades de espacios arquitectónicos propuestos para determinados y diferentes fines, generan variedad de soluciones posibles: en el estudio de la viabilidad de estas opciones arquitectónicas se inserta el diseño estructural como una herramienta capaz de dar sustento a una propuesta determinada, integrando así la necesidad de interacción

2.- ESTRUCTURA RESISTENTE

Estructura es un conjunto de elementos capaces de soportar fuerzas y transmitirlas a los puntos donde se apoyan con el fin de ser resistente y estable





Una estructura será óptima en relación a otra cuando se resuelva el problema de soportar las mismas cargas, salvando las mismas distancias, con la menor cantidad posible de material y la misma seguridad, siendo su costo compatible con el uso y mantenimiento de la obra.

Las exigencias básicas de una estructura son:

- **Equilibrio**
- **Estabilidad**
- **Resistencia**
- **Economía**
- **Funcionalidad**
- **Estética**

Los 4 primeros se refieren estrictamente a cuestiones relacionadas con la estructura en sí mismo, mientras que en los dos últimos se ligan aspectos arquitectónicos.

En particular y respecto a la estética, se podrían plantear dos tipos de estructuras.

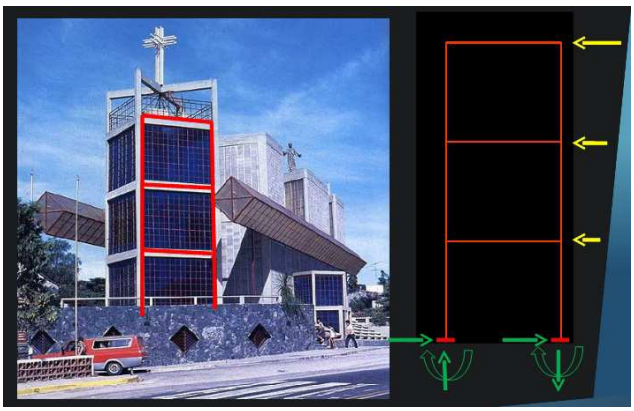
1.- Aquellas donde se intenta esconder o disimular la estructura dentro del proyecto arquitectónico

2.- La estructura en si mismo forma parte del hecho arquitectónico, no solo para cumplir su función de tal

Por otro lado, desde el punto de la magnitud, tipología y complejidad de los esfuerzos que soportan, se puede dividir a las estructuras en tres grandes grupos cada una de las cuales tendrán diferentes tratamientos para resolver dichas complejidades

1.- ***Edificios de baja altura***, de luces pequeñas, y zona no sísmica, de baja afectación por esfuerzos horizontales (viento y/o sismo)

2.- ***Edificios en altura*** y/o zona sísmica de pequeñas o grandes luces afectadas por la acción horizontal del viento o sismos.



3.- Estructuras especiales

La anterior es una clasificación muy general donde, seguramente se podrán dar situaciones mixtas a analizar en cada caso. Sera posible, si alguna cuestión lo merita, resolver una vivienda unifamiliar con una estructura de grandes luces o alguna estructura especial.

En esta guía se darán las características y pautas de diseño para el primer tipo de estructura, dejando para más adelante en este, y otros niveles a las otras tipologías

3.-DISEÑO ESTRUCTURAL PARA EDIFICIOS DE PEQUEÑA ALTURA

Como se comento en el punto anterior en esta guía se describirá el diseño estructural de edificios de baja altura, caracterizado por lo siguiente

- ***Cargas relativamente bajas***
- ***Luces de losas y vigas pequeñas***
- ***Despreciable acción de esfuerzos horizontales (viento y sismo)***
- ***Resoluciones constructivas sencillas***

3.1.- EL TRABAJO ESTRUCTURAL

Se describen a continuación algunas pautas generales en el trabajo estructural que ayudaran al camino necesario para concebir un correcto proyecto estructural

- Cada elemento estructural que forma parte de la estructura tiene una forma particular de trabajar, de transmitir los esfuerzos a que las cargas lo someten. En una estructura, la correcta disposición de los distintos elementos dará como resultado un correcto funcionamiento del conjunto

