

# Omron lanza su versión 1.30 de Motor Sizing Tool

*La herramienta software para el diseño de aplicaciones de motion control permite acortar los plazos de (re)diseño y anticiparse a reconocer nuevas necesidades. CITCEA-UPC trabaja con Omron Corporation en el desarrollo de su herramienta MST.*

**CITCEA-UPC/TEKNOCEA Y OMRON EUROPE**

El desarrollo de máquinas para aplicaciones mecatrónicas y de *motion control* requiere de necesidades específicas para utilizar óptimamente cada componente (Figura 1). Las prestaciones de cada componente pueden verse afectadas durante la vida

del que habitualmente no se dispone en la industria.

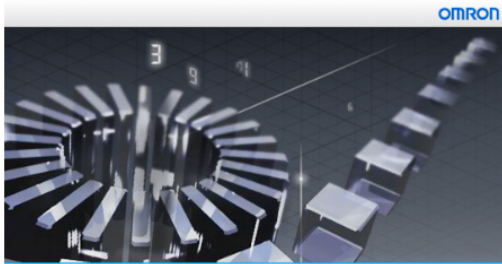
El uso de herramientas software permite acortar los plazos de (re)diseño y anticiparse a reconocer nuevas necesidades. Así, resulta más sencilla la reevaluación sobre qué prestaciones pueden persistir o cuáles requieren de cambios en componentes claves, como pueden ser los servomotores. A modo de ejemplo, estas herramientas permiten seleccionar aquel servomotor más adecuado evitando sobredimensionamientos. Aunque un *servomotor* de *talla* mayor permitirá cubrir aplicaciones de movimiento más exigentes tendrá un impacto negativo en tamaño, en coste inicial y en rendimiento energético.

Los fabricantes de soluciones mecatrónicas y de *motion control* suelen ofrecer estas herramientas software (Figura 2) que, en conjunción con unas buenas especificaciones por parte del cliente final, derivan en diseños rápidos y óptimos. Al estar los cálculos basados en una herramienta software, la automatización del mismo (re)diseño es parte implícita del proceso y se mitigan posibles errores humanos.

Omron Corporation, como empresa puntera en el sector de la automatización industrial no es una excepción. En 2015 lanza *Motor Sizing Tool v1.0 (MST)*, desarrollada de la mano de CITCEA-UPC. MST es una herramienta software que permite agilizar el dimensionamiento de aplicaciones mecatrónicas y de *motion control*. Esta herramienta ha sido utilizada por los ingenieros de su área de automatización industrial durante los últimos años con gran éxito. Año tras año ha ido incorporando nuevas prestaciones. Por un lado, buscando facilitar tareas de pre-diseño y, por otro, integrando funcionalidades o componentes más avanzados. Actualmente, se encuentra en su versión 1.30.

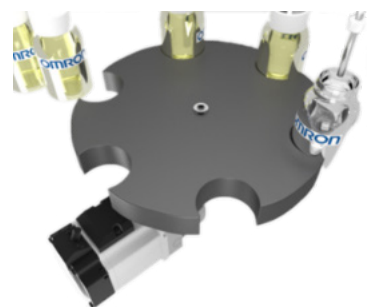
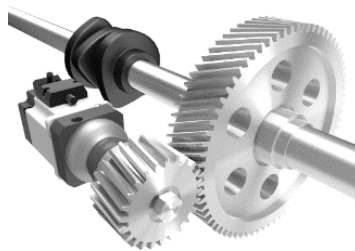
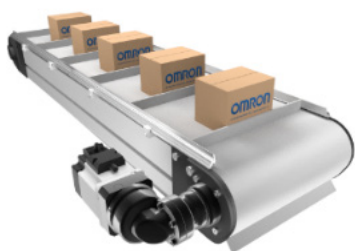
El proceso convencional de diseño de una máquina mediante MST se basa en 5 sencillos pasos. Estos pasos permiten la definición de una gran familia de máquinas gracias a su configurador de ejes personalizable:

- 1. Creación de un nuevo proyecto.** MST se prepara para asistir al diseñador en los siguientes pasos.



