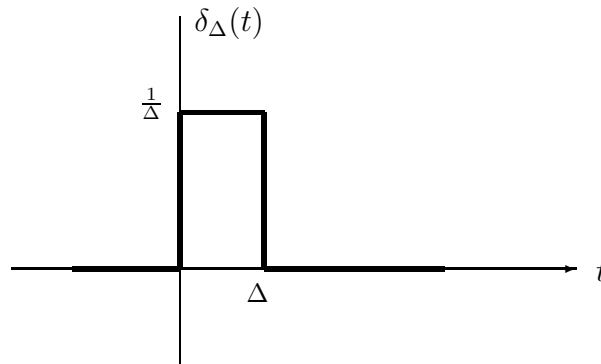


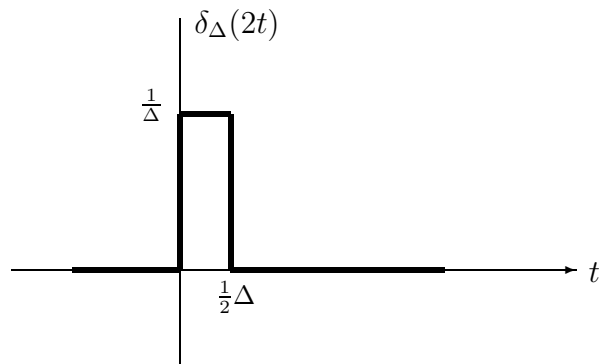
**(E1) O&W, problema 1.38(a)**

(a) A partir de la **Figura 1.34** en O&W, tenemos lo siguiente:



**Figura 2.O1.1: pulso estrecho**

A continuación, considere  $\delta_{\Delta}(2t)$ , que es una versión comprimida en el tiempo de la **Figura 1.34** en Oppenheim y Willsky.



**Figura 2.O1.2: pulso estrecho comprimido en el tiempo**

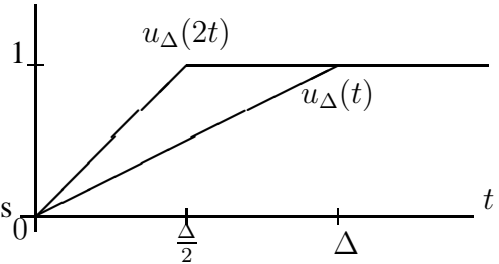
El área bajo este nuevo pulso es, por supuesto,  $\frac{1}{2}$ . Si tomamos el límite como  $\Delta \rightarrow 0$ , obtenemos:

$$\delta(2t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \delta_{\Delta}(2t)$$

El área bajo la que permanece  $\frac{1}{2}$ . A partir del resultado de la **sección 1.4.2** del libro de texto, tenemos:

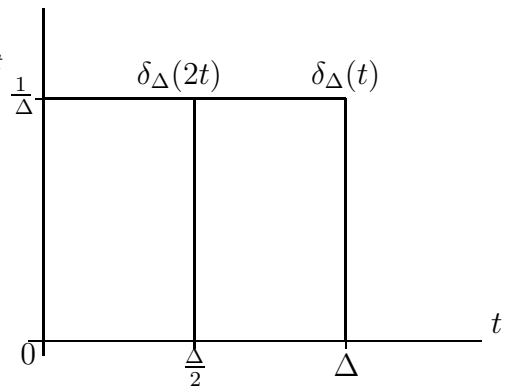
$$\delta(2t) = \frac{1}{2}\delta(t)$$

También podemos mostrar esto utilizando la relación entre la función de escalón unitario y el impulso unitario (es decir, el impulso unitario es la derivada de tiempo de una función de escalón unitario). Para un  $\Delta$  dado, la aproximación de los dos escalones unitarios  $u_{\Delta}(t)$  y  $u_{\Delta}(2t)$  se muestra a la derecha. Observe que  $u_{\Delta}(2t)$  alcanza la unidad en  $t = \frac{\Delta}{2}$ .



Si realizamos un cambio de variable  $s = 2t$  donde  $ds = 2dt$  y utilizamos la ecuación (1.73) en O&W, obtenemos:

$$\begin{aligned} \delta_{\Delta}(s) &= \frac{du_{\Delta}(s)}{ds} = \frac{du_{\Delta}(2t)}{2dt} \\ &= \frac{1}{2} \frac{du_{\Delta}(2t)}{dt} = \frac{1}{2} \frac{2}{\Delta} = \frac{1}{\Delta}. \end{aligned}$$



El área encerrada en  $\delta_{\Delta}(2t)$  es la mitad de la de  $\delta_{\Delta}(t)$ , como se muestra a la derecha. Puesto que  $\delta(t)$  está definido por su área, obtenemos  $\delta(2t) = \frac{1}{2}\delta(t)$ . En general:

$$\delta(at) = \frac{1}{|a|}\delta(t)$$

se mantiene para cualquier número real  $a$  no cero. Lo anterior es una prueba de la propiedad de escala de tiempo, que nos indica que simplemente reducimos  $\delta_{\Delta}(t)$  por un factor de dos.

**(E2) O&W, problema 2.33 (a-i)**

- (a) (i) Es necesario que hallemos las soluciones homogénea y particular, siendo la solución final la suma de las dos. Comencemos por la solución particular, a la que denominaremos  $y_p(t)$ . La solución particular toma la forma de la entrada para  $t > 0$ ,  $y_p(t) = Ae^{3t}$ . Si sustituimos en (P2.33 -1) para  $t > 0$  obtenemos,

$$\begin{aligned}3Ae^{3t} + 2Ae^{3t} &= e^{3t} \\ A &= \frac{1}{5}\end{aligned}$$

Que nos da la solución particular,  $y_p(t) = \frac{1}{5}e^{3t}$ .

Para la parte homogénea, probemos un exponencial general, de nuevo para  $t > 0$ . Si denotamos la solución homogénea como  $y_h(t)$ , tenemos  $y_h(t) = Be^{st}$  donde  $B$  y  $s$  son constantes que han de determinarse. Si sustituimos en (P2.33 -1) con la entrada fija en 0, tenemos:

$$\begin{aligned}Bse^{3t} + 2Be^{3t} &= 0 \\ s + 2 &= 0 \\ s &= -2\end{aligned}$$

Por consiguiente, la solución homogénea toma la forma de  $Be^{-2t}$ . La salida viene dada por tanto por:

$$\begin{aligned}y(t) &= y_h(t) + y_p(t) \\ &= Be^{-2t} + \frac{1}{5}e^{3t}\end{aligned}$$

Sabemos que el sistema estaba inicialmente en reposo, por lo que en  $t = 0$  la salida debe ser cero:

$$\begin{aligned}y(t) &= Be^{-2(0)} + \frac{1}{5}e^{3t} \\ B &= -\frac{1}{5}\end{aligned}$$

Por tanto, la salida  $y(t) = -\frac{1}{5}e^{-2t} + \frac{1}{5}e^{3t}$ .

Observe que hemos tenido que resolver para  $B$  con la información adicional (además de la ecuación diferencial) que indicaba que el sistema estaba inicialmente en reposo. Esto se debe a que las ecuaciones de diferencias de coeficientes de constante lineal (LCCDE) **NO** son caracterizaciones completas de sistemas. En términos generales, necesitamos más información para calcular la salida cuando nos dan una señal de entrada.

(E3) O&W, 2.44 (a)

(a) Considere las señales generales que cumplen las restricciones dadas, tal como se indica a continuación. Observe que el gráfico es una versión de tiempo invertido de  $h(\tau)$ .

