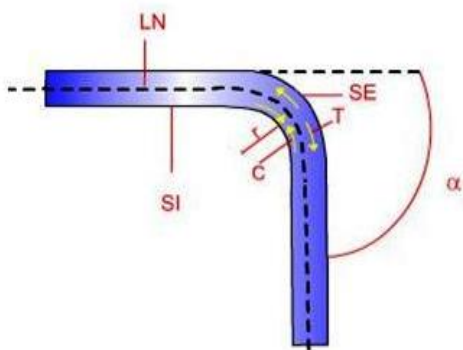


PORCENTAJE DE LÍNEA NEUTRA.

La elaboración de este material tiene como principal objetivo, sanar algunas dificultades y/o dudas del sector metalúrgico y de calderería, con respecto a la conformación de materiales por medio de doblado o calandrado utilizándose del PLN (Porcentaje de Línea Neutra).

Existe una región de la pieza a ser doblada donde no ocurre deformación ni por tracción ni por compresión, es donde se localiza lo que llamamos de línea neutra que es utilizada para los cálculos en las operaciones de doblado y calandrado.

Las tensiones a que está sujeto un material en la región de la dobladura son decrecientes a partir de las caras externas en dirección al núcleo de la pieza, como las mismas son de sentido contrario, hay una línea donde esas tensiones se anulan. Siendo así, la línea neutra de la región de dobladura no sufre alteraciones de longitud con el doblado, lo que no sucede en las partes que están siendo traccionadas o comprimidas, que pueden aumentar o disminuir su longitud.



LN: Línea neutra

SI: Superficie interna

SE: Superficie externa

r: radio de concordancia

C: fuerza de compresión

T: fuerza de tracción.

En el fenómeno de la dobladura, el PLN depende de varios factores. Entre los cuales: las características del material (dureza), la herramienta utilizada (llevando en consideración el desgaste) y la razón r/e (radio dividido por el espesor) pertinente a la geometría de la dobladura.

Proceso de Calandrado:

Durante el proceso de calandrado generalmente el PLN es de 50%. Esto se justifica a través de la relación r/e que durante este proceso es siempre muy grande, pues las dobladuras son más suaves cuando el radio es considerablemente mayor que el espesor.



Proceso de Doblamiento:

En el doblamiento la situación es diferente y se torna más compleja, pues normalmente el PLN calculado es menor que 50% y se hace necesario llevar en cuenta además de la relación r/e , las características del material y también las condiciones de las herramientas.



Entonces, ¿cómo determinar el PLN en el doblamiento?

Existen métodos específicos para determinar el Porcentaje de Línea Neutra en el doblamiento:

- Por los métodos clásicos de la literatura;
- A través del método experimental.

Uno de los métodos clásicos es presentado por Mario Rossi en el libro "Stampaggio a Fredo Delle Lamiere" donde el autor utiliza la razón entre el radio interno de la dobladura (r_i) y el espesor (e) para determinar el PLN:

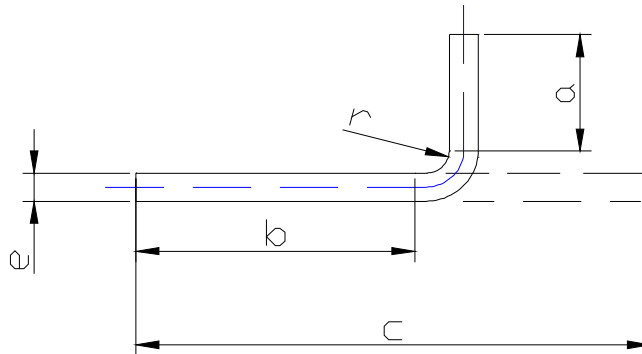
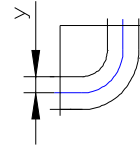
$\frac{r_i}{e}$	PLN
0,2	34,7%
0,5	38,7%
1,0	42,1%
2,0	45,1%
3,0	46,5%
4,0	47,0%
5,0	47,8%
10,0	48,7%
>10,0	aprox. 50,0%

Observe que para las relaciones pequeñas de r_i/e , o sea, dobladuras agudas y extremadamente forzadas el PLN es menor (grandes deformaciones). Puede también ser notado que en la proporción en que el radio aumenta en relación al espesor, las dobladuras se tornan más suaves y el PLN se aproxima de 50%.

Método experimental :

Por su vez, el método experimental no es muy práctico en el día a día, pero es más seguro, pues lleva en consideración la característica del material (dureza) y la condición de las herramientas (desgaste). El método experimental consiste en doblar un pequeño pedazo de material de largo c (en espesor, radio y herramental que serán utilizados) y hacer un cálculo inverso a fin de determinar la posición de la línea neutra (y) en relación al espesor. La fórmula general para determinar la distancia y (distancia entre el radio interno y la línea neutra), es:

$$y = \frac{c - b - a}{\pi} - r$$



En un ejemplo experimental vamos a determinar el PLN:

Ej.: Una chapa de prueba cortada con un largo $c = 76,2$ mm, que posee un espesor $e = 3,2$ mm, fue doblada con una herramienta de radio $r = 15,05$ mm. De forma aleatoria al ser doblada la chapa generó dos segmentos de recta con medidas $a = 19$ mm y $b = 31,7$ mm:

Aplicando la fórmula y sustituyendo los valores se tiene:

$$y = \frac{c - b - a}{\pi} - r \quad y = \frac{76,2 - 19 - 31,75}{3,14} - 15,05$$

$$y = 16,21 - 15,05 = 1,16$$

A través de la razón entre la distancia y y el espesor e , se tiene:

$$\frac{y}{e} = \frac{1,16}{3,2} \quad PLN = 0,362$$

Multiplicando el resultado se obtiene el valor de 36,2%.