



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA

SECRETARÍA GENERAL
DE EDUCACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE EDUCACIÓN,
FORMACIÓN PROFESIONAL
E INNOVACIÓN EDUCATIVA

CENTRO NACIONAL
DE INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN EDUCATIVA

LA HOJA DE CÁLCULO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS



SERVICIO DE
FORMACIÓN DEL
PROFESORADO

Sesión 9 – Técnicas de resolución



Índice

- 1: Conocimientos elementales
- 2: Modelos elementales
- 3: Tablas y gráficos
- 4: Informes y apuntes
- 5: Cálculos y utilidades

- 6: Datos estadísticos
- 7. Algoritmos y macros
- 8. Modelos de resolución
- 9. Técnicas avanzadas**
- 10. Análisis de datos

Guía del Alumno
Glosario

Sesión 9

Contenidos

Números aleatorios
Simulaciones
Simulación múltiple
Botones
Animaciones
Otros controles

Práctica

Complementos

Modelos de
simulación
Hiperenlaces botón
Códigos de macros

Ejercicios

Ejercicio 1
Ejercicio 2
Ejercicio 3

Sugerencias

Técnicas avanzadas

En esta sesión abordaremos una serie de técnicas de OpenOffice.org Calc que nos permitirán simular experimentos y situaciones. Usaremos dos tipos de simulación. En primer lugar estudiaremos las simulaciones en las que interviene el azar, aleatorias, para las que usaremos los números aleatorios. En segundo lugar construiremos modelos de simulación de experimentos en los que a partir de ecuaciones básicas usaremos simulaciones de tipo temporal.

Números aleatorios

La Hoja de Cálculo, mediante la generación de [números aleatorios](#) y su gran velocidad de procesamiento, permite simular experimentos de tipo estadístico y recogidas de datos que de otra forma requerirían mucho tiempo y trabajo: tiradas de dados, simulaciones de sucesos con probabilidad dada, distribuciones normales, etc., así como la reproducción de experimentos clásicos, como la máquina de Galton o el cálculo del número p mediante el método de Montecarlo.

Todas las simulaciones se basan en el uso de números aleatorios, es decir, distribuidos al azar. En realidad son *pseudoaleatorios*, pues el ordenador genera una secuencia muy amplia de cantidades, que forman un ciclo de miles de ellas, pero como cada vez se comienza por un punto distinto, da la apariencia de aleatoriedad.

Para generar un número aleatorio basta usar la función **ALEATORIO()**, que nos devolverá siempre un número al azar entre 0 y 1. Por ejemplo, la siguiente secuencia ha sido construida con la función ALEATORIO:

0,9440	0,5261	0,0286	0,8504	0,6697
0,0393	0,9044	0,5175	0,1621	0,9501
0,4009	0,1638	0,3489	0,4132	0,7396
0,5671	0,0708	0,8838	0,1243	0,9089
0,9030	0,7774	0,3845	0,9713	0,1892

A partir de esta función, completada con operaciones aritméticas y con la función **ENTERO** se pueden simular toda clase de números reales y enteros.

La fórmula general para simular números enteros entre los límites **A** y **B** es:

$$=A + \text{ENTERO}(\text{ALEATORIO()}*(B-A+1))$$

como se deduce fácilmente, pues si ALEATORIO() varía entre 0 y 1, al multiplicarlo por B-A+1 pasará a generar números entre 0 y B-A+1, pero sin alcanzar nunca este último valor. Con la parte entera les eliminamos los decimales, con lo que estarán comprendidos entre 0 y B-A, y al sumar A quedarán encuadrados entre A y B.

Así, con la fórmula **=1+ENTERO(ALEATORIO()*6)** podremos simular tiradas de dados, como las que se muestran en la figura:

1	1	4	2
3	6	6	1
3	2	2	3
4	5	2	2
5	4	1	4
5	3	1	3

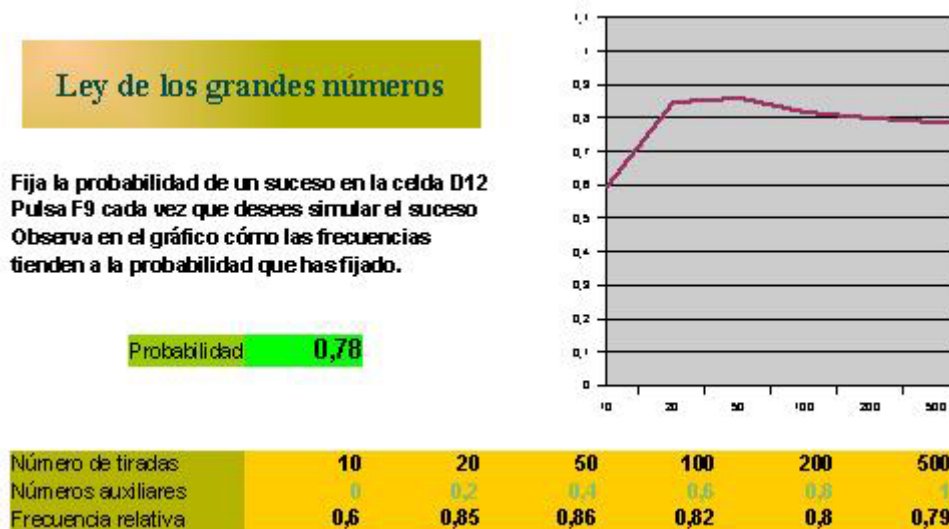
Abre una Hoja de Cálculo nueva y rellena con esa fórmula un rango completo de celdas para obtener 24 tiradas de dado como las que ves.

Una operación interesante es pedir **Recalcular** con la tecla F9 y observar que cambian totalmente los resultados de las tiradas, porque se han renovado todos los números aleatorios.

Con la fórmula **=ENTERO(ALEATORIO()*2)** generaríamos series aleatorias de 0 y 1, que son útiles para simular tiradas de monedas o series de respuestas del tipo SI-NO o Verdadero-Falso.

Algunas simulaciones

Para estudiar con más detalle estas técnicas abre el modelo [grannum.ods](#), que contiene varias simulaciones. Observa la primera hoja Una probabilidad.



Su objetivo es fijar la probabilidad de un suceso y después generarlo aleatoriamente 10, 20, ... hasta 1000 veces y comprobar que la sucesión de frecuencias relativas tiene como límite la probabilidad.

Cambia la probabilidad en la celda correspondiente y pulsa F9 para recalcular varias veces y observar así en el gráfico y en la tabla de frecuencias cómo estas tienden de forma bastante clara a la probabilidad teórica que has escrito.

La parte inferior del modelo llega hasta la fila 1021 y está llena de ceros y unos, que representan respectivamente **No sucede** y **Sucede** el suceso cuya probabilidad hemos fijado.

Por ejemplo, ¿cuántas veces esperamos que salga un seis si tiramos el dado 200 veces?

Escribe como probabilidad **=1/6** (no olvides el signo =) y entonces los ceros podrían interpretarse como "No sacar un 6 en el dado" y el 1 "Sacar 6". Obtendrás frecuencias relativas que oscilarán (al pulsar F9) entre 0,14 y 0,2 aproximadamente. Es decir, entre **28** (200.0,14) y **40** (200.0,2) son las veces que esperamos obtener un seis.

A la celda de la probabilidad le hemos insertado el nombre de **P** y todas las celdas que contienen 0 y 1 observarás que se generan con la fórmula

=SI(ALEATORIO(<p;1;0)

que interpretaremos como: si el número aleatorio es menor que la probabilidad fijada, escribe un 1 (que interpretamos como **suced**er) y en caso contrario escribe un 0 (**no sucede**).

Escribe una probabilidad alta y observarás que la mayoría de las celdas inferiores contendrán un **uno**.

Experimenta también con los valores 0 y 1 (Sucesos imposibles o seguros).

Las celdas de recuento de frecuencias usan fórmulas del tipo:

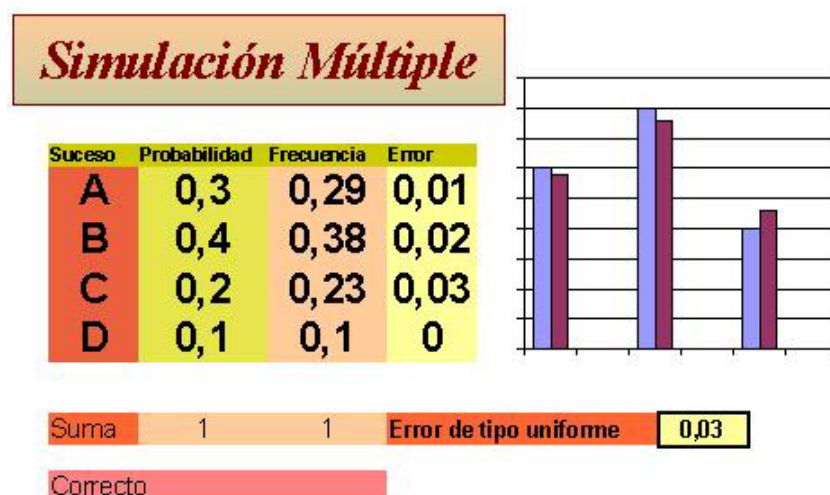
=CONTAR.SI(A22:A31;1)/CONTAR(A22:A31)

similares a las que estudiamos en la sesión 6.

