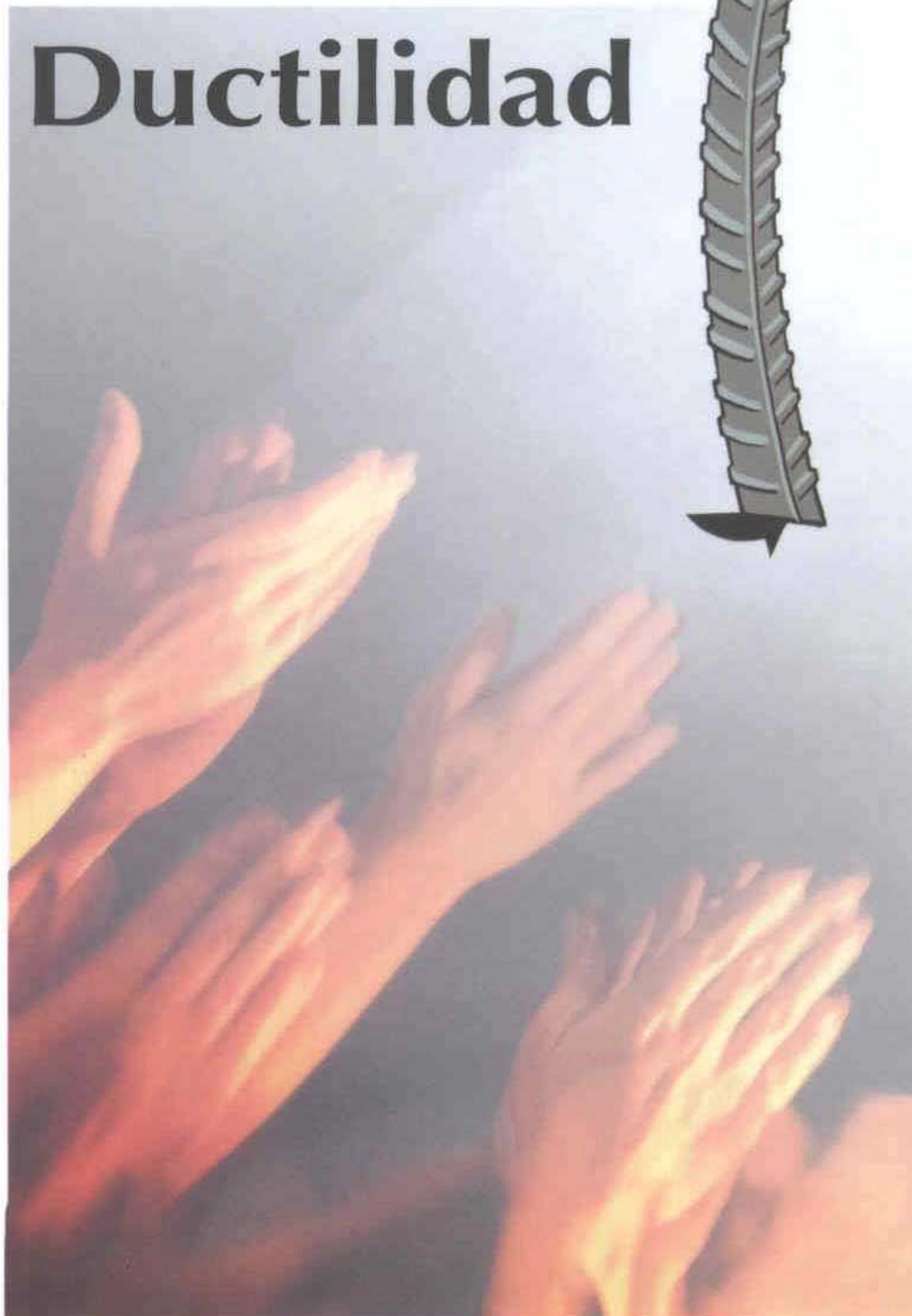


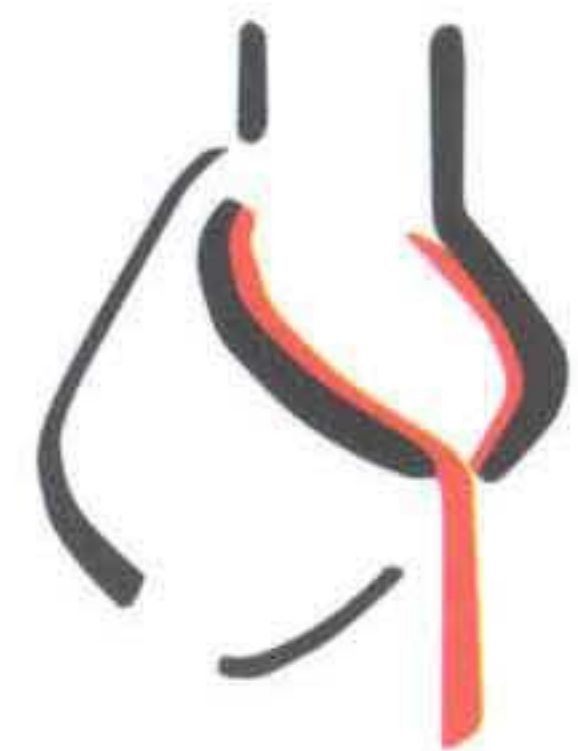


**Aplausos
para la**

Ductilidad



Catálogo Informativo



**GRUPO
CELSA**

**Ductilidad CELSA
Garantía de Seguridad**

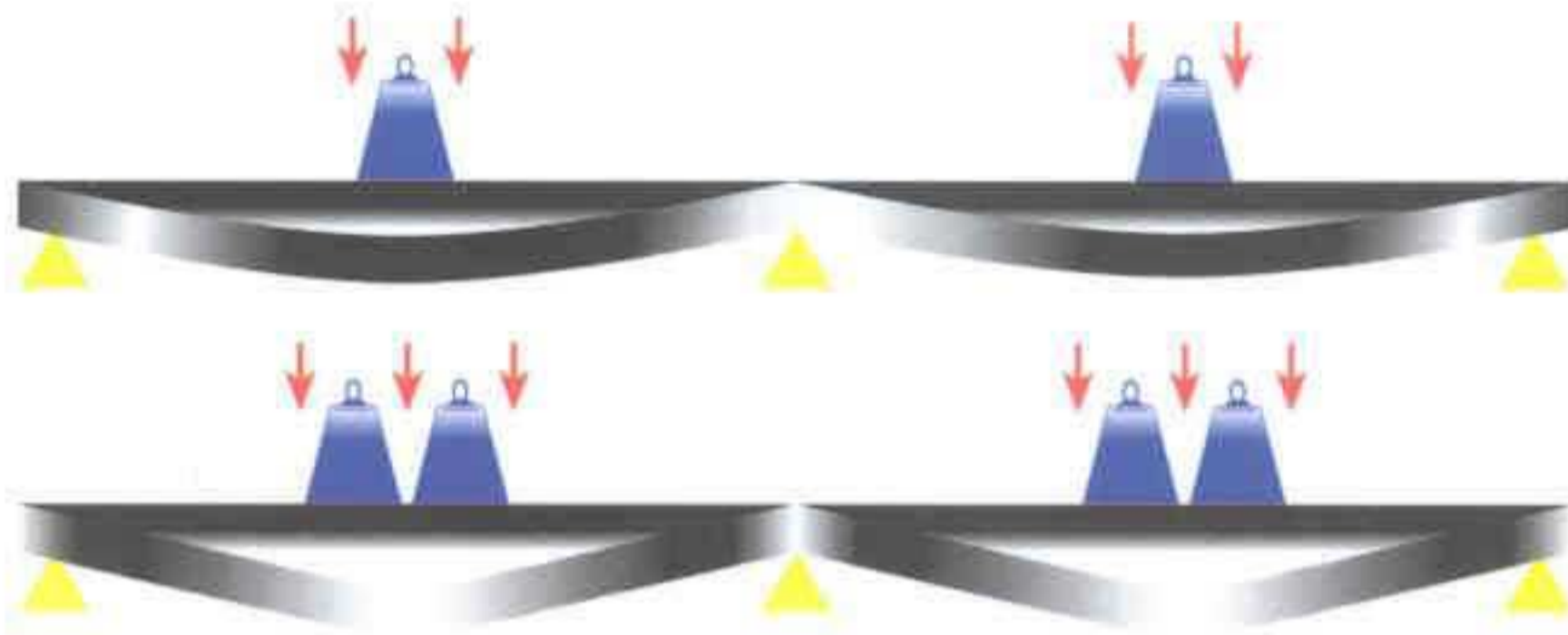
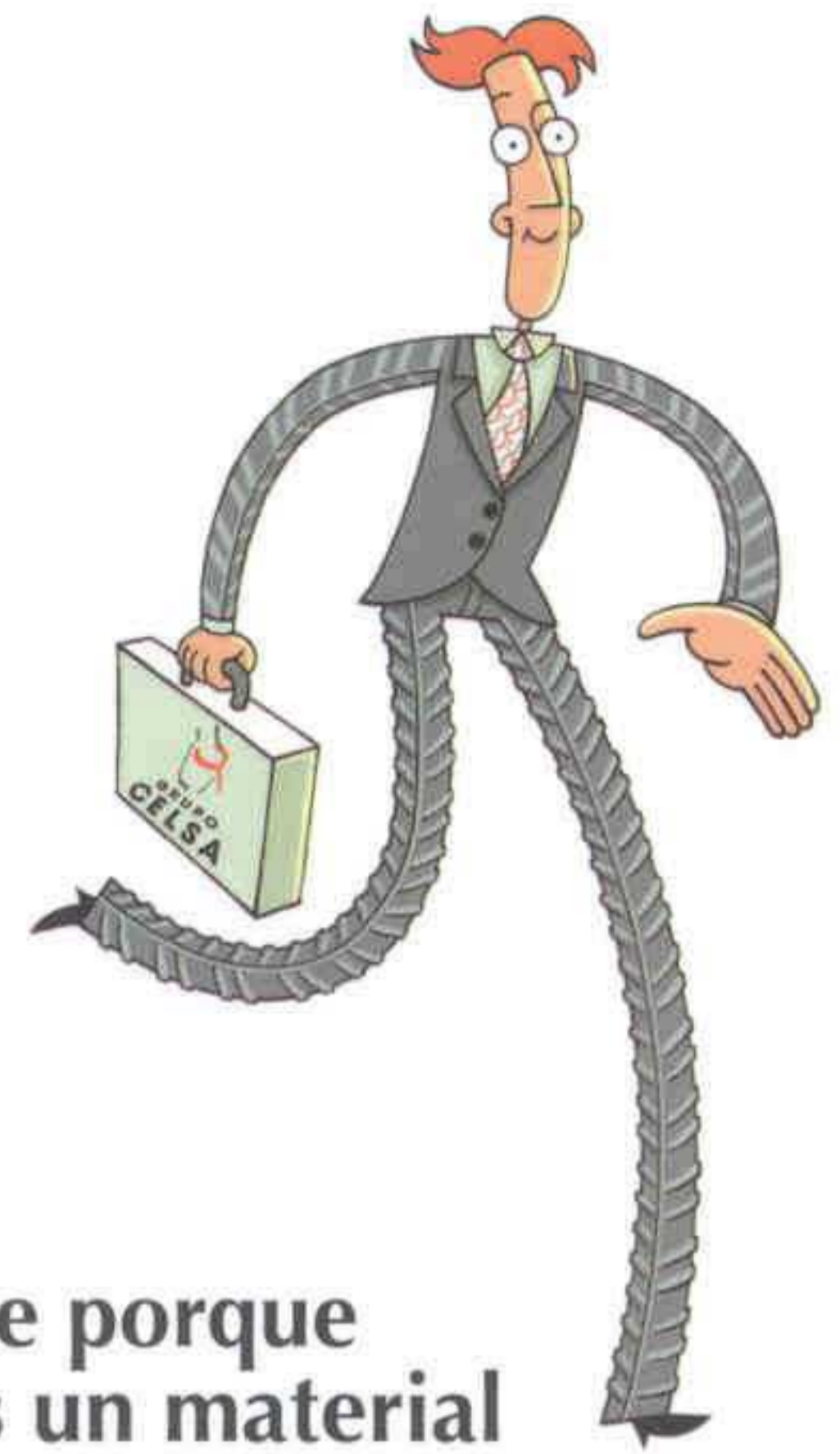


¿QUÉ ES LA DUCTILIDAD?

Todo elemento de hormigón armado, por ejemplo, una viga, está formado por dos materiales: **hormigón y armaduras de acero.**

Si la viga la hacemos de hormigón y sin armaduras (sin barras), la apoyamos en ambos extremos y en su parte central, y la cargamos sucesivamente mediante pesos en ambos lados, puede ocurrir que:

- Al colocar el primer peso, la viga se deforme un poco.
- Al colocar el segundo peso, la viga se rompe súbitamente.

