

GUÍA DE USUARIO HELICOIEDU

Ing. Alfonso Rodríguez Peña MSc, Ing. Luis Lizandro López Taborda MSc,

Brayan David Cantillo Ortega, Kevin Andres Luquez Vizcaino

Universidad del Atlántico

Barranquilla Colombia, 2025

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Acerca de HelicoiEdu

HelicoiEdu es un *software* desarrollado en los lenguajes de programación *Python* y *JavaScript*, diseñado para facilitar la enseñanza del proceso de selección de resortes helicoidales a compresión, extensión y torsión en la asignatura de *Diseño de Elementos de Máquinas*. Esta herramienta busca proporcionar una experiencia interactiva e intuitiva, optimizando el aprendizaje y la obtención de cálculos relacionados con el diseño de resortes.

Este *software* incluye un total de quince escenarios de estudio, organizados en cinco casos específicos para cada tipo de resorte. A partir de una cantidad específica de datos de entrada proporcionados por el usuario, **HelicoiEdu** obtiene cálculos precisos que abarcan factores geométricos, mecánicos y validaciones para criterios de falla, como cargas estáticas y dinámicas.

Una de las más grandes ventajas que ofrece **HelicoiEdu** es su capacidad para centralizar todos los cálculos en un único entorno. Esto permite a los usuarios obtener resultados de manera rápida y sencilla, eliminando la necesidad de largos procedimientos manuales. Además, su diseño intuitivo pretende lograr un aprendizaje más fluido y una comprensión más clara de los conceptos que conciernen al proceso de selección de resortes.

Gracias a estas características, **HelicoiEdu** no solo permite reducir los tiempos requeridos para seleccionar resortes de forma favorable, sino que también simplifica el proceso de enseñanza de este tema al brindar herramientas que conectan la teoría con la práctica de forma visual e intuitiva.

2. VISIÓN GENERAL DE LA INTERFAZ

Una vez instalado y ejecutado el software **HelicoiEdu**, se desplegará la ventana que se muestra en la siguiente figura:

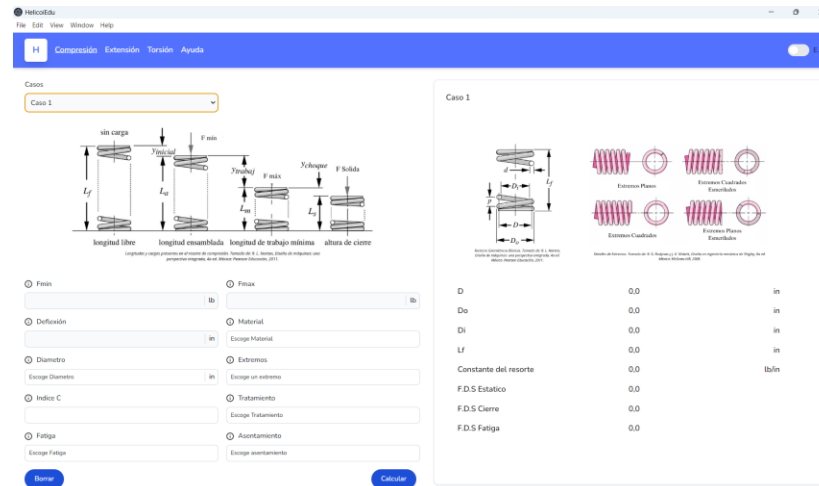


Figura 1. Pantalla inicial del software.

La Figura 1. Corresponde a la pantalla inicial del software **HelicoiEdu**. Esta ventana, presenta por defecto la interfaz que permite el diseño de resortes helicoidales de compresión. Además, se encuentra dividida en áreas específicas las cuales cumplen una funcionalidad particular dentro el software. A continuación, se procederá a enumerar y describir brevemente cada una de estas áreas para facilitar su ubicación e identificación en el software.

1. Barra de herramientas



Figura 2. Barra de herramientas.

La **barra de herramientas** se encuentra ubicada en la parte superior de la ventana. Contiene los botones para la selección del tipo de resorte, un botón de ayuda y un **switch** para el cambio de sistema de unidades.

2. Panel de datos de entrada



Figura 3. Panel de datos de entrada.

El **panel de datos de entrada** se localiza en la parte izquierda de la ventana. En esta sección de la interfaz se encuentran los campos donde el usuario ingresa los parámetros de entrada requeridos para el diseño del resorte.