Este modelo permite experimentar la conexión entre frecuencia y probabilidad, aunque es muy difícil quitar el carácter misterioso que este tipo de convergencia tiene ante el alumnado.

Simulación múltiple

Con la técnica de números aleatorios también se pueden simular varios sucesos tomados conjuntamente y cuyas probabilidades se conocen. Pasa a la Hoja siguiente del modelo, titulada **Varias probabilidades**.



Como se ve en la figura, se consideran cuatro sucesos A, B, C y D cuyas probabilidades se fijan en unas celdas adyacentes, en las que se han insertado los nombres **pr1**, **pr2**, **pr3** y **pr4** respectivamente.

Bajo ellas, otra celda nos indica si las hemos escrito correctamente o no mediante la fórmula:

=SI(O(pr1<0;pr2<0;pr3<0;pr4<0;C18<>1);"Probabilidades incorrectas";"Correcto")

Estúdiala con atención: mediante la función lógica **O** se pregunta si las probabilidades son negativas o si no suman 1. En este caso avisa de incorrección en su escritura.

Para simular los sucesos aprovechamos las probabilidades acumuladas, que siempre variarán entre 0 y 1, que es el rango de los números aleatorios. Así, en el ejemplo de la figura las probabilidades 0,3 0,4 0,2 y 0,1 las acumulamos sumando a cada una la anterior, resultando los números 0,3 0,7 0,9 y 1.

Una vez obtenidas las probabilidades acumuladas procedemos de esta forma:

Si un número aleatorio es menor que 0,3 suponemos que ha ocurrido A

En caso contrario, si es menor que 0,7 diremos que se trata de B

En caso contrario de nuevo, si no llega a 0,9 se tratará de C

Y finalmente, en el último caso contrario deberá haber ocurrido D

Todo este razonamiento queda plasmado en la fórmula

=SI(A23<pr1;"A";SI(A23<pr1+pr2;"B";SI(A23<pr1+pr2+pr3;"C";"D")))

usada en la parte inferior del modelo dedicada a la simulación de los sucesos A, B, C y D.

Recorre las demás celdas del modelo, en las que se vuelve a usar la función **CONTAR.SI** para los recuentos. Se ha añadido una celda con el error de tipo uniforme, que es el máximo de los errores, y que en estos casos suele ser del orden de las centésimas.

Botones

Abre el modelo [dados.ods](#). Es una simulación de tiradas de dados, pero contiene una novedad, y es el uso de **controles**, en concreto de **botones de acción**.

Tirada de dados

Instrucciones:

*Escribe un cero en la celda que inicia el recuento y pulsa Intro y F9
Observarás que aparece un cero en Frecuencia y Tiradas
Escribe tu apuesta (entre 2 y 11)
Escribe después un 1 en el Inicio y pulsa Intro
Pulsa el botón de abajo en cada tirada*

Tirada



Se inicia el recuento:	<input type="text" value="1"/>
Tu apuesta:	<input type="text" value="7"/>
Frecuencia:	7
Relativa:	0,0321
Tiradas	218

Observa el botón rotulado como **Tirada**. Al pulsar sobre él se ejecutará una macro que simula una tirada. Tú puedes también programar botones de acción, como verás más adelante.

El funcionamiento de este simulador comprende dos variedades, que se pueden mezclar entre ellas:

Manual

Escribes un 0 en el inicio, para que todos los contadores se pongan a cero (observa la función SI que contienen las fórmulas de esos contadores) Después fijas tu apuesta, entre 2 y 12. Por último, escribes un 1 en el inicio.

Después de esto, basta pulsar sobre el botón de tirada para ir obteniendo las sucesivas tiradas y las frecuencias de tu apuesta.

Automática

Debes usar tres botones

Con el primero pones a cero el contador,

con el segundo fijas el número de tiradas automáticas,

y con el tercero inicias una serie de tiradas.

En los Complementos te damos ideas sobre los códigos de estos botones.

Tiradas automáticas

Poner a cero

Número de tiradas

Serie de tiradas

Pulsa el botón de puesta a cero

Con el siguiente botón
escribe el número de
tiradas

Con el último realizas series de tiradas
Si no pones a cero de nuevo, las
Tiradas se acumularán.

Te proponemos realizar a continuación una simulación breve con el uso de macros y botones

Macros y botones

Abre la simulación carasol.ods, que hace aparecer un sol y una cara según las posibilidades que tú les des. Pulsa de forma reiterada sobre la tecla F9 y verás cambiar aleatoriamente el sol y la cara.

Te pedimos que programes un botón que al pulsarlo efectúe una tirada. Debes seguir estos pasos:

Grabar la macro

El botón de tirada equivale a la pulsación de la tecla F9 para recalcular.

Recuerda los pasos que aprendiste en la sesión 8:

Pides Herramientas > Macros > Grabar macro

Realizas las operaciones que desees que automatice la macro, en este caso **tan sólo pulsar la tecla F9**

Decides **Finalizar** la grabación

Guardas la macro en un módulo contenedor y le llamas **tirada**, por ejemplo.

Ejecutas la macro para comprobar que la has grabado bien.

Repasa los contenidos de la sesión anterior si algo no te funciona bien

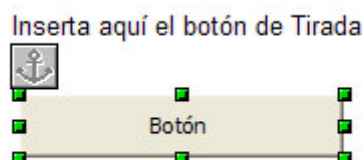
Diseñar el botón

Pide **Ver > Barras de Herramientas > Campos de control de formulario**. Obtendrás esta barra:

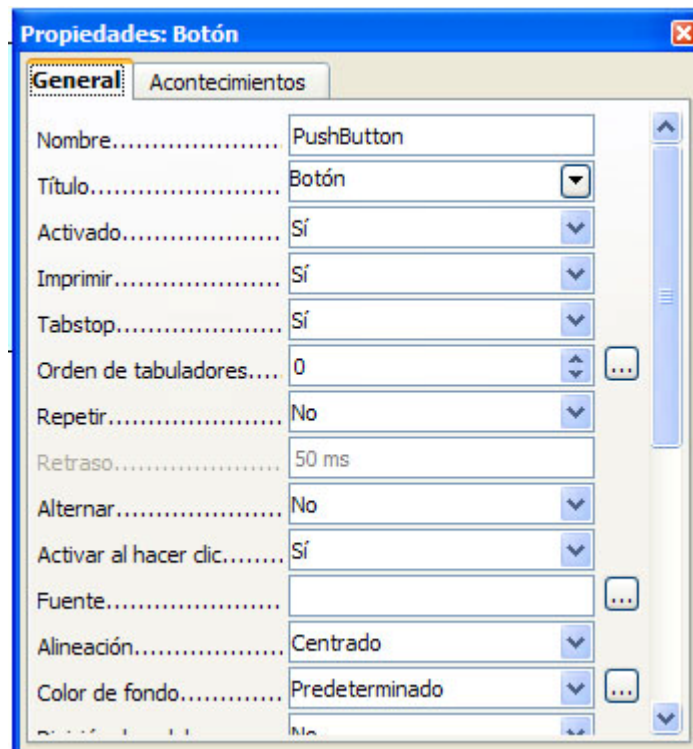


Es muy importante manejar el botón superior derecha, porque es el que decide si estás **en modo diseño**, en el que puedes cambiar las propiedades de tus controles, o **en modo ejecución**, que te permite usar los controles de forma efectiva. Siempre que lo desees puedes alternar con ese botón entre un modo y otro. En modo ejecución todos los controles de la barra aparecen desvaídos, en color gris, mientras que en modo diseño los verás con toda nitidez.

Elige el modo diseño y pulsa sobre el control **botón**, que es el cuarto de la segunda columna. El puntero del ratón se convertirá en una cruz con un rectángulo al lado. Pulsa en un punto de la hoja y arrastra con el ratón hasta que se dibuje el botón.



