Excel y GeoGebra para biomecánica: tablas, gráficos y comprobaciones

Autoría: EDUFISICA
Publicación: 2026-10-11
Revisión editorial: 2026-10-15
Lectura estimada: 24 minutos

https://edufisica.com/biomecanica/asistentes-matematicos-excel-y-geogebra/

Resumen

Guía el uso de Excel y GeoGebra para organizar datos y construir modelos biomecánicos a partir de preguntas, variables y unidades explícitas. Desarrolla una serie hipotética de posición y tiempo para calcular velocidades medias y aceleraciones, situar cada resultado temporalmente y revisar fórmulas, rangos y referencias de celdas. Explica el cálculo de medias y dispersión, la elección de gráficos XY y la interpretación de ajustes y residuos. Incluye un modelo angular de fuerza y momento que se reproduce en ambos programas, con atención a grados y radianes. Examina la sensibilidad de las diferencias numéricas y los efectos del suavizado. Propone comprobaciones dimensionales, casos límite y pruebas de escala, junto con criterios para conservar registros, comunicar supuestos y distinguir la comprobación matemática de la validación experimental.

Palabras clave: Excel; GeoGebra; cálculo biomecánico; posición y tiempo; gráficos XY; ajuste de funciones; momento de fuerza; trazabilidad del cálculo

La pregunta biomecánica organiza la hoja y el modelo

Excel y GeoGebra permiten organizar números, representar relaciones y comprobar operaciones. Su utilidad depende de que la pregunta física esté definida antes de elegir funciones o gráficos. Una tabla de posiciones, una comparación de intentos y un modelo de momento de fuerza requieren estructuras diferentes, aunque todas puedan construirse con herramientas accesibles.

Una hoja de cálculo facilita revisar entradas y repetir operaciones sobre muchas filas. Un entorno de geometría dinámica permite observar cómo una relación cambia al modificar un parámetro. Las dos herramientas pueden complementarse: una conserva registros y resultados; la otra hace visible una dependencia matemática o una construcción espacial.

El programa no decide qué representa una coordenada ni qué intervalo debe utilizarse para calcular velocidad. Tampoco identifica automáticamente si una columna contiene una fuerza medida o una fuerza deducida mediante un modelo. Esas decisiones pertenecen al análisis y deben quedar escritas junto a los datos.

El uso de asistentes matemáticos forma parte de la organización de estudios biomecánicos en el texto de Pérez Ruiz y colaboradores. Aquí se desarrolla un procedimiento propio basado en ejemplos hipotéticos, con funciones y comandos contrastados con la documentación actual de sus responsables. Pérez Ruiz et al. (2021, pp. 88-92, 113-118).

El objetivo es que otra persona pueda entender de dónde procede un resultado, repetir el cálculo y localizar una discrepancia. Esa trazabilidad necesita algo más que guardar el archivo: incluye variables, unidades, referencias, supuestos, política de presentación y criterios para interpretar los gráficos.

Qué aporta Excel y qué aporta GeoGebra

Una herramienta resulta apropiada cuando facilita el tipo de razonamiento requerido sin ocultar sus pasos. Excel ofrece una organización tabular de registros y fórmulas; GeoGebra relaciona expresiones algebraicas y objetos gráficos. Elegir entre ambos no depende de cuál produce la imagen más vistosa, sino del problema y de la experiencia del grupo.

Si se dispone de varios intentos con tiempos, posiciones y observaciones, una hoja puede separar adquisición, cálculo y resumen. Cada resultado conserva una referencia a las entradas que lo produjeron. También permite comparar métodos de cálculo en columnas paralelas sin reemplazar el registro original.

Si interesa comprender el brazo perpendicular de una fuerza, un objeto geométrico que cambia al mover el ángulo puede resultar más claro que una columna extensa. El dibujo y la expresión algebraica muestran simultáneamente qué permanece constante y qué se modifica. El movimiento del deslizador pertenece al modelo, no a un participante observado.

Problema	Herramienta útil	Decisión que conserva el analista
Procesar una serie de posiciones	Tabla con columnas y fórmulas	Definición de coordenadas y tiempos
Comparar intentos	Resumen y gráficos de puntos	Qué observaciones son comparables
Comprender una dependencia angular	Construcción geométrica dinámica	Supuestos y dominio del modelo
Comprobar un ajuste matemático	Puntos, función y residuos	Sentido físico y límites de extrapolación

Un modelo ideal puede verificarse en ambas herramientas para comprobar números concretos. Esa comprobación cruzada es valiosa, pero no valida una medición experimental: dos programas pueden reproducir correctamente la misma ecuación bajo supuestos insuficientes para la tarea real.

Las versiones y aplicaciones disponibles pueden presentar interfaces diferentes. Por eso conviene enseñar la relación matemática, el nombre de la función y un caso verificable, en lugar de depender exclusivamente de la posición de un botón. La documentación oficial ayuda a localizar la herramienta en el entorno utilizado.

Una tabla reproducible empieza con variables y unidades

La estructura de una tabla determina qué operaciones pueden revisarse con facilidad. Cada fila debe tener un significado estable y cada columna una variable identificable. Mezclar observaciones, comentarios y resultados dentro de una misma columna dificulta reconocer qué números pertenecen al registro y cuáles proceden de una transformación posterior.

Para una serie temporal sencilla, cada fila representa un instante. Una columna contiene tiempo en segundos y otra posición en metros. Si se registran varios intentos, un identificador de intento evita unir por accidente el final de uno con el comienzo del siguiente.

Conviene escribir las unidades en encabezados, como «t (s)» y «x (m)», y conservar números en las celdas destinadas a operar. Introducir «0,20 s» como texto puede dificultar las fórmulas. La unidad se mantiene en la definición de la columna y en la explicación de cada resultado.