3. Sección de resultados

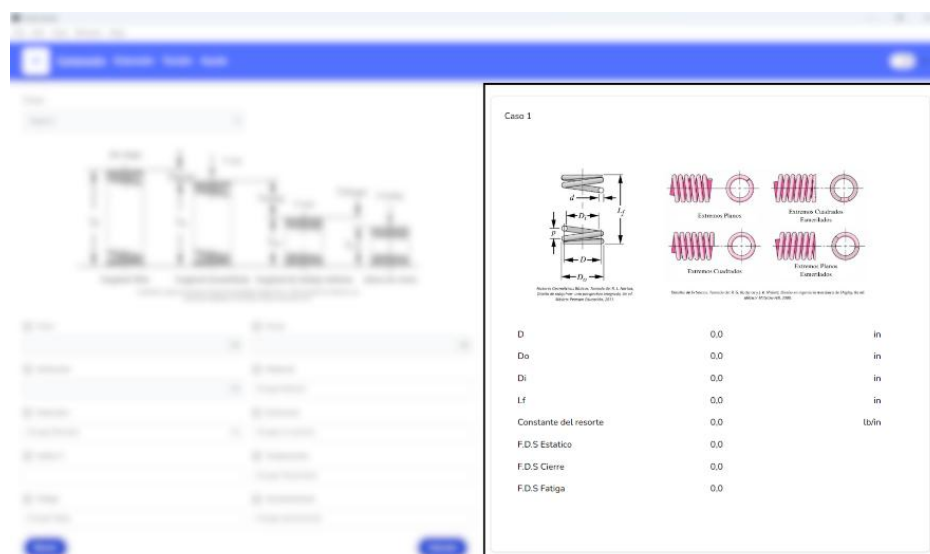


Figura 4. Sección de resultados.

La sección de resultados se ubica a la derecha de la ventana. En este lugar, tal como su nombre indica, se muestran los resultados a partir de los datos ingresados por el usuario en el panel de datos de entrada.

3. VARIABLES DE SALIDA E INTERMEDIAS

3.1 RESORTE DE COMPRESIÓN

Variable	Unidad E.S (I.S)	Casos Disponibles	Descripción
D	<i>in (mm)</i>	*	Es el diámetro medio de la espira del resorte.
Do	<i>in (mm)</i>	*	Es el diámetro externo del resorte.
Di	<i>in (mm)</i>	*	Es el diámetro interno del resorte.
Lf	<i>in (mm)</i>	*	Es la longitud libre del resorte.
Constante del resorte	<i>lb/in (N/mm)</i>	1	Constante que cuantifica la oposición del resorte a la deformación.
Deflexión	<i>in (mm)</i>	2, 4	Es la deflexión del resorte.
Fmáx	<i>lb (N)</i>	3, 5	Es el valor más alto de fuerza a la que se somete el resorte.
Fmín	<i>lb (N)</i>	3, 5	Es el valor más bajo de fuerza a la que se somete el resorte.
F.D.S Estático	—	*	Es el factor de seguridad de fluencia estático.
F.D.S Cierre	—	*	Es el factor de seguridad de fluencia estático de cierre.
F.D.S Fatiga	— ¹	* ²	Es el factor de seguridad contra fatiga.

Tabla 1. Variables de salida - Resorte de compresión.

Variable	Descripción	Unidad E.S (I.S)
D	Es el diámetro medio de la espira.	<i>in (mm)</i>
Do	Es el diámetro externo del resorte.	<i>in (mm)</i>
yinicial	Es la deflexión inicial del resorte.	<i>in (mm)</i>
ychoque	Es la holgura de choque (también llamada holgura entre espiras).	<i>in (mm)</i>
ysólida	Es la deflexión para altura sólida (altura de cierre)	<i>in (mm)</i>
Ls	Es la altura de cierre (también llamada altura sólida)	<i>in (mm)</i>
Lf	Es la longitud libre del resorte.	<i>in (mm)</i>
Fa	Es la componente alternante de la fuerza.	<i>lb (N)</i>
Fm	Es la componente media de la fuerza.	<i>lb (N)</i>

¹ El guion (—) significa que la variable es adimensional.

² El símbolo asterisco (*) significa que se encuentra disponible en todos los casos.

