

# Modelo para la evaluación de la extremidad superior distal: «Revised strain index»

*Distal upper extremity assessment model: the revised strain index*  
*Modèle pour l'évaluation de l'extrémité supérieure distale: «revised strain index»*

## Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST)

## Elaborado por:

Alfredo Álvarez  
 CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. INSST

*En este documento se presenta una metodología de evaluación de los riesgos asociados a trastornos de las extremidades superiores. El método «Strain index» data del año 1995 y, en base a la evolución del conocimiento ergonómico sobre estos riesgos, los autores del mismo lo han actualizado con la finalidad de mejorar su capacidad de discriminación en la clasificación de las tareas. Adicionalmente, se incluye un sencillo ejemplo de aplicación del método.*

*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

El «Strain index» —SI— (Moore y Garg 1995) es una metodología de análisis semicuantitativa de evaluación del riesgo de desarrollar trastornos distales de las extremidades superiores que, en función de la puntuación numérica obtenida, permite clasificar las tareas en seguras o peligrosas. El cálculo de este índice se basa en interacciones multiplicativas entre varios factores asociados a la tarea, lo que constituye una suposición razonable y que, a su vez, es consistente con los principios fisiológicos, biomecánicos y epidemiológicos publicados en la literatura específica.

Inicialmente, el SI se publicó en 1995 y, junto con otras alternativas, ha sido objeto de varios estudios publicados en la literatura especializada. Constituye una herramienta para evaluar los trastornos musculoesqueléticos de la extremidad superior y ha gozado de una gran popularidad en Norteamérica.

El SI está diseñado para determinar el riesgo de trastornos musculoesqueléticos de las extremidades superiores distales (codo, antebrazo, muñeca y mano) en una cohorte de trabajadores que realizan la misma tarea. No es una herramienta para evaluar a los trabajadores de forma individual. Es decir, el método procura responder a la pregunta «¿este trabajo o tarea es seguro o peligroso?», en términos de trastornos musculoesqueléticos de la extremidad superior distal.

De acuerdo con los autores del método, este índice no ha sido desarrollado para identificar y evaluar trastornos específicos asociados a tareas, como podría ser, por ejemplo, el síndrome del túnel carpiano. La interpretación del método que los autores proponen es que aquellas tareas evaluadas o etiquetadas como «peligrosas» por el método podrán causar, entre los trabajadores que realizan (o que en el pasado han realizado) estas tareas, un abanico de trastornos en las extremidades superiores distales.

En la norma ISO 11228-3:2007, se menciona el método

OCRA como la metodología de referencia para la evaluación de tareas de alta frecuencia, aunque, así mismo, se añade que tanto el «Strain index» como el método HAL (ACGIH 2002) son válidos para una evaluación detallada de este riesgo.

Según los autores, la versión inicial publicada en 1995 tiene cuatro limitaciones principales:

- Uso de variables y factores categóricos.
- Tiene poco poder de discriminación entre intensidades de fuerza muy baja y moderada.
- El número de esfuerzos por minuto no discrimina para valores superiores a 20.
- Uso del ciclo de trabajo como duración del esfuerzo.

Con la finalidad de mejorar estos aspectos, los autores revisaron el método y publicaron el «revised strain index» (RSI) en 2017 (Garg, Moore y Kapellusch 2017). Esta versión revisada contempla cinco factores y, en base a las simulaciones realizadas con 13.944 tareas, ofrece una mayor capacidad de discriminación al clasificar una tarea como «segura» o «peligrosa» para diferentes combinaciones de fuerza, repetición y duración del ciclo de trabajo.