Ahora deberemos cambiarle el título. Pulsa con el botón derecho del ratón sobre él y elige **Campo de control...**

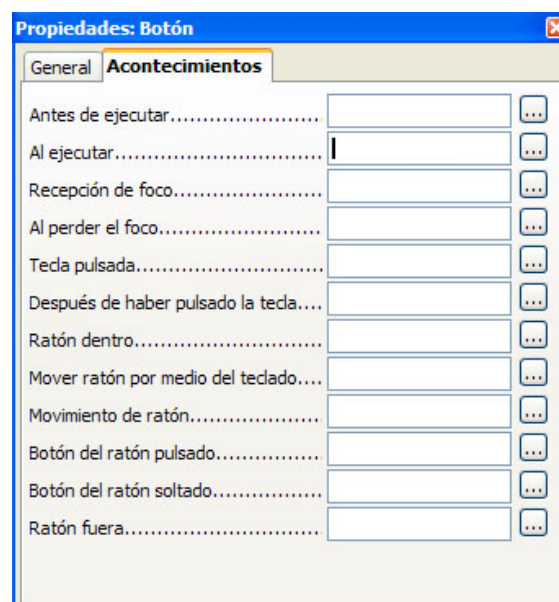


No te pierdas entre tantas propiedades. Elige la pestaña **General** y pulsa sobre la línea de entrada de la propiedad **Título**, en la que ahora figura "Botón", y escribe el nuevo título, por ejemplo "Tirada". Cierra la ventana.

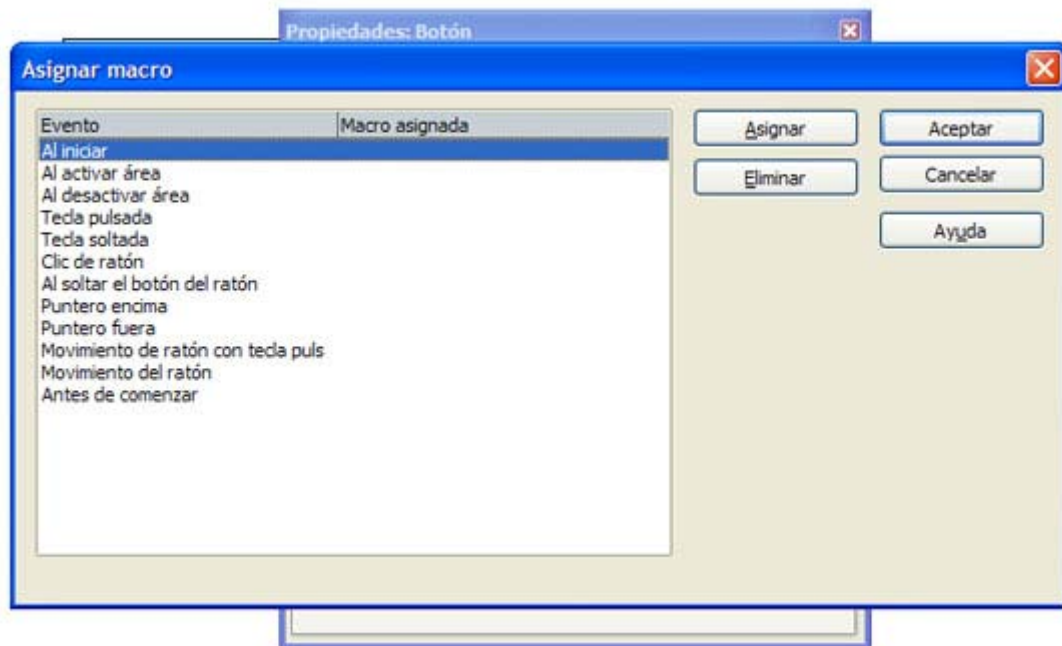
Ya tienes diseñado el botón, pero si cambias a modo ejecución y pulsas sobre él, no ocurre nada, porque no tiene asignada ninguna tarea. Deberemos asignarle una macro para que funcione.

Asignación de macro

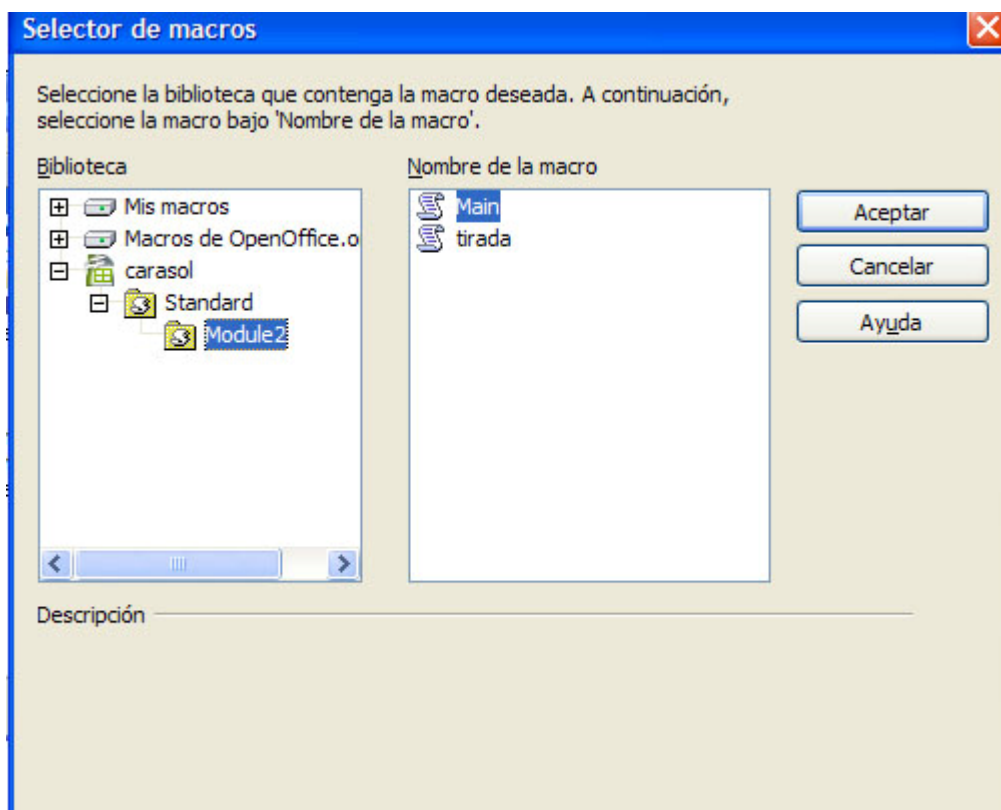
Vuelve a pulsar con el botón derecho sobre el botón **Tirada**, pero ahora elige la pestaña **Acontecimientos**.



Señala sobre la línea **Al ejecutar** y pulsa sobre el cuadrado con tres puntos de su derecha. Abrirás así la ventana de asignación.



Pulsa en el botón **Asignar**



Busca tu macro "**tirada**" en el explorador que se abre, selecciónala y pulsa **Aceptar**. Con esto tendrás definido totalmente tu botón. Cierra todas las ventanas.

Pasa a modo ejecución y prueba su funcionamiento. Cada vez que pulses el botón se efectuará una tirada. Unas veces obtendrás caras y otras soles.

No trataremos más el tema de los botones de acción, que nos abriría todo un mundo de posibilidades, pero algo complicado. Con esta muestra puedes decidir investigar por tu cuenta.

Simulaciones de tipo temporal (animaciones)

Uno de los caminos de la investigación científica es descubrir, mediante experimentos, una relación entre magnitudes y/o sus incrementos como una primera ley. Después se convierte la relación en una ecuación diferencial que, al integrarla, se convierte en otra de tipo global, que es la que se estudia en la enseñanza secundaria. Con el uso de una hoja de cálculo podemos detenernos en el primer paso, en la relación entre incrementos y magnitudes, y simular la evolución en el tiempo que se produce a partir de esa relación. Es el método de discretización, por el que sustituimos una ecuación diferencial por otra en incrementos. Así se producen errores de truncamiento, pero merece la pena demostrar que con sólo la ecuación incremental se reproduce el proceso, aunque las cantidades presenten errores.

Para entender esta idea abre el modelo [pendulo.ods](#).

Pulsa sobre el botón **Poner a cero** y después sobre el botón **Iniciar proceso**, y observarás una simulación del movimiento del péndulo. No le pidas mucho realismo, que estamos trabajando sobre una hoja de cálculo, con todas sus limitaciones. Cambia el ángulo inicial, la pausa y la longitud del péndulo para ver la simulación en distintas circunstancias.

Relaciones básicas

En todas las simulaciones o animaciones de tipo temporal nos basaremos en unas relaciones básicas entre incrementos o medidas. Es fundamental destacarlas, para conseguir transmitir la idea de que constituyen el núcleo de nuestra comprensión de un fenómeno, y que el resto del estudio son desarrollos matemáticos o experimentos.