El origen de los datos debe quedar distinguido: medición, estimación, constante del modelo o ejemplo hipotético. También se documentan eje positivo, origen espacial y criterio temporal. Una coordenada negativa no es un error por su signo; puede representar una posición al otro lado del origen elegido.

Las celdas vacías no deben convertirse automáticamente en ceros. Un tiempo faltante y un tiempo igual a cero describen situaciones diferentes. Si un programa omite una celda vacía en un resumen, la cantidad de observaciones utilizadas puede cambiar sin que el lector lo advierta.

Una organización práctica separa cuatro hojas o bloques: definición del procedimiento, datos conservados, cálculos y presentación. No es necesario utilizar una estructura compleja para una actividad pequeña. Basta con que las entradas no se sobrescriban silenciosamente y que cada resultado pueda relacionarse con el registro correspondiente.

Una serie de posición y tiempo para comprobar las operaciones

Un conjunto hipotético de pocos puntos permite verificar a mano una hoja antes de aplicarla a registros más amplios. El ejemplo siguiente describe una coordenada que cambia con el tiempo según una relación ideal definida. No representa una carrera observada ni ofrece valores de referencia para valorar el desempeño de un estudiante.

Fila	A: t (s)	B: x (m)
2	0,00	0,000
3	0,10	0,120
4	0,20	0,280
5	0,30	0,480
6	0,40	0,720

La serie se construyó con el modelo $x(t)=v_0t+(1)/(2)at^2$, donde se adoptan $v_0=1,0$ m/s, $a=4,0$ m/s² y posición inicial cero. Esos parámetros son entradas ideales elegidas para la actividad. Cuando usamos la abreviatura numérica $x=t+2t^2$, se entiende que el tiempo se introduce en segundos y la salida corresponde a metros bajo esos coeficientes dimensionales.

Los cambios entre posiciones sucesivas son 0,120; 0,160; 0,200 y 0,240 m. Todos los intervalos temporales son 0,10 s. Dividir cada desplazamiento por su propio intervalo produce velocidades medias distintas. La curva no describe movimiento uniforme, aunque los instantes estén igualmente separados.

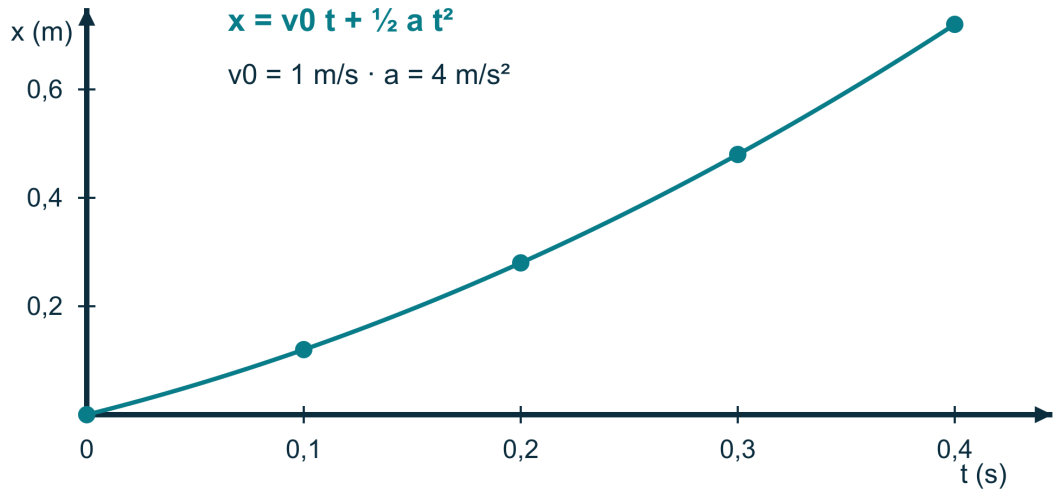
La tabla permite comprobar varios errores posibles. Si se divide una posición por un tiempo absoluto, se obtiene una razón desde el origen, no necesariamente la velocidad del intervalo. Si se emplea siempre el primer intervalo sin verificar los demás, el resultado puede fallar al introducir tiempos irregulares.

Los datos también permiten comprobar que una conversión de metros a centímetros cambia los números de posición por un factor de cien. Si después se informa la velocidad como m/s sin devolver las entradas a metros, aparece un error de escala. La revisión de unidades y conversiones acompaña ese control.

EDUFISICA · EXCEL Y GEOGEBRA

Los puntos pertenecen a un modelo temporal definido

Modelo hipotético: x0 = 0, v0 = 1 m/s y a = 4 m/s²; no datos de carrera.



Cinco puntos definidos y curva matemática propia. El tiempo horizontal conserva su escala.

Función física ideal original con parámetros definidos. Es un modelo didáctico, no registros de un atleta. EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

Fórmulas, rangos y referencias que se pueden auditar

Una fórmula de hoja de cálculo transforma referencias de celdas en una operación. Para revisarla necesitamos saber qué contiene cada celda y cómo cambia la referencia al copiarla. Un resultado correcto en la primera fila no demuestra que las demás utilicen las entradas previstas ni que una constante permanezca fija.

En la serie propuesta, la fórmula `=(B3-B2)/(A3-A2)` calcula la velocidad media entre las filas 2 y 3. El numerador resta posiciones y el denominador resta tiempos. Al copiarla una fila hacia abajo con referencias relativas, las parejas pasan a B4−B3 y A4−A3.