**Mechatronics Sizing Tool** Version 1.30  
© Copyright OMRON Corporation 2019 All Rights Reserved.

misma de la máquina, bien sea debido a eventualidades por temas normativos, bien por cambios o actualización de un producto a fabricar. **Cuando se proyecta una máquina se requiere de un elevado bagaje de conocimientos multidisciplinar** (mecánica, electrotecnia, control, automatización, electrónica, etc.). Esta tarea se cubre mediante trabajos de ingeniería de diseñadores e ingenieros altamente cualificados, pues se trata de un proceso complejo y costoso en duración, tiempo



**Figura 1. Ejemplos de ejes para aplicaciones mecatrónicas** (Fuente: MST de Omron)

**2. Wizard.** Asistente en tres pasos que permite, en primer lugar, rellenar campos de información sobre el proyecto, autor y cliente. Posteriormente, se puede seleccionar para la máquina proyectada un controlador y su fuente de alimentación. Finalmente, se permite añadir una serie de ejes predefinidos con los que la máquina trabajará.

**3. Personalización de la máquina.** Se puede acceder tanto al controlador escogido en el paso anterior, como a los ejes predefinidos modificando cualquier parámetro o componente de los mismo. Se puede añadir, quitar y configurar nuevos ejes totalmente personalizados a través de una amplia gama de componentes:

**a. Motores.** Propios de Omron Corporation, tanto rotativos como lineales, y posibilidad de introducir motores de terceros en la aplicación de forma local.

**b. Elementos mecánicos divididos en 4 familias.** Lineal-Rotativo (cremallera-piñón), Rotativo-Lineal (husillo de bolas, tuerca giratoria, cinta transportadora, alimentador de rodillos, suspensión, piñón-cremallera, (des) bobinadora y manivela), Rotativo-Rotativo (reductor, engranaje, correa de transmisión, carga cilíndrica, excéntrica y bloque rotativo), y Lineal-Lineal (masa lineal, balancín, portador de ejes y palanca).

**c. Patrones de movimiento.** El patrón de movimiento del eje permite definir instrucciones de movimiento por tramos a través de las siguientes opciones: i) constante, ii) trapezoidal, iii) rampa, iv) importar perfil por puntos CAM, i v) Freno.

Cada componente mecánico lleva asociadas unas pro-

piedades que dependen del componente en particular (coeficiente de fricción, paso en caso de husillo, revoluciones de entrada y salida en caso de reductores, etc.)

Los componentes mecánicos de tipo rotativos disponen de una calculadora de inercia en la que la herramienta MST automatiza el cálculo para cada componente.

Una vez el eje está creado, se puede seleccionar de un listado de motores aquellos válidos (inclusive MST ofrece el óptimo). En la misma lista de motores, aparecen mediante un criterio de colores (verde: válido, naranja: no recomendado, o rojo: no adecuado) varias opciones para juzgar la adecuación de un motor; por velocidad, ratio de par nominal, par pico y ratio de inercia. A la cabeza del listado un descriptor *OK* (en verde) o *NG* (en rojo) marca el juicio final para ese motor.

**4. Selección del servodrive y accesorios.** Después de haber seleccionado un motor que pueda satisfacer las especificaciones solicitadas se pueden añadir su *servodrive* y accesorios como cables o conectores.

**5. Validación de la máquina y generación de informes.** La máquina se puede validar basándose en resultados de los ejes con y sin *servomotor* (por velocidad/ par máximos, par efectivo, inercias, energía/potencia regeneración), la característica par-velocidad, curva de sobrecarga, parada del freno dinámico y

