

# Modelo para la evaluación de la extremidad superior distal: índice compuesto e índice acumulativo

*Distal upper extremity assessment model: composite index and cumulative index.  
Modèle d'évaluation du membre supérieur distal: indice composite et indice cumulatif.*

## Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

## Elaborado por:

Alfredo Álvarez Valdivia

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. INSST

Teresa Álvarez Bayona

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS. INSST

En la NTP 1125 se presentó y se desarrolló el RSI: la versión actualizada del «strain index» para la evaluación de los riesgos asociados a trastornos de las extremidades superiores. Con la finalidad de ampliar el campo de aplicación del RSI, en esta NTP se presentan el índice compuesto (COSI) y el índice acumulativo (CUSI), de forma que permiten tender la metodología original del RSI a tareas formadas por la concatenación de varias subtareas (índice COSI) y a combinaciones de diferentes tareas a lo largo de la misma jornada laboral (índice CUSI). Adicionalmente, se incluye un sencillo ejemplo de aplicación de ambos métodos.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

## 1. INTRODUCCIÓN

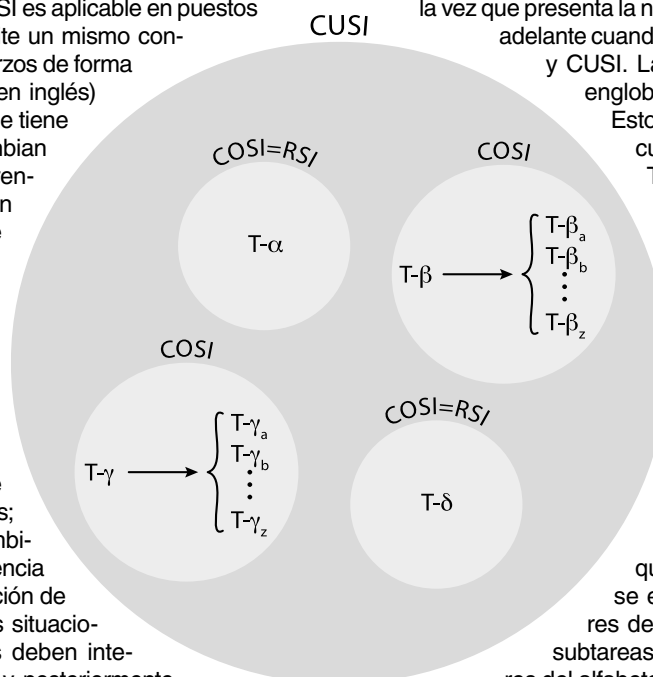
En la nota técnica de prevención 1125 se detalla el procedimiento para calcular el «strain index» (SI) desarrollado en 1995 (Moore y Garg 1995) y revisado y renombrado en 2017 (Garg, Moore y Kapellusch 2017a) como «revised strain index» (RSI). La metodología RSI es aplicable en puestos de trabajo en los que se repite un mismo conjunto de movimientos o esfuerzos de forma repetida («mono-task jobs», en inglés) en los que: a) las variables que tiene en cuenta el método no cambian sustancialmente en los diferentes esfuerzos que se realizan durante un ciclo y b) no se dan rotaciones de tareas del trabajador dentro del mismo turno de trabajo.

No obstante, es habitual que, en los entornos industriales actuales, los trabajadores realicen más de una tarea (trabajos multitarea) y, además, que las tareas se subdividan en varias subtareas; siendo una subtarea una combinación única de fuerza, frecuencia del esfuerzo, duración y posición de la mano o muñeca. En estas situaciones, las variables anteriores deben integrarse a nivel de tarea primero y, posteriormente, los estresores biomecánicos deben integrarse a lo largo de las diferentes tareas de la jornada laboral.

Con la finalidad de contemplar esta casuística, los mismos autores del RSI desarrollaron dos índices adicionales para, por una parte, integrar las diferentes subtareas a nivel de tarea y, por la otra, integrar las diferentes tareas a nivel de jornada laboral (Garg, Moore y Kapellusch 2017b). A tal efecto, el índice COSI permite aplicar el índice RSI a aquellas situaciones en las que se concatenan varias subtareas para la realización de una tarea. De igual forma, el índice CUSI es

aplicable en situaciones en las que se combinan diferentes tareas a lo largo de la jornada laboral.