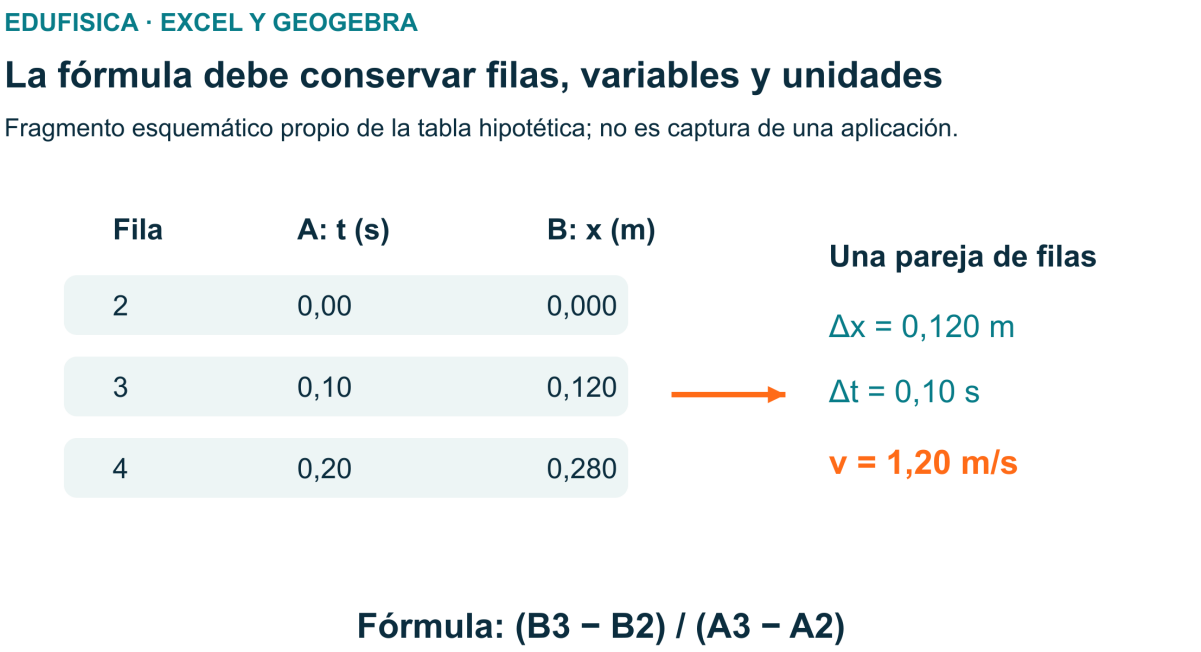
Si una constante ocupa una celda que no debe desplazarse al copiar, puede utilizarse una referencia absoluta. Por ejemplo, si H2 contiene un factor de escala, `=B2*$H$2` mantiene H2 y permite que B2 cambie según la fila. La documentación de Microsoft distingue referencias relativas, absolutas y mixtas. Microsoft (s. f., referencias de celda).

La notación de un rango, como B2:B6, incluye las celdas desde B2 hasta B6. Ese rango contiene cinco posiciones, no cuatro intervalos. Las velocidades de los cuatro intervalos requieren otro rango. Confundir cantidad de posiciones con cantidad de diferencias puede desplazar un gráfico o incluir una fila sin resultado válido.

Antes de extender una fórmula conviene revisar la primera, una fila intermedia y la última. También puede comprobarse una entrada sencilla con resultado conocido. En el ejemplo, la primera diferencia de posición

es 0,120 m y la primera velocidad media es 1,20 m/s. Esa revisión tiene un significado físico, no únicamente informático.

Los nombres de funciones, separadores de argumentos y separadores decimales dependen del idioma y la configuración. Las operaciones simples mostradas aquí evitan argumentos múltiples cuando no son necesarios. Si una fórmula no se acepta, debe revisarse su sintaxis en la documentación del entorno, sin cambiar la relación física para conseguir que aparezca un número.



Esquema original del ejemplo hipotético, sin copiar una interfaz o tabla protegida. Se explican entradas y operación. EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

Calcular velocidades medias y situarlas en el intervalo

Una velocidad media corresponde al desplazamiento de un intervalo dividido por su duración. No es una propiedad aislada de una fila de posición. Al representarla debemos conservar esa referencia temporal, porque ubicar el resultado en el comienzo, el final o el centro del intervalo cambia la lectura del gráfico obtenido.

La expresión utilizada es:

$$\bar{v}_i=(x_{i+1}-x_i)/(t_{i+1}-t_i)$$

El signo sigue el eje de coordenadas definido. Si el desplazamiento es negativo, la velocidad media también lo es para una duración positiva. La rapidez media requiere la distancia recorrida, que no siempre coincide con la magnitud del desplazamiento cuando cambia la dirección dentro del intervalo.

En C3 puede escribirse la fórmula de velocidad del intervalo y copiarse hasta C6. En D3, =(A3+A2)/2 calcula su tiempo central y se copia hasta D6. El gráfico utiliza D3:D6 como eje temporal y C3:C6 como variable de velocidad.

Intervalo (s)	Tiempo central (s)	Velocidad media (m/s)
0,00-0,10	0,05	1,20
0,10-0,20	0,15	1,60
0,20-0,30	0,25	2,00
0,30-0,40	0,35	2,40