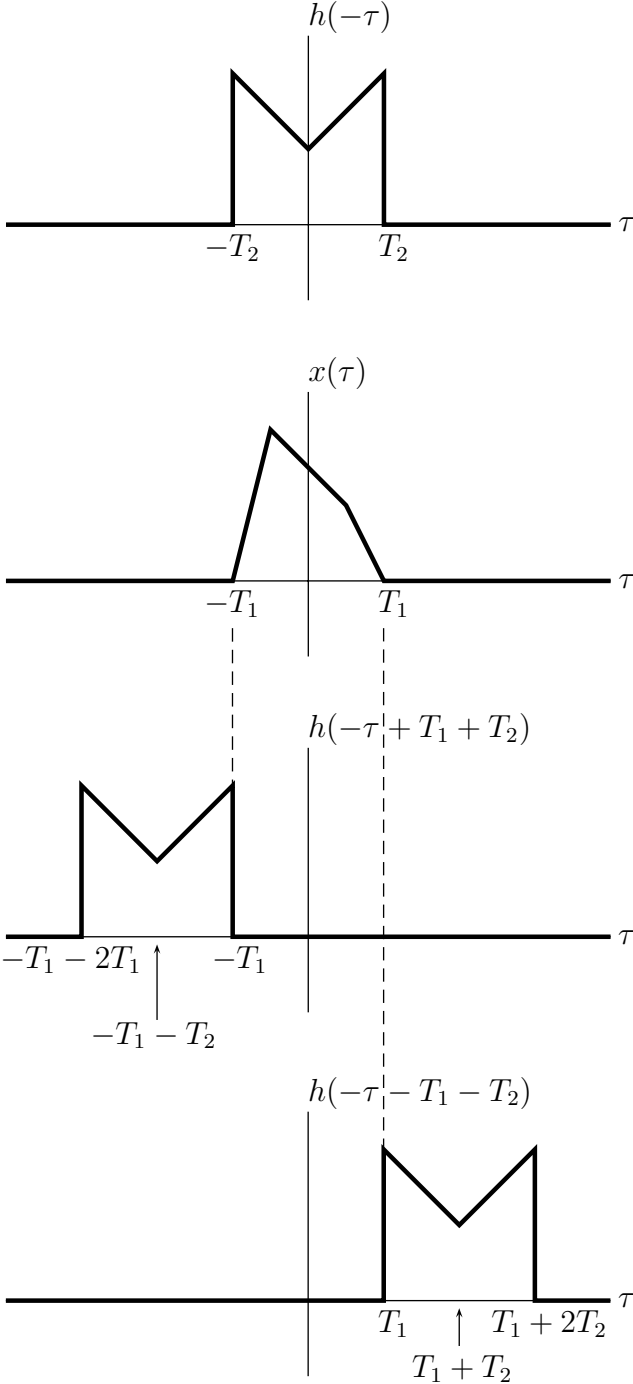


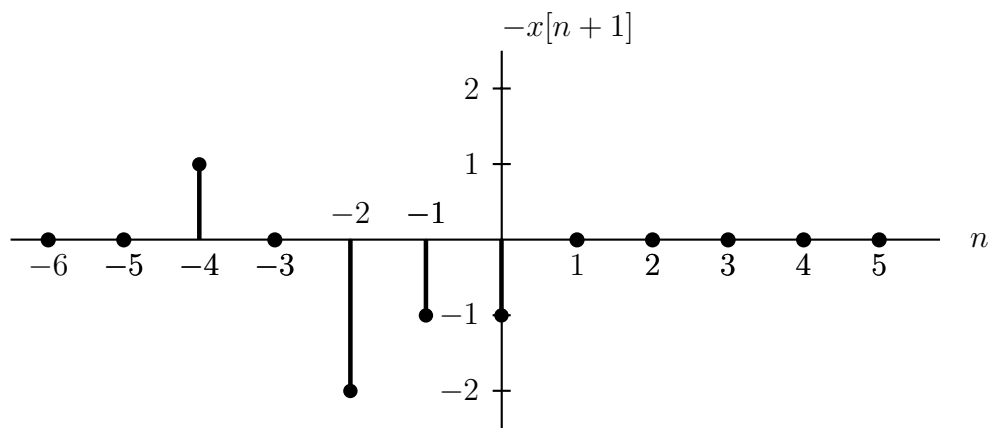
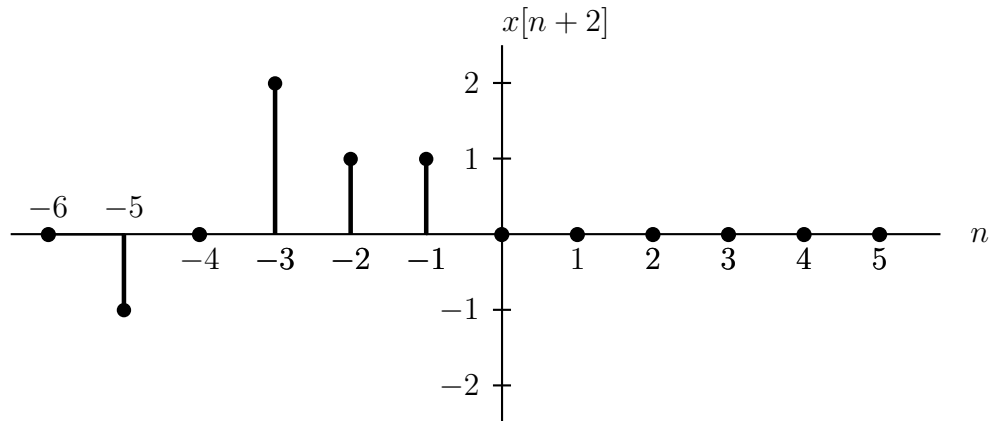
Figura 2.03:  $x(t)$  y  $h(t)$  en puntos de ruptura en inversión y deslizamiento

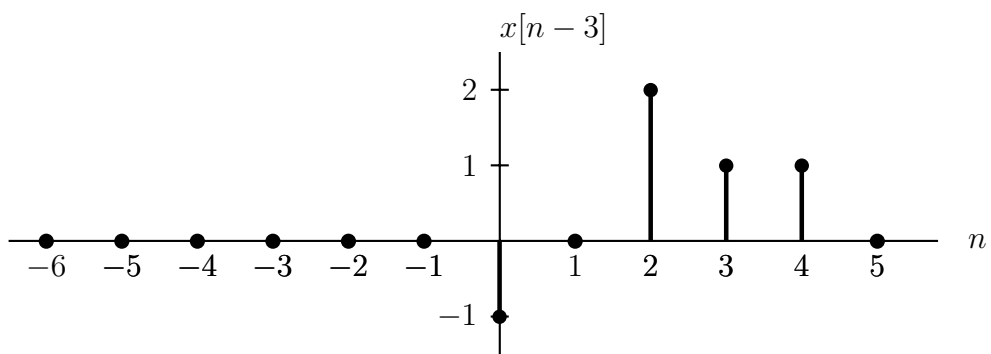
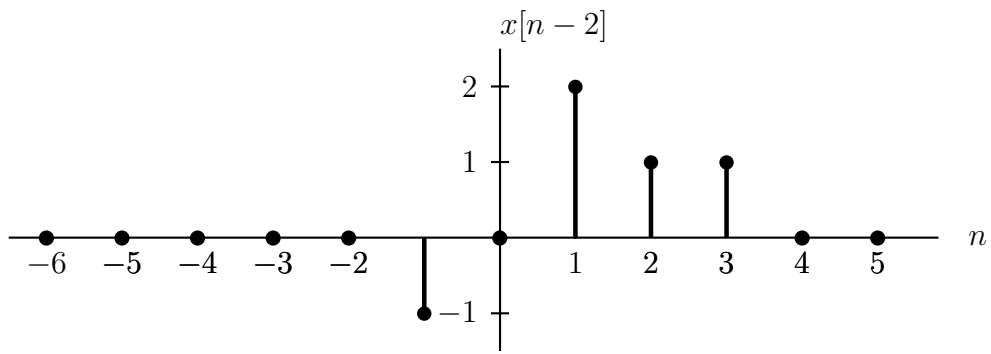
Si utilizamos el método de inversión y desplazamiento para realizar la convolución, observamos que el producto de las dos señales (basado en la superposición) es, primero, no cero en  $t = -T_1 - T_2$  y cesa de serlo en  $t = T_1 + T_2$ . Por consiguiente, la salida,  $y(t)$  es cero para  $|t| > T_1 + T_2$ .

Por lo general, cuando se convolucionan dos señales de duración finita en tiempo continuo, el resultado comienza siendo no cero en la suma de los índices de tiempo cuando las dos señales originales comienzan siendo no cero. Igualmente, el resultado de la convolución termina siendo no cero en la suma de los índices de tiempo cuando las señales que se convolucionan terminan siendo no cero.