La figura 1 representa, de forma esquemática, estos tres índices (RSI, COSI y CUSI) y cómo se relacionan entre sí; a la vez que presenta la nomenclatura que se utilizará más adelante cuando se desarrollen los índices COSI y CUSI.



La figura muestra un círculo que engloba cuatro círculos más pequeños. Estos cuatro círculos corresponden a cuatro tareas diferentes (T- $\alpha$ , T- $\beta$ , T- $\gamma$  y T- $\delta$ ) que se realizan a lo largo de la jornada laboral. En esta situación, el índice CUSI se utiliza para evaluar el riesgo del conjunto de estas cuatro tareas. A su vez, cada una de estas cuatro tareas puede estar compuesta por una o varias subtareas; de forma que, de acuerdo con la figura 1, las tareas T- $\beta$  y T- $\gamma$  están compuestas por las subtareas T- $\beta_a$ ... T- $\beta_z$  y T- $\gamma_a$ ... T- $\gamma_z$  respectivamente. Es importante señalar que, a diferencia de las tareas, que se enumeran utilizando los caracteres del alfabeto griego ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,...  $\omega$ ), las subtareas se enumeran mediante caracteres del alfabeto latino (a, b,... z). El índice COSI se utiliza para evaluar el riesgo asociado a las tareas compuestas T- $\beta$  y T- $\gamma$  teniendo en cuenta sus subtareas correspondientes. En el caso de las tareas T- $\alpha$  y T- $\delta$ , al no ser compuestas, el índice COSI se reduce al cálculo del índice RSI. Los cuatro índices COSI así calculados son los que se utilizan para integrar las tareas al nivel de jornada laboral mediante el cálculo del índice CUSI.

Figura 1. Relación de los índices RSI, COSI y CUSI a nivel de tarea y a nivel de jornada laboral.

## 2. ÍNDICE COMPUESTO (COSI)

El índice compuesto del RSI (COSI, del inglés «composite strain index») permite obtener un único índice cuando se realiza una tarea compuesta que se subdivide en varias subtareas. El procedimiento para calcular el índice COSI requiere el uso de las fórmulas y de las expresiones presentadas en la NTP 1125 para el cálculo de los factores IM (intensidad del esfuerzo), EM (esfuerzos por minuto), DM (duración del esfuerzo), PM (posición de la mano o muñeca) y HM (duración de la tarea). Este procedimiento puede resumirse en tres grandes pasos:

1. Para cada una de las subtareas que forman parte de la tarea compuesta, se calcula el índice simple RSI mediante la multiplicación de los 5 factores correspondientes ( $RSI = IM \cdot EM \cdot DM \cdot PM \cdot HM$ ).

$$RSI \rightarrow i = a, b, \dots, z$$

$$RSI_i \rightarrow i = a, b, \dots, z \text{ (número de subtareas)}$$

2. Se ordenan los índices RSI de mayor a menor.

$$RSI_1 \geq RSI_2 \geq RSI_3 \geq \dots \geq RSI_n$$

3. Se calcula el índice COSI mediante la siguiente expresión:

$$COSI = RSI_1 + \sum_{i=2}^n \Delta RSI_i = RSI_1 + \sum_{i=2}^n \frac{RSI_i}{EM_i} (EM_{(\sum_{j=1}^i E_j)} - EM_{(\sum_{j=1}^{i-1} E_j)})$$

siendo  $E_j$  el número de esfuerzos por minuto que, tal y como se comenta en la NTP 1125, es, en realidad, una frecuencia que mide la repetitividad de la tarea en términos del número de esfuerzos realizados durante un minuto. El efecto acumulativo de varias subtareas se refleja en el hecho de que, por una parte, el factor  $EM_i$  es el que corresponde a la tarea  $i$  mientras que, por la otra, el factor  $EM_{(\sum_{j=1}^i E_j)}$  no tiene una correspondencia con ninguna de las subtareas, sino que se calcula como si existiese una subtarea cuyo número de esfuerzos por minuto fuese la suma de esfuerzos  $\sum_{j=1}^i E_j$ .

Cuando una tarea está compuesta por una única subtarea, entonces se comprueba a partir de la expresión anterior que  $COSI = RSI$ , ya que el sumatorio  $\sum_{i=2}^n \Delta RSI_i$  no tiene razón de ser y, por lo tanto, se anula.