De forma sintética, se listan, a continuación, los principales aspectos que deben tenerse en cuenta para la correcta aplicación e interpretación del RSI:

- Solo valora aquellos trastornos musculoesqueléticos asociados a la extremidad superior distal.
- Evalúa puestos de trabajo en los que se repite un mismo conjunto de movimientos o esfuerzos de forma repetida («mono-task jobs», en inglés).
- Describe las exigencias de esfuerzo para llevar a cabo una tarea, sin tener en cuenta los posibles agravantes debidos a compresiones mecánicas en las extremidades superiores distales.
- No evalúa trabajadores individuales, sino que evalúa puestos de trabajo o tareas.
- No valora trastornos específicos, sino el riesgo de que la tarea pueda causar un espectro de trastornos musculoesqueléticos.

- Se basa en principios fisiológicos, biomecánicos y epidemiológicos, y no en relaciones dosis-respuesta derivadas de estudios experimentales.
- Es aplicable siempre y cuando las variables que tiene en cuenta el método no cambien sustancialmente en los diferentes esfuerzos que se realizan durante un ciclo.
- No es válido en aquellas situaciones en las que se producen rotaciones de tareas de un trabajador dentro del mismo turno de trabajo.

## 2.VARIABLES Y FACTORES DEL RSI

El RSI se calcula mediante el producto de cinco factores que, a su vez, corresponden a las cinco variables consideradas por el método: intensidad del esfuerzo, esfuerzos por minuto, duración del esfuerzo, posición de la mano o muñeca y duración de la tarea. A continuación se detallan estas variables junto con el cálculo de los correspondientes factores.

### Intensidad del esfuerzo (I)

La variable intensidad del esfuerzo hace referencia a los requerimientos de fuerza asociados a una tarea y tiene que ver con la magnitud del esfuerzo muscular necesario para llevarla a cabo. No se refiere al esfuerzo total de una jornada de trabajo sino al esfuerzo para realizar la tarea estudiada dentro de un ciclo de trabajo. Esta fuerza se expresa como porcentaje de la contracción máxima voluntaria (%MVC) y puede estimarse multiplicando por 10 la puntuación obtenida mediante la escala de Borg CR-10 (Borg 1982), tal y como se indica en la tabla 1.

Escala de Borg CR-10		%MVC
0	Inapreciable / Reposo	0
0,5	Apenas perceptible	5
1	Ligeramente perceptible	10
2	Ligero	20
3	Moderado	30
4	Ligeramente intenso	40
5	Intenso	50
6		60
7	Muy intenso	70
8		80
9		90
10	Extremadamente intenso	100

Tabla 1. Escala de Borg CR-10 y valores correspondientes de %MVC.

El factor *IM* se obtiene a través de la siguiente expresión, donde *I* es la intensidad del esfuerzo en tanto por uno (es decir, el valor de %MVC dividido entre 100).

$$IM = \begin{cases} 30,00 \cdot I^3 - 15,60 \cdot I^2 + 13,00 \cdot I + 0,40 & 0,0 < I \leq 0,4 \\ 36,00 \cdot I^3 - 33,30 \cdot I^2 + 24,77 \cdot I - 1,86 & 0,4 < I \leq 1,0 \end{cases}$$

Algunos valores de intensidad del esfuerzo, así como el correspondiente factor calculado con la expresión anterior, se recogen en la tabla 2.

Intensidad del esfuerzo	Factor IM
0,01	0,53
0,05	1,01
0,10	1,57
0,15	2,10
0,20	2,62
0,25	3,14
0,30	3,71
0,40	5,02
0,50	6,70
0,60	8,79
0,70	11,51
0,80	15,08
0,90	19,70
1,00	25,61

Tabla 2. Valores del factor *IM* para diferentes intensidades de esfuerzo.

### Esfuerzos por minuto (E)

Un esfuerzo se define como la aplicación directa de fuerza con la mano. Se incluyen tanto aquellas acciones que, además, llevan aparejada una presión (por ejemplo, sujeción de un objeto, uso de una herramienta manual, etc.) como las que no (por ejemplo, teclear en una máquina, presionar o accionar controles, etc.).

Esta variable, en realidad, es una frecuencia que constituye una medida de la repetitividad de la tarea, definida en términos del número de esfuerzos en un minuto.