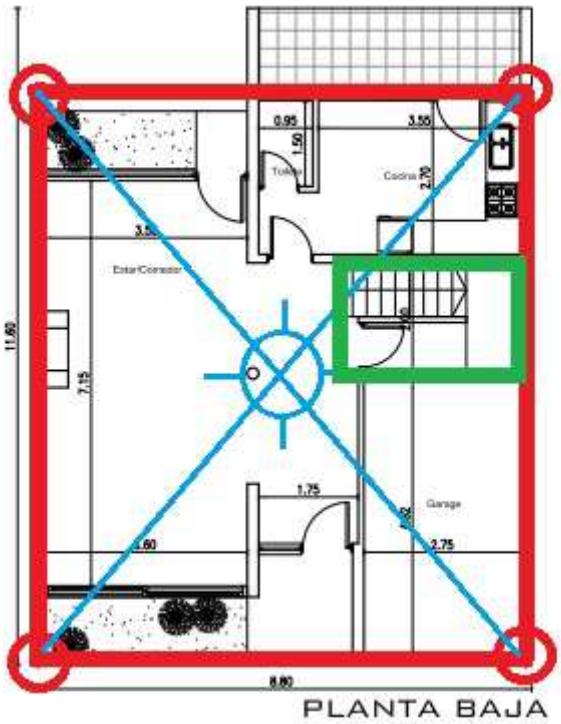
- Habrá siempre una distribución estructural óptima desde el punto de vista resistente y económico, y acorde con el espacio arquitectónico que sostiene, tanto en lo funcional como en lo estético.

El diseño estructural es un proceso iterativo que por lo general no busca la perfección sino la racionalidad. Para un determinado proyecto arquitectónico pueden existir varias soluciones "racionales" diferentes, se verá entonces cual elegir, de acuerdo al criterio adoptado como prioritario.

Las estructuras más simples (y económicas) desde el punto de vista resistente serían aquellas que contasen con un gran número de elementos trabajando a esfuerzos directos, en los que las flexiones fuesen mínimas. Esto nos llevaría a una estructura con una gran cantidad de columnas (trabajando a compresión), pero esta estructura ideal chocaría evidentemente con una cuestión práctica y funcional desde lo arquitectónico. Seguramente el Partenón no tendría tantas columnas si no fuera por consecuencia de no contar con elementos estructurales aptos para la flexión

Surge entonces el concepto de luces máximas y mínimas entre apoyos, luces usuales o prácticas, surgidas de una lógica intuitiva y de experiencias previas, que harán que se pueda acercar a un trabajo estructural "racional".

Por ejemplo si se quisiese resolver la siguiente estructura de 9 x 11 solamente con 4 columnas se tendrían las siguientes situaciones



Espesor de la losa = luz menor/50 + rec = 900/50 + 2 cm = 20 cm

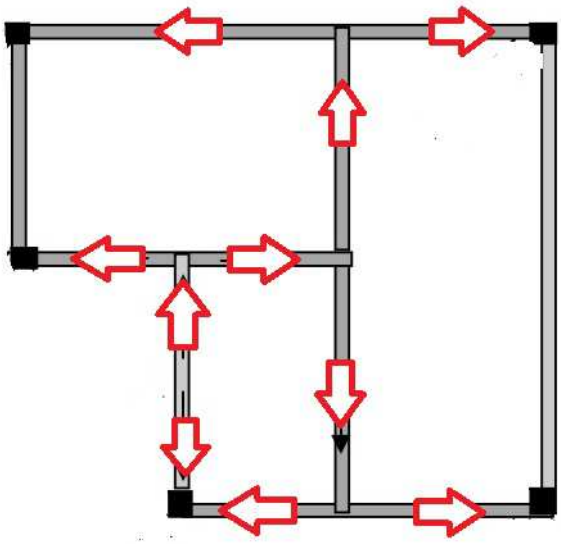
Peso de la losa = 0.20 mts x 2400 kg/m^3 = 500 kg/m^2 carga muy importante en función y relación que las cargas para la cual se creó la losa

Altura de viga= 11 mts/10 = 110 cm de alto….con los seguros inconvenientes de alturas de dinteles

