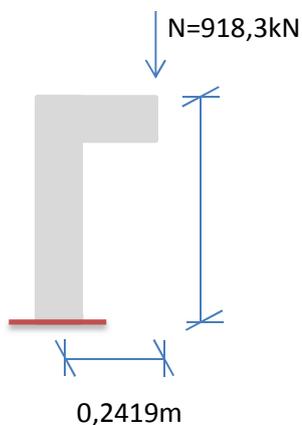


## PROGRAMA PARA LA RESOLUCIÓN DE PILARES POR EL MÉTODO RECTANGULAR SIMPLICADO SOMETIDAS A FLEXIÓN COMPUESTA SEGÚN LA NORMA EHE-08:

El siguiente ejemplo ilustra el procedimiento a seguir para la resolución de pilares sometidos a flexión compuesta con la calculadora ClassPad 400

Para ello supondremos un pilar cuyo peso propio sea despreciable y la carga de cerramiento sin mayorar, que actúa sobre él borde del voladizo sea:

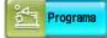


Lo primero será mayorar la carga de cerramiento, para ello usaremos el coeficiente de mayoración 1,35 por ser una carga permanente, a continuación calcularemos el momento que genera dicha carga sobre la base del pilar.

- $918,3\text{kN} \cdot 1,35 = 1240\text{kN}$
- $1240\text{kN} \cdot 0,242\text{m} = 300\text{mKN}$

El pilar tiene una sección rectangular de base  $B=0,3\text{m}$  y altura  $H=0,45\text{m}$  los recubrimientos mecánicos de las armaduras  $As_1$  y  $As_2$  son iguales con valor de  $50\text{mm}$ . Ya que se trata de un ejercicio teórico se ejemplifica con materiales no normalizados y de las siguientes características:

- Acero B-580-S  $\gamma_s=1,15$   $E_s=200000\text{N/mm}^2$
- Hormigón HA-30  $\gamma_c=1,5$   $\epsilon_{cu}=3,4\text{‰}$

Una vez calculado los pasos previos deberemos buscar el programa, para ello nos desplazaremos por el escritorio de la calculadora hasta el icono  una vez se despliegue la opción buscaremos el programa en el desplegable, en nuestro caso "EHE\_Fcom" y pulsaremos la opción  para ejecutarlo. En la siguiente página encontramos las ilustraciones para llegar a ello.

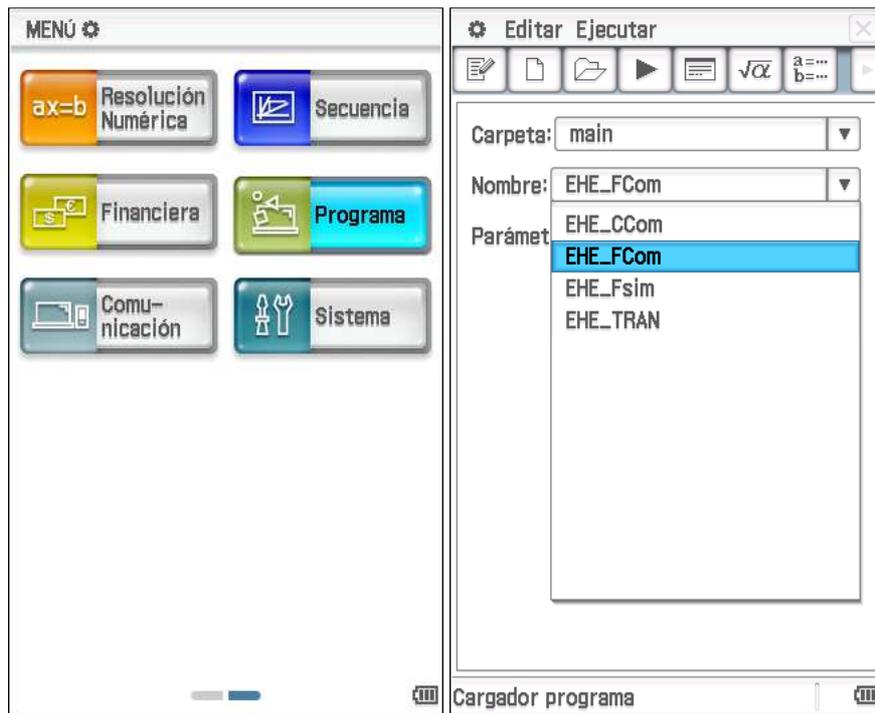


Figura 1: Búsqueda del programa y ejecución

Una vez ejecutado el programa nos aparecerán ventanas emergentes para pedirnos la introducción de datos específicos de nuestra viga: Base, Altura, Recubrimiento mecánico del armado a tracción “d’”, recubrimiento mecánico del armado a compresión “d’’”, el momento flector solicitante y el normal de nuestra sección:

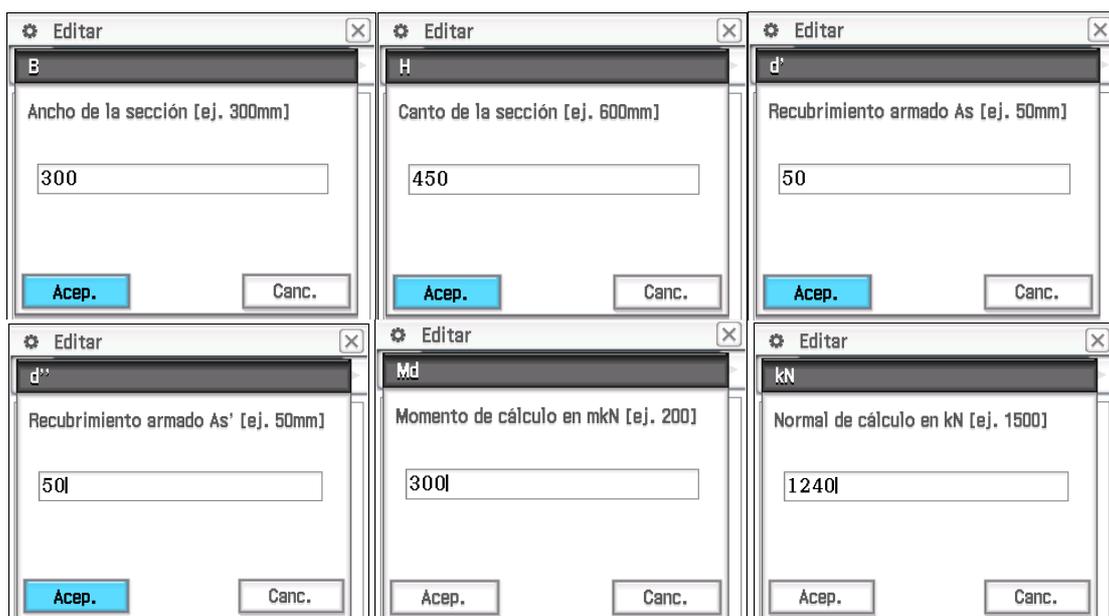


Figura 2: Introducción de datos específicos de la viga.

Aparece un mensaje en el que se nos pregunta si deseamos cambiar las características de nuestros materiales, por defecto el programa utiliza los siguientes materiales normalizados:

- Acero B-500-S  $\gamma_s=1,15$   $E_s=200000\text{N/mm}^2$
- Hormigón HA-25  $\gamma_c=1,5$   $\epsilon_{cu}=3,5\%$

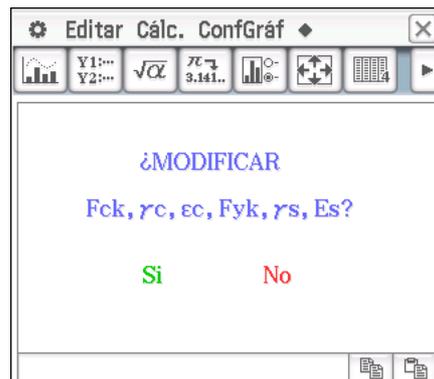


Figura 3: Datos específicos de los materiales.