### Problema 1

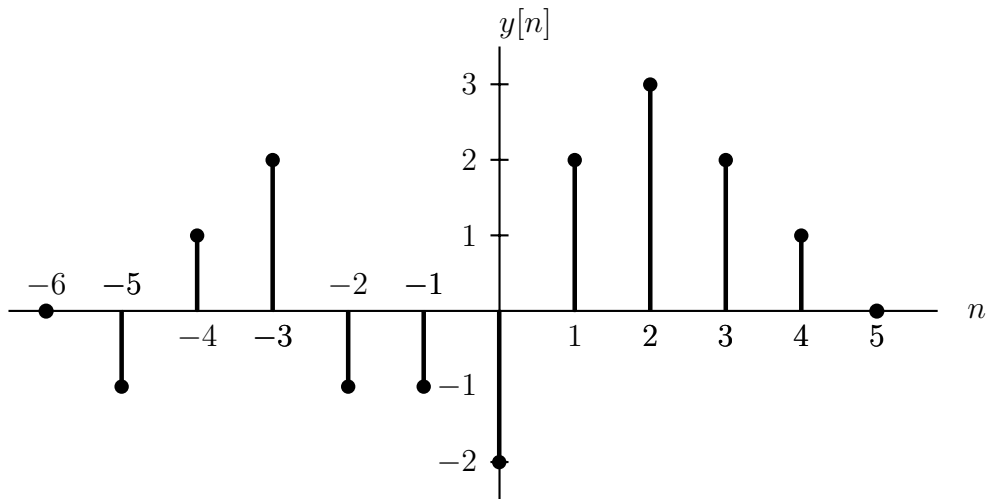
- (a) Generalmente, resulta más sencillo hallar la convolución de secuencias de corta duración en tiempo discreto centrando copias de una de las señales aproximadamente en cada muestra no cero de la otra señal y realizándolas a escala del valor de la muestra en esa ubicación. El resultado es la suma de todas las señales escaladas y desplazadas. Por consiguiente,  $y[n]$  viene dada por la suma de las siguientes señales:





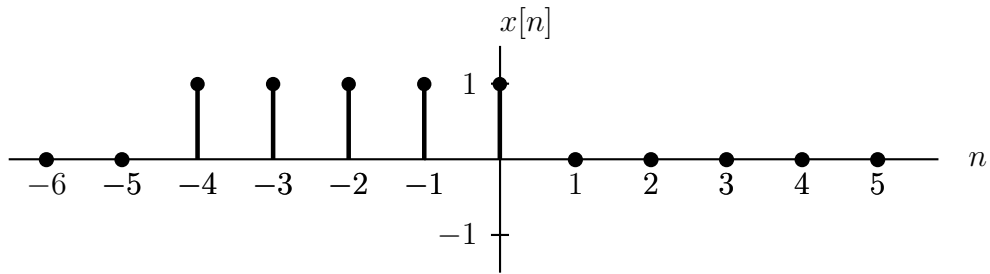
**Figura 2.1.a.1:**  $x[n]$  escalada y desplazada

La suma de estas da como resultado la siguiente secuencia para  $y[n]$ :



**Figura 2.1.a.2:**  $y[n]$

- (b) En este apartado podemos utilizar de nuevo el método de escala y desplazamiento, ya que la secuencia  $x[n]$  es de corta duración, tal como se indica a continuación:



**Figura 2.1.b:**  $x[n]$

Por consiguiente, podemos escribir la salida como la suma de entradas escaladas desplazadas:

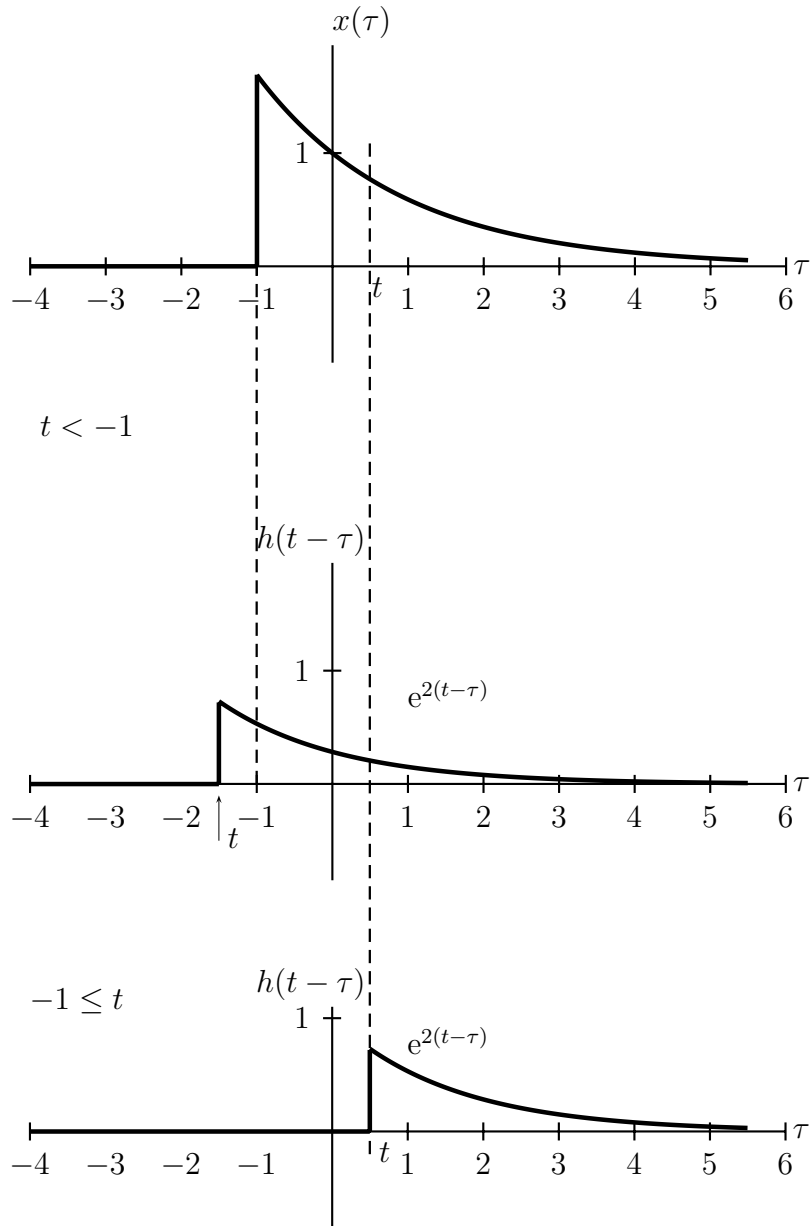
$$\begin{aligned}
 y[n] &= 2^n u[2-n] + 2^{n+1} u[1-n] + 2^{n+2} u[-n] + 2^{n+3} u[-n-1] + 2^{n+4} u[-n-2] \\
 &= \sum_{k=0}^4 2^{n+k} u[2-n-k]
 \end{aligned}$$

**Problema 2**

- (a) A partir de la definición de la convolución tenemos la siguiente expresión para la salida  $y(t)$ :

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t - \tau)x(\tau)d\tau$$

Basándonos en  $x(t)$  y  $h(t)$ , podemos dividir la integración en dos regiones, tal como se indica en el diagrama. Los rangos son  $t < -1$  y  $t \geq -1$ .



Para el rango  $t < -1$ , la región donde  $x(\tau)h(t - \tau)$  es no cero va desde  $-1 \rightarrow \infty$ . Por lo tanto, la expresión para  $y(t)$  viene dada por:

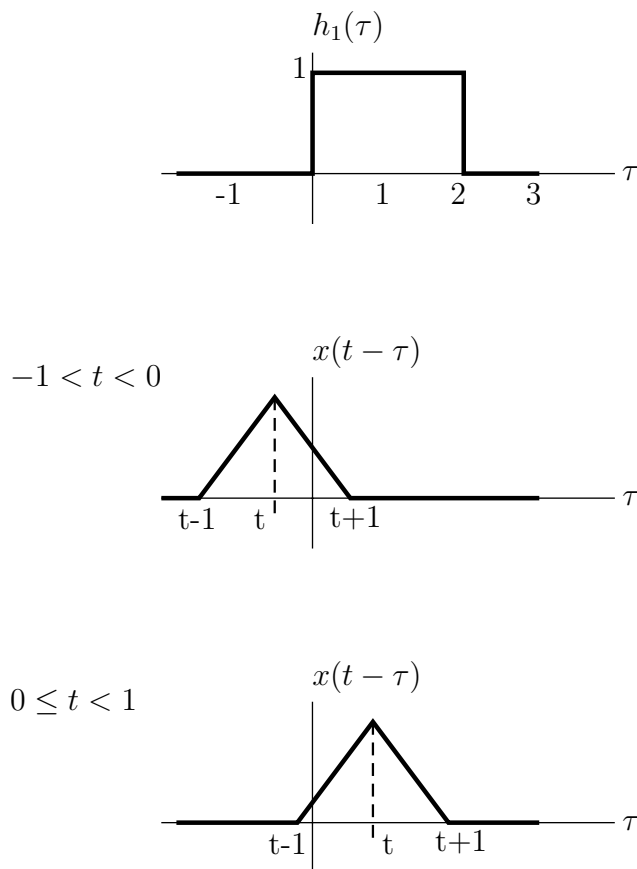
$$\begin{aligned}y(t) &= \int_{-1}^{\infty} h(t - \tau)x(\tau)d\tau = \int_{-1}^{\infty} e^{2(t-\tau)}e^{-\tau}d\tau \\&= e^{2t} \int_{-1}^{\infty} e^{-3\tau}d\tau = e^{2t} \left[ -\frac{1}{3}e^{-3\tau} \right]_{-1}^{\infty} \\&= \frac{1}{3}e^{2t+3}\end{aligned}$$

Para el rango  $t \geq -1$ ,  $x(\tau)h(t - \tau)$  es no cero para  $\tau > t$ . Por lo tanto, la expresión para  $y(t)$  viene dada por:

$$\begin{aligned}y(t) &= \int_t^{\infty} h(t - \tau)x(\tau)d\tau = \int_t^{\infty} e^{2(t-\tau)}e^{-\tau}d\tau \\&= e^{2t} \int_t^{\infty} e^{-3\tau}d\tau = e^{2t} \left[ -\frac{1}{3}e^{-3\tau} \right]_t^{\infty} \\&= e^{2t} \left[ -\frac{1}{3}e^{-3t} \right] \\&= \frac{1}{3}e^{-t}\end{aligned}$$

- (b) Aquí podemos dividir  $h(t)$  en  $h(t) = h_1(t) + h_2(t)$ , donde  $h_1(t)$  es la parte con forma de "caja" de  $h(t)$ , y  $h_2(t)$  son los dos impulsos.  $y_1(t)$  e  $y_2(t)$  denotan el resultado de convolucionar  $x(t)$  con  $h_1(t)$  y  $h_2(t)$  respectivamente.