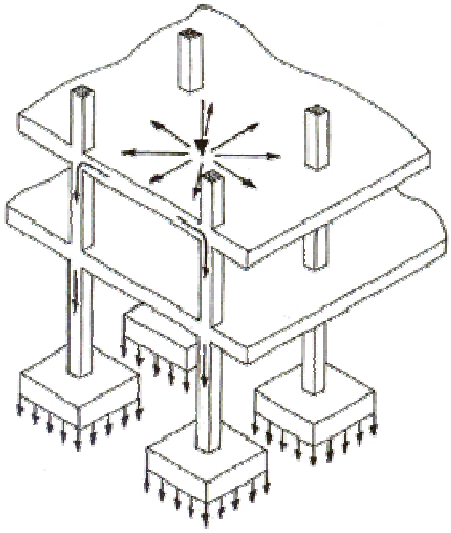
Si bien "todo es posible" en la "dimensión desconocida" de las estructuras, seguramente resulta contraproducente adoptar una solución de este tipo en virtud de los gastos que se originen por la cantidad de materiales a utilizar y la especialización necesaria en mano de obra y equipos (capacidad resistente de los encofrados, por ejemplo)

- Un concepto a tener en cuenta en el diseño estructural es lo que se denomina "camino de las cargas". Esto es cómo se transmiten las cargas a través de los distintos elementos que componen la estructura. Cuanto más directa sea la transmisión de las cargas hacia las fundaciones, más eficiente resultará la estructura.

La figura siguiente muestra una serie de apeos de vigas para evitar la colocación de columnas centrales. Sin embargo, la solución no resulta conveniente estructuralmente por el largo camino de las cargas



- En una estructura elemental el camino de las cargas (que coincide con la secuencia de cálculo de los elementos que la componen) es el siguiente: las *losas* reciben en forma directa las cargas de uso llamadas sobrecarga, y las transmiten por flexión hacia las *vigas* en las cuales apoyan. Luego, las vigas toman esas reacciones y las cargas de muros (si los hubiese) que apoyasen en ellas y, por flexión y corte las transmiten a las *columnas*. Por último, las columnas, trabajando comprimidas, transmiten las reacciones de vigas a las *fundaciones*. (las columnas con base excéntrica trabajan flexo-comprimidas).



- Debe tenerse presente, que si bien la estructura a diseñar se concibe para recibir las cargas superiores a ella, espacialmente está ubicada en la planta inferior con lo cual es posible encontrar interferencias estético/arquitectónicas a conciliar.

3.2 PAUTAS GENERALES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL.

Si bien las consideraciones siguientes son, en su mayoría, válidas también para otros materiales, como hierro o madera, están orientadas especialmente al hormigón armado

No es posible plantear un procedimiento de diseño único que resulte igualmente efectivo y aplicable como regla en todos los casos.

El diseño de una estructura es un proceso iterativo que se basa en ciertas pautas generales y aporta una solución a un proyecto arquitectónico determinado. Por lo tanto, a partir de un anteproyecto de la estructura, se la irá ajustando con el objeto de alcanzar una estructura eficiente y económica.

Este proceso comienza con la confección del *plano de distribución*, en el que se sitúan los elementos estructurales, con su denominación y dimensiones adoptadas (predimensionado), con el que luego se procederá a efectuar el cálculo estructural.

En el caso de una vivienda unifamiliar, al efectuar el planteo de la estructura se deben manejar algunas consideraciones:

- ***Desde el punto de vista arquitectónico***, debe acompañar, o interferir lo menos posible, al proyecto de arquitectura. Así, por ejemplo, se debe evitar que una viga cruce un ambiente principal obligando a ocultarla con un cielorraso suspendido y, por consiguiente, reduciendo la altura útil del local; lograr en lo posible que vigas y columnas queden escondidas total o parcialmente en muros.
- ***Desde el punto de vista del funcionamiento estructural***, se debe lograr que éste sea lo más armónico posible y que las cargas realicen el camino más corto para llegar a las fundaciones. Así, las luces entre elementos continuos (losas o vigas) deben ser semejantes; deben evitarse apeos de viga en viga o columna en viga; respetar ciertas luces máximas.
- ***Desde el punto de vista constructivo***, se tratará en lo posible de unificar espesores de losas por sectores, alturas por tiras de vigas continuas, secciones de columnas, para facilitar el replanteo de la estructura en obra y optimizar la utilización de madera de encofrado (aunque se debe tener en cuenta el mayor costo que esto puede trae aparejado debido al aumento del volumen de hormigón).