τ_i	Es el esfuerzo cortante inicial.	<i>psi (MPa)</i>
τ_a	Es el esfuerzo cortante alternante.	<i>psi (MPa)</i>
τ_m	Es el esfuerzo cortante medio.	<i>psi (MPa)</i>
Ses	Es la resistencia límite a la fatiga por torsión.	<i>psi (MPa)</i>
tau	Es el esfuerzo cortante máximo.	<i>psi (MPa)</i>
Sut	Es la resistencia última a la tensión.	<i>psi (MPa)</i>
Sys	Es la resistencia a la fluencia por torsión.	<i>psi (MPa)</i>
Sus	Es la resistencia última al cortante.	<i>psi (MPa)</i>
tau cierre	Es el esfuerzo cortante de cierre.	<i>psi (MPa)</i>
Relación de pandeo	Es la relación entre la longitud libre del resorte y el diámetro medio de la espira.	— ³

Tabla 2. Variables intermedias - Resorte de compresión.

3.2 RESORTE DE EXTENSIÓN

Variable	Unidad E.S (I.S)	Casos Disponibles	Descripción
D	<i>in (mm)</i>	*	Es el diámetro medio de la espira del resorte.
Do	<i>in (mm)</i>	*	Es el diámetro externo del resorte.
Di	<i>in (mm)</i>	*	Es el diámetro interno del resorte.
Lf	<i>in (mm)</i>	*	Es la longitud libre del resorte.
Constante del resorte	<i>lb/in (N/mm)</i>	1	Constante que cuantifica la oposición del resorte a la deformación.
Deflexión	<i>in (mm)</i>	2, 4	Es la deflexión del resorte.
Fmáx	<i>lb (N)</i>	3, 5	Es el valor más alto de fuerza a la que se somete el resorte.
Fmín	<i>lb (N)</i>	3, 5	Es el valor más bajo de fuerza a la que se somete el resorte.
F.D.S Estático en espiras	—	*	Es el factor de seguridad de fluencia estático en el cuerpo del resorte.
F.D.S Estático en ganchos por flexión	—	*	Es el factor de seguridad de fluencia estático en la parte del extremo del resorte que se somete a flexión.
F.D.S Estático en ganchos por torsión	—	*	Es el factor de seguridad de fluencia estático en la parte del extremo del resorte que se somete a torsión.
F.D.S Fatiga en espiras	—	*	Es el factor de seguridad contra fatiga en el cuerpo del resorte.
F.D.S Fatiga en ganchos por flexión	—	*	Es el factor de seguridad de contra fatiga en la parte del extremo del resorte que se somete a flexión.

³ El guion (—) significa que la variable es adimensional.

F.D.S Fatiga en ganchos por torsión.

—⁴

*⁵

Es el factor de seguridad de contra fatiga en la parte del extremo del resorte que se somete a torsión.

Tabla 3. Variables de salida - Resorte de Extensión

Variable	Descripción	Unidad E.S (I.S)
D	Es el diámetro medio de la espira.	<i>in (mm)</i>
Do	Es el diámetro externo del resorte.	<i>in (mm)</i>
Di	Es el diámetro interno del resorte.	<i>in (mm)</i>
Lb	Es la longitud del cuerpo del resorte.	<i>in (mm)</i>
long_ganchos	Es la longitud de los ganchos del resorte.	<i>in (mm)</i>
Lf	Es la longitud libre del resorte.	<i>in (mm)</i>
y _{max}	Es la deflexión máxima del resorte.	<i>in (mm)</i>
Fa	Es la componente alternante de la fuerza.	<i>lb (N)</i>
Fm	Es la componente media de la fuerza.	<i>lb (N)</i>
τ_i	Es el esfuerzo cortante inicial.	<i>psi (MPa)</i>
τ_a	Es el esfuerzo cortante alternante.	<i>psi (MPa)</i>
τ_m	Es el esfuerzo cortante medio.	<i>psi (MPa)</i>
Se	Es la resistencia límite a la fatiga por tensión.	<i>psi (MPa)</i>
Fi	Es la precarga del resorte.	<i>lb (N)</i>
Sut	Es la resistencia última a la tensión.	<i>psi (MPa)</i>
tau_máx	Es el esfuerzo cortante máximo en el cuerpo del resorte.	<i>psi (MPa)</i>
Sus	Es la resistencia última al cortante.	<i>psi (MPa)</i>

Tabla 4. Variables intermedias - Resorte de Extensión.

3.3 RESORTE DE TORSIÓN

Variable	Unidad E.S (I.S)	Casos Disponibles	Descripción
D	<i>in (mm)</i>	*	Es el diámetro medio de la espira del resorte.
Do	<i>in (mm)</i>	*	Es el diámetro externo del resorte.
Di	<i>in (mm)</i>	*	Es el diámetro interno del resorte.
Constante del resorte	<i>lb/° (N/°)</i>	1	Constante que cuantifica la oposición del resorte a la deformación.