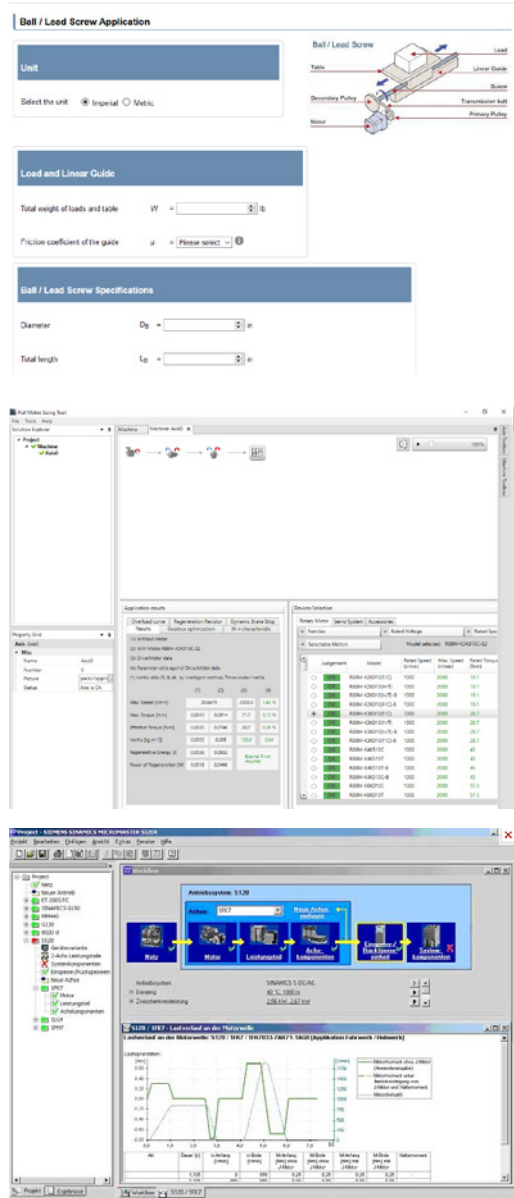


Figura 2. Ejemplos de aplicaciones software para el diseño de soluciones mecánicas. De arriba a abajo: Motor Sizing Tools (Oriental Motor); Mechatronics Sizing Tool (Omron Corporation), y Drive Descing Tool SIZER (Siemens Drive)

datos de la resistencia regenerativa (Figura 4). Además, se puede generar un informe con los datos resultantes de la máquina con todos sus

Selección de dispositivos

Motor rotativo Sistema Servo Accesorios Resultados

Familias Tensión nominal Velocidad nominal Freno

Motores seleccionables Modelo seleccionado: R88M-K2K030H-S2

	Juicio	Modelo	Velocidad nominal (r/min)	Velocidad máx. (r/min)	Par nominal (Nm)	Par máx. (Nm)	Kinetic energy evaluation (J)	Inercia (Kg·m <sup>2</sup> × 10 <sup>-4</sup> )	Inercia del freno (Kg·m <sup>2</sup> × 10 <sup>-4</sup> )	Potencia (W)
<input type="radio"/>	NG	R88M-K1K530(F/C)	3000	5000	4.77	14.3	622.9	2.84	0	1500
<input type="radio"/>	NG	R88M-K1K530(H/T)-B	3000	5000	4.77	14.3	695.3	3.17	0.33	1500
<input type="radio"/>	NG	R88M-K1K530(F/C)-B	3000	5000	4.77	14.3	695.3	3.17	0.33	1500
<input checked="" type="radio"/>	OK	R88M-K2K030(H/T)	3000	5000	6.37	19.1	807.1	3.68	0	2000
<input type="radio"/>	OK	R88M-K2K030(F/C)	3000	5000	6.37	19.1	807.1	3.68	0	2000
<input type="radio"/>	OK	R88M-K2K030(H/T)-B	3000	5000	6.37	19.1	879.5	4.01	0.33	2000
<input type="radio"/>	OK	R88M-K2K030(F/C)-B	3000	5000	6.37	19.1	879.5	4.01	0.33	2000

Figura 3. Detalle de la zona de selección de motores dentro de la pantalla principal de configuración (Fuente: MST de Omron)

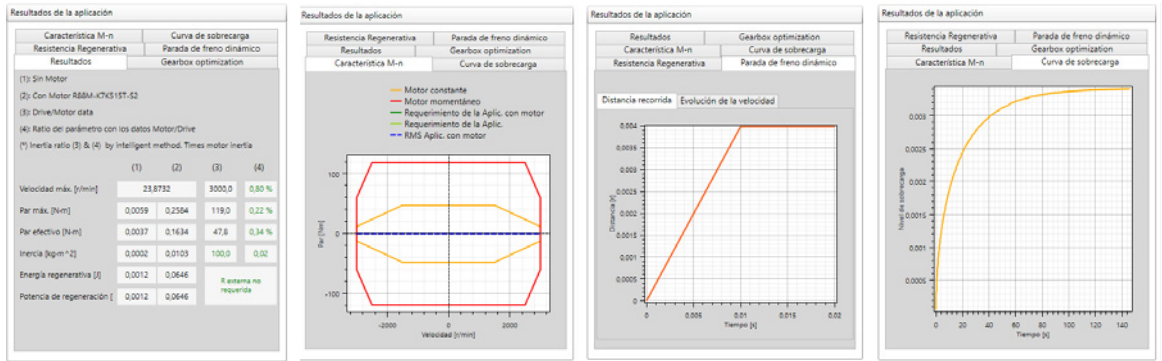


Figura 4. Detalle de la sección de resultados de la aplicación

ejes. Esto permite analizar fácilmente el grado de adecuación del motor seleccionado a los requerimientos de la aplicación.