Ya se ha visto en guías anteriores, en forma individual, cual es el funcionamiento y como se dimensionan los distintos elementos estructurales básicos que conforman una estructura:

LOSAS
VIGAS
COLUMNAS
FUNDACIONES (En suspenso)

Básicamente el diseño estructural consiste en ubicar las vigas y columnas en cantidad, forma y distancia relativa para obtener la estructura más eficaz y racional posible. Como se viene comentando esta solución no es única pero si existen algunas pautas y recomendaciones que ayudaran en ese recorrido:

LUCES MAXIMAS: Es difícil establecer valores generales de luces máximas o usuales, de separación entre apoyos, para que nos conduzcan, a priori, a la mejor solución, ya que en cada caso particular habrá que tener en cuenta además, el tipo y la magnitud de la carga actuante. Se pueden enunciar los siguientes valores máximos (siempre en referencia a estructuras sencillas y de fácil ejecución):

- **Losas armadas en una dirección: 4 m**
- **Losas con armadura cruzada: 6 m**
- **Vigas 6 m**

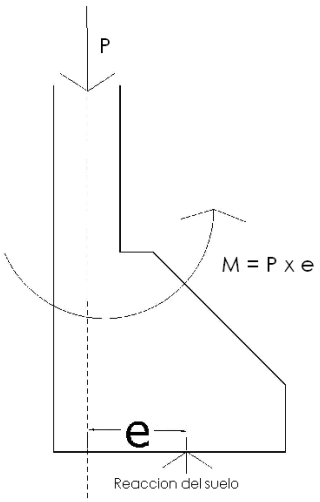
En general, los valores "racionales" y económicos se hallan cerca del 60% de los arriba detallados.

Con losas cruzadas (armadas en dos direcciones) no conviene cubrir luces mayores de 6 m, debido a que, en caso contrario, se obtendrían losas muy deformables. En el caso de losas unidireccionales (armadas en una dirección) con luces mayores a los 4 m, se obtendrían losas de alturas considerables que se traduce en una excesiva carga permanente final.

- **APEOS**: La disposición de las ***columnas***, tenderá a evitar apeos, es decir, el apoyo de una viga en otra y en el caso de columnas de plantas superiores, se las deberá, preferentemente, hacer coincidir con las ubicadas en planta baja para evitar apeos de columnas en vigas, recordando que una estructura es más eficiente cuanto más directa es la transmisión de las cargas a las fundaciones (los apeos implican una desviación en el camino de carga).

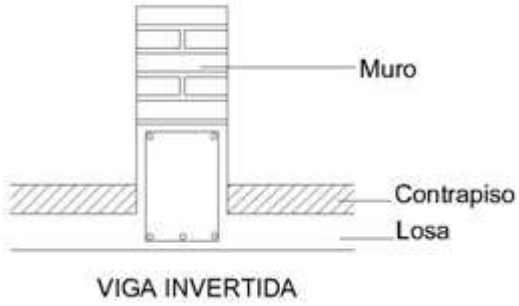
- ***SEPARACION ENTRE COLUMNAS***: En cuanto a la separación de columnas, se evitarán, en lo posible, distancias superiores a los 6 m (lo que conduce a tener vigas muy altas), ni inferiores a los 2 m (para evitar la superposición de sus bases de fundación). Los valores de separación razonables para viviendas están entre 3 m y 5 m.

- ***COLUMNAS MEDIANERAS:*** Asimismo tampoco conviene que las columnas medianeras resulten excesivamente cargadas, ya que aumentaría el valor de la flexión compuesta que las solicita, obligando a incrementar las dimensiones de la columna o bien a disponer elementos de fundación especiales (este tema se ampliara adecuadamente al ver fundaciones).