⁴ El guion (—) significa que la variable es adimensional.

⁵ El símbolo asterisco (*) significa que se encuentra disponible en todos los casos.

Theta	<i>in (mm)</i>	2, 4	Es la deflexión angular del resorte.
Mmáx	<i>lb (N)</i>	3, 5	Es el valor más alto de momento al que se somete el resorte.
Mmín	<i>lb (N)</i>	3, 5	Es el valor más bajo de momento al que se somete el resorte.
F.D.S Estático	—	*	Es el factor de seguridad de fluencia estático.
F.D.S Fatiga	— ⁶	* ⁷	Es el factor de seguridad contra fatiga.

Tabla 5. Variables de salida - Resorte de torsión.

Variable	Descripción	Unidad E.S (I.S)
D	Es el diámetro medio de la espira.	<i>in (mm)</i>
theta_min	Es la deflexión angular mínima	<i>in (mm)</i>
theta_max	Es la deflexión angular máxima.	<i>in (mm)</i>
Ma	Es el momento alternante.	<i>lb (N)</i>
Mm	Es el esfuerzo medio.	<i>lb (N)</i>
sigma_max_ext	Es el esfuerzo de flexión máximo en la superficie exterior.	<i>psi (MPa)</i>
sigma_max_int	Es el esfuerzo de flexión máximo en la superficie interior.	<i>psi (MPa)</i>
sigma_medio_ext	Es el esfuerzo de flexión medio en la superficie exterior.	<i>psi (MPa)</i>
sigma_alt_ext	Es el esfuerzo de flexión alternante en la superficie exterior.	<i>psi (MPa)</i>
Se_tor	Es la resistencia límite a la fatiga por tensión.	<i>psi (MPa)</i>
Sew	Es el límite de resistencia a la fatiga por flexión.	<i>psi (MPa)</i>
Sut	Es la resistencia última a la tensión.	<i>psi (MPa)</i>
Sy	Es la resistencia a la fluencia.	<i>psi (MPa)</i>

Tabla 6. Variables intermedias - Resorte de Torsión.

⁶ El guion (—) significa que la variable es adimensional.

⁷ El símbolo asterisco (*) significa que se encuentra disponible en todos los casos.

4. CASO DE ESTUDIO

Se desea seleccionar un resorte de compresión para carga estática, capaz de soportar una carga mínima de 80 *lb* y una carga máxima de 120 *lb*, con un rango de deflexión de media pulgada (0.5 *in*). Además, el granallado con partículas no es recomendable para la aplicación prevista. Con base en estos requerimientos, especifique:

- a. El diámetro del alambre escogido (d).
- b. El diámetro medio de la espira (D).
- c. La longitud libre del resorte (L_f).
- d. La constante del resorte (k).
- e. La resistencia última del material escogido (S_{ut}).

1. En primer lugar, se deben extraer los datos del enunciado del caso de estudio para comenzar a utilizar el *software*. A continuación, se muestran cada uno de estos:

Datos de entrada

Tipo de resorte: De compresión.

Fuerza mínima: 80 *lb*

Fuerza máxima: 120 *lb*

Rango de deflexión: 0.5 *in*

Restricción: No se recomienda el uso de granallado con partículas.

Aplicación: Carga estática.

Es importante recordar que todo valor que no sea suministrado en el enunciado deberá suponerse inicialmente hasta encontrar una configuración donde se obtenga un diseño de tipo favorable. En esa parte es donde entra la utilidad de la herramienta HelicoiEdu en juego.

2. Una vez obtenidos los datos de entrada, se procede a ejecutar el *software* siguiendo el procedimiento descrito en la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**
3. Al ejecutar el *software*, se desplegará la pantalla inicial. Luego, deberá seleccionar en la barra de herramientas el tipo de resorte a utilizar en su ejercicio. Cabe destacar que, por defecto, se muestra la interfaz de resortes

helicoidales de compresión, la cual coincide con el tipo de resorte requerido en este caso. Por lo tanto, para este caso, no es necesario cambiar de interfaz.

Parámetro	Valor	Unidad
D	0.0	in
De	0.0	in
Di	0.0	in
Lf	0.0	in
Constante del resorte	0.0	lb/in
F.D.S Estático	0.0	
F.D.S Cierre	0.0	
F.D.S Fatiga	0.0	

Figura 5. Selección del tipo de resorte.