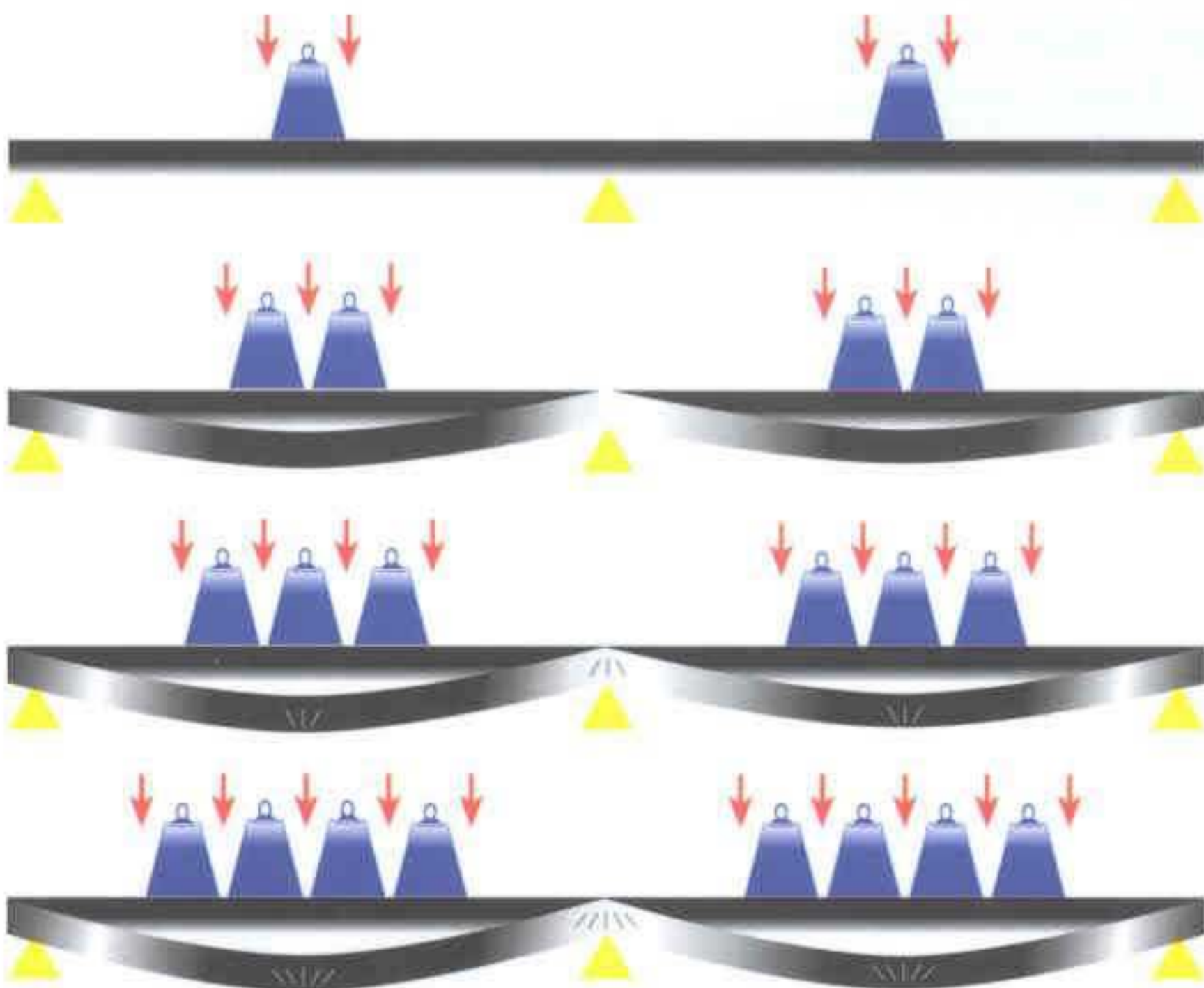


Esto se produce porque el hormigón es un material frágil, no tiene ductilidad.

FRÁGIL= NO DÚCTIL

En cambio, si a la viga de hormigón le incorporamos barras de acero (hormigón + barras de acero), procediendo de la misma manera que en el caso anterior el resultado sería el siguiente:

- Al colocar el primer peso, la viga se deforma un poco.
- Al colocar el segundo peso, la viga continúa deformándose.
- Al colocar el tercer peso, la viga se deforma un poco más y aparecen pequeñas grietas.
- Al colocar el cuarto peso, la viga se deforma más y surgen grietas mayores.

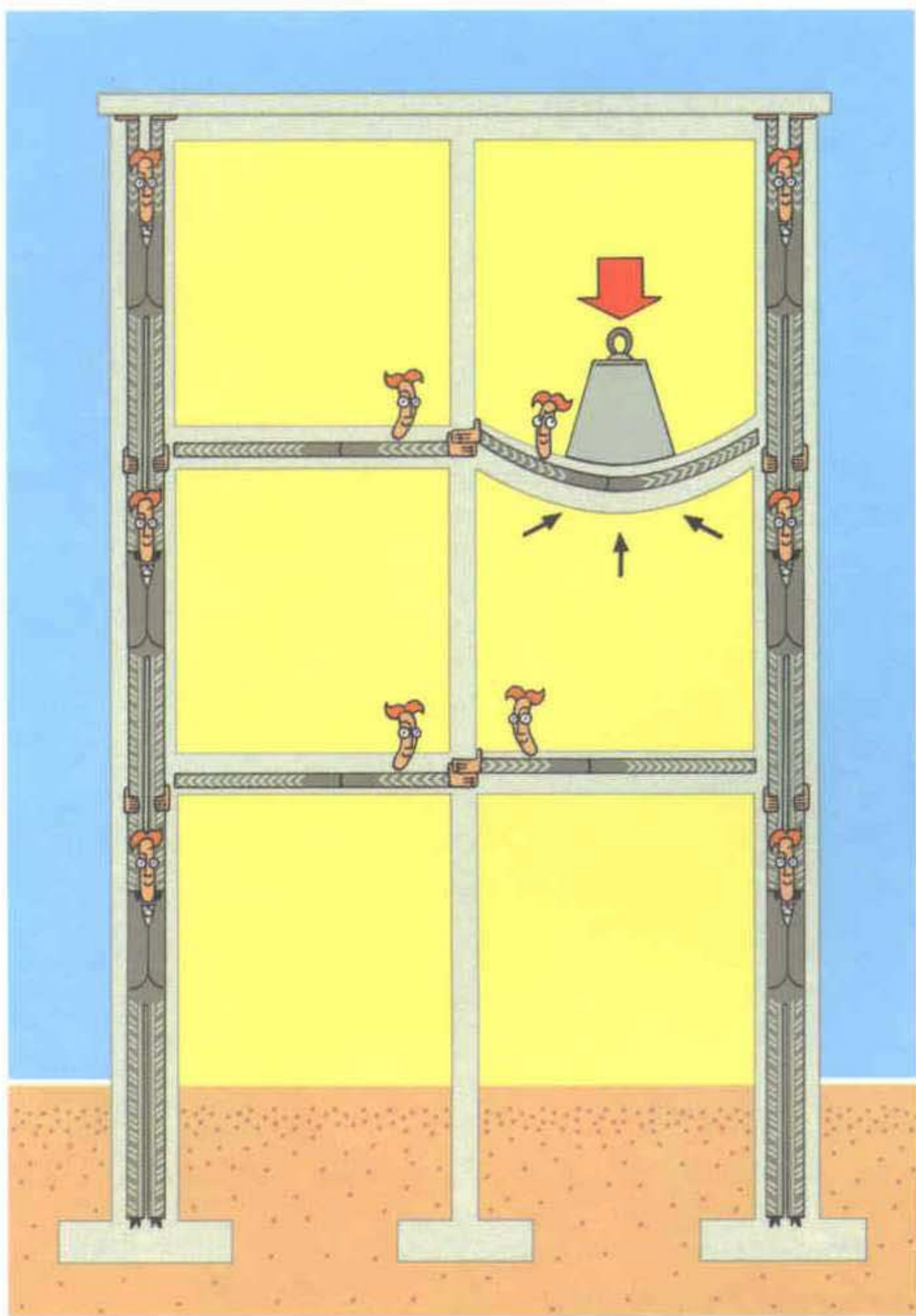


"En general, la viga será más dúctil cuanto más ductilidad tenga el acero".