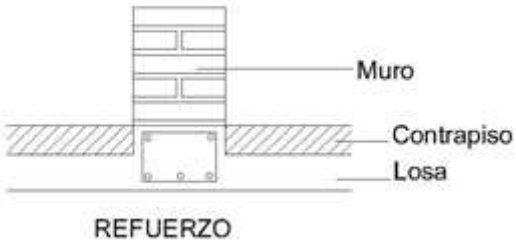
- ***VIGAS INVERTIDAS***: Las vigas se dispondrán de manera tal de no sobrepasar las luces máximas en las losas que resulten por ellas definidas. En lo posible deberán quedar ocultas en los muros. De no ser posible, se puede recurrir al uso de una ***viga invertida***, que quedará absorbida por el contrapiso o dentro de un muro de la planta

superior (ver fig.1). Como ya se explicó anteriormente se tratará de apoyarlas directamente en columnas, a fin de evitar apeos.



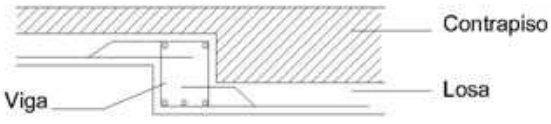
VIGA INVERTIDA

- ***REFUERZOS:*** Para el caso de tabiques divisorios de planta alta que apoyen directamente en losas unidireccionales y en la dirección de armado (luz menor), se deberá materializar dicho apoyo con el uso de ***refuerzos***. Los refuerzos son vigas que tienen aproximadamente la altura de la losa más la del contrapiso



REFUERZO

- ***BAJO LOSAS*** En los entrepisos y en correspondencia con los baños es posible tener que prever una ***losa descendida o bajo losa***, cuya cota superior se encuentra no menos de 20 cm por debajo del resto de las losas de la planta, para poder ubicar las piletas de piso y las cañerías de desagüe.



BAJO LOSA (Losa descendida)

- ***ESCALERAS***

Las ***escaleras***, por lo general, están constituidas por losas inclinadas unidireccionales (armadas en la dirección de la luz mayor). Si la escalera es de dos tramos, se dispondrán apoyos intermedios en el descanso; el primer tramo apoyará inferiormente en una fundación directa o en una viga de fundación y superiormente en una viga intermedia a nivel descanso, el segundo tramo apoyará inferiormente en la viga a nivel descanso y su extremo superior en una viga a nivel del entrepiso.

FUNDACIONES

Todo lo expuesto hasta aquí se refiere a la supra-estructura, o la parte visible de la estructura, pero también forma parte del diseño estructural lo concerniente al "apoyo" de las mismas: las ***fundaciones***, tema que se verá en niveles superiores, pero se dan a continuación algunas consideraciones generales a los efectos del poder avanzar en el diseño estructural en su conjunto

Los elementos a fundar en una vivienda se pueden dividir en dos grupos: por un lado las columnas y por el otro los muros de planta baja.

Para el caso de las columnas podremos recurrir al uso de ***bases aisladas***, ***centradas*** para las columnas interiores o ***excéntricas o doblemente excéntricas*** para las columnas medianeras y esquineras respectivamente. Cabe acotar que las bases excéntricas se deben disponer con su lado mayor en la dirección de la línea medianera (para disminuir la flexión)

Los muros pueden fundarse con una zapata de mampostería u hormigón armado, independiente del resto de la estructura, o, como es más frecuente, con una ***viga de fundación*** dispuesta entre columnas. Las bases de columnas que no quedasen vinculadas por vigas de fundación es conveniente vincularlas con otras bases vecinas, para evitar posibles corrimientos de apoyo por medio de ***vigas de arriostramiento***

Otro elemento de fundación son los ***pilotines***, que en combinación con las vigas de fundación, pueden ser usados para dar apoyo a paredes de planta baja.

3.3.- METODOLOGIA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL

Operativamente hablando, el proceso del diseño estructural consiste en "dibujar" los distintos elementos que componen la estructura, de acuerdo a las pautas y recomendaciones mencionadas anteriormente. Este trabajo es conveniente realizarlo con un papel calco, recordando que la estructura deberá soportar las cargas superiores pero estará ubicada en la planta inferior, con lo cual es ventajosa esta utilización que permitirá "conciliar" ambas plantas buscando una estructura racional y arquitectónicamente estética.