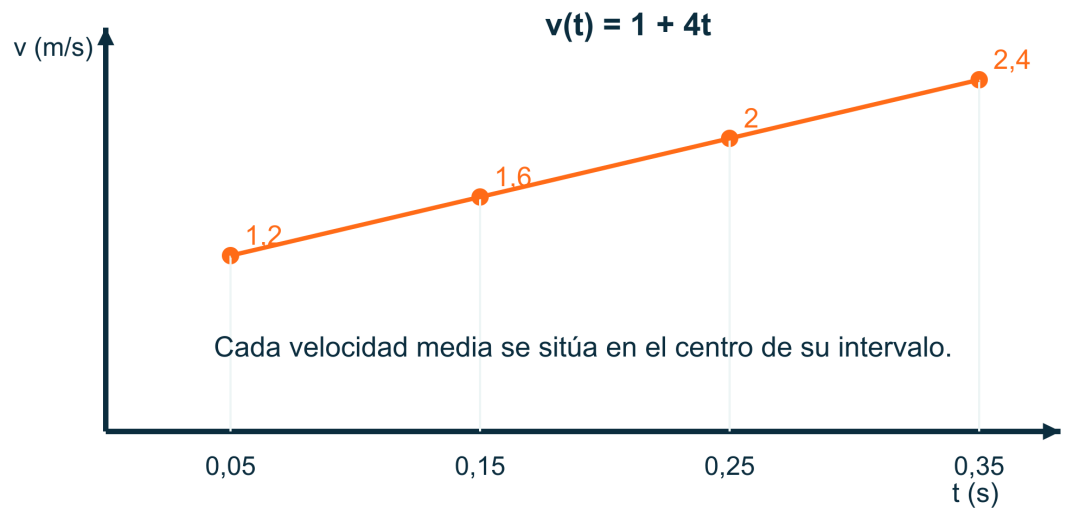
Para el modelo de aceleración constante elegido, la velocidad media de cada intervalo coincide con la velocidad instantánea de su centro. Esa coincidencia se deriva de la relación lineal $v(t)=v_0+at$. No debe generalizarse a cualquier movimiento observado ni a cualquier intervalo de una señal experimental.

La razón de la distancia total a la duración total es 0,720/0,40 = 1,80 m/s en este modelo sin cambios de dirección. Coincide con la media simple de las cuatro velocidades porque los intervalos tienen igual duración. Cuando las duraciones difieren, una media simple puede no representar la razón total buscada.

EDUFISICA · EXCEL Y GEOGEBRA

Una velocidad media necesita una referencia temporal

Datos ideales del ejemplo: intervalos de 0,10 s y aceleración constante.



La coincidencia con v instantánea en el centro depende del modelo lineal de velocidad.

Gráfico propio de datos hipotéticos. La coincidencia con velocidad instantánea central se limita a aceleración constante.
EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

Calcular aceleración sin olvidar dónde está estimada

La aceleración obtenida de velocidades calculadas incorpora una segunda etapa de diferencias. Su ubicación temporal y su sensibilidad a pequeñas variaciones necesitan explicarse con cuidado. Un valor muy detallado en la celda no identifica por sí solo una aceleración instantánea ni demuestra que las posiciones iniciales tuvieran la calidad necesaria.

Podemos calcular una aceleración entre dos velocidades medias dividiendo su diferencia por la separación de los tiempos a los que se asignaron. En el caso propuesto, 1,60−1,20 m/s dividido por 0,15−0,05 s produce 4,0 m/s². Las demás parejas producen el mismo resultado porque los datos se construyeron con aceleración constante.

Una columna E puede contener esa diferencia de velocidades y una columna F el tiempo central entre sus referencias. La primera aceleración queda situada en 0,10 s, después en 0,20 s y finalmente en 0,30 s. No aparecen automáticamente valores en los extremos: el procedimiento requiere parejas que allí no están disponibles.

Para un muestreo temporal uniforme, la segunda diferencia central de posiciones es:

$$a_i \approx (x_{i+1} - 2x_i + x_{i-1})/(\Delta t^2)$$

En la fila con t = 0,20 s, el numerador es 0,480−2(0,280)+0,120 = 0,040 m. Al dividir por 0,10² s² obtenemos 4,0 m/s². El signo, las unidades y el intervalo al cuadrado permiten auditar la operación. Esta fórmula necesita un intervalo uniforme; no se traslada sin ajustes a tiempos irregulares.

Una perturbación hipotética de +0,001 m únicamente en la posición central modifica ese numerador en −0,002 m. Dividir por 0,010 s² cambia la aceleración en −0,20 m/s². La cuenta muestra sensibilidad numérica y ayuda a interpretar por qué la adquisición y el procesamiento importan cuando se calculan derivadas.

Calcular media y dispersión sin mezclar fenómenos

Una media y una desviación estándar pueden resumir repeticiones comparables, pero no todo conjunto de filas constituye esa clase de muestra. La dispersión de una velocidad que aumenta con el tiempo describe parte del movimiento, mientras la dispersión entre intentos puede responder otra pregunta. Antes de resumir debemos identificar qué conjunto estamos comparando.

Para una comprobación aritmética independiente, utilicemos cinco valores hipotéticos en segundos: 0,40; 0,42; 0,41; 0,39 y 0,43. Su media es 0,41 s y su desviación estándar muestral es aproximadamente 0,01581 s. La serie es didáctica y no representa tiempos de reacción registrados.

Si los valores ocupan B2:B6 en una hoja dedicada a ese ejemplo, =PROMEDIO(B2:B6) calcula la media y =DESVEST.M(B2:B6) calcula la desviación muestral. La documentación distingue DESVEST.M de funciones que incluyen texto y valores lógicos, y señala el denominador n−1. Microsoft (s. f., PROMEDIO); Microsoft (s. f., DESVEST.M).

Las funciones no comprueban por sí mismas si las observaciones son comparables o independientes. Una lista de mediciones de distintos participantes, distintos protocolos y distintas unidades puede devolver un promedio, aunque la combinación no responda una pregunta útil.

También hay que comprobar la cantidad de celdas numéricas utilizadas. Una celda vacía o un número importado como texto puede alterar el conjunto efectivo. La revisión del registro y un conteo de entradas permiten detectar que el resumen tiene menos observaciones de las previstas.

No es necesario eliminar todos los decimales de una media porque las entradas fueran enteras. La elección de presentación depende del resultado, su variación y el uso previsto. La guía de cifras significativas y redondeo desarrolla cómo separar formato, cálculo y calidad de medición.