"La ductilidad de un acero sometido a tracción es la capacidad para deformarse bajo carga, sin romperse, una vez superado el límite elástico"

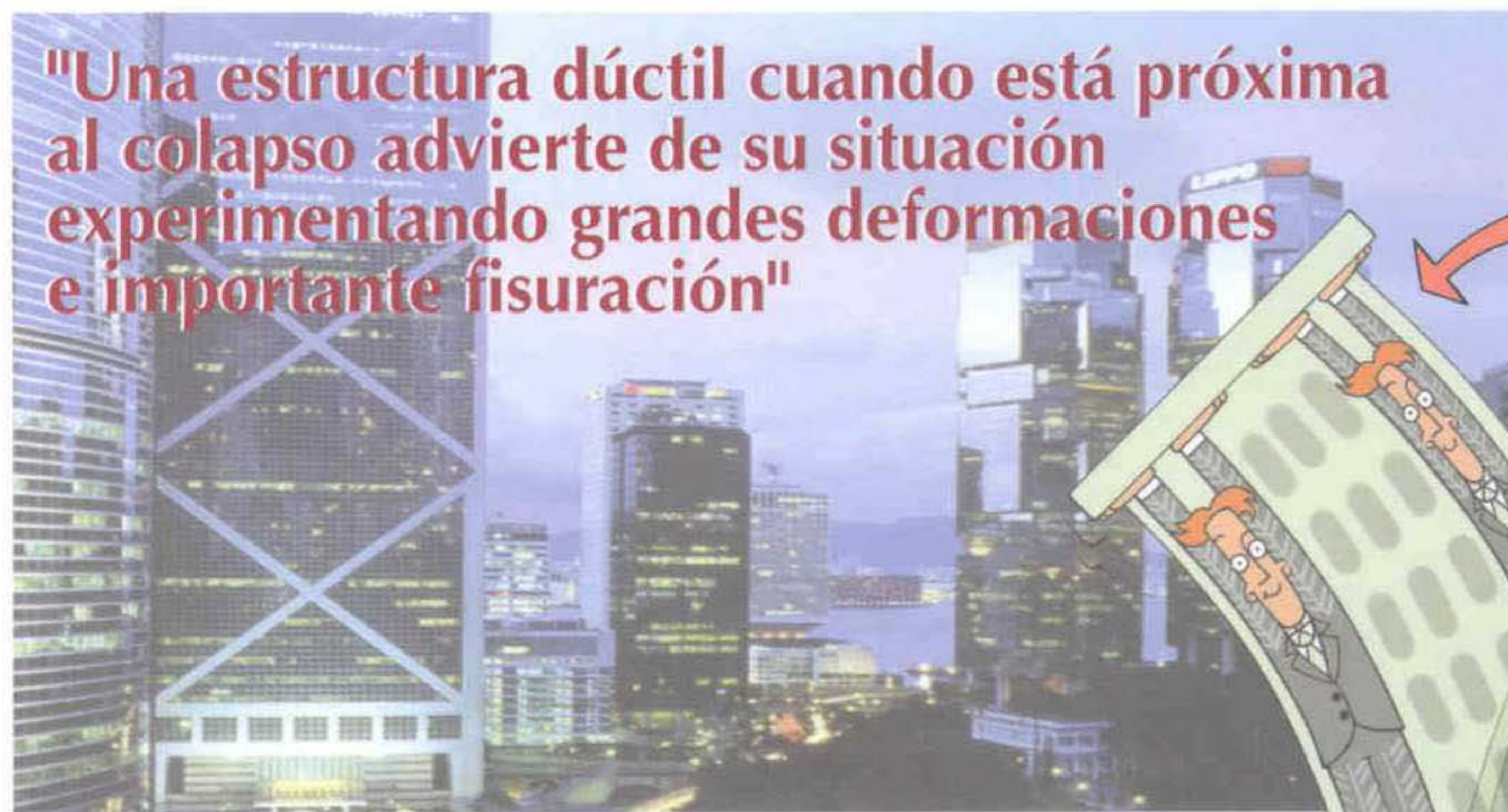
Por tanto, el **HORMIGÓN** necesita la ayuda de las **BARRAS DE ACERO** para tener **DUCTILIDAD**.

Además, las barras precisan unas **características de adherencia** adecuadas para poder trabajar conjuntamente con el hormigón, lo que se garantiza mediante el **Certificado de Homologación de Adherencia** emitido por una entidad autorizada por **ENAC**.



En el supuesto de que nos encontrásemos en cualquiera de las siguientes situaciones, con toda seguridad preferiríamos que el edificio **se deformara** aunque lo dejara fuera de uso, a que se viniera abajo **repentinamente** sin posibilidad de desalojarlo a tiempo.

- Acciones sísmicas.
- Actuación de cargas superiores a las previstas, como por ejemplo:
 - Por colocar estanterías con grandes pesos en zonas de forjados diseñadas para cargas de viviendas.
 - Por la entrada de vehículos pesados (camiones) en aparcamientos subterráneos calculados para coches.
 - Por la inundación de un forjado o de una azotea.
 - Por el fallo de la cimentación ocasionada por la ejecución de obras próximas, por problemas de filtración de agua, etc...



"Si la estructura es frágil el colapso se alcanza sin previo aviso, con pequeñas deformaciones y fisuración reducida"