- A continuación, se debe seleccionar el sistema de unidades en el que se desea trabajar haciendo uso del *Switch* de sistema de unidades. Dado que las unidades del caso de estudio corresponden a unidades del Sistema Inglés, no es necesario realizar ningún cambio en este caso.

Figura 6. Selección de sistema de unidades.

5. Después de seleccionar el sistema de unidades, el siguiente paso es seleccionar uno de los cinco casos disponibles que mejor se ajuste a las variables de entrada extraídas del enunciado. Tal como se muestra en la Figura 7, en este caso, el que más conveniente es el Caso 1.

Caso 1

Diagrama de un resorte helicoidal con los siguientes parámetros:

- L_f : longitud libre
- L_a : longitud ensamblada
- L_m : longitud de trabajo mínima
- h : altura de cierre
- $F_{mín}$: fuerza mínima
- $F_{máx}$: fuerza máxima
- $F_{trabaja}$: fuerza de trabajo
- $F_{sólida}$: fuerza sólida

Tabla de parámetros de entrada:

Parámetro	Valor	Unidad
D	0.0	in
Do	0.0	in
Di	0.0	in
Lf	0.0	in
Constante del resorte	0.0	lb/in
F.D.S Estático	0.0	
F.D.S Cierre	0.0	
F.D.S Fatiga	0.0	

Figura 7. Selección de caso.

6. Una vez preparada la interfaz, se debe escribir la información conocida en los campos del software como se ilustra en la Figura 8.

Caso 1

Diagrama de un resorte helicoidal con los siguientes parámetros:

- L_f : longitud libre
- L_a : longitud ensamblada
- L_m : longitud de trabajo mínima
- h : altura de cierre
- $F_{mín}$: fuerza mínima
- $F_{máx}$: fuerza máxima
- $F_{trabaja}$: fuerza de trabajo
- $F_{sólida}$: fuerza sólida

Tabla de parámetros de entrada:

Parámetro	Valor	Unidad
Fmín	80	lb
Fmáx	120	lb
Deflexión	0.5	in
Material	Acero Material	
D	0.5	in
Do	0.5	in
Di	0.5	in
Lf	0.5	in
Constante del resorte	0.0	lb/in
F.D.S Estático	0.0	
F.D.S Cierre	0.0	
F.D.S Fatiga	0.0	

Figura 8. Campos conocidos.

Los campos desconocidos deben ser inicialmente asumidos por el diseñador, considerando criterios como seguridad, economía, geometría y funcionalidad. Para una primera iteración, se seleccionará el material ASTM 227, un diámetro de alambre de 0.162 in, un índice de resorte de 7, no se considerará asentamiento y los extremos planos esmerilados. La siguiente figura muestra la interfaz con todos los valores conocidos y supuestos completados.

Inputs:

- Casos: Caso 1
- sin carga
- F_{min}
- F_{max}
- Deflexión: 0.5 in
- Dámetro: 0.162 in
- Índice C: 7
- Fatiga: No
- Material: ASTM A227
- Extremos: Planos esmerilados
- Tratamiento: Sin Granular
- Asentamiento: No

Calculated Values:

D	0.0	in
D_o	0.0	in
D_i	0.0	in
L_f	0.0	in
Constante del resorte	0.0	lb/in
F.D.S Estático	0.0	
F.D.S Cierre	0.0	
F.D.S Fatiga	0.0	

Figura 9. Interfaz con campos rellenos.

- Una vez completados todos los campos, se debe presionar el **botón Calcular** para obtener el resultado del diseño. Es importante recordar que el diseño puede ser favorable o no favorable. En este caso, con los datos obtenidos, se obtuvo el siguiente resultado:

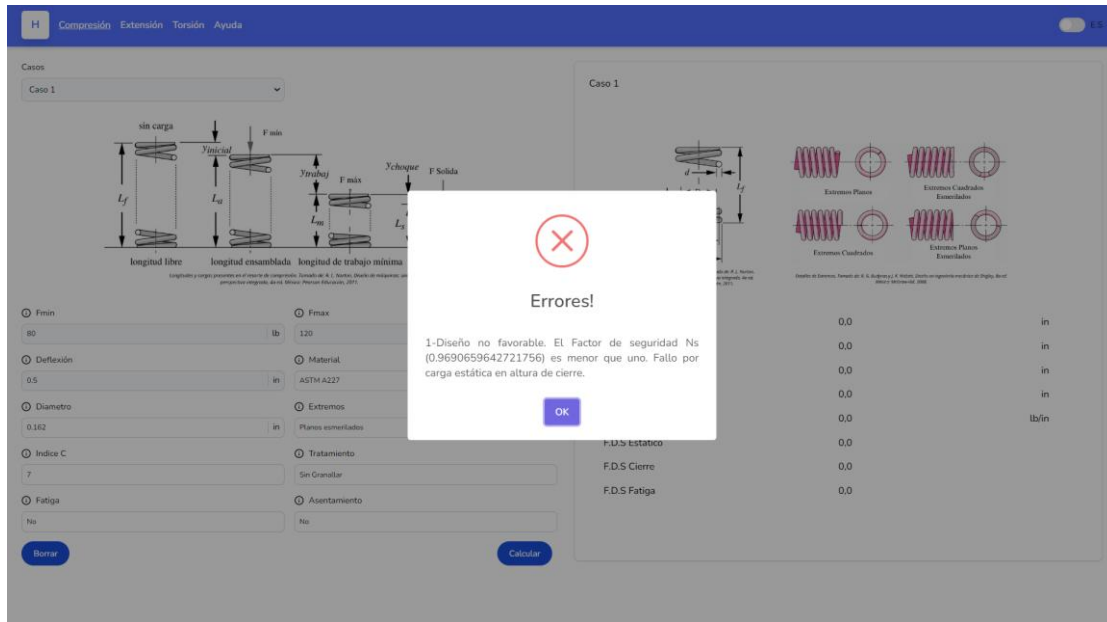


Figura 10. Ejemplo de Diseño no favorable.

Como se puede observar, el diseño no es favorable. En este punto, el usuario puede ajustar las variables inicialmente para identificar una combinación de valores que permita obtener un resultado exitoso en el diseño. Por ejemplo, en aplicaciones de carga estática se podría considerar el tratamiento mecánico del asentamiento para generar esfuerzos residuales beneficiosos en el resorte mediante la cedencia del material. Sin embargo, se sabe que esto impactaría el costo del diseño del resorte. Otra alternativa sería aumentar el diámetro del alambre del resorte. Para una segunda iteración, se podría aumentar el diámetro del alambre de 0.162 in a 0.177 in . El resultado de este ajuste se muestra en la Figura 11.

Figura 11. Segunda iteración.

Variable	Resultado
Diámetro del alambre	0.177 <i>in</i>
Diámetro medio de la espira	1.24 <i>in</i>
Longitud libre	3.39 <i>in</i>
Constante del resorte	80.19 <i>lb/in</i>
Resistencia última a la tensión	193357.74 <i>psi</i>

Tabla 7. Resultados caso de estudio.

8. Si usted considera que su proceso de selección ha finalizado, puede presionar el **botón Borrar** para vaciar nuevamente todos los campos y reiniciar la interfaz. Si desea continuar seleccionando resortes, simplemente repita el procedimiento descrito. En caso de tener dudas durante el uso del software, presione el **botón Ayuda** en la barra de tareas y se descargará en su ordenador un archivo PDF que contendrá la información relacionada al uso de **HelicoiEdu**.

5. GLOSARIO

5.1 MATERIALES DE RESORTES

Material	ASTM	SAE	Rango de Temperatura	Descripción y Aplicaciones
Alambre forjado en frío	227	1066	0 °C a 120 °C	Es un material de uso general. Tiene un bajo costo. Presenta un buen comportamiento para cargas estáticas mas no para cargas cíclicas. Está destinado a aplicaciones donde factores como la deflexión, duración y exactitud no sean tan cruciales.
Alambre musical o de piano.	228	1085	0 °C a 120 °C	Es el material más utilizado para la fabricación de resortes pequeños. Su alta resistencia a la tensión y resistencia a las cargas repetidas lo hacen el mejor material de resorte para estas funciones. También, es el más duro.
Alambre revenido en aceite	229	1065	0 °C a 180 °C	Este material al igual que el ASTM A227 es de uso general. Su valor es menor que el del alambre de piano y también está disponible en diámetros mayores. No es apropiado para aplicaciones de fatiga o de impacto, pero sí para aplicaciones estáticas.
Alambre cromo-vanadio	232	6150	Hasta 220°C	Este material es la aleación de acero con mayor uso en la fabricación de resortes. Es ampliamente utilizado para la fabricación de válvulas de automóviles o de aviones. Tiene una buena resistencia a la fatiga, puede soportar altas cargas de choque y también tiene una alta durabilidad. Puede encontrarse ya sea prerrevenido o recocido.
Alambre de cromo-silicio	401	9254	Hasta 220°C	Este material presenta una buena resistencia a las altas temperaturas. Tiene la segunda mayor resistencia, después del alambre musical. Está destinada a aplicaciones de altos esfuerzos donde se pretende alcanzar una larga duración. Además, también es conveniente en aplicaciones de carga variable.