En nuestro caso los materiales que vamos a emplear difieren de los empleados por defecto, por lo que pulsaremos Sí, nos aparece el siguiente menú. En él nos iremos desplazando por la

columna "list2" cambiando los datos necesarios, una vez acabado pulsaremos la tecla  abajo a la derecha de la pantalla:

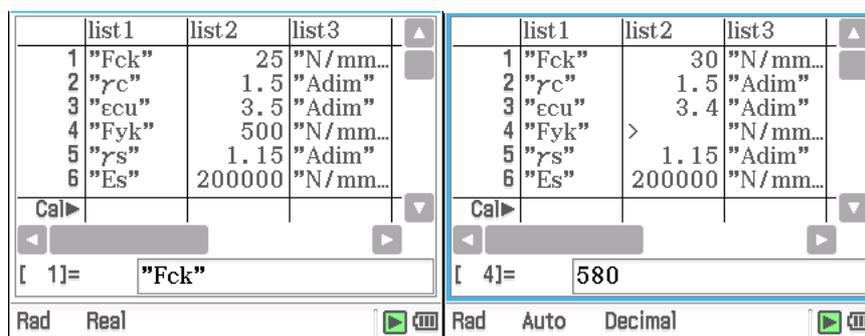


Figura 3: Cambio de los datos específicos de los materiales.

Una vez completado estos pasos, el programa calculará las características de la viga y el armado mostrando en pantalla los siguientes mensajes:

Características:		Armados:	
FCK	20 $\frac{N}{mm^2}$	As	683.569 mm <sup>2</sup>
FYD	504.348 $\frac{N}{mm^2}$	Asmin	122.931 mm <sup>2</sup>
d	400 mm	As2	1371.415 mm <sup>2</sup>
$\epsilon_y$	2.900 Adim	As2min	155 mm <sup>2</sup>
Mdc	517 mkN		

Figura 4: Características de mecánicas y físicas y armado necesario:

- Mcal indica el Momento que genera una vez descentrado del cdg de la sección sobre la armadura de tracción (ver fórmulas en la última página)

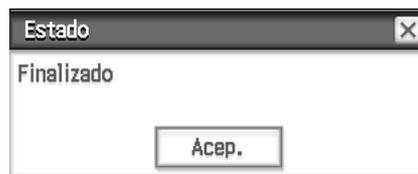
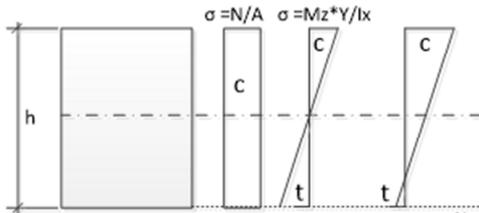


Figura 5: Viga calculada:

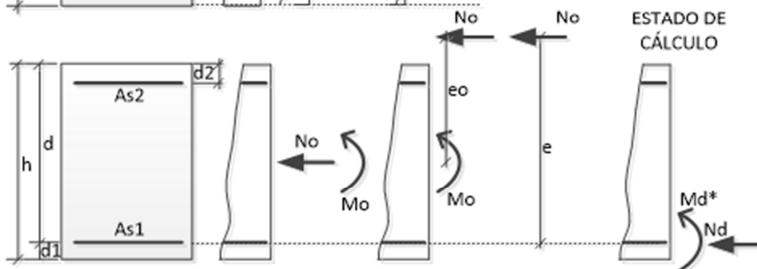
## Fórmulas empleadas para la resolución del ejercicio:

Trabajamos en los dominios II, III y IV. La sección está sometida a un normal con una excentricidad, lo que provoca un momento. Puede ser compresión compuesta o flexión compuesta, si tenemos dudas empezaremos haciendo flexión compuesta y si los resultados no son adecuados, iremos a compresión compuesta.

La profundidad de la FN no debe superar a la  $X_{lim}$ , si por cálculo ( $M_d > M_{lim}$ ) se armará en zona comprimida para absorber la diferencia de momento.



El normal provoca compresión en toda la sección, mientras que la flexión simple provoca dos zonas de igual valor y de sentido contrario a partir de la FN. La suma de los dos estados provoca una flexión compuesta.



Se suele producir la Flexión Compuesta en los pilares de última planta.