En primer lugar, calculemos  $y_1(t)$ . Para ello, fijamos  $h_1(t)$  e invertimos y desplazamos  $x(t)$ . En la figura siguiente se representan las diferentes regiones de superposición.



Para el rango  $-1 < t < 0$ , el resultado de la convolución es el área bajo el producto de las dos señales, que viene dada por:

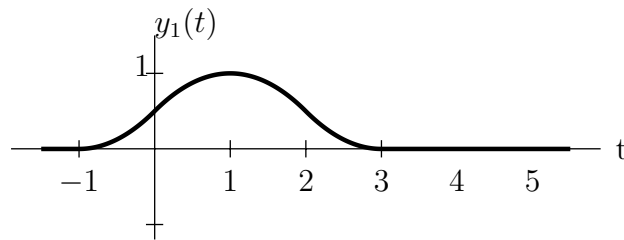
$$\begin{aligned} y_1(t) &= \frac{1}{2}(t+1)(t+1) \\ &= \frac{1}{2}(t^2 + 2t + 1) \end{aligned}$$

Para el rango  $0 \leq t < 1$ , el área bajo el producto viene dada por:

$$\begin{aligned}
y_1(t) &= t(1-t) + \frac{1}{2}t(1-(1-t)) + \frac{1}{2} \\
&= t - t^2 + \frac{1}{2}t^2 + \frac{1}{2} \\
&= \frac{1}{2}(1 + 2t - t^2)
\end{aligned}$$

Ahora  $x(t)$  y  $h_1(t)$  son señales simétricas aproximadamente en  $t = 0$  y  $t = 1$ , respectivamente. Por lo tanto, la convolución de las dos es simétrica aproximadamente en  $t = 1$ .

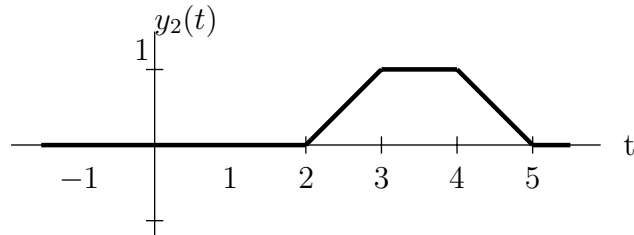
El diagrama para  $y_1(t)$  es el siguiente:



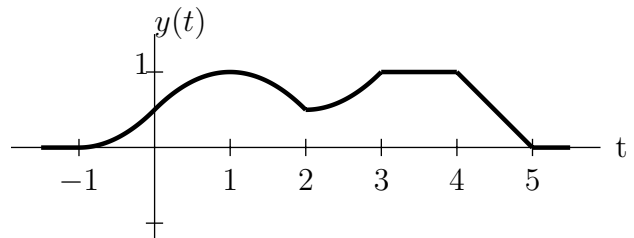
Con las distintas regiones de la curva tal como se indica:

$$\begin{aligned}
-1 < t < 0, & \quad y_1(t) = \frac{1}{2}(t^2 + 2t + 1) \\
0 \leq t < 1, & \quad y_1(t) = \frac{1}{2}(1 + 2t - t^2) \\
1 \leq t < 2, & \quad y_1(t) = \frac{1}{2}(1 + 2t - t^2) \\
2 \leq t < 3, & \quad y_1(t) = \frac{1}{2}(t^2 - 6t + 9)
\end{aligned}$$

La convolución con  $h_2(t)$  es directa, ya que es una convolución con impulsos. Para ello, lo único que necesitamos es centrar el triángulo alrededor de los dos impulsos y realizarlo a escala del área que hay bajo cada impulso, que en este caso es 1, lo cual nos da el siguiente diagrama para  $y_2(t)$ .



El resultado final es la suma de los dos, tal como se indica:



Las partes curvadas del diagrama vienen dadas por las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 -1 < t < 0, & & y(t) &= \frac{1}{2}(t^2 + 2t + 1) \\
 0 \leq t < 1, & & y(t) &= \frac{1}{2}(1 + 2t - t^2) \\
 1 \leq t < 2, & & y(t) &= \frac{1}{2}(1 + 2t - t^2) \\
 2 \leq t < 3, & & y(t) &= \frac{1}{2}(t^2 - 4t + 5)
 \end{aligned}$$

### Problema 3

- (a) Puesto que la respuesta de muestra unitaria es no cero para  $n < 0$ , el sistema no es causal. Para tener estabilidad, tenemos que asegurarnos de que la respuesta a impulso es absolutamente sumable.

$$\begin{aligned} \sum_{k=-\infty}^{\infty} |h[k]| &= \sum_{k=-\infty}^3 2^k \\ &= \sum_{k=-\infty}^{-3} \left(\frac{1}{2}\right)^k \end{aligned}$$

que es finita. De este modo, el sistema es estable.

- (b) Dado que  $h(t)$  es 1 para  $t < 0$ , el sistema no es causal. Para tener estabilidad, la respuesta a impulsos tiene que ser absolutamente integrable:

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} |h(t)| dt &= \int_{-\infty}^{\infty} h(t) dt && \text{puesto que } h(t) \text{ nunca es negativo} \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \left( u(1-t) - \frac{1}{2} e^{-t} u(t) \right) dt \\ &= \int_{-\infty}^0 u(1-t) dt + \int_0^{\infty} \left( u(1-t) - \frac{1}{2} e^{-t} u(t) \right) dt \\ &= \int_{-\infty}^0 1 dt + \int_0^{\infty} \left( u(1-t) - \frac{1}{2} e^{-t} u(t) \right) dt \end{aligned}$$

El primer término de la derecha de la ecuación se integra a  $\infty$  pero el segundo término es finito, lo significa que la suma de los dos términos es infinita. Por tanto, no es estable.

- (c) Este sistema es causal ya que la respuesta a impulsos es cero para  $n < 0$ . Para tener estabilidad, la respuesta a impulsos debe ser absolutamente sumable.

$$\begin{aligned} \sum_{k=-\infty}^{\infty} |h[k]| &= \sum_{k=0}^{\infty} h[k] + \sum_{k=-\infty}^{-1} -h[k] \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} [1 - (0.99)^k] u[k] + \sum_{k=-\infty}^{-1} [1 - (0.99)^k] u[k] \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} [1 - (0.99)^k] \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} 1 - \sum_{k=0}^{\infty} (0.99)^k \end{aligned}$$

El segundo término de la derecha es finito, como ya sabemos por las series de potencia y la fórmula que derivamos en el boletín de problemas 1. El primer término de la derecha de la ecuación es infinito. Por lo tanto, el lado derecho es infinito, lo significa que el sistema no es estable.

- (d) Puesto que  $h(t) = 0$  para todo  $t < 0$ , este sistema es causal. Ahora comprobemos la estabilidad tomando la integral del valor absoluto.

$$\begin{aligned}\int_{-\infty}^{\infty} |h(t)| dt &= \int_{-\infty}^{\infty} h(t) dt && \text{puesto que } h(t) \text{ es siempre positivo} \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} e^{15t} [u(t-1) - u(t-100)] dt \\ &= \int_1^{100} e^{15t} dt \\ &= \left. \frac{1}{15} e^{15t} \right|_1^{100} \\ &= \frac{1}{15} (e^{1500} - e^{15})\end{aligned}$$

que es finito. Por lo tanto, el sistema es estable.

#### Problema 4

Podemos introducir los valores de la entrada en la ecuación de diferencias para calcular la salida, teniendo en cuenta que el sistema está inicialmente en reposo.