Tabla 8. Lista de materiales disponibles.

5.2 TERMINOLOGÍA DE RESORTES DE COMPRESIÓN

5.2.1 Factores Mecánicos

Variable	Símbolo	Descripción	Unidad E. S.	Unidad I. S.
Fuerza máxima	F_{max}	Es el valor más alto de carga a la que se somete el resorte en su ciclo de trabajo.	<i>lb</i>	<i>N</i>
Fuerza mínima	F_{min}	Es el valor más bajo de carga a la que se somete el resorte en su ciclo de trabajo. Generalmente se puede considerar como la fuerza inicial que se le suministra al resorte para su ensamble (precarga) pero también puede ser la carga más pequeña que se le aplica a un resorte sometido a cargas dinámicas.	<i>lb</i>	<i>N</i>
Constante o razón del resorte	k	Es una constante que cuantifica la oposición del resorte a la deformación. Es la relación entre la variación de la fuerza aplicada al resorte y la deflexión. Un valor de k alto, provoca que el resorte tenga alta rigidez. Un valor de k bajo, provoca que el resorte tenga alta flexibilidad.	$\frac{lb}{in}$	$\frac{N}{mm}$
Resistencia última a la tensión.	S_{ut}	Es la resistencia última a la tensión del material con el que se fabrica el resorte.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Resistencia última al cortante.	S_{us}	Es la resistencia última al cortante del material con el que se fabrica el resorte.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Coeficiente A	A	Es un coeficiente propio de cada uno de los materiales utilizados en el desarrollo de este software. Permite el cálculo de la resistencia última a la tensión.	-	-
Exponente b	b	Es un exponente propio de cada uno de los materiales utilizados en el desarrollo de este software. Permite el cálculo de la resistencia última a la tensión.	-	-
Factor de cortante directo.	K_s	Es un factor de corrección del esfuerzo cortante. Permite contemplar en su diseño los efectos de los diferentes esfuerzos cortantes internos del resorte. A mayor valor de C menor será el factor de K_s y en consiguiente, disminuirá el esfuerzo cortante máximo al que se somete el resorte.	-	-
Esfuerzo cortante máximo	τ_{max}	Es el esfuerzo cortante que experimenta el resorte en la espira con la mayor fuerza.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Módulo de cizalladura o	G	Es el módulo de rigidez o cizalladura del material con el que se fabrica el resorte.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>

módulo de rigidez.		Como la lista de materiales de este proyecto consiste en aceros se optó por valores de		
Módulo de Young.	E	Es el módulo de Young del material con el que se fabrica el resorte. Como la lista de materiales de este proyecto consiste en aceros se optó por valores de	psi	MPa
Fuerza de cierre o Fuerza sólida	$F_{sólida}$	Es la fuerza requerida para comprimir el resorte hasta su deflexión de cierre ($y_{sólida}$).	lb	N
Esfuerzo cortante de cierre.	τ_{cierre}	Es el esfuerzo cortante que experimenta el resorte cuando se comprime hasta su altura de cierre (L_s).	psi	MPa
Factor de seguridad de fluencia estático de cierre.	$N_{scierre}$	Es la relación entre la resistencia a la fluencia por torsión y el esfuerzo cortante de cierre. Un valor mayor que 1 significa que el diseño es aceptable.	-	-
Factor de seguridad de fluencia estático.	N_s	Es la relación entre la resistencia a la fluencia por torsión y el esfuerzo cortante máximo. Un valor mayor que 1 significa que el diseño es aceptable.	-	-
Relación de pandeo	L_f/D	Es la relación entre la longitud libre del resorte y el diámetro medio de la espira. Ayuda a determinar si el resorte puede sufrir o no de pandeo. Un valor de $\frac{L_f}{D} > 4$ significa que el resorte podría pandearse.	-	-

Tabla 9. Factores Mecánicos Resorte de Compresión.