**NOVEDADES EN LA VERSIÓN MST V1.30**

Omron Corporation ha ido evolucionando en dos direcciones su herramienta software MST desde su nacimiento con la versión v1.0: crear en una misma aplicación dos versiones de la misma herramienta, *Full* y *Lite*, acortando el tiempo de diseño para proyectos con ejes-tipo, y además, incorporar elementos o funcionalidades avanzadas potenciando la versatilidad. Todo ello, siempre compatible con todas sus familias de *servomotores* y *servodrives/accesorios* presentes en el mercado.

**Proyectos Full/Lite para mitigar tiempos de pre-diseño.** El objetivo de un proyecto *Lite* es que cualquier persona sin conocimientos profundos de mecatrónica sea capaz de

realizar una selección adecuada de motor para una aplicación determinada.

En este tipo de proyectos toda la información se muestra en una única vista, los tipos de ejes están limitados y el conjunto de propiedades mecánicas ha sido simplificado.

Al iniciar la aplicación, la pantalla de bienvenida permite escoger entre 2 tipos de proyectos; *Full* y *Lite*.

Los proyectos *Full* siguen la filosofía de las versiones anteriores. Un diseñador con experiencia puede generar de forma totalmente personalizada una máquina bajo demanda. Para cada componente mecánico una *Property Grid* permite configurar al detalle todo valor del mismo (Figura 6, izquierda).

En un proyecto *Lite*, se dispone de ejes-tipo en los que en la pantalla de configuración se observa simultáneamente todos los componentes asociados a un eje con su propia *Property Grid* y unos pocos parámetros clave de configuración (Figura

6, derecha). De la misma forma, los patrones de movimiento permitidos están limitados a 2 instrucciones básicas del tipo trapezoidal o triangular.

En caso que un proyecto *Lite* sea potencialmente apto, se puede realizar una migración a un proyecto *Full*. Así, se pueden ajustar más finamente las propiedades de cada elemento, modificar el patrón de movimiento o incluso modificar el propio eje. A modo de ejemplo, la Figura 6 Izquierda es una migración a *Full* del proyecto *Lite* de la Figura 6 Derecha.

**NUEVAS FUNCIONALIDADES Y ELEMENTOS PARA AUMENTAR LA VERSATILIDAD**

**GearBox Optimization.** En versiones anteriores, cuando una cadena contenía un elemento mecánico del tipo reductor la ratio de reducción se podía modificar bien cambiando las revoluciones en el lado de carga, bien las del lado *servomotor*. Esta opción es la habitual en muchas herramientas software, siendo adecuada si se desea configurar una reductora teniendo en mente pocas ratios de prueba. No obstante, limita una visión global para una gama de ratios mucho más amplia.

La versión actual de MST ofrece un optimizador de ratios de reducción, en donde el diseñador indica una ratio inicial y una final (Figura 7, izquierda). Al ejecutar el optimizador, este realiza 100 iteraciones entre ambas ratios y dibuja, para todas ellas, los resultados re-

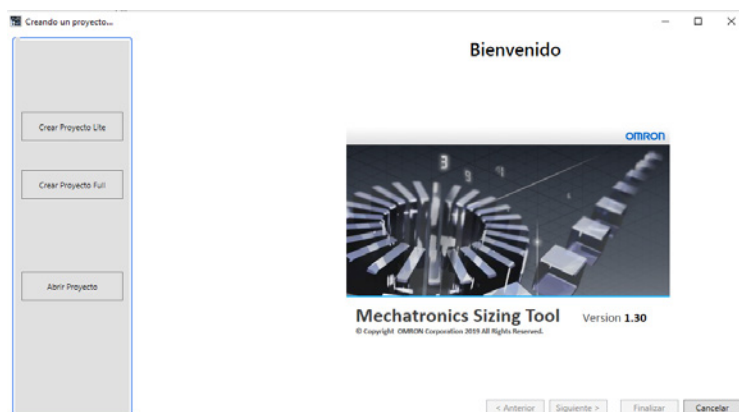


Figura 5. Detalle de la pantalla de bienvenida de MSTv1.30 (Fuente: MST de Omron)