Ductilidad es Seguridad



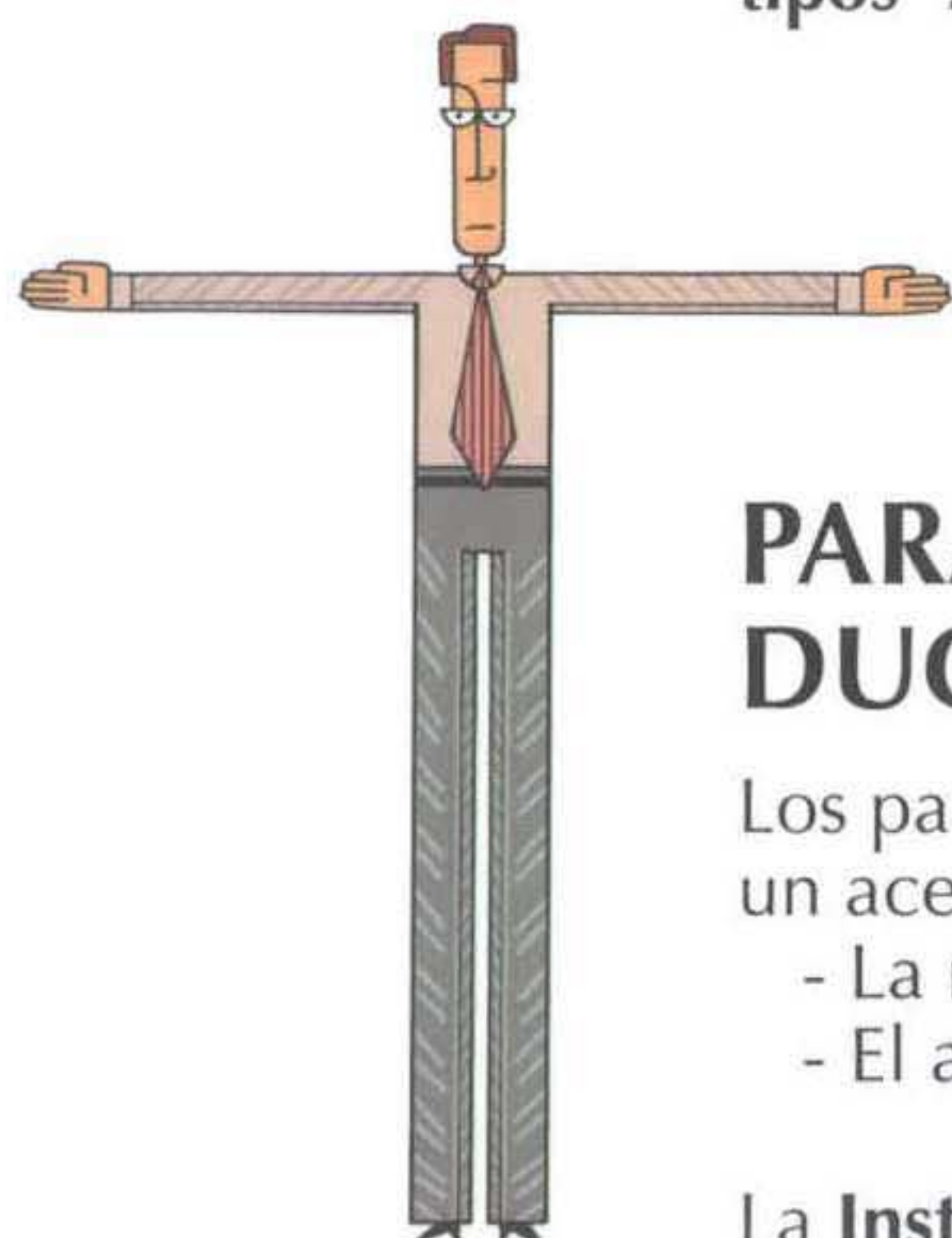
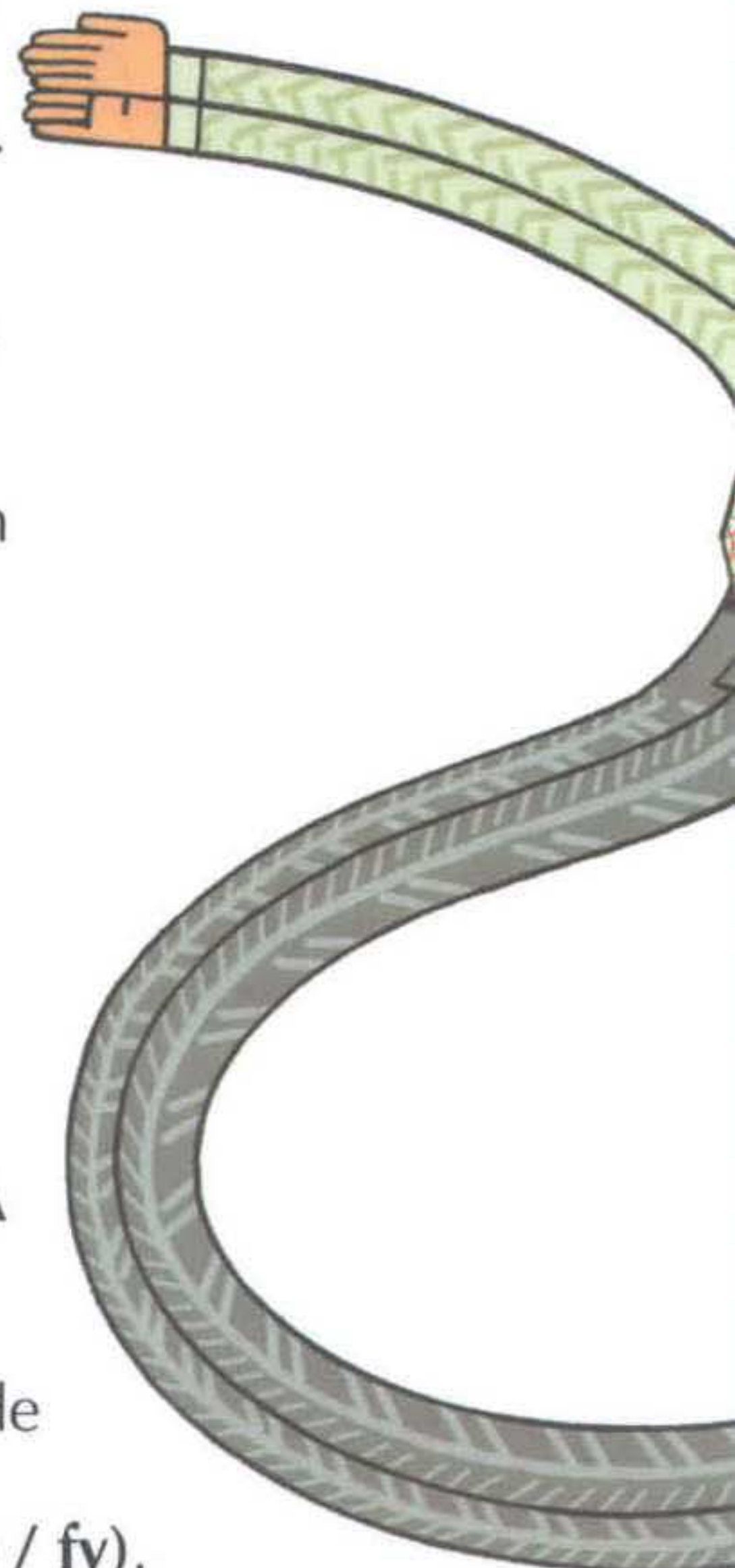


DUCTILIDAD DEL ACERO.

Hasta ahora hemos visto qué se precisa para que una viga de hormigón armado sea dúctil, a continuación veremos que hay aceros que casi no tienen ductilidad y, en cambio, otros son muy dúctiles. El comportamiento de un acero viene definido por **la curva de tensión - deformación** correspondiente al **ensayo de tracción**.

Para obtenerla se coge una muestra de una barra de acero y se sujetan ambos extremos mediante unas mordazas. Luego, se estira la barra por uno de ellos. A medida que estiramos, la barra se alarga. Si anotamos el alargamiento que experimenta la barra para cada fuerza que aplicamos obtenemos la **curva tensión - deformación** de ese acero.

A grandes rasgos, hay dos tipos de curvas de tensión - deformación según sea el **acero laminado en frío, tipo "T" (acero frágil) o laminado en caliente, tipos "S" y "SD", (aceros dúctiles)**.



PARÁMETROS QUE DEFINEN LA DUCTILIDAD DEL ACERO.