Podemos describir la ecuación de diferencias de la forma siguiente:

$$y[n] = \frac{1}{2}y[n-1] + 2x[n] - x[n-2].$$

A partir de la ecuación de diferencias y de la señal de entrada dada, observamos que la primera salida no cero tiene lugar en  $n = -2$ , que es la primera entrada no cero. Podemos iterar a través de los índices de tiempo  $n = -2$  hasta  $n = 5$ . Después de eso, podemos escribir una expresión para las restantes muestras, puesto que la entrada ya no acciona el sistema después de  $n = 5$ . En  $n = 6, 7, 8 \dots$ , la salida depende solamente de la salida anterior. Vamos a iterar a través de las 8 primeras muestras de salida:

$$\begin{aligned}y[-2] &= 0 + 2 \cdot 2 - 0 = 4 \\y[-1] &= \left(\frac{1}{2}\right) \cdot 4 + 2 \cdot 1 - 0 = 4 \\y[0] &= \left(\frac{1}{2}\right) \cdot 4 + 0 - 2 = 0 \\y[1] &= 0 + 0 - 1 = -1 \\y[2] &= -\left(\frac{1}{2}\right) \cdot 1 + 2 \cdot 1 - 0 = \frac{3}{2} \\y[3] &= \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \frac{3}{2} + 2 \cdot 1 - 0 = \frac{11}{4} \\y[4] &= \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \frac{11}{4} + 0 - 1 = \frac{3}{8} \\y[5] &= \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \frac{3}{8} - 1 = -\frac{13}{16}\end{aligned}$$

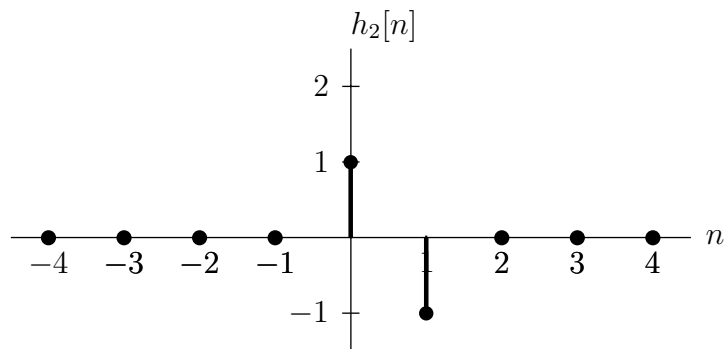
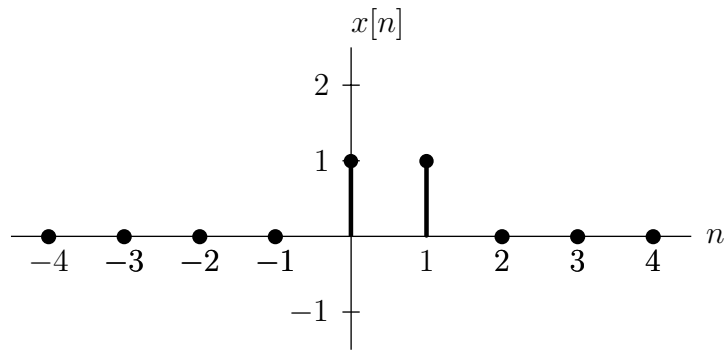
de  $n = 6$  en adelante, la salida es sólo una mitad de la salida anterior, por lo que para  $n \geq 6$ , tenemos:

$$y[n] = -\left(\frac{1}{2}\right)^{n-5} \cdot \frac{13}{16}.$$

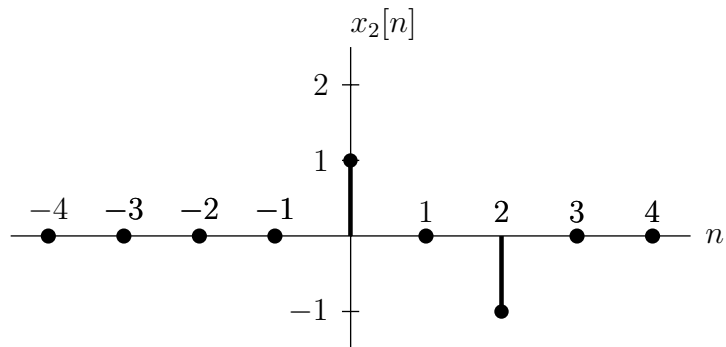
Por tanto, la solución total es la expresión anterior, los valores calculados mediante iteración y  $y[n] = 0$  para  $n < -2$  debido al reposo inicial.

### Problema 5

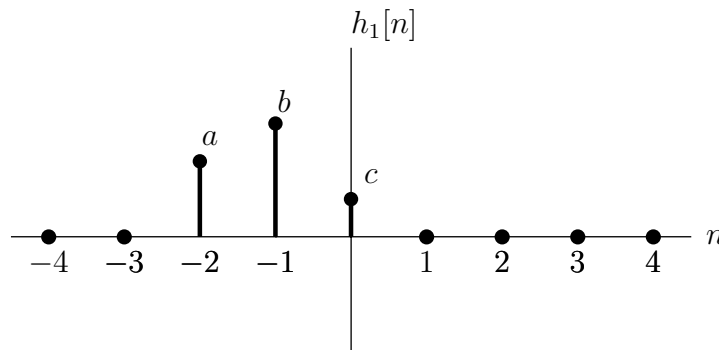
Puesto que la convolución es conmutativa, podemos convolucionar  $x[n]$  con  $h_2[n]$  seguido en primer lugar por una convolución con  $h_1[n]$  para obtener  $y[n]$ . Comencemos convolucionando  $x[n]$  con  $h_2[n]$  e indicando el resultado como  $x_2[n]$ .  $x[n]$  y  $h[n]$  vienen dados por lo siguiente:



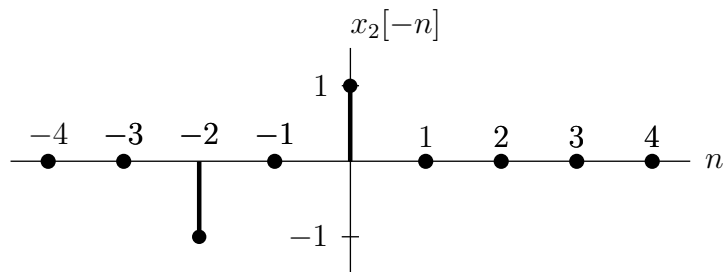
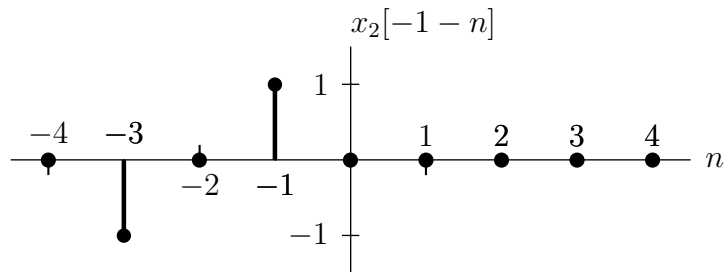
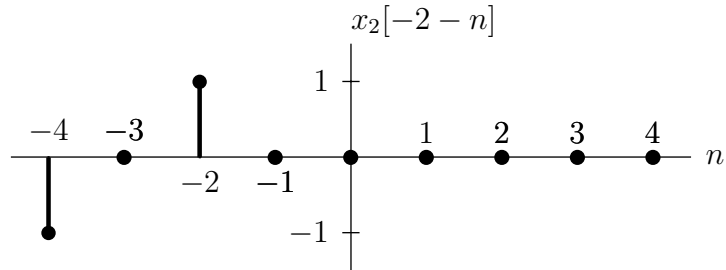
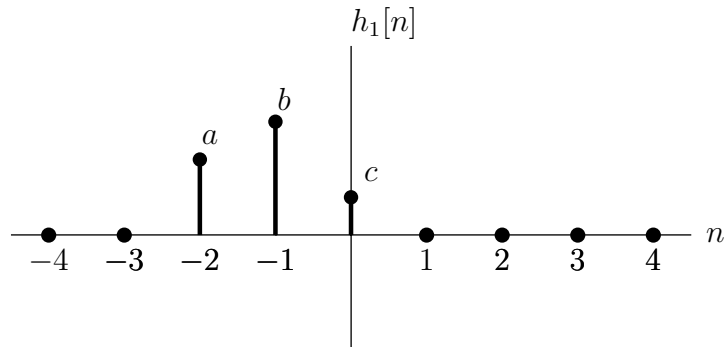
Por lo tanto,  $x_2[n]$  viene dado por lo siguiente:



A continuación, necesitamos calcular la secuencia  $h_1[n]$ , que al ser convolucionada con  $x_2[n]$  da  $y[n]$ . Primero, basándonos en los puntos de inicio y terminación  $y[n]$ , podemos determinar los puntos no cero primero y último de  $h_1[n]$ . Esto es así porque el primer punto no cero de  $y[n]$  se encuentra en el índice de tiempo que es la suma de los primeros índices no cero de  $x_2[n]$  y  $h_1[n]$ , lo que significa que el primer punto no cero de  $h_1[n]$  se encuentra en  $n = -2$ . Igualmente, sabemos que el punto de terminación se encuentra en el índice  $n = 0$ . Podemos utilizar los mecanismos de inversión y desplazamiento para determinar los valores de las muestras entre  $n = -2$  y  $n = 0$ . Consideremos el siguiente diagrama como un diagrama de tronco  $h_1[n]$ :



Si invertimos y desplazamos  $x_2[n]$  frente a  $h_2[n]$  y lo comparamos con  $y[n]$ , podemos obtener lo siguiente:



A partir del diagrama de  $x[-2 - n]$  deducimos que:

$$\begin{aligned}y[-2] &= a + 0 \\ a &= 2\end{aligned}$$

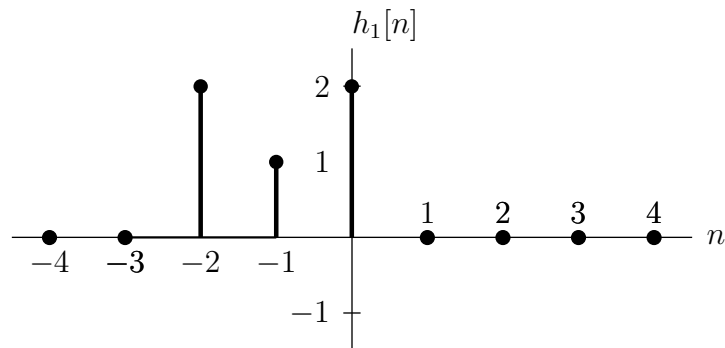
A partir del diagrama de  $x[-1 - n]$  deducimos que:

$$\begin{aligned}y[-1] &= b + 0 \\ b &= 1\end{aligned}$$

A partir del diagrama de  $x[-n]$  deducimos que:

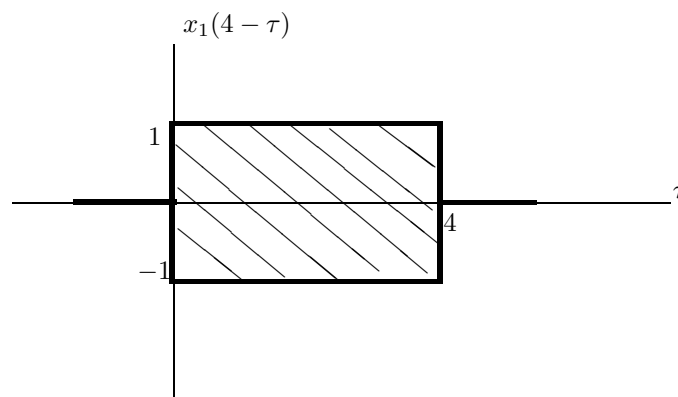
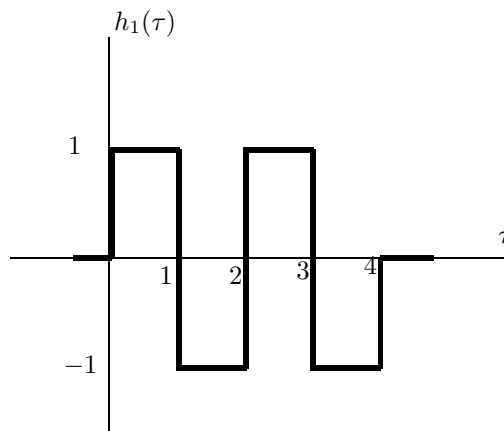
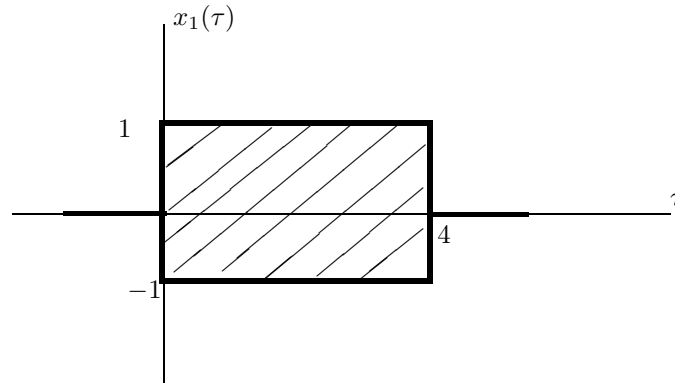
$$\begin{aligned}y[0] &= c - a \\ 0 &= c - 2 \\ c &= 2\end{aligned}$$

De este modo, hemos hallado la secuencia completa  $h_1[n]$  que viene dada por:

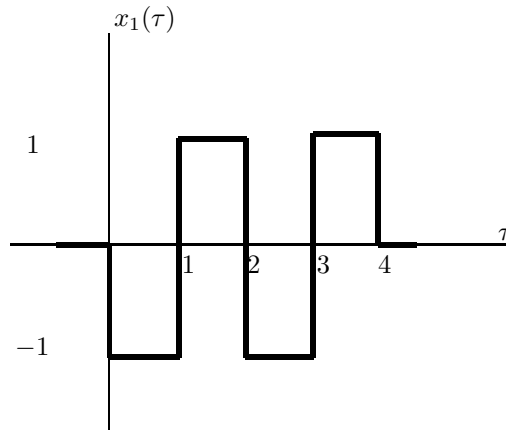


### Problema 6

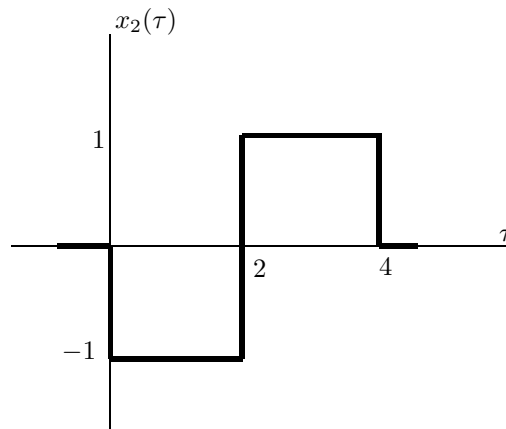
- (a) Considere la operación de inversión y desplazamiento para hallar el resultado de la convolución de  $x_1(t)$  y  $h_1(t)$  en  $t = 4$ . Si fijásemos  $h_1(\tau)$  y realizásemos la inversión y el desplazamiento de  $x_1(\tau)$ , obtendríamos el siguiente diagrama para algún  $x_1(t - \tau)$  (por determinar) y  $h_1(\tau)$ .



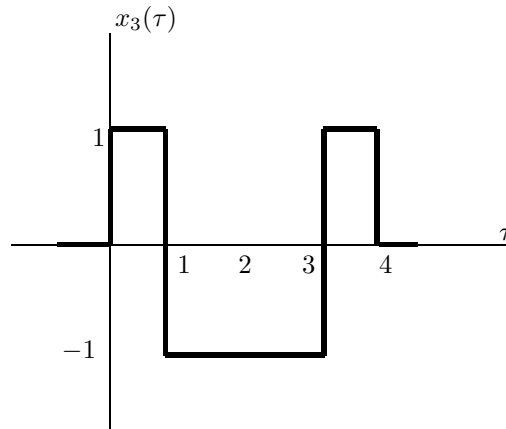
A partir de este diagrama, queda claro que en  $t = 4$ , la señal  $x_1(4 - \tau)$  idéntica a  $h_1(\tau)$  dará como resultado el mayor área bajo el producto de  $x_1(4 - \tau)$  y  $h_1(\tau)$ . Puesto que esto asegurará la multiplicación de las partes negativas de  $h_1(\tau)$  por los valores negativos de  $x_1(4 - \tau)$ , si  $x_1(4 - \tau)$  es idéntico a  $h_1(\tau)$ ,  $x_1(\tau)$  viene dado por:



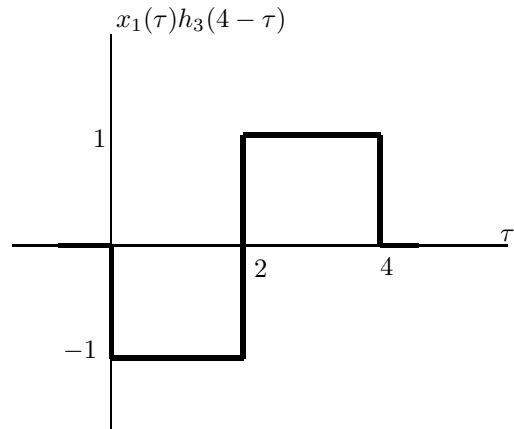
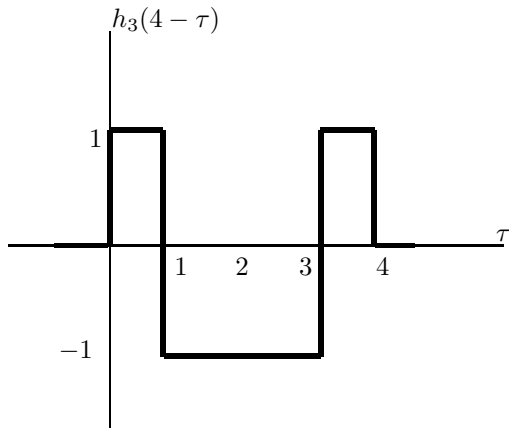
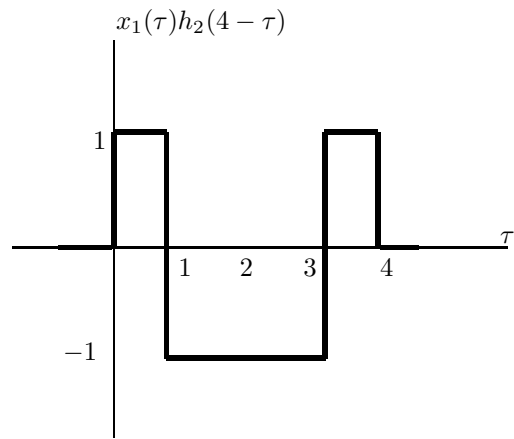
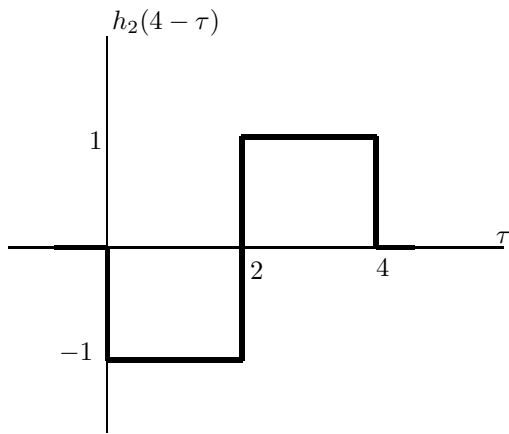
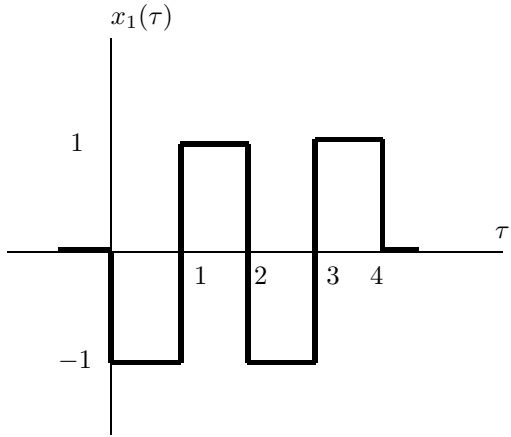
- (b) Igualmente, para las dos próximas señales, tenemos el valor máximo de la convolución en  $t = 4$  dado por versiones invertidas y desplazadas (por 4) de las propias entradas. Esto nos da el siguiente diagrama para  $x_2(t)$ :



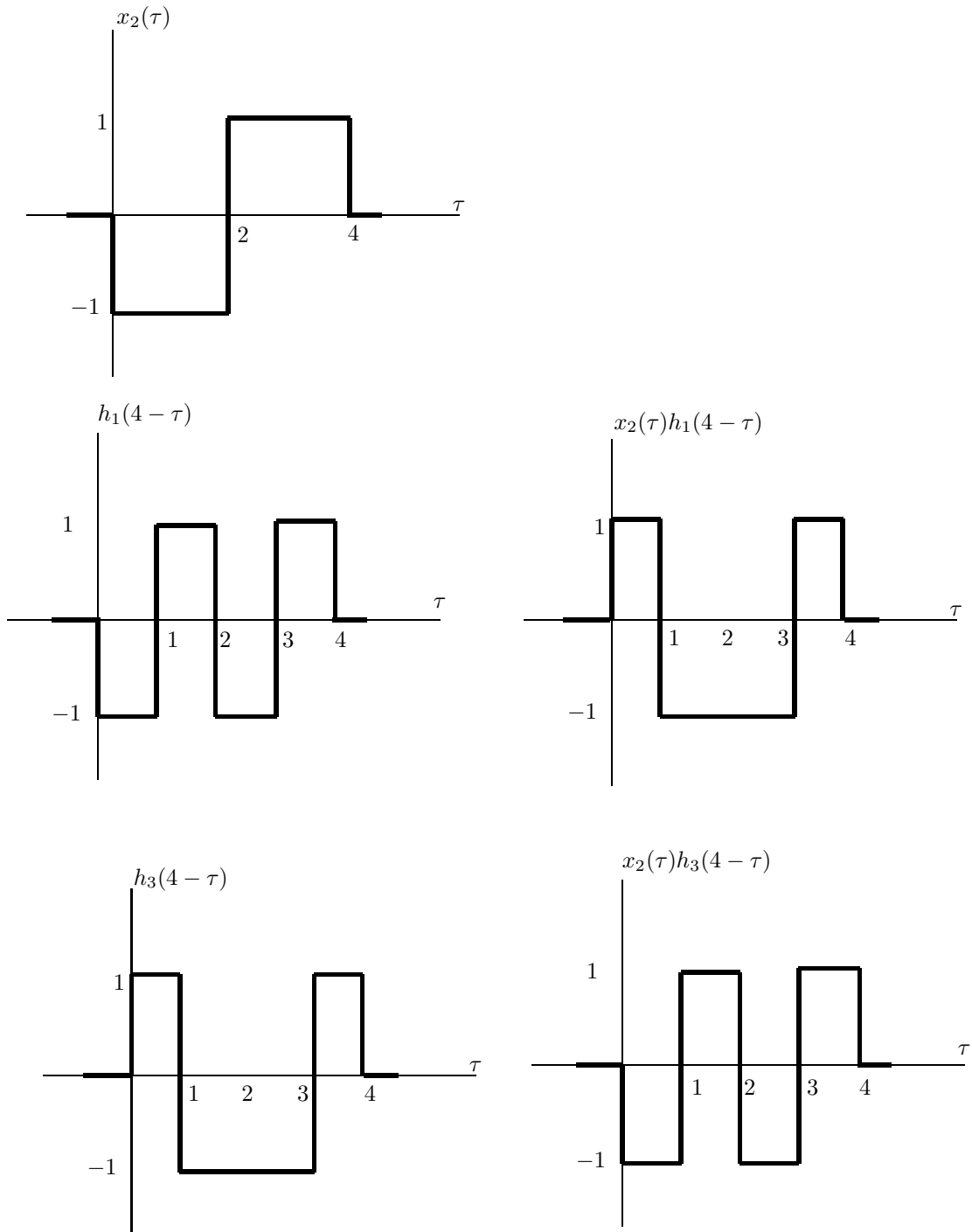
La señal  $h_3(t)$  parece la misma invertida (aproximadamente la línea  $t = 2$ ) y sin invertir. Por lo tanto, el resultado es idéntico a la respuesta a impulso y viene dado por:



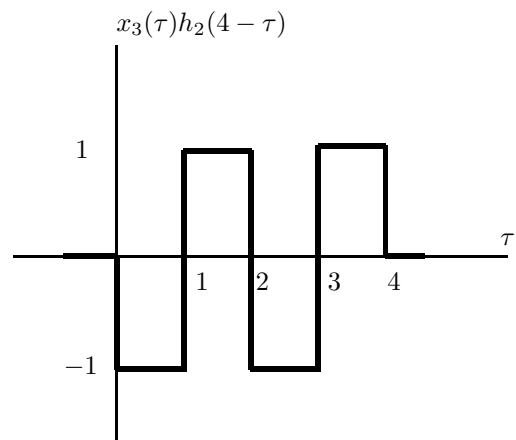
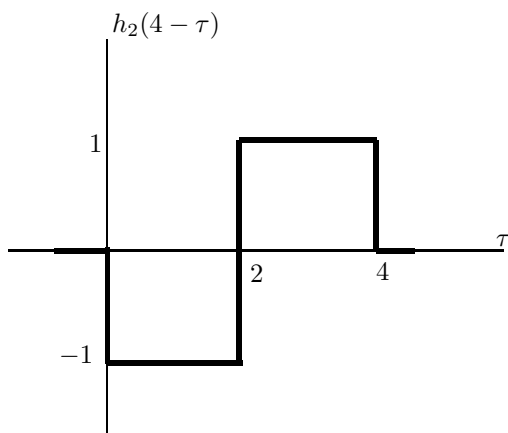
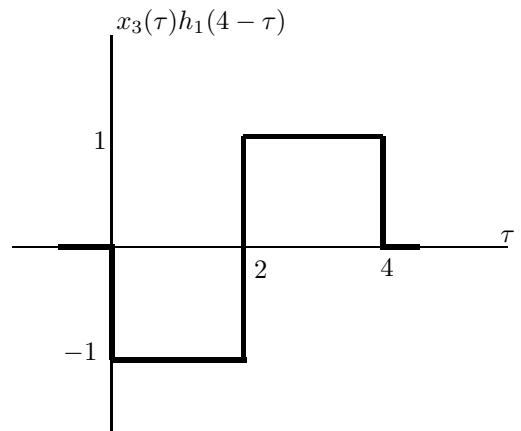
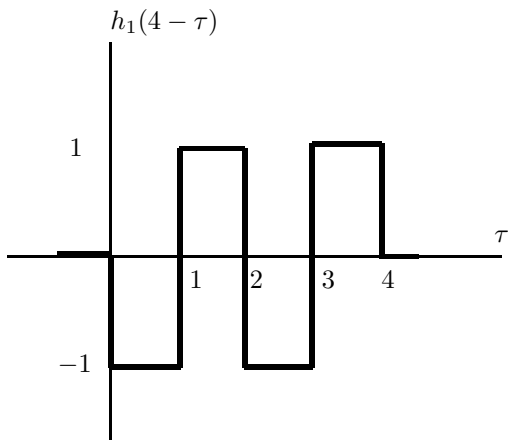
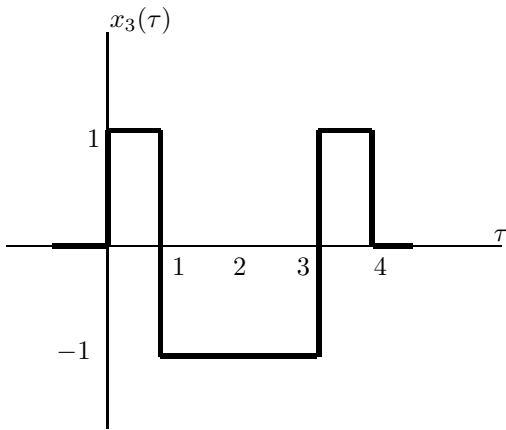
- (c) El siguiente diagrama representa los valores de  $x(t) * h_2(t)$  y  $x_1(t) * h_3(t)$ , además de mostrar la señal  $x_1(t)$  fijada y  $h_2(t)$  y  $h_3(t)$  invertidos y desplazados a la ubicación adecuada. Obviamente, el área debajo de los productos es cero para los dos casos.



La siguiente figura representa esto para  $x_2(t) * h_1(t)$   $x_2(t) * h_3(t)$ . De nuevo, el área bajo los productos es cero para los dos casos.



La siguiente figura representa esto para  $x_3(t) * h_1(t)$   $x_3(t) * h_2(t)$ . De nuevo, el área bajo los productos es cero para los dos casos.

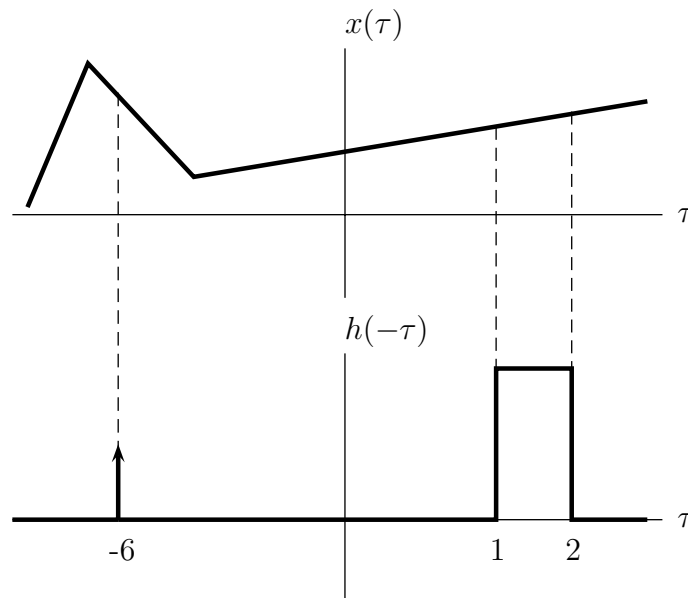


### Problema 7

Considere una señal genérica  $x(\tau)$ . Se puede hallar el valor de  $y(0)$  evaluando la integral de convolución en  $t = 0$ .

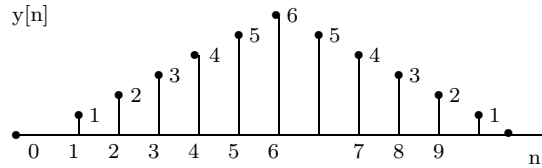
$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t - \tau)d\tau$$
$$y(t)|_{t=0} = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(-\tau)d\tau$$

Esto es simplemente el área bajo el producto de las dos señales indicadas a continuación. Ya que  $h(-\tau)$  es cero en todas partes menos para  $2 < \tau < 1$  y en  $\tau = -6$ , el producto de las dos señales será también cero fuera de este rango. De este modo, sólo necesitamos conocer  $x(\tau)$  en  $1 < \tau < 2$  y  $\tau = -6$ .



**Problema 8 (BDS 2.1)**

- (a) Dado  $x[n] = \begin{cases} 1, & 0 \leq n \leq 5 \\ 0, & \text{de lo contrario} \end{cases}$  hallaremos  $y[n] = x[n] * x[n]$ . Lo más sencillo es hacerlo gráficamente. Invertir el ping, multiplicar, sumar y desplazar  $x[n]$  da como resultado la salida de la derecha.



- (b) El libro de trabajo BDS MATLAB muestra cómo debería ser  $y[n]$  obtenido con ayuda de MATLAB. Un código que realiza ese diagrama es, por ejemplo:

```
x = ones(1,6);
y = conv(x, x);
ny = 0:10;
stem(ny,y)
```

- (c) De nuevo, el libro de trabajo BDS MATLAB muestra  $y[n]$  obtenido con ayuda de MATLAB. A continuación, se indica el código que genera el diagrama deseado:

```
x = ones(1,6);
h = 0:5;
y = conv(x, h);
ny = 0:10;
stem(ny,y)
```

- (d) Comenzando con  $y_2[n] = x[n] * h[n + 5]$ , podemos derivar:

$$\begin{aligned} y_2[n] &= x[n] * h[n + 5] \\ &= x[n] * h[n] * \delta[n + 5] \\ &= y[n] * \delta[n + 5] \\ &= y[n + 5]. \end{aligned}$$

- (e) De nuevo, el libro de trabajo BDS MATLAB muestra cómo debería ser  $y_2[n]$  obtenido con ayuda de MATLAB. A continuación, se indica el código que genera el diagrama deseado:

```
x = ones(1,6);
h = 0:5;
y2 = conv(x, h);
ny2 = -5:5;
stem(ny2,y2)
```

### Problem 9 (BDS 2.2)

- (a) Para definir el sistema LTI causal dado por  $y[n] = 0.5x[n] + x[n - 1] + 2x[n - 2]$ , se definen  $a1$  y  $b1$  en MATLAB de la forma siguiente:

```
a1 = [1];  
b1 = [0.5 1 2];
```

- (b) Para definir el sistema LTI causal dado por  $y[n] = 0.8y[n - 1] + 2x[n]$ , se definen  $a2$  y  $b2$  en MATLAB de la forma siguiente:

```
a2 = [1 -0.8];  
b2 = [2];
```

- (c) Para definir el sistema LTI causal dado por  $y[n] - 0.8y[n - 1] = 2x[n - 1]$ , se definen  $a3$  y  $b3$  en MATLAB de la forma siguiente:

```
a3 = [1 -0.8];  
b3 = [0 2];
```

(d-f) El libro de trabajo facilita las soluciones.

- (g) Para generar  $x[n]$  a partir de  $0 \leq n \leq 10$  en MATLAB, hay que utilizar  $x2 = [ \text{ones}(1,6) \text{ zeros}(1,5) ]$ ;

(h) Los valores en  $h2$  son los mismos que en  $h$ .

(i) El diagrama es el mismo que el BDS de la Fig. 2.4 avanzado por 5.

(j) Esto es simplemente como (g), excepto que el eje de tiempo se define de forma diferente. El código de MATLAB sería el siguiente:

```
x2 = [ ones(1,6) zeros(1,5) ];  
h2 = 0:5;  
y2 = filter(h2, 1, x2);  
ny2 = -5:5;  
stem(ny2,y2)
```