Elegir un gráfico XY que conserve las coordenadas

Un gráfico de posición frente al tiempo requiere que el eje horizontal utilice los tiempos numéricos reales. Si trata cada registro como una categoría igualmente espaciada, puede alterar la apariencia del movimiento cuando los intervalos no son uniformes. El tipo de eje forma parte de la interpretación y debe revisarse junto con los datos.

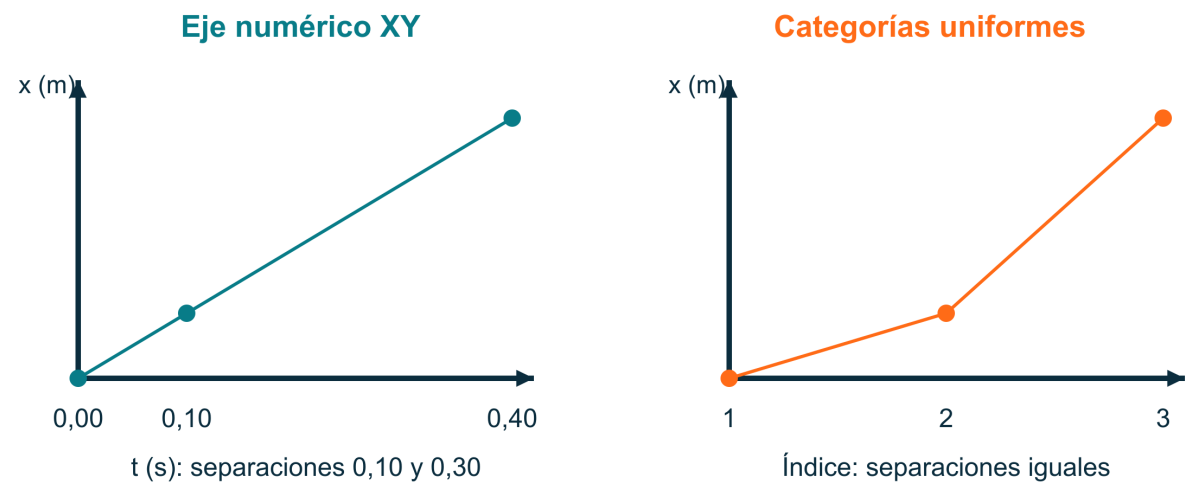
La documentación de Microsoft distingue los gráficos de dispersión XY, con dos ejes numéricos, de los gráficos de líneas con eje de categorías. Para pares de variables cuantitativas, el gráfico XY permite conservar separaciones horizontales desiguales. Microsoft (s. f., gráficos de dispersión y líneas).

En la serie hipotética, se seleccionan los tiempos A2:A6 y las posiciones B2:B6 como pares. El eje horizontal se identifica como t (s) y el vertical como x (m). Cada punto representa una fila, no un resumen de todos los intentos ni una posición espacial dibujada en una fotografía.

Supongamos otro conjunto didáctico con tiempos 0,00; 0,10 y 0,40 s. Sus separaciones son 0,10 y 0,30 s. Un eje numérico muestra que la segunda es tres veces la primera; un eje de categorías igualmente espaciadas no conserva esa relación. La diferencia puede cambiar la lectura visual de la pendiente.

Conectar puntos no demuestra qué ocurrió entre ellos. Una línea recta entre dos observaciones puede servir de guía, mientras una curva suavizada representa una decisión gráfica o matemática adicional. Si interesa interpretar una trayectoria temporal, hay que distinguir datos, interpolación y función ajustada.

Una gráfica legible conserva nombre de variable, unidad, escala y sentido de los colores. Si se muestran dos series, la leyenda debe indicar qué diferencia existe entre ellas. Añadir efectos de volumen o degradados no aporta información sobre movimiento y puede distraer de la separación entre datos y modelo.



Comparación gráfica original con mismos valores verticales y distinta definición de eje horizontal. No captura ni adaptación de figura de Microsoft.
EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

Ajustar una función y examinar sus residuos

Un ajuste aproxima una relación matemática a un conjunto de puntos, pero la calidad visual de la curva no identifica por sí sola el mecanismo físico. El análisis necesita comprobar qué función se eligió, qué parámetros estima y cómo se distribuyen las diferencias entre observaciones y valores calculados dentro del intervalo estudiado.

En los puntos hipotéticos de posición y tiempo, un polinomio de segundo grado reproduce la relación elegida: $x(t) = t + 2t^2$ bajo las unidades y coeficientes definidos. Esa concordancia es esperable porque los puntos fueron generados mediante el mismo modelo. No constituye un descubrimiento experimental de la aceleración.

Si cada punto x_i se compara con un valor ajustado $\hat{x}_i$, el residuo es $e_i = x_i - \hat{x}_i$. Una columna de residuos permite comprobar signos, tamaño y patrón temporal. Un ajuste puede producir un indicador global favorable y aun conservar diferencias relevantes en una fase concreta.

El grado de un polinomio no debe aumentarse únicamente para que pase por más puntos. Una curva muy flexible puede reproducir irregularidades del conjunto y comportarse de forma poco plausible entre observaciones o fuera de ellas. La selección necesita apoyarse en la pregunta, el dominio temporal y la información disponible.

La extrapolación merece una revisión aparte. Una relación ajustada durante 0,40 s no demuestra que siga siendo válida varios segundos después. En el modelo ideal de la actividad podemos calcular otra posición

porque los supuestos se han definido matemáticamente; en un registro humano esos supuestos necesitan evidencia.

Para interpretar un ajuste conviene mostrar los puntos y la función por separado, conservar los coeficientes utilizados en los cálculos y distinguir su representación redondeada en la figura. Copiar una ecuación visible con pocos dígitos y usarla como nueva entrada puede introducir una diferencia que no existía en el ajuste original.

