

A continuación se muestran los pasos a seguir para construir el ejercicio:

1. Abra Descartes y agregue un gráfico *segmento* verde de longitud 4 unidades y grosor de 4 píxeles con un extremo en el origen y el otro dependiendo de un ángulo dado por la variable *ang*. Este segmento corresponde al segundero.
2. Agregue otro segmento igual al anterior pero que sea de longitud 2 y color gris. Este segmento corresponde al minutero, así que asocie sus extremos apropiadamente al ángulo *ang* para que se comporte como el minutero.
3. Haga que las manecillas comiencen apuntando hacia arriba como en un reloj.
4. Active la animación y evite que se muestren los controles y que se lance automáticamente.
5. Inicialice la variable *ang* en cero al inicio de la animación. Haga que cada paso, dicha variable aumente en $\frac{2\pi}{60}$. Es decir, que aumente un sesentavo de vuelta. Haga que la animación se detenga al llegar a los 10 minutos.
6. Agregue un botón con identificador *AnimBt*, nombre *Animar*, y cuya acción sea animar.
7. Haga que la variable *ang* en la animación decrezca (en lugar de crecer) la misma cantidad que antes crecía. Ajuste la condición para que la animación se detenga al llegar al minuto 10.
8. Haga que la simulación respete de mejor forma el tiempo real.
9. Haga que la animación inicie desde que se carga el interactivo y que se repita el proceso.

A continuación se muestran los resultados esperados de los pasos de este ejercicio así como algunas observaciones.

1. El segmento se agrega en el selector *Gráficos*. Una vez agregado, el campo *expresión* en el mismo debe llevar $(0, 0) (4*\cos(ang), 4*\sin(ang))$ en su interior. La primera coordenada fija al segmento al origen, y la segunda fuerza que el extremo opuesto esté a 4 unidades y siguiendo el ángulo *ang*. El color del segmento se cambia por verde en la herramienta de control de colores del mismo y su grosor se cambia en el campo *ancho*. Tras aplicar los cambios, el segmento se observa en el interactivo horizontal y a la derecha. Ello responde a que *ang* aún lleva su valor de 0 por defecto (el ángulo es cero).
2. Se puede duplicar el primer segmento y cambiar el color a gris con la herramienta de control de colores del mismo. La segunda coordenada de la expresión (el extremo de la manecilla que se mueve) debe cambiar para ser de dos unidades de longitud. Así, el coeficiente que multiplica el seno y el coseno debe ser 2. Por otra parte, sabemos que el minutero gira una unidad cada que el segundero gira 60 (va a un sesentavo de lo que gira *ang*). Así, en vez de usar *ang* para este segmento, usamos $\frac{ang}{60}$. De tal forma que el campo *expresión* del segmento queda

$$(0, 0) (2*\cos(ang/60), 2*\sin(ang/60))$$
Tras aplicar los cambios, aparecen ambas manecillas pero apuntando a la derecha (pues *ang* es aún cero).
3. Podemos resolver este problema agregando un ángulo de $\frac{\pi}{2}$ sumado al ángulo en las coordenadas de los extremos de los segmentos. Así, para el segundero la *expresión* queda

$$(0, 0) (4*\cos(ang+\pi/2), 4*\sin(ang+\pi/2))$$
,
mientras que para el minutero queda

$$(0, 0) (2*\cos(ang/60+\pi/2), 2*\sin(ang/60+\pi/2))$$

Tras aplicar los cambios, ambas manecillas apuntan hacia arriba.
4. En el selector *Animación* hay que marcar el checkbox *Animación*. Una vez marcado, es posible desmarcar los checkbox *controles* y *auto*.
5. En el campo *inicio* del selector *Animación* se introduce

$$ang=0$$
En el panel *hacer* de la animación se introduce

$$ang=ang+2*\pi/60$$
Y en el campo *mientras* se incluye

$$ang<2*\pi*10$$

Note que $(2)(\pi)(10)$ corresponde a 10 vueltas del segundero, o bien 10 minutos.

Tras aplicar los cambios, las manecillas se mantienen quietas en su posición. Ello se debe a que no hay nada que lance la animación aún.

6. El botón se agrega en el selector *Controles* oprimiendo el botón $+$. En la ventana emergente es necesario indicar en el menú que el control es de tipo numérico. Ahí mismo se le puede asignar el identificador *AnimBt*. Una vez agregado, se cambia el campo *nombre* del control por *Animar*. Es necesario también cambiar el tipo de control numérico en el menú de *pulsador* a *botón*. El menú *acción* se debe colocar en *animar*. Tras aplicar los cambios, el botón aparece en el sur de la escena. Cuando se oprime, las manecillas comienzan a moverse, ¡pero en sentido contrario a las manecillas del reloj! Claro, el ángulo se indica que aumente, y los ángulos se miden en contra de las manecillas del reloj. No obstante, cuando el minuterero da 10 vueltas, la animación se detiene como esperado.

7. Sólo es necesario cambiar un signo en el panel *hacer* de la animación, que es lo que se le agrega a *ang*. Así, la línea debe quedar

$ang = ang - 2 * \pi / 60$

En el campo *mientras* debe quedar

$ang > -2 * \pi * 10$

Note que con estos cambios, la variable *ang* empieza su valor en cero y va bajando hacia los negativos. La condición para que se detenga la animación se ajusta a este cambio.

Tras aplicar los cambios, la animación se lanza al oprimir el botón *Animar* y las manecillas ahora sí giran en el sentido correcto. Como esperado, se detienen cuando el minuterero llega al minuto 10 (cuando el segundero da 10 vueltas).

8. La animación corre muy rápida. Es necesario incluir una pausa para que sea más parecida a la realidad. El campo *pausa* en el selector *Animación* está vacío, así que por defecto tarda 60 milisegundos entre un cálculo y otro. Queremos que pase un segundo (o 1000 milisegundos) entre un cálculo y otro. Así pues, introducimos 1000 en dicho campo.

Tras aplicar los cambios y lanzar la animación, el segundero tarda alrededor de 1 segundo entre un movimiento y el siguiente, como esperado.

9. En el selector *Animación* marcamos los checkbox *auto* y *repetir*. Si sólo aplicamos el cambio, la animación no empieza automáticamente. Es necesario pulsar el botón *aceptar* en el editor de configuraciones. El editor de Descartes muestra entonces las manecillas que empiezan solas a moverse. Si se dejan pasar los 10 minutos, la animación continúa, debido que *repetir* está marcado, y esto permite que la animación continúe.