En este caso del péndulo las relaciones son:

Péndulo

		El funcionamiento se basa en la aceleración tangencial	
Angulo inicial	50	$a_t = g \sin(a)$	
Longitud	4	Que da lugar a la aceleración angular	
		$\alpha = g \sin(a) / r$	
Angulo	0,3	← Le sumamos $v \Delta t$	
Aceleración	0,07	← Lo hacemos depender del seno(a) y del radio	
Velocidad	-0,41	← Le sumamos $a \Delta t$	

La aceleración angular en un péndulo simple viene dada por $g \sin(a)/r$, siendo g la aceleración de la gravedad, a el ángulo formado con la vertical y r la longitud del péndulo. Esta relación la tienes implementada en la celda I12 (lo de ENTERO(ALEATORIO()) es sólo un truco para poder recalcular fácilmente)

Además de la relación fundamental deberemos usar las dos básicas de $\Delta v = a \Delta t$ (incremento de velocidad, en la celda I13) y $\Delta a = v \Delta t$ (incremento de ángulo, en la celda I11).

Con estas tres relaciones podemos conseguir sin más que el péndulo parezca moverse. Además, no es necesaria la aproximación entre ángulo y su seno que se usa en los textos elementales. Renunciamos a una fórmula global, pero hemos unido directamente las leyes básicas con el comportamiento del péndulo.

Simulación del tiempo

Como este tema es complicado, te lo damos resuelto, para que lo uses cuando lo desees. Está contenido en el modelo [temporizador.ods](#). Ábrelo y lo comparas con el del péndulo.



Observarás que el segundo modelo **pendulo.ods** se ha construido sobre el primero, **temporizador.ods**. Así deberás intentarlo tú cuando desees construir una simulación temporal: abres **temporizador.ods**, le añades lo que desees y lo guardas con otro nombre distinto, como hemos hecho con **pendulo.ods**.

Se entiende muy su funcionamiento:

Botón Poner a cero: Al pulsarlo se escribe un cero en la celda inicio de más arriba.

Botón Iniciar proceso: Repite las veces indicadas por la celda **Repeticiones** el proceso que hayas programado. En el ejemplo, incrementar las tres relaciones del péndulo.

Repeticiones: Número de veces que se recalcula el proceso. No escribas números muy grandes, que puedes producir un bloqueo.

Pausa: Determina una pausa entre un recálculo y otro. El 1 produce una pausa del orden de un segundo más o menos, dependiendo de la velocidad de tu equipo informático.

Inicio: Si vale cero, se ponen los contadores a cero, y si es 1, se inician los recálculos.

Volveremos más adelante sobre el tema del temporizador.

Gráfico animado

Todo diagrama dependiente de unos datos, se vuelve a dibujar cada vez que cambian esos datos. Podemos aprovechar esta característica para simular una animación. En el modelo del péndulo hemos creado una tabla con la coordenadas de dos puntos:

Coordenadas

0	5
2,29	1,72

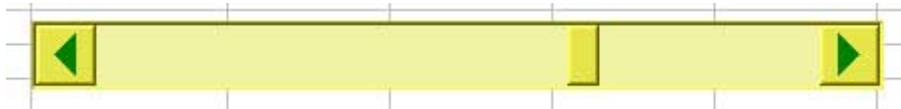
El primer punto (0,5) es el punto de sujeción superior del péndulo. Esto lo puedes alterar si deseas estudiar péndulos de más longitud. El segundo corresponde a las coordenadas del extremo del péndulo, que depende de la longitud y del ángulo mediante las funciones SENO y COSENO. Estudia las celdas correspondientes.

Sobre esos puntos hemos construido un diagrama del tipo XY con línea de unión, y hemos alterado el símbolo del segundo punto.

Otros controles

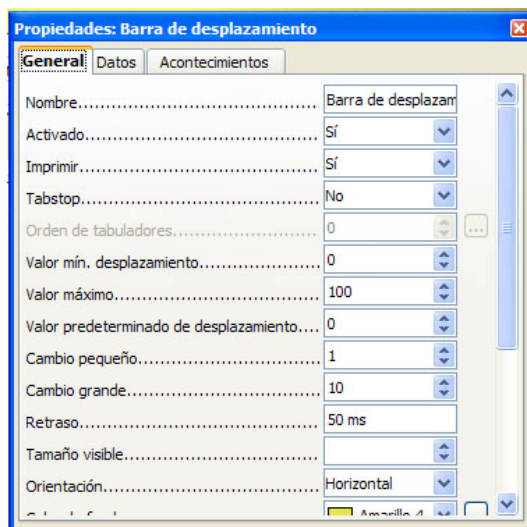
Barras de desplazamiento

De la misma forma que se pueden insertar botones en una hoja, podemos hacerlo con otros tipos de controles. Un tipo muy útil es el de las **barras de desplazamiento**



Abre el modelo [conicas.ods](#) y mueve el cursor de la barra de desplazamiento para cambiar la excentricidad de la cónica. Observarás que cambia de forma desde una circunferencia a elipse y posteriormente a parábola e hipérbola.

Para insertar una barra de desplazamiento puedes seguir los mismos pasos que usaste para los botones, es decir, abrir con **Ver > Barras de herramientas > Campos de control de formulario**, elegir el control (en modo diseño) y dibujarlo sobre la hoja. En las propiedades de la barra (pulsando el botón derecho del ratón) hay que destacar:



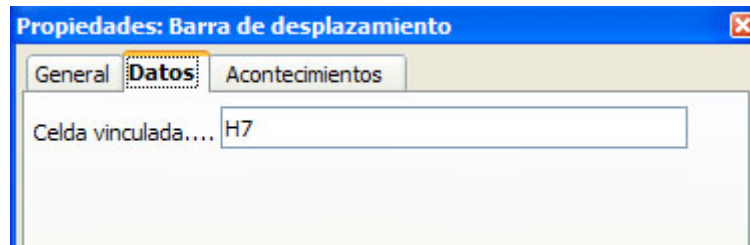
Valor máximo y valor mínimo que representa la barra.

Valor del **cambio pequeño** (pulsación sobre la flecha) y el **cambio grande** (pulsación sobre el hueco).

Orientación vertical u horizontal.

Color de fondo, color de símbolo y marco, que determinan el aspecto de la barra.

En las barras hay otra propiedad que debes conocer, y es qué celda recibe el valor que marca la barra:

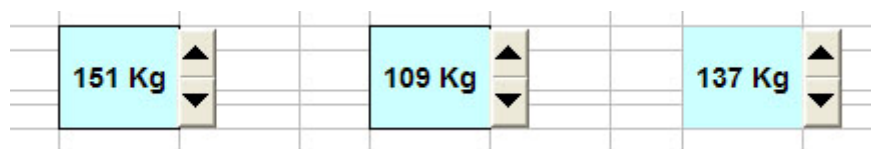


Como ves, en el modelo **cónicas.ods**, el valor lo recibe la celda H7.

Experimenta con este y otros controles si deseas dar más vistosidad a tus modelos. En las [Sugerencias de Uso](#) podrás consultar otros modelos que los usan. Practicarás con este control en el ejercicio 3 de esta sesión.

Botones de selección

Otro control interesante es el de los **botones de selección**, que aumentan o disminuyen el valor (entero) de una celda determinada mediante dos flechas adosadas.



Se programan de la misma forma que las barras de desplazamiento. En el modelo [piensos.ods](#) puedes experimentar su uso e investigar sus propiedades. El objetivo de este modelo es descubrir la dificultad de ajustar los datos en problemas de programación lineal si no se acude a los métodos especializados.

	Pienso núm. 1	Pienso núm. 2	Pienso núm. 3	Aporte mínimo de proteínas	100
				Aporte mínimo de hidratos de carbono	240
Contenido en proteínas	25,0%	30,0%	20,0%	97,85 Kg	FALSO
Contenido en Hidratos de carbono	60,0%	55,0%	70,0%	246,45 Kg	VERDADERO
Coste en euros por kilogramo	0,45 €	0,55 €	0,38 €	179,96 €	
Kilogramos comprados de cada pienso	151 Kg	109 Kg	137 Kg		

Usando los controles puedes "mover" el problema en el recinto de soluciones factibles, en las que el diagnóstico de la derecha debe ser VERDADERO, tanto en las proteínas como en los hidratos de carbono, pero será casi imposible encontrar el punto que minimiza el coste de los piensos.