Hecho esto se predimensionaran los elementos para ver si los tamaños resultantes son compatibles y racionales con el uso arquitectónico y posibilidades constructivas. A continuación se recuerdan los valores recomendables para los distintos elementos estructurales ya vistos en guías anteriores.

a. Losas

Los valores sugeridos para el predimensionado de losas conducen por lo general a resultados aceptables desde el punto de vista de la deformación, independientemente de la carga actuante.

Dichos coeficientes dependen de las condiciones de apoyo (esquema estructural), y se detallan en la siguiente tabla:

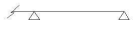
Losas armadas en una dirección		Losas armadas en dos direcciónes	
Esquema estructural	m	Esquema estructural	m
Voladizo	12	Simplemente apoyada en todo su contorno	50
Simplemente apoyada	30	Condiciones mixtas	55
Un extremo contínuo	35		
Ambos extremos contínuos	40	Contínua en todo su contorno	60

h u = lado menor / m
h total = h u + recubrimiento
En ningún caso la altura total de las losas será menor a:

Para uso general: 7 cm
Para cocheras de edificios: 12 cm
Para cubiertas inaccesibles: 5 cm

b. Vigas.

Los reglamentos dan valores para el predimensionado de la altura de vigas, aunque en estos casos nos conducen a valores mínimos (indicados en la primera columna como "m"), para los cuales debe tenerse especial cuidado en el cálculo de realizar verificaciones de la deformación. En la segunda columna se indican valores del coeficiente prácticos ("n") y que conducen a resultados aceptables.

Vigas Esquema estructural	m	n
Voladizo	8	5 a 8
Simplemente apoyada	16	10 a 12
 Un extremo contínuo	22	12 a 15
Ambos extremos contínuos	25	14 a 16

h u = L tramo / n
h total = h u + recubrimiento

El ancho mínimo de una viga es 12 cm siendo conveniente que la relación entre el ancho y la altura total de la viga este comprendida entre 1/4 y 1/3.

En la práctica las alturas totales de las vigas deben ser múltiplo de 5 cm. Y es recomendable la unificación de las distintas alturas obtenidas en dos o tres. También es recomendable (no excluyente) que las vigas continuas tengan una única altura

c. Columnas.

En una vivienda la mayoría de las columnas resultarán de dimensión mínima, 20 cm x 20 cm. Las columnas medianeras y/o esquineras, eventualmente, podrán tener dimensiones mayores para absorber los momentos flectores inducidos por las fundaciones.

d. Fundaciones.

Para fundar una columna, por lo general, se recurre al uso de ***Bases.***

Los muros de planta baja podrán apoyarse en ***Vigas de fundación***, que se dispondrán entre columnas. A su vez pueden requerir de ***Pilotines*** intermedios, para disminuir su luz. (Como se verá esta solución no siempre es aceptada)

En cuanto a todos los elementos de fundación, sus dimensiones estarán íntimamente ligadas a las características resistentes del suelo y a la carga del elemento a fundar, siendo las dimensiones mínimas (que responden a un aspecto constructivo):

Base centrada: 60 cm x 60 cm Base excéntrica: 60 cm x 120 cm

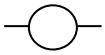
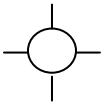
La sección de las vigas de fundación dependerá en gran medida de la carga del muro y de la existencia o no de pilotines intermedios. Su ancho se adopta teniendo en cuenta el espesor de muro que sobre ella apoya y su altura, por lo general, varía entre los 25 cm y los 40 cm.

La sección (circular) de los pilotines varía entre 20 cm y 30 cm de diámetro.

3.4.-DIBUJO

Una vez definido el formato y el predimensionado se vuelcan los resultados en un dibujo con las siguientes características

a. Simbología y representación

- Losa armada en una dirección: 
- Losa cruzada. 
- Losa en voladizo

Dentro del círculo se colocará la denominación de la losa y su altura total.

Los bordes de losa apoyados (que coinciden con las vigas) se representan mediante líneas llenas, y los bordes libres, con líneas punteadas.

Los bajo losa se indican con un rayado a 45°, en toda la losa.

Las vigas se representan con una línea continua, y los refuerzos en losa, con una línea punteada

b. Nomenclatura:

L : losa
LE : losa de escalera
V : viga
R : refuerzo en losa
C : columna
TC : tronco de columna
B : base de fundación
VF : viga de fundación
Va : viga de arriostramiento
P : pilotín

c. Numeración.