Construir un modelo temporal en GeoGebra

GeoGebra permite vincular una lista de puntos con una función y observar cómo cambia una representación al modificar parámetros. Esa relación entre álgebra y gráfico puede ayudar a comprender posición, velocidad y aceleración. La construcción debe dejar claro que sus parámetros son entradas de un modelo y no resultados medidos automáticamente.

Puede comenzarse con la lista `L={(0,0),(0.1,0.12),(0.2,0.28),(0.3,0.48),(0.4,0.72)}` en un entorno que acepte punto decimal y coma como separador de coordenadas. Si la configuración utiliza otra sintaxis, se adapta la escritura con ayuda del manual; los pares físicos no cambian.

El comando `FitPoly(L,2)`, o su nombre localizado AjustePolinómico, calcula un ajuste polinómico del grado indicado. El manual oficial describe la lista y el grado como entradas. GeoGebra (s. f., FitPoly). En este conjunto ideal se espera el polinomio ya utilizado para construir los puntos.

También se puede definir directamente la función con los coeficientes del ejemplo y dibujarla en el dominio de interés. Para el modelo numérico, `f(t)=t+2t^2` representa la posición cuando t se introduce en segundos. El dibujo necesita rótulos que aclaren la unidad, porque el entorno matemático no asigna automáticamente significado biomecánico a una variable.

Los parámetros iniciales pueden separarse como v0 y a, y construir `f(t)=v0*t+(a/2)*t^2`. Variar únicamente v0 permite observar cómo cambia la pendiente inicial; variar únicamente a modifica la curvatura. Mantener una variable fija durante esa comparación evita atribuir el cambio a varios parámetros simultáneos.

El modelo permite comprobar casos sencillos: a = 0 produce una posición lineal y velocidad constante; v0 = 0 y a distinta de cero produce otro inicio bajo los mismos supuestos. Estos casos son comprobaciones matemáticas del modelo. No describen por sí solos el modo en que una persona arranca o coordina una acción.

Un deslizador para comprender fuerza, ángulo y momento

Un deslizador puede mostrar una dependencia angular sin ocultarla detrás de una tabla extensa. Para que la actividad tenga sentido físico necesitamos definir el eje, el vector de posición y la dirección de la fuerza. El ángulo utilizado en la ecuación debe ser el formado por esos vectores, no otro ángulo visible en el dibujo.

En un modelo plano hipotético se adopta una distancia radial r = 0,040 m y una fuerza de magnitud F = 300 N. La magnitud del momento respecto al eje es $M=rF\sin\theta$. El producto rF vale 12 N·m, y la dependencia angular determina qué fracción de ese valor aparece.

Ángulo entre r y F	Momento del modelo (N·m)	Interpretación geométrica
0°	0	Línea de fuerza alineada con r
30°	6,000	Brazo perpendicular igual a la mitad de r
60°	10,392 aproximadamente	Brazo perpendicular mayor
90°	12,000	Brazo perpendicular igual a r

El manual de GeoGebra permite configurar un deslizador de número o de ángulo, con intervalo e incremento. GeoGebra (s. f., Slider Tool). Para esta actividad puede definirse un ángulo desde 0° hasta 90°, mantener r y F fijos y vincular el cálculo a la expresión del momento.

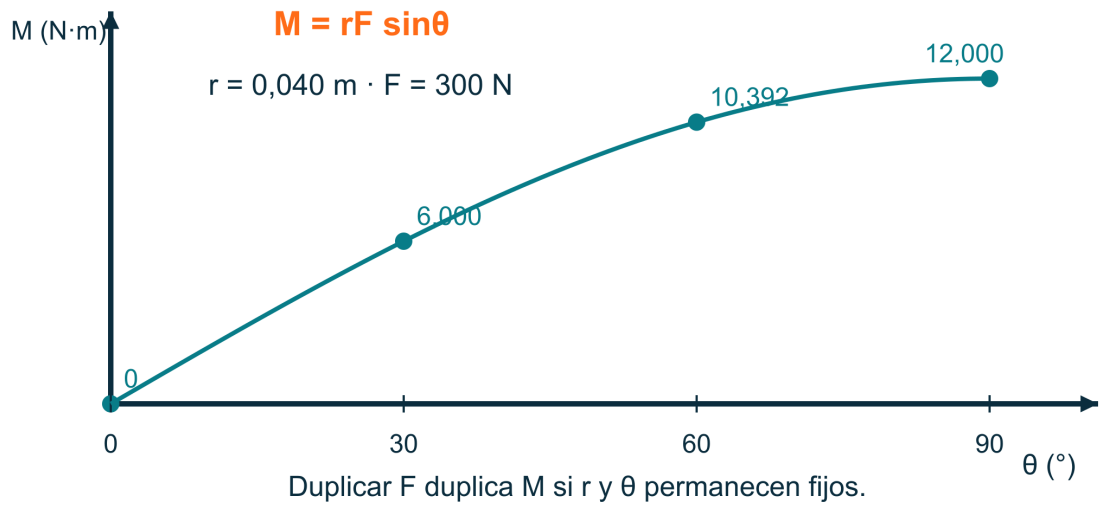
Si se usa un número que representa grados, hay que convertirlo antes de aplicar una función que espere radianes. En GeoGebra puede escribirse explícitamente el símbolo de grados, por ejemplo `12*sin(30°)`. Debe comprobarse el resultado de 6 N·m para el caso definido, en lugar de suponer que un número sin unidad angular tendrá la interpretación deseada.

El máximo de este modelo no permite deducir la postura óptima de un músculo humano. Aquí se han fijado fuerza y geometría ideal; una situación anatómica incorpora otras dependencias y estructuras. La lectura de torque y brazo de momento sitúa el alcance de esa simplificación.