Práctica

Simulación de una tirada de monedas

El objetivo de este trabajo es doble:

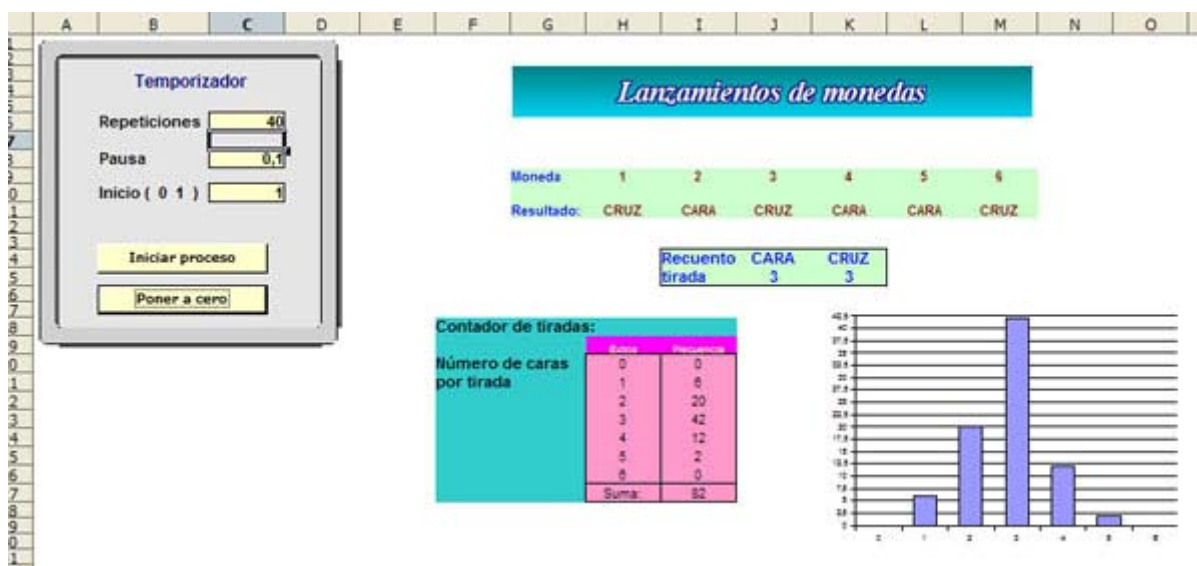
Simular una tirada de seis monedas introduciendo animación temporal

Construir un gráfico y comprobar que va adquiriendo forma de campana.

Simulación de tiradas

Abre el modelo [temporizador.ods](#) y guárdalo seguidamente con el nombre monedas.ods o cualquier otro que prefieras.

Sobre él realizaremos la simulación de una tirada de seis monedas.



Comienza con los textos, el título, los marcos de color, los números de moneda del 1 al 6, etc. salvo en las celdas que van a contener resultados, como son las que aparecen con los rótulos de **CRUZ** y **CARA** y los recuentos de abajo.

Comenzamos con la fila de resultados.

La simulación de cada moneda se consigue con la función:

`=SI(ALEATORIO()<0,5;"CARA";"CRUZ")`

que significa; "Inventa un número aleatorio entre 0 y 1. Si es menor que 0,5, equivale a que ha salido CARA y si no, CRUZ".

Rellena la primera moneda con esa fórmula y después la arrastras a la derecha hasta la sexta.

Prueba lo que has construido hasta ahora: pide **Recalcular** con **F9** varias veces para comprobar que se generan caras y cruces de forma aleatoria.

Hazlo también con el temporizador. Fija un número de repeticiones, una pausa de 0,5, por ejemplo, y pulsa sobre el botón **Iniciar Proceso**. Así verás las tiradas de forma automática.

Recuento de la tirada

Para contar el número de caras y cruces que han salido usamos la función **=CONTAR.SI** que nos permite un recuento condicional.

Así, en la celda del recuento de las caras deberás incluir la función:

=CONTAR.SI(CELDA PRIMERA MONEDA:CELDA ÚLTIMA;"CARA")

donde las celdas primera y última las debes sustituir con las propias de tu modelo.

Haz lo mismo con la CRUZ.

Comprueba con F9 que siempre sumen 6.

Completa esta primera parte del modelo con **rellenos, bordes y colores**.

Moneda	1	2	3	4	5	6
Resultado:	CRUZ	CARA	CRUZ	CARA	CARA	CRUZ

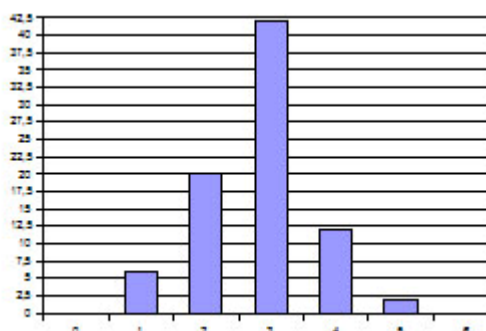
Recuento	CARA	CRUZ
tirada	3	3

Construcción de las frecuencias experimentales

Procederemos ahora a resumir varias tiradas de monedas, a fin de comparar el diagrama resultante con la campana de Gauss.

Se puede organizar de forma similar a la siguiente:

Contador de tiradas:		
Número de caras por tirada	Éxitos	Frecuencia
	0	0
	1	6
	2	20
	3	42
	4	12
	5	2
	6	0
Suma:		82



Construye la tabla de frecuencias:

Contador de tiradas:		
Número de caras por tirada	Éxitos	Frecuencia
	0	0
	1	6
	2	20
	3	42
	4	12
	5	2
	6	0
	Suma:	82

Comienza con los rótulos y la columna de éxitos del 0 al 6. Escríbelos sin más.

Para construir las frecuencias usarás esta técnica :

"Si el inicio es cero, la frecuencia también es cero. Si no, si el número de caras de la tirada coincide con el número de éxitos, aumenta la frecuencia, y en caso contrario, queda igual"

Esta estrategia se puede traducir a la siguiente fórmula:

=SI(inicio=0;0;SI(Total de "CARAS" = Número de éxitos;frecuencia+1;frecuencia))

Señala la celda de la primera frecuencia, la correspondiente al cero. Escribe la adaptación de la fórmula:

La palabra **inicio** cópiala tal cual, que se refiere a la celda C10 (o escribes la referencia

C10).

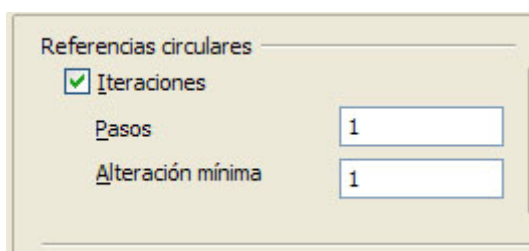
El **Total de caras** lo sustituyes por la referencia a la celda que contiene el contador de caras (protégela con signos \$).

El **Número de éxitos** se refiere al dato que tiene a su izquierda
La palabra **frecuencia** se refiere **a la misma celda en la que estás escribiendo**. Si estás escribiendo en la celda I20, escribes I20 en lugar de la palabra frecuencia.

Esto último constituye una **referencia circular**, y puede que te dé error al terminar de escribir la fórmula. Para solucionarlo, ejecuta estos pasos:

Activa la secuencia Herramientas > Opciones > Hoja de Cálculo > Calcular.

En el apartado de **referencias circulares** activa la iteración, fija el número de iteraciones en 1 y la alteración mínima también en 1.



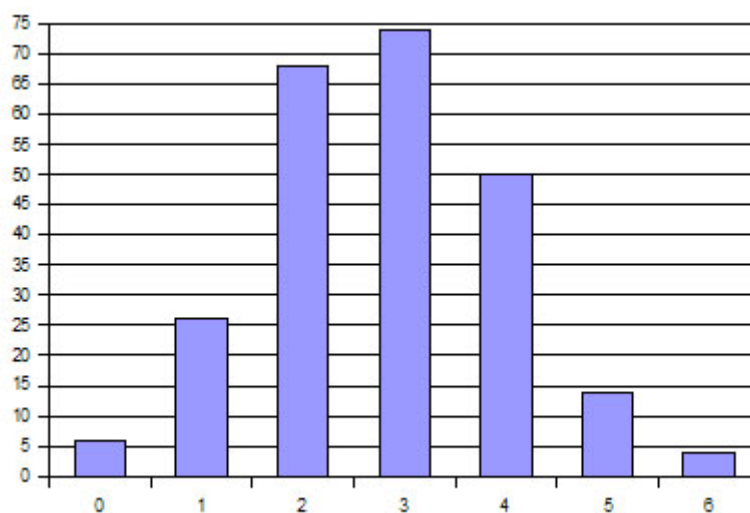
Arrastra la fórmula que has escrito hacia abajo hasta el contador de frecuencias del 6.

Comprueba el modelo. Pulsa sobre el botón **Poner a cero**, fija pausa y repeticiones y lanza el proceso con el botón **Iniciar proceso**.

Si has seguido bien las instrucciones, verás acumularse las frecuencias. Programa el total de abajo con autosuma, y podrás llevarte una sorpresa, y es que el número de tiradas sea el doble aproximado al de repeticiones, porque el recálculo a veces se realiza dos veces en cada pausa. Como el objetivo final es ver una campana aproximada, no importa este detalle.

Diagrama

Esta es la parte más fácil de la práctica. Selecciona la tabla de frecuencias y sobre ella construye un diagrama de barras. Si el número de repeticiones que uses es un número apreciable, como 100 o 200, verás cambiar la forma del diagrama hasta parecerse a una campana de Gauss conforme aumente el número de tiradas.