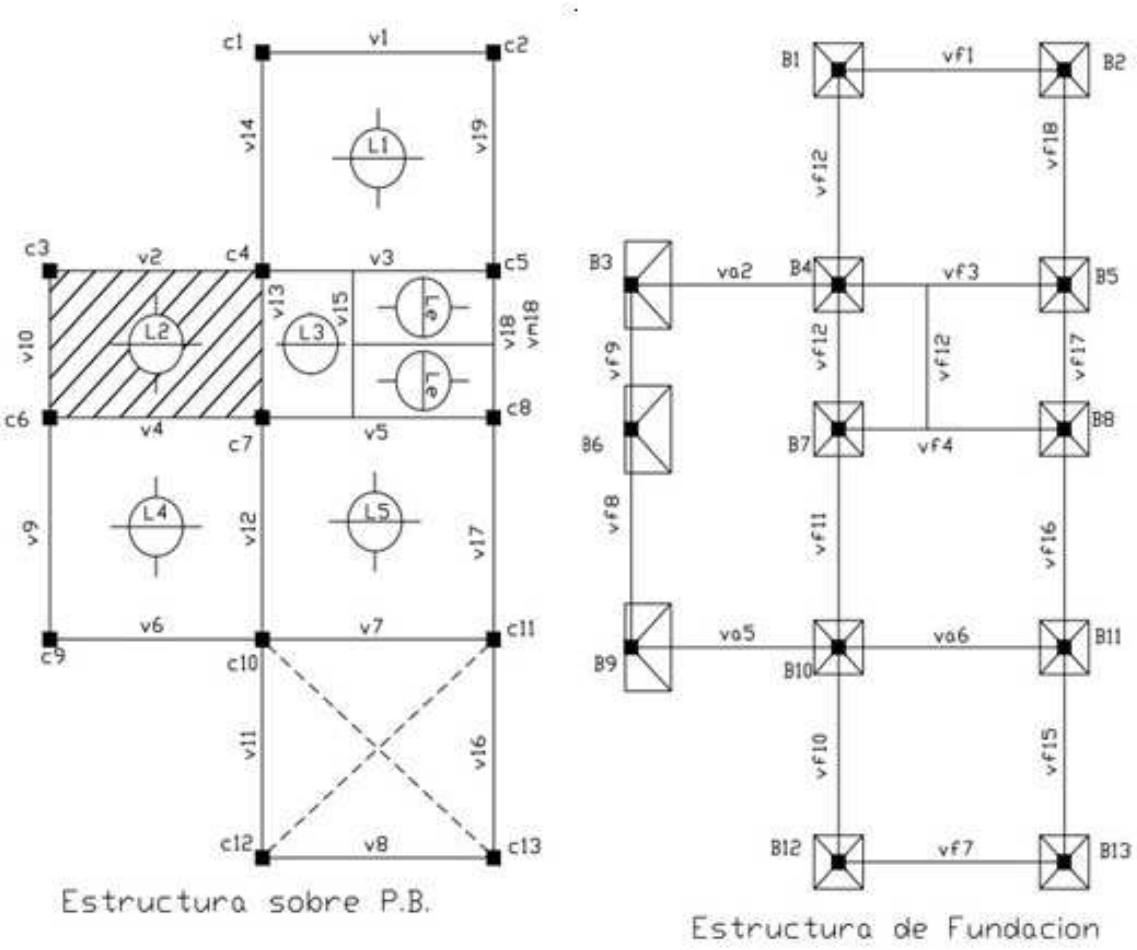
La letra que simboliza cada elemento deberá acompañarse con un número de orden. La numeración se realiza por planta y en el sentido de la lecto-escritura, esto es, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Por lo tanto:

Estructura sobre planta baja: del 01 al 99

Estructura sobre planta alta: del 101 al 199

Y así sucesivamente.

(No existe un solo criterio para esta numeración)

Al numerar las columnas debe mantenerse la correspondencia de números en la misma vertical (C1, C101, C201, etc.), y la base respectiva con el mismo número de orden (B1)

d. Ejemplo