El valor *E* se obtiene mediante observación de la tarea durante varios ciclos completos (en tareas con ciclos muy largos, más de 10 minutos, se puede reducir la observación siempre y cuando se conserve la representatividad del ciclo) y dividiendo el número de esfuerzos contados entre el tiempo de observación en minutos. El cálculo del factor *EM* se hace de acuerdo con la siguiente expresión.

$$EM = \begin{cases} 0,10 + 0,25 \cdot E & E \leq 90 / \text{minuto} \\ 0,00334 \cdot E^{1,96} & E > 90 / \text{minuto} \end{cases}$$

La tabla 3 muestra los valores del factor, calculados mediante la expresión anterior, para diferentes frecuencias de esfuerzos por minuto.

### Duración del esfuerzo (D)

La duración del esfuerzo es el tiempo promedio de un esfuerzo en segundos. Típicamente, este valor se calcula tomando un período de observación (deben tenerse en cuenta los mismos considerandos que en la variable *E*) y dividiendo el tiempo total durante el cual se realizan varios esfuerzos entre el número de esfuerzos realizados.

Hay que tener en cuenta que la combinación de las variables *E* y *D* no puede ser superior al ciclo de la tarea. Es decir, se debe cumplir que:

$$E \cdot \frac{D}{60} \leq 1$$

Esfuerzos por minuto	Factor EM
0,2	0,15
0,5	0,23
1,0	0,35
1,5	0,48
2,0	0,60
3,0	0,85
4,0	1,10
5,0	1,35
7,5	1,98
10,0	2,60
15,0	3,85
20,0	5,10
30,0	7,60
45,0	11,35
60,0	15,10
75,0	18,85
90,0	22,60
120,0	39,71
150,0	61,50

Tabla 3. Valores del factor EM para diferentes frecuencias de esfuerzo.

De forma similar al resto de factores, el cálculo del factor DM varía en el caso de que dicha duración sea mayor o menor de 60 segundos. La tabla 4 muestra valores de este factor en función de la duración del esfuerzo.

$$DM = \begin{cases} 0,45 + 0,31 \cdot D & D \leq 60 \text{ segundos} \\ 19,17 \cdot \log_e D - 59,44 & D > 60 \text{ segundos} \end{cases}$$

Duración del esfuerzo (segundos)	Factor DM
0,20	0,51
0,50	0,61
0,75	0,68
1,00	0,76
1,50	0,92
2,00	1,07
3,00	1,38
5,00	2,00
7,50	2,78
10,00	3,55
20,00	6,65
30,00	9,75
60,00	19,05
90,00	26,82
120,00	32,34
240,00	45,62

Tabla 4. Factor DM en función de la duración del esfuerzo.

### Posición de la mano o muñeca (P)

Esta variable hace referencia a la posición de la mano o muñeca con respecto a la posición anatómica neutra. Cuando en el análisis de la tarea estudiada se observasen distintas posturas, deberá utilizarse aquella postura, de entre las más frecuentes, que requiera la mayor contracción máxima voluntaria (%MVC). El factor correspondiente (PM) se calcula en función del tipo y del grado de desviación de la mano o muñeca.

$$PM = \begin{cases} 1,2 \cdot e^{0,009 \cdot P} - 0,2 & P = \text{flexión} \\ 1,0 & P \leq 30^\circ \text{ extensión} \\ 1,0 + 0,00028 \cdot (P - 30)^2 & P > 30^\circ \text{ extensión} \end{cases}$$

La tabla 5 muestra valores del factor PM para diferentes posiciones de la mano.

Posición de la mano o muñeca	Factor PM
Flexión 75°	2,16
Flexión 60°	1,86
Flexión 45°	1,60
Flexión 30°	1,37
Flexión 15°	1,17
Flexión 5°	1,06
Neutra	1,00
Extensión 5°	1,00
Extensión 15°	1,00
Extensión 30°	1,00
Extensión 45°	1,06
Extensión 60°	1,25

Tabla 5. Factor PM en función de la posición de la mano.