EDUFISICA · EXCEL Y GEOGEBRA

La tabla y el deslizador deben compartir la misma relación

Modelo plano hipotético con r y F constantes, para ángulos desde 0° hasta 90°.



La curva se construye desde M = 12 sinθ. No describe la fuerza de un músculo observado.

Gráfico matemático original con F300N y r0,040m constantes. Datos hipotéticos y alcance mecánico ideal, no datos musculares.
EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

Repetir el modelo angular en Excel como comprobación

Calcular los mismos casos con una tabla permite revisar que el modelo gráfico utiliza las entradas previstas. La comprobación debe comparar relaciones matemáticas idénticas y unidades compatibles. Si una herramienta recibe grados y otra radianes, una discrepancia puede proceder de la entrada angular y no de la ecuación de momento utilizada.

Podemos colocar F = 300 en H2 y r = 0,040 en H3. La columna A contiene ángulos en grados: 0, 30, 60 y 90. En B2 se escribe =H2*H3*SENO(RADIANES(A2)) y se copia según las filas de ángulo.

La documentación de Microsoft indica que SENO recibe radianes y que RADIANES transforma una entrada en grados. Microsoft (s. f., SENO); Microsoft (s. f., RADIANES). Las referencias absolutas mantienen los parámetros de fuerza y distancia, mientras la referencia A2 cambia al copiar.

La tabla debe devolver los cuatro resultados del modelo. El valor de 60° puede aparecer con muchos decimales; el cálculo puede conservarlos, mientras el informe presenta 10,392 N·m u otro detalle justificado para la actividad. Esa diferencia entre formato y valor no cambia la ecuación original.

Una prueba útil consiste en duplicar F y comprobar que todos los momentos se duplican cuando se mantienen r y el ángulo. Otra reduce r a la mitad y verifica que los momentos se reducen a la mitad. Esas relaciones permiten detectar referencias equivocadas incluso si el primer resultado parecía razonable.

Si el valor angular se introduce en radianes desde el principio, RADIANES no debe aplicarse otra vez. La columna tendría que llamarse «θ (rad)» y la fórmula utilizar el seno directamente. El encabezado conserva una información que el número aislado no proporciona.

Suavizar una gráfica no equivale a validar una señal

Los registros de movimiento pueden incorporar variación del fenómeno, ruido de adquisición y efectos del procesamiento. Una función de suavizado cambia la señal y debe justificarse según su finalidad. Elegirla para que la curva resulte agradable puede modificar pendientes, máximos o instantes relevantes sin explicar qué información se conserva o se pierde.

La diferenciación de una señal amplifica componentes de alta frecuencia y puede dificultar la estimación de velocidad o aceleración. Davis y Challis estudiaron un procedimiento que filtra por segmentos cuando cambia el contenido de la señal, comparándolo con otras opciones en un conjunto de prueba. Su resultado está situado en ese diseño y no establece una frecuencia única para todos los movimientos. Davis y Challis (2020, resumen).

Para una práctica introductoria, los datos ideales anteriores permiten comprobar las diferencias sin ruido experimental. Si después se introduce una perturbación numérica conocida, debe identificarse como simulada. La comparación ayuda a comprender sensibilidad, pero no sustituye una validación de captura o un protocolo de filtrado profesional.

Una media móvil también modifica un conjunto de valores: combina observaciones vecinas y puede desplazar o reducir un máximo según cómo se aplique. No conviene denominarla «corrección del dato» sin describir la ventana y la ubicación temporal del resultado.

La señal conservada y la procesada pueden representarse juntas con leyendas precisas. Hay que registrar método, parámetros, condiciones de los extremos y orden de las operaciones. Filtrar posiciones antes de derivar y filtrar una derivada ya calculada no son instrucciones intercambiables sin evaluación.

Cuando el propósito supera una actividad numérica de aula, conviene utilizar procedimientos validados para el tipo de señal y documentar su aplicación. El hecho de que una hoja pueda ejecutar una fórmula no demuestra que esa fórmula sea apropiada para un sensor, una tarea y un intervalo concreto.

Comprobaciones sencillas para detectar errores de implementación

Una hoja puede producir números sin mensajes de error y, aun así, estar usando una relación equivocada. Las comprobaciones útiles comparan unidades, casos conocidos y dependencias esperadas. No sustituyen la validación experimental, pero permiten localizar fallos de implementación antes de interpretar una tabla como evidencia sobre una persona o una tarea.

El análisis dimensional es una primera revisión. Posición dividida por tiempo corresponde a m/s; una segunda diferencia de posición dividida por tiempo al cuadrado corresponde a m/s²; fuerza por brazo perpendicular corresponde a N·m. Si el encabezado no coincide con esas relaciones, hay que revisar la operación o el significado declarado.

Los casos límite constituyen otra revisión. Un desplazamiento cero con duración positiva produce velocidad media cero. Una fuerza cero produce momento cero en el modelo. Un intervalo temporal cero impide

calcular ese cociente: no se corrige introduciendo un número pequeño para que desaparezca la división por cero.

También puede verificarse una operación manualmente y comparar filas. En la serie de posición, el segundo intervalo utiliza 0,280−0,120 y 0,20−0,10. Si una fórmula copiada mantiene por accidente una entrada del primer intervalo, el número deja de describir el intervalo que indica la fila.

Una prueba de escala modifica deliberadamente una entrada con efecto conocido. Multiplicar todas las posiciones por cien debe multiplicar las velocidades numéricas por cien si el tiempo no cambia. Si después se convierten de cm/s a m/s, el factor debe revertirse. Esa prueba permite detectar conversiones parciales o duplicadas.

Las discrepancias deben investigarse sin seleccionar únicamente el resultado más conveniente. Una lista de pruebas, junto con el registro de correcciones, ayuda a separar los errores de fórmula de los cambios en el modelo. El resultado final conserva tanto su número como la explicación de cómo se obtuvo.