Complementos

Modelos de simulaciones para aprender técnicas

Se adjuntan a continuación algunos estudios o prácticas sobre simulaciones, que tienen bastante interés, pero por su extensión no deben estar incluidos en la parte general del curso. También se incluyen códigos de macros usadas en la sesión.

Simulación de quinielas de 14 resultados

Archivo [quiniela.ods](#)

Lo destacable de este modelo es la posibilidad de aprovechar un solo número aleatorio para simular varios sucesos. Si en cada partido el 1 tiene probabilidad p_1 , la X probabilidad p_2 y el 2 p_3 , bastará interpretar el resultado de un número aleatorio de esta forma:

Si el número aleatorio N es menor que p_1 , interpretaremos que ha salido un 1. En caso contrario, si N es menor que $p_1 + p_2$, se interpreta como X, y en caso contrario será un 2.

Lotería Primitiva

Archivo [primi.ods](#)

En el modelo anterior no importa que se repitan el 1, la X o el 2, incluso es inevitable. Si te has quedado con el deseo de aprender a simular sucesos que no se puedan repetir, consulta el modelo [primi.ods](#).

En él se desarrolla el truco siguiente:

Se escribe la lista de números del 1 al 49 en la primera fila del rectángulo gris, que representa los números que van quedando pendientes de salir.

Cuando sale un número determinado, se copia la lista hasta ese número en la siguiente fila, pero a partir de él, el que se copia es el siguiente, con lo que el número que ha salido desaparece de la lista. Consulta las fórmulas que están contenidas en las celdas grises de la derecha. Cada fila representa los números que no han salido en la apuesta.

Para sacar un número, primero generamos su número de orden, de forma aleatoria (columna **Aleatorio**). Observa que el primero estará comprendido entre 1 y 49, el segundo entre 1 y 48, y así sucesivamente descendiendo su límite superior.

Después, con la función ÍNDICE, extraemos de la lista de números pendientes el que ocupa el lugar determinado por el número aleatorio, constituyendo el siguiente número de la apuesta.

Simulación de una desintegración atómica

Archivo [desintegracion.ods](#)

En este modelo se puede verificar que cuando un incremento es proporcional a la magnitud total se produce una evolución de tipo exponencial. Al seguir el proceso se advierte que la desintegración es más rápida al principio, para ir disminuyendo la velocidad del proceso tendiendo asintóticamente a 0.

Para insertar una imagen en un diagrama de barras debemos pulsar con doble clic sobre el diagrama, después sobre las columnas, y finalmente sobre una columna concreta. Una vez seleccionada, se concreta **Mapa de bit** como tipo de relleno. En el catálogo correspondiente se elige uno de los mapas de bit reconocidos por Open Office.org.

El problema es el conseguir que se reconozca una imagen nuestra dentro del catálogo, como la piedra que figura en el modelo. Para ello debemos abrir **OpenOffice.org Draw**, dibujar cualquier forma, por ejemplo un rectángulo, pulsar con el botón derecho y elegir **Relleno...** En el cuadro de diálogo que se abre abrimos la pestaña **Mapas de Bit**, y allí podemos, con el botón **Importar**, añadir una imagen nuestra al catálogo.

Cálculo del número π

Como ejemplo de la potencia que puede tener una simulación, puedes intentar desarrollar una práctica voluntaria: la de calcular el valor de π mediante números aleatorios. Si te interesa el tema, abre la práctica [pi.htm](#).

Hiperenlaces definidos sobre un botón

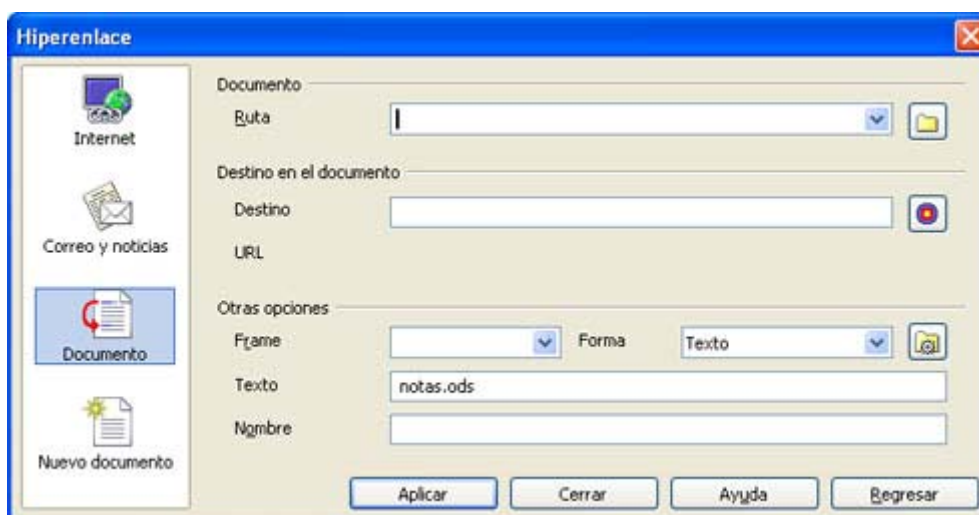
En esta sesión has usado botones de acción para ejecutar macros. También son útiles para definir un hiperenlace. Debes seguir las mismas instrucciones que aprendiste en la sesión 4, pero en un momento dado deberás elegir entre texto y botón.

Imagina que deseas crear un hiperenlace entra la hoja 1 y la hoja 3.

Recuerda los pasos:

Activa la orden **Insertar > Hiperenlace**

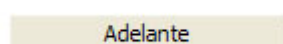
Obtendrás este cuadro de diálogo:



Elige **Destino en la documento**, usa el **Navegador** y fija como destino Hoja3. También debes concretar un texto en la penúltima línea, supongamos que deseas que figure "Adelante". Escríbelo así.

Ahora viene la novedad, y es que en lugar de texto en las opción **Forma** de abajo, deberás elegir **botón**.

Cuando cierres el cuadro de diálogo verás el botón ya creado con el nombre de Adelante.



Puedes llevarte una sorpresa, y es que al pulsar el botón no ocurra nada. Si es así, abre La barra de herramientas de **Campos de control de formularios** y puede que esté activado el **modo diseño**. Desactívalo (recuerda la explicación que has leído en contenidos), y conseguirás que funcione el hiperenlace.

Códigos de macros

A continuación explicamos el código de algunas macros usadas en esta sesión.

Modelo [dados.ods](#)

Botón *tirada*

Su código no presenta interés, porque ha sido generado por el programa.

Botón Poner a cero

Objetivo de la macro: Dar un valor a una celda determinada.

```
sub cero
dim doc as object
dim hoja as object
dim celda as object

doc=StarDesktop.CurrentComponent
hoja=doc.sheets(0)
celda=hoja.GetCellByPosition(4,18)
celda.value=0
end sub
```

En esta macro se abre el documento actual (**doc=StarDesktop.CurrentComponent**), dentro de él, la Hoja1 (se numera como 0:**hoja=doc.sheets(0)**), y en ella se selecciona la celda E19, que es la que contiene 1 o 0 para iniciar el proceso (**celda=hoja.GetCellByPosition(4,18)**). Observa que la celda se selecciona por su número de columna comenzando en cero (4) y el número de su fila, partiendo también de cero (18). Por último, se declara que el valor contenido en la celda es 0 (**celda.value=0**).

Puedes copiar este código y adaptarlo a la situación de guardar un valor cualquiera en una celda. Si fuera un texto deberías usar **una sentencia del tipo**
celda.string="Hola"

Las líneas de color rojo serán las que debes cambiar para adaptar este código a tus necesidades.