A modo de ejemplo, sea una tarea compuesta por dos subtareas ( $a$  y  $b$ ) tal que  $RSI_a > RSI_b$ . El desarrollo de la expresión anterior para calcular el índice COSI es:

$$COSI = RSI_a + \sum_{i=b}^b \Delta RSI_i = RSI_a + \frac{RSI_b}{EM_b} (EM_{(E_a+E_b)} - EM_{(E_a)})$$

De la misma forma, el desarrollo correspondiente para una tarea compuesta por tres subtareas ( $a$ ,  $b$  y  $c$ ) tal que  $RSI_a > RSI_b > RSI_c$  es:

$$COSI = RSI_a + \sum_{i=b}^c \Delta RSI_i = RSI_a + \frac{RSI_b}{EM_b} (EM_{(E_a+E_b)} - EM_{(E_a)}) + \frac{RSI_c}{EM_c} (EM_{(E_a+E_b+E_c)} - EM_{(E_a+E_b)})$$

$R$

## 3. ÍNDICE ACUMULATIVO (CUSI)

El índice acumulativo del RSI (CUSI, del inglés «cumulative strain index») permite obtener un único índice a partir de diferentes tareas (cada una con su correspondiente índice COSI) que el trabajador realiza a lo largo de la jornada laboral. El procedimiento de cálculo es análogo al utilizado anteriormente para calcular el índice COSI, requiere el uso de las fórmulas presentadas en la NTP 1125 para la obtención del factor HM y consta de los siguientes pasos.

1. Para cada una de las tareas de la jornada laboral, se calcula el índice COSI mediante el procedimiento explicado en el anterior apartado 2.

$$COSI_i \rightarrow i = \alpha, \beta, \dots, \omega \text{ (número de tareas)}$$

2. Se ordenan los índices COSI de mayor a menor.

$$COSI_1 \geq COSI_2 \geq COSI_3 \geq \dots \geq COSI_m$$

3. Se calcula el índice CUSI mediante la siguiente expresión:

$$CUSI = COSI_1 + \sum_{k=2}^m \Delta COSI_k = COSI_1 + \sum_{k=2}^m \frac{COSI_k}{HM_k} (HM_{(\sum_{j=1}^k H_j)} - HM_{(\sum_{j=1}^{k-1} H_j)})$$

siendo  $H_j$  la duración en horas relativa al total de la jornada de trabajo. De forma análoga al índice COSI, el efecto acumulativo de las diferentes tareas queda recogido en la duración de la tarea (factor HM). Por una parte,  $HM_k$  es la duración correspondiente a la tarea  $k$  y, por la otra,  $HM_{(\sum_{j=1}^k H_j)}$  se calcula como si existiese una tarea cuya duración fuese igual a la suma de horas  $\sum_{j=1}^k H_j$ .

Cuando se realiza una única tarea (independientemente de que esta esté compuesta por varias subtareas) durante la jornada, entonces el índice CUSI y el índice COSI coinciden, ya que el sumatorio  $\sum_{k=2}^m \Delta COSI_k$  no se puede calcular.

Cuando se realizan dos tareas ( $\alpha$  y  $\beta$ ) durante la jornada, tal que  $COSI_\alpha > COSI_\beta$ , el desarrollo de la expresión anterior para calcular el índice CUSI es:

$$CUSI = COSI_\alpha + \sum_{k=\beta}^{\beta} \Delta COSI_k = RSI_\alpha + \frac{COSI_\beta}{HM_\beta} (HM_{(H_\alpha+H_\beta)} - HM_{(H_\alpha)})$$

De la misma forma, el desarrollo correspondiente para una tarea compuesta por tres subtareas ( $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ ), tal que  $COSI_\alpha > COSI_\beta > COSI_\gamma$ , es:

$$CUSI = COSI_\alpha + \sum_{k=\beta}^{\gamma} \Delta COSI_k = COSI_\alpha + \frac{COSI_\beta}{HM_\beta} (HM_{(H_\alpha+H_\beta)} - HM_{(H_\alpha)}) + \frac{COSI_\gamma}{HM_\gamma} (HM_{(H_\alpha+H_\beta+H_\gamma)} - HM_{(H_\alpha+H_\beta)})$$

#### 4. INTERPRETACIÓN DE LOS ÍNDICES COSI Y CUSI

La interpretación tanto del índice compuesto (COSI) como del índice acumulativo (CUSI) es la misma que para el índice RSI, utilizándose para ello el criterio que se muestra en la tabla 1.