### Duración de la tarea (H)

La duración de la tarea es el tiempo que se emplea en realizar la tarea estudiada referida al total de la jornada de trabajo. Esta duración se mide en horas (H), y el factor correspondiente (HM) se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$HM = \begin{cases} 0,20 & H \leq 0,05 \text{ horas} \\ 0,042 \cdot H + 0,090 \cdot \log_e H + 0,477 & H > 0,05 \text{ horas} \end{cases}$$

La tabla 6 muestra algunos valores del factor para diferentes duraciones de la tarea.

### 3. ÍNDICE RSI E INTERPRETACIÓN

El índice RSI se obtiene mediante el producto de los cinco factores anteriores:

$$RSI = IM \cdot EM \cdot DM \cdot PM \cdot HM$$

La interpretación de este índice debe realizarse conforme a los criterios de la tabla 7. Para evitar posibles confusiones, es preciso señalar que estos criterios difieren de los propuestos en la versión original de 1995.

Duración de la tarea (horas)	Factor HM
0,25	0,36
0,50	0,44
1,00	0,52
1,50	0,58
2,00	0,62
3,00	0,70
4,00	0,77
6,00	0,89
8,00	1,00
10,00	1,10
12,00	1,20

Tabla 6. Factor HM en función de la duración de la tarea.

RSI	Interpretación
≤ 10	Tarea segura
> 10	Tarea peligrosa

Tabla 7. Interpretación del índice RSI.

#### 4. EJEMPLO

Sea un puesto de trabajo que, por la naturaleza de las tareas realizadas, se ha considerado que puede presentar un riesgo de trastornos musculoesqueléticos de la extremidad superior distal. La tarea que presenta este riesgo consiste en el atornillado de unos cables eléctricos en un transformador utilizando un destornillador eléctrico. Se han realizado las siguientes mediciones en este puesto de trabajo:

- Mediante electromiografía de superficie se ha estimado que el esfuerzo muscular que implica la tarea de atornillado es igual a 20% MVC.
- Se han observado varios ciclos de la tarea y se ha contabilizado que, en promedio, la frecuencia es de 5 tornillos por minuto.
- El promedio de duración de la acción de atornillado a lo largo de varios ciclos ha sido de 3 segundos.
- Se ha estimado que, durante la tarea de atornillado, la mano derecha presentaba una flexión promedio de 5°.
- La tarea de atornillado se lleva a cabo durante 4 horas al día, siendo la jornada laboral de 8 horas.

En la tabla 8 se recogen los valores de las variables, así como de los correspondientes factores calculados mediante las expresiones anteriores.

Variable	Factor
I = 0,20	IM = 2,62
E = 5 esfuerzos/minuto	EM = 1,35
D = 3 segundos	DM = 1,38
P = flexión 5°	PM = 1,06
H = 4 horas	HM = 0,77

Tabla 8. Variables medidas y factores calculados para el ejemplo propuesto.

El índice RSI de esta tarea es:

$$RSI = IM \cdot EM \cdot DM \cdot PM \cdot HM = 2,62 \cdot 1,35 \cdot 1,38 \cdot 1,06 \cdot 0,77 \approx 3,98$$

Como este valor es inferior a 10, y de acuerdo con la interpretación propuesta por los autores del método, se puede considerar que la tarea no supone un peligro en términos de trastornos musculoesqueléticos de la extremidad superior distal.

#### BIBLIOGRAFÍA

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Worldwide. 2002. Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents in the work environment. Cincinnati, OH: ACGIH Worldwide.

Borg, G. A. V. 1982. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 14 (5), 377–381. doi:[10.1249/00005768-198205000-00012](https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012).

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

ISO 11228-3:2007. Ergonomics— Manual handling— Part 3: Handling of low loads at high frequency.

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](https://doi.org/10.1080/15428119591016863).