Los parámetros que definen el grado de ductilidad de un acero son:

- La relación tensión de rotura - límite elástico, (**fs / fy**).
- El alargamiento de rotura sobre la base de 5 diámetros, **A5**.

La **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)** exige para cada tipo de acero, unos valores mínimos de estos parámetros que deben cumplirse **simultáneamente**.

En la actualidad, existe otro parámetro de deformación alternativo al **A5** para definir la ductilidad, y recibe el nombre de **"AGT"**. Se define por **"AGT"** al alargamiento uniforme alcanzado bajo carga máxima.

Cuanto mayores sean la relación (fs / fy) y el A5 (o "AGT") mayor será la ductilidad del acero.

TIPO ACERO	fs / fy	A5	AGT	GRADO DUCTILIDAD
TIPO "T" (B 500 T)	≥1.03	≥8%	≥2.5%	REDUCIDA
TIPO "S" (B 400 S - B 500 S)	≥1.05	≥14%-12%	≥5.0%	NORMAL
TIPO "SD" (B 400 SD-B 500 SD)	≥1.2-1.15	≥20%-16%	≥9%-8%	ESPECIAL

CURVA TENSION - DEFORMACION DE UN ACERO LAMINADO EN FRÍO (TIPO "T")

1.- Rama elástica. (Lineal).

Al principio del ensayo cuando aplicamos una fuerza F_1 la barra se alarga una longitud " l_1 ", si aplicamos el doble de fuerza $F_2 = 2 \times F_1$ la barra se alarga el doble $l_2 = 2 \times l_1$.

Además, si dejamos de aplicar la fuerza, la barra recupera su longitud original. Este comportamiento elástico es el que se refleja en este tramo de la curva hasta alcanzarse el **límite elástico** (f_y) del acero.

2.- Rama no elástica. (Curva)

Una vez sobrepasamos el **límite elástico**, la deformación continúa para incrementos de carga muy pequeños hasta que se alcanza la **tensión de rotura o carga máxima** (f_s), carga bajo la cual se produce la rotura de la probeta.

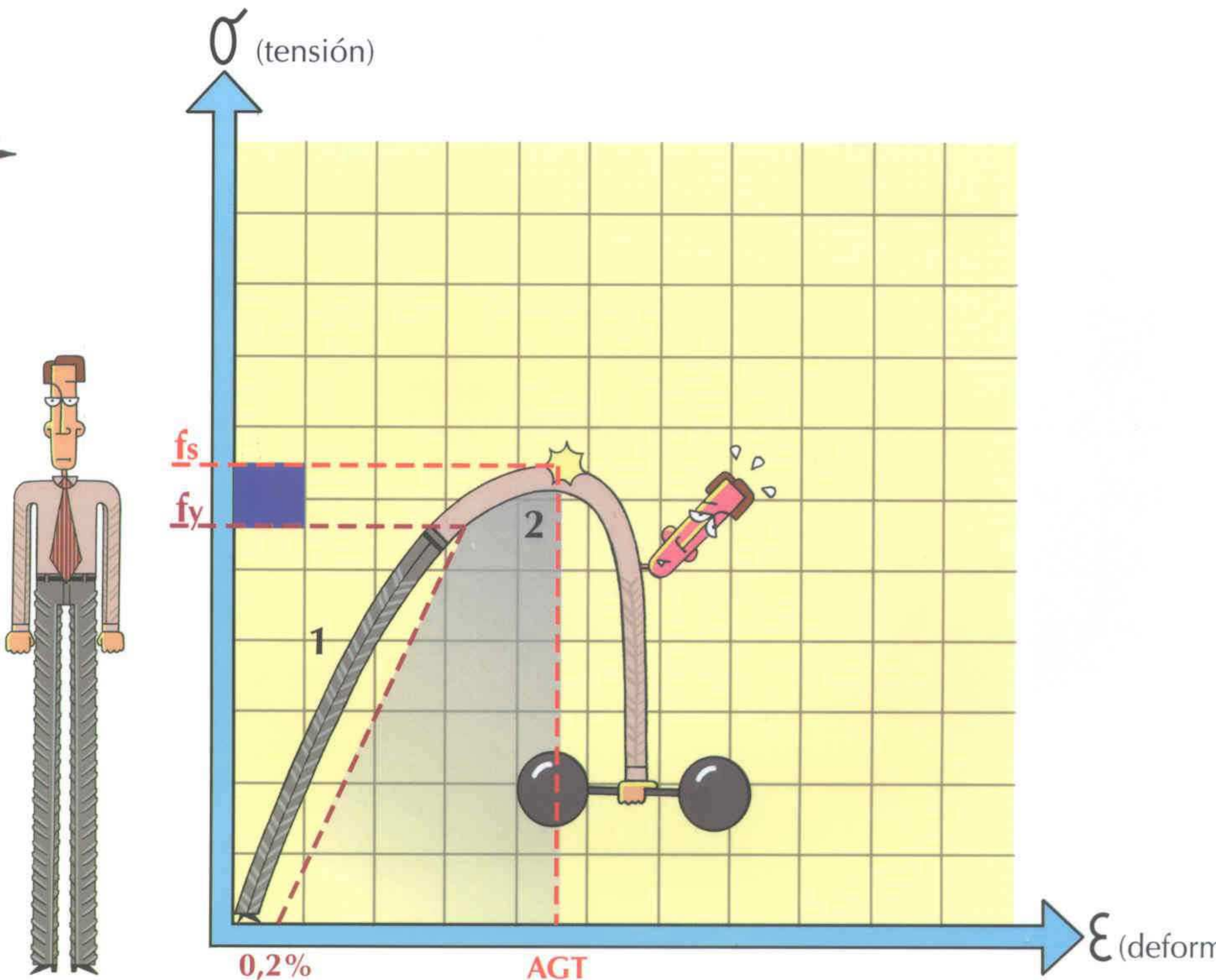
Si dejamos de aplicar la carga sólo se recupera la deformación elástica.

Durante el transcurso del ensayo, la sección inicial de la probeta disminuye hasta alcanzar la mínima sección cuando rompe.

En un acero laminado en frío el límite elástico es difícil de visualizar porque está muy próximo a la carga de rotura.

La relación (f_s / f_y) y el "AGT" son muy pequeños.

DUCTILIDAD MUY REDUCIDA.



CURVA TENSIÓN - DEFORMACIÓN DE UN ACERO LAMINADO EN CALIENTE. (TIPOS "S" y "SD")

La curva tensión - deformación de un **acero laminado en caliente** tiene una fase elástica muy similar al de un **acero laminado en frío**, pero la diferencia fundamental entre ambos comportamientos se manifiesta una vez superado el **límite elástico**.