Valor del índice	Interpretación
≤ 10	Tarea segura
> 10	Tarea peligrosa

Tabla 1. Interpretación de los índices RSI, COSI y CUSI.

#### 5. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LOS ÍNDICES COSI Y CUSI

Sea un puesto de trabajo que, por la naturaleza de las tareas realizadas, se ha considerado que puede presentar un riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos de la extremidad superior distal. En el puesto se realizan dos tareas consistentes en el montaje de transformadores (tarea T- $\alpha$ ) durante 4 horas al día y en el uso de una esmeriladora (tarea T- $\beta$ ) durante 4 horas al día. Ambas son tareas compuestas por varias subtareas según se especifica en la tabla 2 para la tarea  $\alpha$  y en la tabla 4 para la tarea  $\beta$ .

Para evaluar el riesgo de trastornos musculoesqueléticos de las extremidades superiores distales en el conjunto de la jornada laboral debe calcularse el índice CUSI, ya que se realizan dos tareas ( $\alpha$  y  $\beta$ ) durante la misma. Por su parte, dichas tareas  $\alpha$  y  $\beta$  están compuestas por varias subtareas, por lo que es necesario calcular previamente el índice COSI para cada una de ellas a partir de los índices RSI de las subtareas.

La tabla 2 recoge, de forma resumida, el cálculo de los índices RSI (utilizando las tablas y las expresiones de la NTP 1125) para las tres subtareas que componen la tarea  $\alpha$ .

T- $\alpha$ : montaje de transformadores	Variables	Factores	RSI
T- $\alpha_a$ : corte de cable	Esfuerzo muscular 70% MVC	IM = 11,51	2,36
	1 corte por minuto	EM = 0,35	
	Duración de cada acción: 1 segundo	DM = 0,76	
	0° flexión/extensión muñeca	PM = 1,00	
	Duración de la tarea: 4 horas al día	HM = 0,77	
T- $\alpha_b$ : enrollado de cable	Esfuerzo muscular 40% MVC	IM = 5,02	2,38
	2,6 enrollados por minuto	EM = 0,75	
	Duración de cada acción: 1,2 segundos	DM = 0,82	
	0° flexión/extensión muñeca	PM = 1,00	
	Duración de la tarea: 4 horas al día	HM = 0,77	
T- $\alpha_c$ : atornillado	Esfuerzo muscular 20% MVC	IM = 2,616	3,75
	5 atornillados por minuto	EM = 1,35	
	Duración de cada acción: 3 segundos	DM = 1,38	
	0° flexión/extensión muñeca	PM = 1,00	
	Duración de la tarea: 4 horas al día	HM = 0,77	

Tabla 2. Desglose y características de la tarea de montaje de transformadores (T- $\alpha$ ).

Una vez obtenidos los índices RSI de las diferentes subtareas, se ordenan dichas subtareas en orden decreciente según su RSI y se calculan los esfuerzos por minuto y sus correspondientes factores EM según se muestra en la tabla 3.

Subtarea	Orden (i)	RSI	$\sum_{j=1}^i E_j$	$EM_{\sum_{j=1}^i E_j}$	$\sum_{j=1}^{i-1} E_j$	$EM_{\sum_{j=1}^{i-1} E_j}$
T- $\alpha_c$	1	3,75	No aplica			
T- $\alpha_b$	2	2,38	7,6 (5+2,6)	2,00	5	1,35
T- $\alpha_a$	3	2,36	8,6 (5+2,6+1)	2,25	7,6 (5+2,6)	2,00

Tabla 3. Ordenación de las subtareas de la tarea  $\alpha$  y cálculo del efecto acumulativo.

Finalmente, con los valores obtenidos en las tablas 2 y 3 se puede calcular el índice COSI de la tarea  $\alpha$  de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 COSI_1 &= RSI_1 + \frac{RSI_2}{EM_2} (EM_{(E_1+E_2)} - EM_{(E_1)}) + \frac{RSI_3}{EM_3} (EM_{(E_1+E_2+E_3)} - EM_{(E_1+E_2)}) = 3 \\
 &= 3,75 + \frac{2,38}{0,75} (2,00 - 1,35) + \frac{2,36}{0,35} (2,25 - 2,00) \cong 7,50
 \end{aligned}$$

De forma similar, se realizan los mismos cálculos para la tarea  $\beta$  y cada una de sus subtareas, obteniéndose los valores mostrados en las tablas 4 y 5.