Del archivo de cálculo a una explicación que se pueda leer

Un archivo completo puede contener muchas columnas útiles para revisar operaciones, mientras una explicación pública necesita seleccionar las relaciones relevantes. La selección debe facilitar la lectura sin ocultar cómo se obtuvieron los resultados. Una gráfica bien rotulada y un ejemplo verificable pueden comunicar mejor que una captura extensa de celdas sin contexto.

El informe comienza por la pregunta y define variables, unidades y supuestos. Después distingue entradas, procedimiento y resultados. Si utiliza datos hipotéticos, esa condición aparece junto a la tabla y la figura, de modo que el lector no los interprete como valores experimentales.

Las fórmulas se presentan con sus variables y una operación representativa. No es necesario mostrar cada fila si todas ejecutan el mismo procedimiento, pero sí explicar las excepciones, los extremos y el número de observaciones utilizado. Una celda vacía al final de una derivada debe interpretarse como falta de la pareja necesaria, no como un valor cero.

La comparación de Excel y GeoGebra puede mostrar qué aporta cada representación. La tabla hace visibles las entradas y sus relaciones; el modelo dinámico facilita observar una dependencia. Los resultados deben coincidir en los casos definidos sin atribuir al acuerdo una validación del movimiento humano.

Para un grupo de aula, el docente puede distribuir responsabilidades: definir las variables, revisar las fórmulas, comprobar unidades y explicar el gráfico. La propuesta es hipotética y no presupone que todos dispongan del mismo equipo o experiencia digital. Un análisis de pocos puntos puede realizarse primero en papel y verificarse después en el programa.

La evaluación observa si el estudiante justifica qué está calculando, distingue dato y modelo, reconoce una limitación y reproduce un caso. La velocidad al pulsar botones o la cantidad de colores no sustituyen esas evidencias de comprensión.

Preguntas frecuentes sobre Excel y GeoGebra en biomecánica

Las dudas sobre herramientas suelen ocultar una pregunta física o estadística. Identificarla permite decidir si necesitamos una fórmula, una construcción geométrica o una revisión del procedimiento. Las respuestas siguientes conservan esa separación y evitan convertir una función disponible en una recomendación universal para cualquier registro de movimiento humano.

¿Excel y GeoGebra miden el movimiento por sí mismos?

Las actividades descritas organizan datos y construyen modelos a partir de entradas. No realizan una medición de movimiento humano por el hecho de calcular o dibujar. La captura requiere un procedimiento, y sus resultados deben tener variables, unidades, condiciones e incertidumbre identificadas.

¿Qué gráfico conviene para posición frente al tiempo?

Para pares numéricos de tiempo y posición, un gráfico XY permite conservar las separaciones temporales reales. Deben identificarse ejes y unidades. Conectar los puntos puede ayudar a leerlos, pero no demuestra qué ocurrió entre las observaciones ni valida una curva suavizada.

¿Por qué SENO necesita una conversión cuando el ángulo está en grados?

La función SENO de Excel utiliza radianes. Si la columna contiene grados, RADIANES transforma la entrada antes de calcular. Aplicar la conversión a un valor que ya está en radianes introduce otro problema. La unidad angular debe quedar escrita en el encabezado.

¿DESVEST.M indica la incertidumbre de mi instrumento?

Calcula una desviación estándar muestral sobre las entradas numéricas utilizadas. Su significado depende del conjunto: intentos, participantes o instantes no representan lo mismo. Esa función no evalúa automáticamente todas las fuentes de incertidumbre de un instrumento ni identifica si las observaciones son comparables.

¿Una curva que pasa por todos los puntos es el mejor modelo?

Pasar por los puntos no demuestra un mecanismo físico ni una buena extrapolación. Conviene revisar los supuestos, el grado de la función, los residuos y el dominio de los datos. Una curva muy flexible puede reproducir irregularidades sin ofrecer una interpretación biomecánica pertinente.

Referencias

1. Pérez Ruiz, O. A., Villegas Sáez, A. F., & Feito Gácita, A. (2021). *Fundamentos de biomecánica deportiva*. Editorial Universitaria. Consulta selectiva de pp. 88-92, 113-118. Ficha bibliográfica.

2. Microsoft. (s. f.). *Crear o modificar una referencia de celda*. Soporte de Microsoft. Recuperado el 11 de octubre de 2026 de documentación oficial.

3. Microsoft. (s. f.). *Función PROMEDIO*. Soporte de Microsoft. Recuperado el 11 de octubre de 2026 de documentación oficial.

4. Microsoft. (s. f.). *Función DESVEST.M*. Soporte de Microsoft. Recuperado el 11 de octubre de 2026 de documentación oficial.

5. Microsoft. (s. f.). *Presentar los datos en un gráfico de dispersión o en un gráfico de líneas*. Soporte de Microsoft. Recuperado el 11 de octubre de 2026 de documentación oficial.

6. Microsoft. (s. f.). *Función SENO*. Soporte de Microsoft. Recuperado el 11 de octubre de 2026 de documentación oficial.

7. Microsoft. (s. f.). *Función RADIANES*. Soporte de Microsoft. Recuperado el 11 de octubre de 2026 de documentación oficial.

8. GeoGebra. (s. f.). *FitPoly Command*. GeoGebra Manual. Recuperado el 11 de octubre de 2026 de documentación oficial.

9. GeoGebra. (s. f.). *Slider Tool*. GeoGebra Manual. Recuperado el 11 de octubre de 2026 de documentación oficial.

10. Davis, D. J., & Challis, J. H. (2020). Automatic segment filtering procedure for processing non-stationary signals. *Journal of Biomechanics, 101*, 109619. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.109619. Resumen.