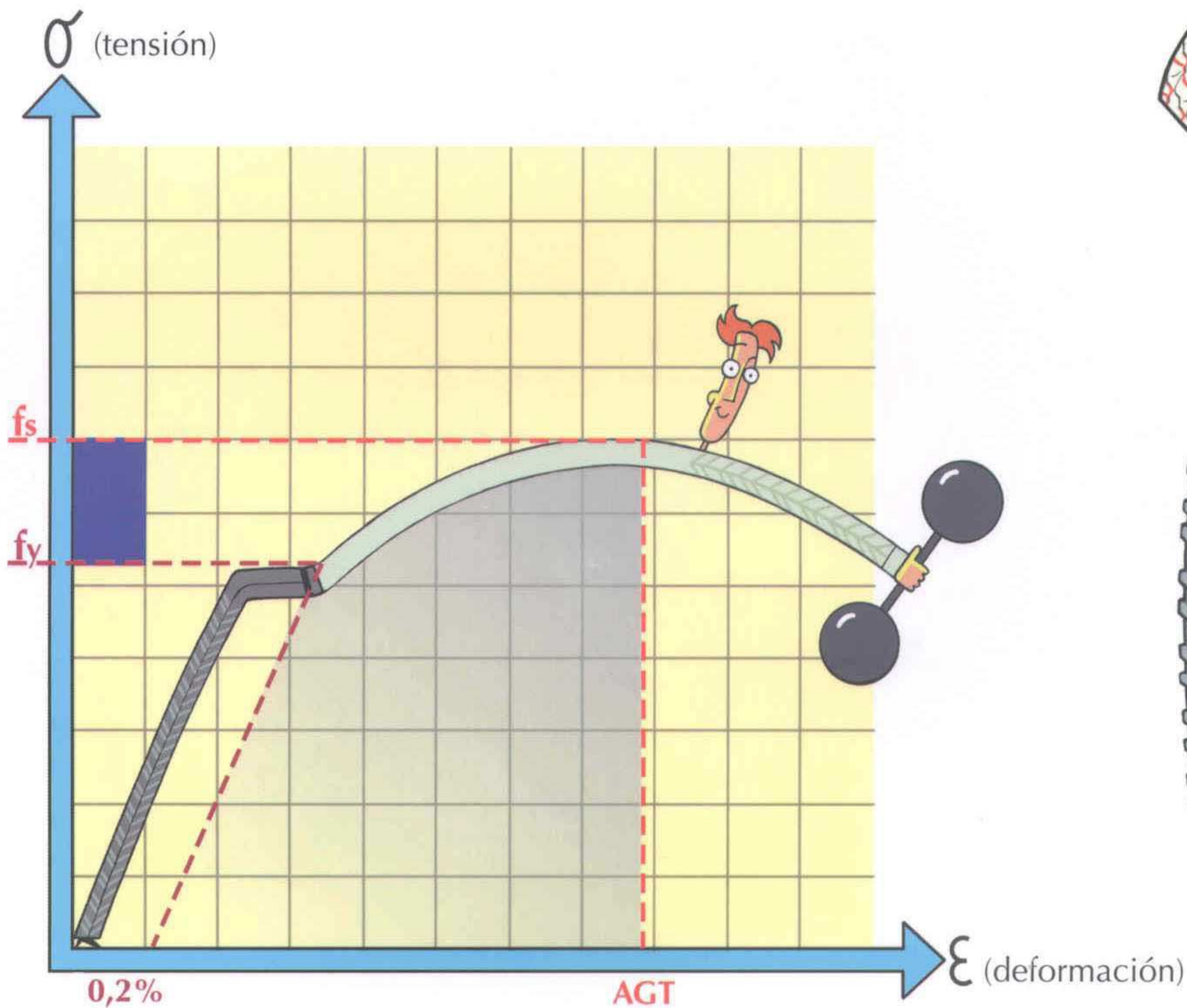
En este caso, una vez alcanzado dicho **límite**, se produce una deformación que marca el cambio entre el **comportamiento elástico y el plástico**, el cual está reflejado en la curva por el "**escalón de cedencia**".

Así, el **límite elástico** está perfectamente definido a diferencia del caso anterior. A partir de este punto, para incrementos pequeños de carga la deformación continúa y es muy superior a la experimentada por un acero laminado en frío.

Los parámetros de la ductilidad, la relación (f_s / f_y) y el "**AGT**", de un **acero laminado en caliente** son muy superiores a los de un **acero laminado en frío**.

La **DUCTILIDAD** del acero está relacionada con el área limitada bajo la zona plástica de la curva tensión - deformación, la cual representa la energía que dispone el acero para deformarse plásticamente hasta la rotura.

DUCTILIDAD NORMAL O ELEVADA



LA FATIGA

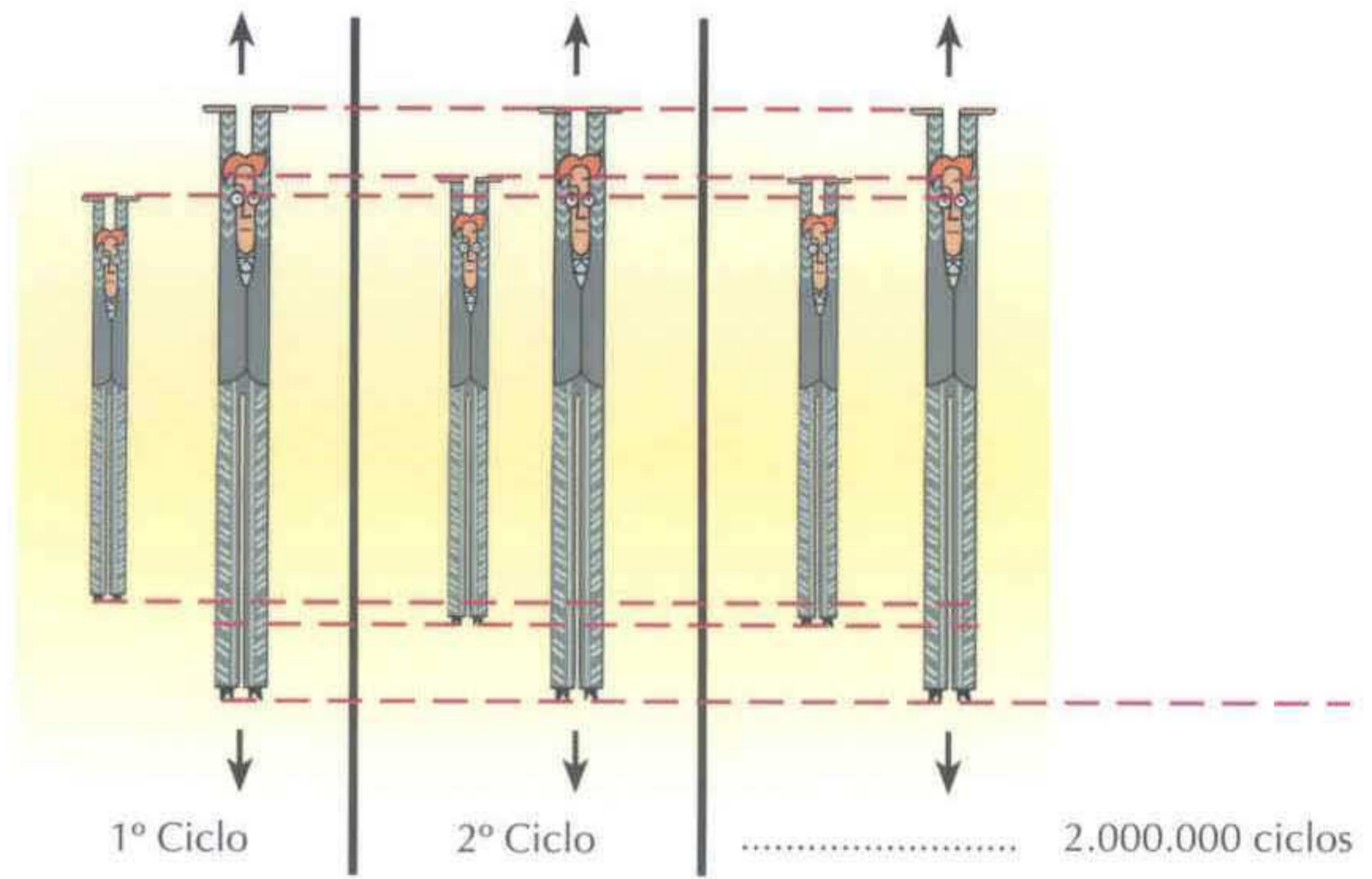
Una carga, **siempre de tracción**, de valor inferior al límite elástico del acero puede provocar la rotura del mismo si se aplica repetidamente.