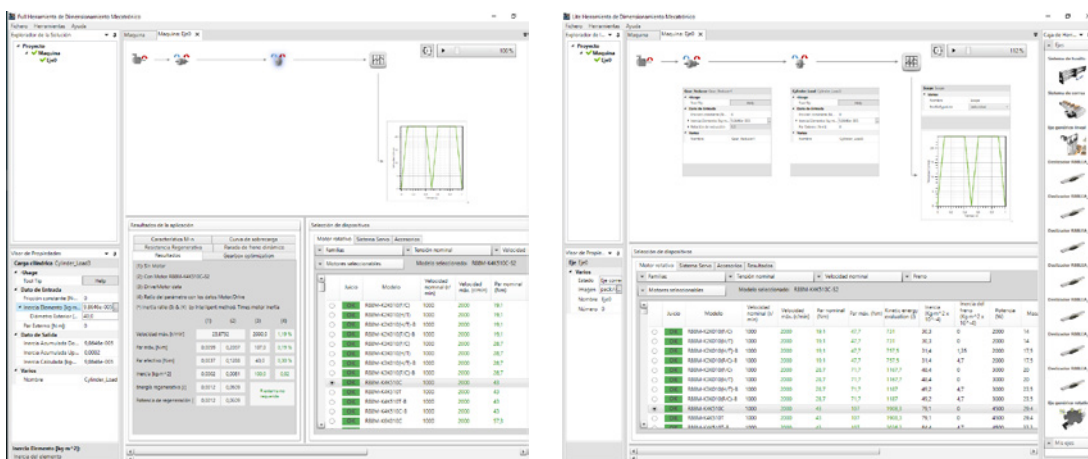


Figura 6. Detalle de la pantalla principal de configuración. Izquierda, Proyecto Full y Derecha, Proyecto Lite (Fuente: MST de Omron)

levantas que se muestran en la tabla de resultados de la propia aplicación; inercia, par y velocidad con/sin motor (Figura 7, derecha). De esta forma, se puede ver rápidamente la evolución al escoger reductoras distintas, destacando en verde/blanco/rojo si la reductora es adecuada/no recomendable/no apta para la ratio de reducción que se muestra en el eje de ordenadas de las gráficas de salida.

**Intelligent Inertia evaluation (iIE).** Todo elemento rotativo tiene un momento de inercia, no siendo el motor una excepción. En el caso de aplicaciones con motores rotativos es bastante habitual que el fabricante proporcione un dato denominado máxima ratio de inercia, siendo ratios típicas 10:1 o 5:1. Este dato se compara con la ratio de inercia resultado de dividir la inercia de la carga reducida al *servomotor* entre la propia inercia del motor y se establece un criterio para el juicio de la idoneidad del *servomotor*. Este tipo de criterio se le denominará *conventional Inertia Evaluation* (cIE). La inercia de la carga reducida al motor es un valor que debe ser calculado para cada caso debido a que cada elemento de la cadena cinemática afecta a su valor final.

Los *servodrives* de Omron van equipados con un circuito de *frenada dinámica* que

permite regenerar parcialmente la energía del movimiento cuando se reduce velocidad. Esta energía es absorbida por los condensadores del bus de continua de acuerdo a su capacidad. Aunque MST evalúa el cIE, tasar la idoneidad del motor por este criterio puede resultar un criterio limitante debido al uso de la "Frenada dinámica". Actualmente, MST permite configurar un criterio por inercia de forma inteligente, iIE. Para ello, se consideran 2 sub-criterios; uno de estabilidad y otro energético.