Botón Número de tiradas

Objetivo de la macro: Admitir un valor escrito desde el teclado y guardarlo en una variable. Se puede usar precediendo a la macro anterior.

```
global ti as integer

sub tiradas

ti=inputbox("Número de tiradas")
```

end sub

Hemos declarado la variable **ti** entera como global, para poder usarlo en toda la hoja. Después, con la instrucción **inputbox**, se abre una ventana con el título "Número de tiradas" y lo que escribamos en ella se recogerá en la variable **ti**, que usaremos en otro botón

Botón Serie de tiradas

Objetivo de la macro: Simular una serie de tiradas, es decir, la repetición de una orden

Adjuntamos los comentarios en el mismo listado de órdenes:

sub recalc

Comentario: Comenzamos declarando variables

```
rem -----  
rem define variables  
dim document as object  
dim doc as object  
dim hoja as object  
dim celda as object  
dim dispatcher as object  
dim i,j,m,n
```

```
rem -----  
rem get access to the document
```

Comentario: La celda E19 se carga con un 1, que indica que comienza el proceso

```
doc=StarDesktop.CurrentComponent  
hoja=doc.sheets(0)  
celda=hoja.GetCellByPosition(4,18)  
celda.value=1
```

Comentario: Lo que sigue es la imitación del recálculo con F9, pero se ha añadido unos elementos de repetición, formado por las líneas en rojo

```
document = ThisComponent.CurrentController.Frame  
dispatcher = createUnoService("com.sun.star.frame.DispatchHelper")  
if ti<2 then ti=2  
for i =1 to ti-1  
  
rem -----  
dispatcher.executeDispatch(document, ".uno:Calculate", "", 0, Array())  
next i  
  
end sub
```

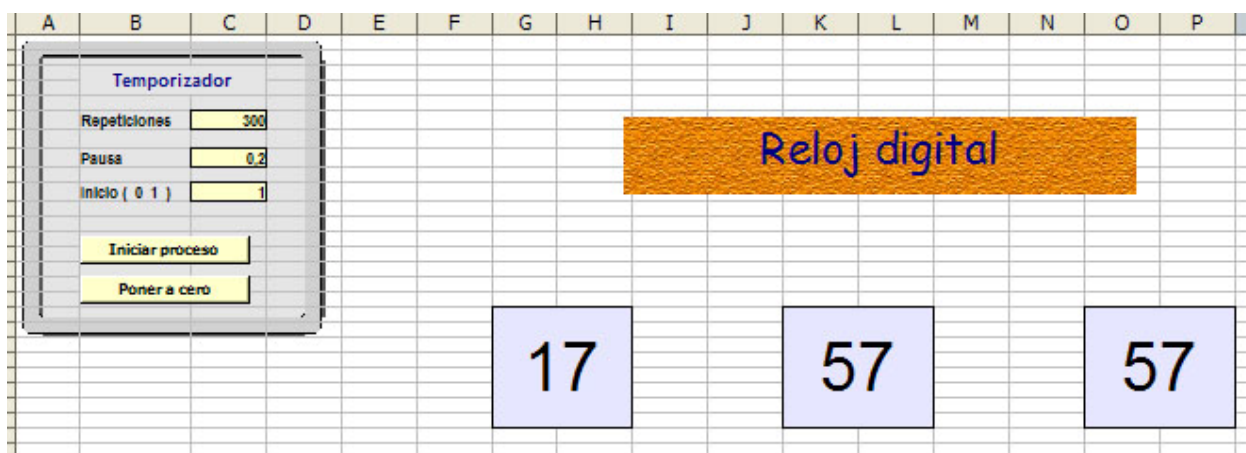

Ejercicios

Ejercicio 1: Reloj digital

Como ejemplo del uso del modelo temporizador.ods te proponemos como primer ejercicio la construcción de un reloj digital.

Abre [temporizador.ods](#).

Prepara tres celdas grandes, combinando, por ejemplo, dos celdas en ancho y ocho en alto



Diseña el título como prefieras, y fija la pausa del temporizador en menos de 1, por ejemplo en 0,2.

Para que funcione la simulación de un reloj digital, lo único fundamental que has de decidir es cómo rellenar las tres celdas con fórmulas usando las funciones AHORA(), HORA(), MINUTO() Y SEGUNDO(). Es fácil y no te damos pistas. En lenguaje coloquial sería "minuto de ahora mismo", "segundo de ahora mismo"...Si ahora decides las repeticiones del temporizador pulsas sobre Iniciar Proceso, observarás la animación de un reloj digital.

Si has elegido un número grande de repeticiones y no quieres esperar, deberás usar la combinación de teclas **Ctrl+Alt+Supr** y elegir **Finalizar tarea**.

Ejercicio 2: Segunda ley de Mendel

El segundo ejercicio consistirá en efectuar una simulación sobre la segunda ley de Mendel:

2ª Ley de Mendel o Principio de la Segregación:

La autofecundación de las plantas híbridas (Ab) procedentes del

cruzamiento entre dos líneas puras que difieren en un carácter origina una 2ª generación filial (F2) en la que aparecen 3/4 partes de plantas de apariencia externa (fenotipo) Dominante y 1/4 de plantas con apariencia externa (fenotipo) Recesiva.

Nos basaremos en que al cruzar dos individuos del tipo Ab, los gametos A y b se reparten al azar en la generación filial, dando cuatro tipos de combinaciones: AA, Ab, bA y bb. Si A es dominante y b es recesivo, las tres primeras combinaciones harán aparecer el fenotipo correspondiente a A, y sólo la última bb hará aparecer b, con lo que se deberán repartir los fenotipos en la proporción 3/4 y 1/4 respectivamente. (Usamos A y b porque para la hoja de cálculo es difícil distinguir entre A y a, que es la notación habitual)

2ª Ley de Mendel o Principio de la Segregación:				Simulación de la segunda ley de Mendel			
La autofecundación de las plantas híbridas (Ab) procedentes del cruzamiento entre dos líneas puras que difieren en un carácter origina una 2ª generación filial (F2) en la que aparecen 3/4 partes de plantas de apariencia externa (fenotipo) Dominante y 1/4 de plantas con apariencia externa (fenotipo) Recesiva.							
Paterno	Materno	Filial		Frecuencias Teoría			
A	A	A		Fenotipo dominante	75,00%	75,00%	
b	A	A					
b	b	b					
b	A	A		Fenotipo recesivo	25,00%	25,00%	
A	A	A					
b	A	A					
A	b	A					
b	A	A					
A	b	A					
A	A	A					
b	A	A					
b	A	A					
b	A	A					

Abre un archivo nuevo y prepara un título para el modelo

Simulación de la segunda ley de Mendel
--

Copia la Ley de Mendel desde este mismo documento o redáctala tú, y con **Copiar** y **Pegar** incorpora este texto a un cuadro que habrás creado en el modelo.

2ª Ley de Mendel o Principio de la Segregación:
La autofecundación de las plantas híbridas (Ab) procedentes del cruzamiento entre dos líneas puras que difieren en un carácter origina una 2ª generación filial (F2) en la que aparecen 3/4 partes de plantas de apariencia externa (fenotipo) Dominante y 1/4 de plantas con apariencia externa (fenotipo) Recesiva.

Pasa luego a la simulación, que estará contenida en un rango como el de la figura

Paterno	Materno	Filial
b	b	b
b	A	A
b	b	b
b	A	A
A	A	A
A	b	A
A	b	A
A	A	A
b	A	A
A	A	A
A	A	A
b	b	b
A	b	A
A	A	A

Suponemos que la probabilidad de A y b son ambas 0,5, por lo que la simulación de las dos primeras columnas es sencilla:

=SI(ALEATORIO()<0,5;"A";"b")

Rellena con esa fórmula las dos columnas "Paterno" y "Materno", hasta llegar a cien datos cada una al menos. Pulsa F9 para comprobar que cambia el resultado.

La tercera columna ha de tener en cuenta que sólo la combinación "bb" produce el fenotipo "b". Usa la función SI y la función Y para programarla en la primera celda de la columna, y después la arrastras hacia abajo. Algo así:

=SI(Y(paterno es b ;materno es b); será b;será A)

Por último, haz los recuentos y compáralos con las frecuencias teóricas:

	Frecuencias Teoría	
Fenotipo dominante	75,00%	75,00%
Fenotipo recesivo	25,00%	25,00%

Las frecuencias las consigues con **CONTAR.SI** (recuerda usar comillas "A" y "b"). Repasa la sesión 6 si no lo recuerdas.

Si el número de individuos es 100, ya sólo te queda pasar a porcentaje las frecuencias. Si no, deberás dividir las entre el total para que se conviertan en tantos por ciento.

Las frecuencias teóricas las escribes directamente, porque son fijas.

Usa la tecla F9 para ver distintas simulaciones, y la gran separación que pueden presentar las simulaciones respecto a la teoría.

Ejercicio 3: Máquina de tantear

Las barras de desplazamiento nos permiten realizar tanteos de una forma muy atractiva, porque basta mover el cursor para hacer cambiar valores de forma rápida, si organizamos sus propiedades de forma que recorra los valores que nos interesen. Esto nos permite estudiar soluciones de ecuaciones, búsquedas de máximos o mínimos, tasas, etc.

Como ejemplo podemos estudiar los valores de la fórmula $4\text{sen}(X/2)+5\cos(x)$ en el intervalo que va desde 0 hasta 4. Organizaremos el ejercicio en tres fases, en cada una de las cuales le añadiremos alguna prestación nueva.