La norma "recomienda" disponer una armadura mínima de compresión que cumpla  $U_{s2} \geq 0.05N_d$

O lo que es lo mismo

PROBLEMAS DE PROYECTO:

Necesitamos calcular las armaduras  $A_{s1}$  (armadura más traccionada y  $A_{s2}$ , armadura más comprimida)

1) Calcular la excentricidad:

$$e_o = \frac{M_o}{N_o} \text{ ó } \frac{M_d}{N_d}$$

2) Mayorar las cargas:

$$N_d = N_o * \gamma_m$$

3) Calcular la excentricidad respecto  $A_{s1}$ :

$$e = e_o + \frac{h}{2} - d_1$$

4) Calcular el momento que produce el  $N_d$  respecto  $A_{s1}$ :

$$M_d^* = N_d * e$$

7) Comparar el  $M_d^*$  con el  $M_{lim}$

7.1)  $M_d^* < M_{lim}$

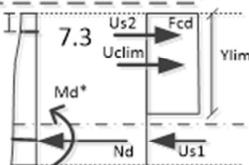
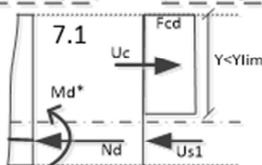
$Y < Y_{lim}$  No se necesita armado de compresión, pero colocamos

$U_{s2} = 0$  el mínimo aconsejado por norma  $U_{s2} = 0.05N_d$ .

$$\sum M = 0 \rightarrow M_d^* = F_{cd} * y * b * (d - \frac{y}{2}) \rightarrow \text{Despejar "y"}$$

$$\sum F = 0 \rightarrow U_{s1} = U_c - N_d \rightarrow F_{cd} * y * b - N_d$$

$$A_{s1} = \frac{U_{s1}}{F_{yd}} \quad A_{s2} = \frac{U_{s2}}{F_{yd}} = \frac{0.05N_d}{F_{yd} \text{ ó } 4000} \rightarrow \text{la menor}$$



5) Calcular los valores límite de la sección:

$$\epsilon_y = \frac{F_{yk}}{E_s} \quad \epsilon_{cu} = 3.5\% \text{ (hormigón normalizado)}$$

$$\frac{\epsilon_{cu}}{x_{lim}} = \frac{\epsilon_y}{d - x_{lim}} \quad \left| x_{lim} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_y + \epsilon_{cu}} d \right|$$

$$Y_{lim} = 0.8 X_{lim}$$

$$U_{s_{lim}} = U_{c_{lim}} = F_{cd} * b * Y_{lim}$$

$$M_{lim} = U_{c_{lim}} * Z = U_{c_{lim}} * (d - \frac{Y_{lim}}{2})$$

6) Calcular la capacidad mecánica mínima de  $A_{s2}$ :

$$U_{s2} \geq 0.05N_d$$

7.2)  $M_d^* = M_{lim}$

$Y = Y_{lim}$  Acero y hormigón trabajan al máximo. No se necesita armado de compresión pero colocamos el mínimo aconsejado por norma.

$$\sum F = 0 \rightarrow U_{s1} = U_{c_{lim}} - N_d \rightarrow F_{cd} * 0.8 X_{lim} * b - N_d$$

$$A_{s1} = \frac{U_{s1}}{F_{yd}} \quad A_{s2} = \frac{U_{s2}}{F_{yd}} = \frac{0.05N_d}{F_{yd} \text{ ó } 4000} \rightarrow \text{la menor}$$

7.3)  $M_d^* > M_{lim}$  El hormigón trabaja al máximo y se debe colocar armado de compresión  $U_{s2} \neq 0$

$$\sum M = 0 \rightarrow M_d^* = M_{lim} + U_{s2}(d - d_2)$$

$$U_{s2} = \frac{M_d^* - M_{lim}}{(d - d_2)}$$

$$\sum F = 0 \rightarrow N_d = U_{s2} + U_{c_{lim}} - U_{s1}$$

$$U_{s1} = U_{s2} + U_{c_{lim}} - N_d$$

$$A_{s1} = \frac{U_{s1}}{F_{yd}} \quad A_{s2} = \frac{U_{s2}}{F_{yd}} = \frac{0.05N_d}{F_{yd} \text{ ó } 4000} \rightarrow \text{la menor}$$

- Asmec Indica la cuantía mecánica mínima a instalar en la viga  $5\%N_d$
- Asgeo Indica la cuantía geométrica mínima a instalar según el acero
  - $4\% b * h$  para aceros B-500-S, B-500-SD, B-400-S y B-400-SD