- En el caso del criterio de estabilidad, MST integra una tabla de 2 valores de ratios de inercia para cada componente del eje según su rigidez mecánica. Uno responde a la máxima ratio para una correcta estabilidad (MRCE) y otro a la máxima ratio aceptable (MRA). A modo de ejemplo, para el caso de la reductora estos valores serían 100 y 200, respectivamente. Dentro de un eje se busca el mínimo de los  $MRCE_{min}$  y el mínimo de los  $MRA_{min}$ . Así, el criterio queda:

Juicio	Criterio
Apto (Verde)	Ratio inercia $\leq MRCE_{min}$
No recomendado (Naranja)	$MRCE_{min} < \text{Ratio inercia} < MRA_{min}$
No adecuado (Rojo)	Ratio inercia $\geq MRA_{min}$

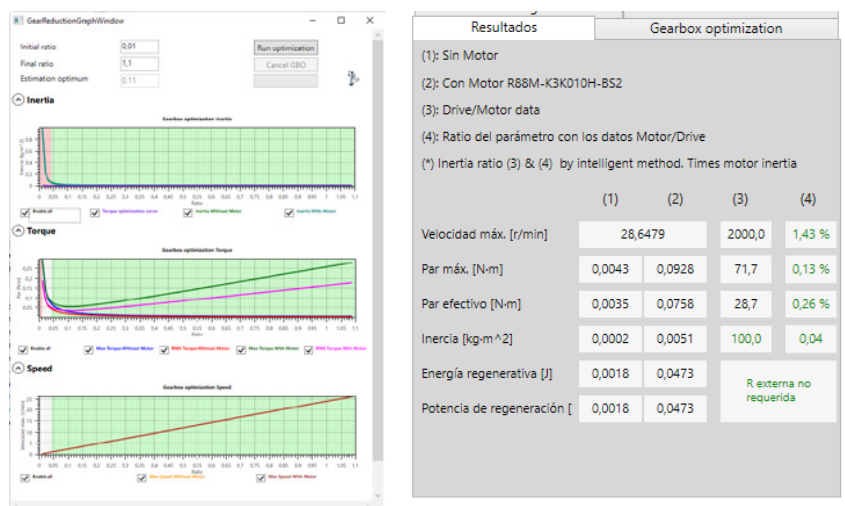


Figura 7. Detalle de las pantallas de resultado. Izquierda, resultados del optimizador de reductoras. Derecha, resultados para un eje y una reductora concreta

- El criterio energético evalúa la ratio entre la máxima energía cinética del motor ( $E_{k \max \text{ motor}}$ ) y la máxima cinética de la aplicación ( $E_{k \max \text{ ap.}}$ ).  $E_{k \max \text{ motor}}$  es un valor que se obtiene de los datos de la hoja de características del fabricante como son la inercia del servomotor, la velocidad máxima tolerable por el mismo y su máxima ratio de inercia. Por otra parte,  $E_{k \max \text{ ap.}}$  será un valor función de la máxima velocidad de la aplicación y de la inercia reducida del eje al *servomotor*. De esta forma, se obtiene una idea de si el eje del motor es capaz de absorber la máxima energía almacenada en la cadena cinemática. Así, el criterio de juicio queda:
  - (ii) Piñón-cremallera con piñón móvil:
    - **Mechanical CAM (leva mecánica).** Hasta la versión 1.20 el diseñador podía introducir un perfil de puntos como patrón de movimiento, denominado en automatización tabla CAM. Hoy en día, todavía se pueden observar gran cantidad de máquinas que disponen de levas mecánicas en alguno de sus ejes. El nuevo componente permite configurar su excentricidad ( $h$ ), masa de la carga lineal a desplazar ( $m$ ), inercia de la leva ( $J$ ) e introducir un par externo ( $T$ ) (Figura 8, izquierda).
    - **Piñón-cremallera con piñón móvil.** En esencia es un piñón-cremallera con la pecu-

mismo. La inercia ( $J$ ) se calcula para el componente automáticamente en base a los datos previos. Además, permite especificar el rendimiento del componente ( $\mu/\eta$ ) y su inclinación ( $\alpha$ ). En la (Figura 8, derecha) se puede ver una imagen del componente.

**Librerías de motores de terceros exportables.** MST trabaja con una base de datos extensa de Omron incrustada en la propia herramienta, la cual se actualiza versión tras versión. No por ello MST ha limitado en algún momento la posibilidad de introducir motores con características configurables a medida. Esto, en el entorno MST se considera como motores de terceros (Figura 9).

Hasta las versiones anteriores a la MSTv1.30 los motores de terceros formaban parte de una librería local del ordenador en el que trabaja MST. En la actual versión, la librería de terceros se incrusta en la solución del proyecto y, en caso de abrirlo en otro ordenador, se permite hibridar la librería local con los nuevos elementos de terceros. Así, se facilita el tiempo de desarrollo si el proyecto se comparte en diferentes ordenadores.