T- $\beta$ : esmeriladora	Variables	Factores	RSI
T- $\beta_a$ : ajustes y mantenimiento	Esfuerzo muscular 10% MVC	IM = 1,574	0,242
	0,5 ajustes por minuto	EM = 0,225	
	Duración de la acción de cortar: 1 segundo	DM = 0,76	
	15° flexión muñeca	PM = 1,17	
	Duración de la tarea: 4 horas al día	HM = 0,77	
T- $\beta_b$ : esmerilado de piezas	Esfuerzo muscular 50% MVC	IM = 6,7	4,999
	2 piezas por minuto	EM = 0,6	
	Duración de la acción: 3 segundos	DM = 1,38	
	15° flexión muñeca	PM = 1,17	
	Duración de la tarea: 4 horas al día	HM = 0,77	

Tabla 4. Desglose y características de la tarea del uso de la esmeriladora (T- $\beta$ ).

Subtarea	Orden (i)	RSI	$\sum_{j=1}^i E_j$	$EM_{\sum_{j=1}^i E_j}$	$\sum_{j=1}^{i-1} E_j$	$EM_{\sum_{j=1}^{i-1} E_j}$
T- $\beta_b$	1	4,999	No aplica			
T- $\beta_a$	2	0,242	2,5 (2+0,5)	0,725	2	0,6

Tabla 5. Ordenación de las subtareas de la tarea  $\beta$  y cálculo del efecto acumulativo.

Con estos datos, el índice COSI de la tarea  $\beta$  se calcula de la siguiente forma:

$$COSI_{\beta} = RSI_1 + \frac{RSI_2}{EM_2} (EM_{(E_1+E_2)} - EM_{(E_1)}) = 4,999 + \frac{0,242}{0,225} (0,725 - 0,6) \cong 5,13$$

El cálculo del índice CUSI para evaluar el riesgo a lo largo de la jornada laboral parte de los índices COSI calculados anteriormente y del efecto acumulativo del factor HM según se muestra en la tabla 6.

Tarea	Orden (i)	COSI	$\sum_{j=1}^k H_j$	$HM_{\sum_{j=1}^k H_j}$	$\sum_{j=1}^{k-1} H_j$	$HM_{\sum_{j=1}^{k-1} H_j}$
T- $\alpha$	1	7,50	No aplica			
T- $\beta$	2	5,13	8 (4+4)	1,00	4	0,77

Tabla 6. Ordenación de las tareas y cálculo del efecto acumulativo.

Finalmente, el índice CUSI se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$CUSI = COSI_1 + \frac{COSI_2}{HM_2} (HM_{(H_1+H_2)} - HM_{(H_1)}) = 7,50 + \frac{5,13}{0,77} (1,00 - 0,77) \cong 9,03$$

Este valor (CUSI $\cong$ 9,03) cuantifica el riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos de la extremidad distal superior correspondiente a la realización de las tareas  $\alpha$  y  $\beta$  a lo largo de la jornada laboral. Como este valor es inferior a 10 se puede clasificar como «tarea segura», de acuerdo con la interpretación propuesta por los autores del método.

**BIBLIOGRAFÍA**

---

Álvarez, A. 2018. Modelo para la evaluación de la extremidad superior distal: «Revised strain index». Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo, [NTP 1125](#).

Garg, A., Moore, J. S., Kapellusch, J. M. 2017a. The Revised Strain Index: an improved upper extremity exposure assessment model. *Ergonomics* 60 (7), 912–922. doi:[10.1080/00140139.2016.1237678](#).

Garg, A., Moore, J. S., Kapellusch, J. M. 2017b. The Composite Strain Index (COSI) and Cumulative Strain Index (CUSI): methodologies for quantifying biomechanical stressors for complex tasks and job rotation using the Revised Strain Index. *Ergonomics*, 60 (8), 1033-1041, doi:[10.1080/00140139.2016.1246675](#).

Moore, J. S., Garg, A. 1995. The Strain Index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal* 56 (5), 443–458. doi:[10.1080/15428119591016863](#).