A este fenómeno se denomina **fatiga**.

Este sería el caso del efecto producido por cargas móviles de importancia como ferrocarriles, puentes grúa, etc.

Por ello, la nueva **Instrucción EHE** exige que los aceros superen **2.000.000 de ciclos** de carga en unas determinadas condiciones especificadas en su articulado.

LOS PRODUCTOS "DUCTICELSA 500 SD", "NERVADUCTIL 500 SD", "CELSAFER-D 500 SD", "DUCTICELSA 400 SD", "NERVADUCTIL 400 SD", "CELSAFER-D 400 SD" Y LAS MALLAS "AGT8" Y "AGT 9" CUMPLEN LAS CONDICIONES DE FATIGA EXIGIDAS POR LA EHE.

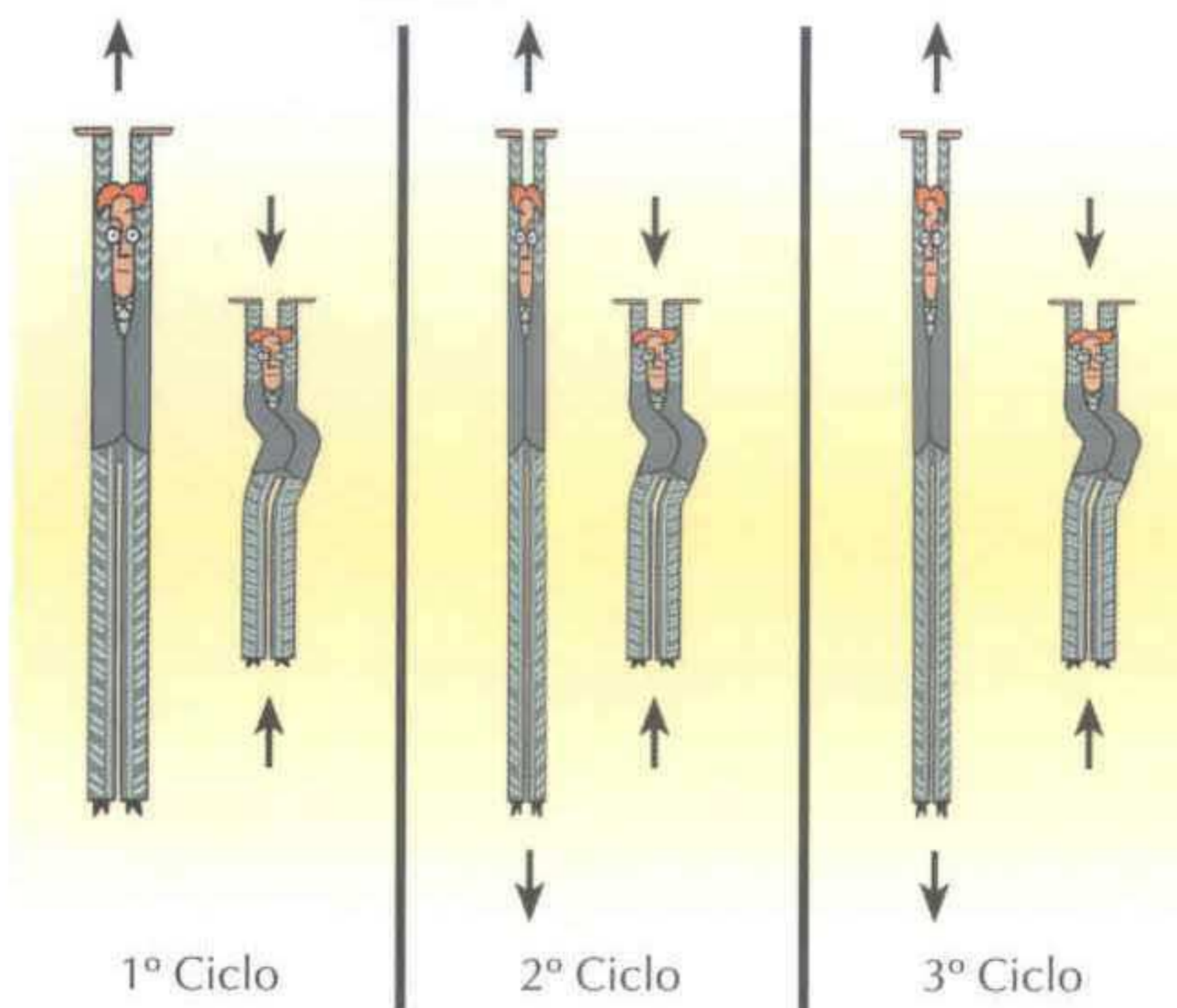


CARGAS CÍCLICAS

Ahora nos referimos a aquellos casos en que las tensiones en el acero pasan repetidamente de ser **tracciones** a ser **compresiones**.

El comportamiento que experimenta el acero frente a este tipo de cargas, como es el caso de las producidas por los **terremotos**, es muy distinto del descrito para la fatiga. La alternancia de tracciones y compresiones en las armaduras produce un efecto destructivo del acero muy superior al que genera la fatiga.

LOS PRODUCTOS "DUCTICELSA 500 SD", "NERVADUCTIL 500 SD", "CELSAFER-D 500 SD", "DUCTICELSA 400 SD", "NERVADUCTIL 400 SD", "CELSAFER-D 400 SD" Y LAS MALLAS "AGT8" Y "AGT 9" CUMPLEN LAS CONDICIONES EXIGIDAS POR LA EHE FRENTE A CARGAS CÍCLICAS.





**GRUPO
CELSA**

Polígono Industrial "San Vicente" s/n
08755 Castellbisbal (Barcelona) España
Tel. (34 93) 773 0500 Fax. (34 93) 773 0502
Web: <http://www.gcelsa.com>

Compañía Española de Laminación, S.L.
NERVACERO, S.A
CAMPESA
MACSA - MALLACERO
MAVISA

Ductilidad Celsa Garantía de Seguridad