**Nuevos patrones de movimiento.** La herramienta MST ofrece la posibilidad de imponer un perfil de movimiento basado en tramos por instrucciones de diferente índole. El perfil rampa y trapezoidal son perfiles de velocidad altamente solicitados en el ámbito de aplicaciones de *motion control*. Por ello, la reciente versión la reciente versión de MST permite dos opciones avanzadas:

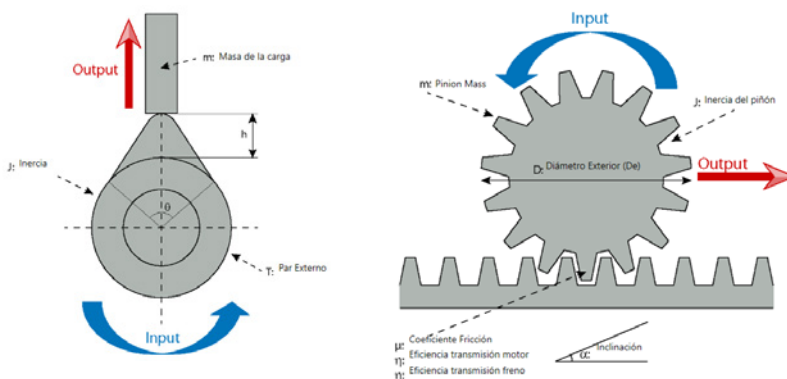
- **Rampa.** El patrón de movimiento tipo rampa permitía, en versiones anteriores de MST, definir un tramo de velocidad lineal a partir de la duración del movimiento y el valor final en térmi-

Juicio	Criterio
<b>Apto (Verde)</b>	$E_{k \max \text{ ap}} \leq 0.9 \cdot E_{k \max \text{ motor}}$
<b>No recomendado (Naranja)</b>	$0.9 \cdot E_{k \max \text{ motor}} < E_{k \max \text{ ap}} < E_{k \max \text{ motor}}$
<b>No adecuado (Rojo)</b>	$E_{k \max \text{ ap}} \geq E_{k \max \text{ motor}}$

- El iIE permite obtener una información de la adecuación del motor mucho más próxima a las prestaciones requeridas por la aplicación, siendo siempre una opción re-configurar MST en caliente entre los criterios cIE-iIE.

**Nuevos componentes.** A la familia de componentes Rotativo-Lineal se añaden 2 componentes mecánicos adicionales: (i) *Mechanical CAM* y

liaridad que la cremallera es fija y es el conjunto *-motor/componentes (incluyendo piñón)/carga-* se desplazan linealmente sobre la cremallera. Por ello, a la hora de calcular las inercias y el par, MST considera simultáneamente los componentes lineales y angulares. El componente permite configurar la masa del piñón directamente ( $m$ ), o bien que a partir de su diámetro ( $D_e$ ) y material del



**Figura 8.** Detalle de los nuevos componentes mecánicos de MST. Izquierda, *mechanical CAM*. Derecha, *piñón-cremallera con piñón móvil* (Fuente: MST de Omron)

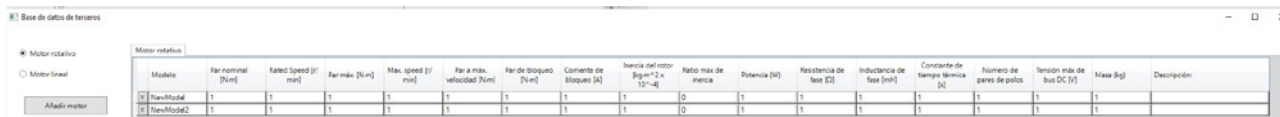


Figura 9. Detalle de la ventana de configuración de motores de terceros (Fuente: MST de Omron)

nos de posición, velocidad o aceleración. No obstante, este perfil-tipo es muy rígido debido a las sobre-aceleraciones (*-jerk-*, derivada de la aceleración) entre tramos consecutivos con cambios bruscos de velocidad, ver patrón rampa-constante (Figura 10, izquierda).