Primera fase: Búsqueda de valor destino "a pedales"

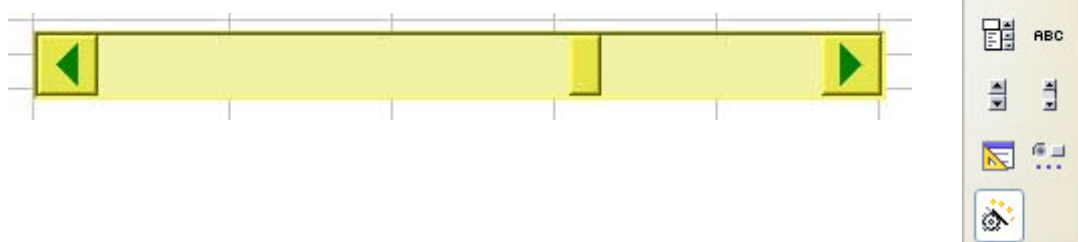
Realizaremos una primera versión de una "máquina de tantear", que puede tener este aspecto.



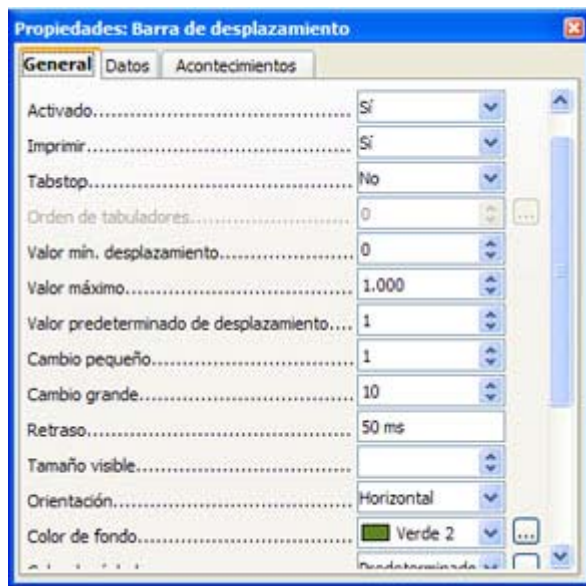
Con ella vamos a encontrar los valores de X para los que $4\text{sen}(X/2)+5\cos(x)$ se hace igual a cero.

Como usaremos técnicas algo novedosas, la explicación de este ejercicio será un poco más amplia. El aspecto del modelo lo dejamos a tu elección.

En primer lugar insertaremos la barra de desplazamiento. Pide **Ver > Barras de Herramientas > Campos de control de formulario**. Elige el control correspondiente, que es el séptimo objeto que se ve en la columna de la derecha. Si paras el cursor del ratón sobre él verás el rótulo de "Barra de desplazamiento". Señala el control y dibújalo en la sexta o séptima fila.



A continuación pulsa sobre él con el botón derecho del ratón para acceder a las propiedades.



Deberás concretar las siguientes:

Pestaña General Valor mínimo: 0 Valor máximo: 1.000 Los cambios grande y pequeño los puedes dejar como están, en 10 y 1 respectivamente.

Pestaña Datos Concreta la celda que contendrá el valor de la barra. Supondremos que es la I12, tal como se ve en la imagen.

Sobre la barra de desplazamiento puedes situar, a izquierda y derecha las celdas de valores mínimo y máximo respectivamente. Según el ejemplo, concreta sus valores en 0 y 4.

El paso siguiente será convertir el valor contenido en la barra, y que en la figura (suponemos que en la celda I12) tiene un valor de 1000 en un valor comprendido entre 0 y 10.

Señala una celda algo más abajo, por ejemplo la I16, y asígnale la fórmula

=Valor mínimo+(Valor máximo - Valor mínimo)*Valor indicado por la barra de desplazamiento (celda I12)/1000

que produce un cambio de escala entre la 0-1.000 de la barra y la de valor mínimo - valor máximo. Ve sustituyendo cada dato por la referencia de su celda. En la figura de arriba sería =D7+(M7-D7)*I12/1000

Comprueba que lo has hecho bien: Asigna un mínimo de 0 y un máximo de 4, mueve el cursor de la barra y observarás que la celda I16 varía entre los dos números 0 y 4, mientras la I12 lo hace entre 0 y 1000.

Ya tenemos una máquina de recorrer intervalos entre dos números.

Escribe sobre esta celda, por ejemplo en la I15, el rótulo de X, y debajo el de F(X) (ver imagen).

Sólo nos queda escribir la fórmula $4\sin(X/2)+5\cos(x)$ en lenguaje de hoja de cálculo tomando como X la celda I16

Resuelve ahora la cuestión: ¿en qué valores de X entre 0 y 4 se anula la fórmula?

Ve moviendo despacio el cursor de izquierda a derecha y para cuando veas el valor 0 o lo más aproximado posible.

Encontrarás los valores 2,41 y 3,85 aproximadamente.

De la misma forma puedes buscar otros "valores destino", 1, -1, 1/2, etc.

Segunda fase: Búsqueda mejorada con apoyo en tres valores

Para encontrar máximos o mínimos es interesante contar con los valores de la fórmula a izquierda y derecha del punto principal. Así, si en X el valor es mayor que en los otros dos, estaremos señalando a un máximo, y de igual forma se localizaría un mínimo.

Para conseguirlo señala la celda de la derecha de X (la J16) y escribe la fórmula **=I16*1,01**, y a la izquierda haz lo mismo con **=I16*0,99**. Así conseguimos desplazar la X un 1% de su valor a ambos lados.

Sólo nos queda copiar la fórmula de abajo también a izquierda y derecha con el controlador de relleno y ya tendremos un apoyo de tres puntos.

En la imagen puedes ver cómo se ha localizado un máximo en el valor $X=0,40$

X izq.	X	X der
0,4000	0,4040	0,4080
F(X) izq.	F(X)	F(X) der.
5,4000	5,4000	5,3999

Y en esta otra un mínimo en $X=3,14$

X izq.	X	X der
3,1086	3,1400	3,1714
F(X) izq.	F(X)	F(X) der.
-0,9978	-1,0000	-0,9982

Tercera fase: Estudio de las tasas de variación

En muchos estudios las tasas de variación son tan interesantes como los valores (velocidades, aceleraciones, derivadas, etc.). Podemos terminar el ejercicio añadiendo debajo de los valores una tasa de variación, usando la fórmula **$(F(X) \text{ de la derecha} - F(X) \text{ de la izquierda}) / (X \text{ de la derecha} - X \text{ de la izquierda})$**

En la siguiente imagen vemos que la tasa en el mínimo anterior es prácticamente nula.

X izq.	X	X der
3,1086	3,1400	3,1714
F(X) izq.	F(X)	F(X) der.
-0,9978	-1,0000	-0,9982
	Tasa	
	-0,0064	

Intenta averiguar en qué puntos del intervalo entre 0 y 4 la tasa es máxima. Te dará como solución que esto ocurre precisamente para $X=4$.

Sugerencias de uso didáctico

El uso de simulaciones y animaciones en la Enseñanza Media permite completar las explicaciones teóricas y proporcionar al alumnado nuevos instrumentos a los que no podrían acceder sin el uso de los ordenadores.

Podemos destacar los siguientes momentos en los que es útil el uso de una simulación:

A) Una buena simulación es una fuente de datos para iniciar las técnicas y asimilar conceptos estadísticos de diferentes tipos de datos. Por ejemplo:

Uso de una carrera para iniciar los datos cualitativos.

Simular tiradas de monedas, dados, etc. para estudiar los datos cuantitativos.

Crear pequeñas variaciones simuladas en una variable bidimensional destinada al estudio de la regresión, para cambiar a voluntad el grado de correlación del conjunto.

Simulación de una distribución normal de datos.

En el Instituto "Salvador Dalí" hemos usado simulaciones, construidas por unos alumnos, en Visual Basic para que las usen compañeros más pequeños en el aprendizaje de la Estadística. Como ejemplo del uso que se puede dar al modelo de "carreras de ceros" [carrera.ods](#) consulta el documento **nominal.htm**, que se puede usar como Hoja de Trabajo para aprender los datos estadísticos de tipo nominal o cualitativo a partir de una carrera simulada en Hoja de Cálculo.

B) Las simulaciones permiten ver claramente la convergencia entre frecuencias relativas y probabilidades, así como introducir en Bachillerato las distribuciones binomiales y normales. En la E.S.O. se deben realizar experimentos reales, como extracción de cartas y tirada de peonzas, ruletas, dados y monedas, además de las simulaciones.

C) Se pueden construir muestreos de grupos pequeños, en grandes cantidades, que permitan comprobar la distribución muestral de la media, desviación típica o proporción en los cursos superiores de Bachillerato.

Por ejemplo, se pueden construir 200 grupos de cuatro números comprendidos entre 1 y 10 y estudiar la distribución de la media muestral.

D) Con una Hoja de Cálculo se pueden simular los grandes experimentos clásicos: aparato de Galton; aguja de Buffon; cálculo de estadísticos por el método de Montecarlo, etc.

Consulta el apartado de [Simulaciones](#) en las Sugerencias de uso y estudia los modelos que se proponen en el mismo.