- Muchas son las aplicaciones de *motion control* en las que este *jerk* no es adecuado. La solución pasa por crear un perfil de aceleración tipo trapezoidal, lo que se traduce como patrón *S-curve* en términos de velocidad (ver patrón *S-curve* en la Figura 10, izquierda). La nueva versión de MST ofrece la posibilidad de definir un tiempo de *S-curve* dentro de una instrucción tipo rampa. Este tiempo puede configurarse como máximo a la mitad de la duración de la propia instrucción. En la Figura 10, derecha se puede observar un ejemplo en MSTv1.30.

- Trapezoidal Avanzado.** El perfil de movimiento tipo trapezoidal ya estaba disponible en versiones anteriores, pero se basaba en un patrón trapecio de velocidad simétrica (mismo tiempo de aceleración y de frenada). Con la idea de facilitar la creación de un perfil trapezoidal asimétrico no basado en la acumulación de instrucciones tipo rampa/constante/rampa, MST integra el perfil trapezoidal avanzado.

Este perfil avanzado permite establecer el incremento de posición y la duración del movimiento. Un selector asiste la creación del perfil por tipo de control; (i) tiempo o (ii) por ratio.

- Por Tiempo: El diseñador

establece el tiempo de aceleración y el de frenada, siempre y cuando no exceda su suma la duración total del movimiento.

- Por ratio: El diseñador marca la ratio de aceleración y frenada en [m/s<sup>2</sup>] o [rad/s<sup>2</sup>]. Esta última opción desentiende al diseñador de si los valores son plausibles para el tiempo de movimiento. MST de forma automática calcula el valor de aceleración o frenada libre si no es posible mantener el que actualmente tiene fijado.

**CONCLUSIONES**

La finalidad de las herramientas *software* para el diseño de aplicaciones mecatrónicas y de *motion control* deben brindar a un diseñador, aun sin ser un experto en la materia, la posibilidad de decidir qué *servomotor* ofrece prestaciones más convenientes para un proyecto propuesto. No, por ello, olvidando que la información de detalle es clave para el éxito del (re)diseño de una máquina.

Omron Corporation, mediante su herramienta MST desarrollada por CITCEA-UPC, ofrece en cada nueva versión más posibilidades de asistencia al diseño de aplicaciones bajo demanda, tanto en fases muy preliminares del proceso gracias a su versión de proyectos *Lite*, cómo en etapas más avanzadas en las que un proyecto *Full* permite un ajuste fino y detallado para máquinas complejas. ●

Participaron en la redacción de este artículo Daniel Heredero, José-Ignacio Bustamante, Daniel Montesinos y Antoni Sudrià de CITCEA-UPC/TeknoCEA y Carlos Ruiz de Omron Europe.

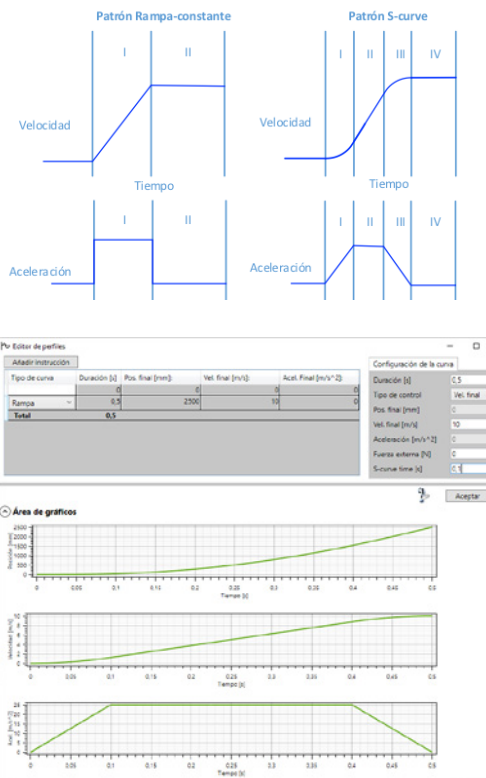


Figura 10. Detalle patrones de movimiento tipo rampa. Superior, patrones tipo rampa-constante y patrón rampa en S-curve (Fuente: autores). Inferior, detalle del editor de patrones para caso rampa en S-curve (Fuente: MST de Omron)

**Omron ofrece posibilidades de asistencia al diseño de aplicaciones bajo demanda, tanto en fases muy preliminares del proceso cómo en etapas más avanzadas**



Figura 11. Detalle del editor de patrones de movimiento para el caso trapezoidal avanzado (Fuente: MST de Omron)