5.2.2 Factores Geométricos

Variable	Símbolo	Descripción	Unidad E. S.	Unidad I. S.
DIAMETROS				
Diámetro medio de la espira.	D	Es el diámetro medio del resorte.	in	mm
Diámetro del alambre.	d	Es el espesor del material utilizado para la conformación del resorte. La forma redonda (utilizada en este <i>software</i>) suele ser la más utilizada para la fabricación de resortes.	in	mm
Diámetro externo de la espira.	D_o	Es el diámetro del resorte medido en su punto más <i>ancho</i> . Su especificación es sumamente relevante cuando el resorte se diseña para trabajar dentro de una cavidad (agujero).	in	mm
Diámetro interno de la espira.	D_i	Es el diámetro del resorte medido en su punto más <i>estrecho</i> . Su especificación es sumamente relevante cuando el resorte se diseña para trabajar sobre una barra o perno.	in	mm
Índice de resorte	C	Es la relación entre el diámetro medio de la espira (D) y el diámetro del alambre (d). Se sugiere que C se encuentre en el rango	-	-

		de 4 a 12, ya que $C < 4$ es difícil de manufacturar y $C > 12$ es propenso a enredarse o a sufrir de pandeo.		
Paso del resorte	p	Es la distancia que hay entre el centro de una espira hasta el centro de la espira adyacente.	<i>in</i>	<i>mm</i>
LONGITUDES				
Longitud libre	L_f	Es la longitud total del resorte cuando se encuentra en estado libre. Es decir, sin cargas aplicadas. Si se desconoce el valor de las cargas, la longitud libre debe especificarse.	<i>in</i>	<i>mm</i>
Altura de cierre o altura sólida.	L_s	Es la longitud que tiene el resorte cuando es comprimido hasta el punto en que todas sus espiras se encuentran cerradas y en contacto.	<i>in</i>	<i>mm</i>
Longitud de trabajo mínima	L_m	Es la longitud más pequeña que alcanza un resorte al comprimirse cuando se encuentra en servicio. [7]	<i>in</i>	<i>mm</i>
DEFLEXIONES				
Deflexión	y	Es la variación de la longitud del resorte debido a la acción de una carga.	<i>in</i>	<i>mm</i>
Deflexión para altura de cierre o sólida.	$y_{sólida}$	Es la deformación requerida para llevar al resorte desde su longitud libre (L_f) hasta su altura de cierre (L_s).	<i>in</i>	<i>mm</i>
Holgura de choque o entre espiras	y_{choque}	Se obtiene a partir de la diferencia entre la longitud de trabajo mínima y la altura de cierre. Sin embargo, suele expresarse como un porcentaje de la deflexión de trabajo (y). Para mitigar la posibilidad de que se alcance la altura de cierre (L_s) durante el servicio, se sugiere una holgura mínima de choque del 10% al 15% de la holgura de trabajo. Para el desarrollo de los cálculos que conciernen a este software se usó un 15%.	<i>in</i>	<i>mm</i>
Deflexión inicial	$y_{inicial}$	Es la deflexión que tiene el resorte antes de que comience a soportar sus cargas de trabajo. Esta deflexión junto con la constante del resorte determina la fuerza de Precarga en el montaje del resorte.	<i>in</i>	<i>mm</i>
ESPIRAS				
Número total de espiras.	N_t	Es el número total de vueltas o espiras que tiene el resorte. Puede contribuir de forma activa o no en la deflexión del resorte dependiendo del detalle de los extremos escogido en el diseño.	-	-
Número de espiras activas.	N_a	Es el número de espiras que sí contribuyen a la deflexión del resorte cuando este se somete a la acción de cargas. Depende del detalle de los extremos escogido en el diseño. Su valor se redondea al 1/4 de	-	-

		espira más cercano debido a la precisión obtenida en el proceso de fabricación.		
		EXTREMOS		
Planos	N/A	Los extremos tienen el mismo paso que el resto del resorte. Este detalle se obtiene al realizar un simple corte de las espiras. Es el detalle más económico, pero puede presentar problemas de estabilidad debido a una mala alineación con la superficie en la que el resorte se presiona. Por lo tanto, suelen ser menos precisos. Todas sus espiras contribuyen a la deflexión.	-	-
Planos Esmerilados	N/A	En este tipo de detalle, los extremos también tienen el mismo paso que el resto del resorte. Sin embargo, las espiras de sus extremos se esmerilan de forma plana y perpendicular al eje del resorte con el propósito de que el resorte pueda apoyarse de una mejor forma sobre una superficie, consiguiendo mejorar su estabilidad.	-	-
Cuadrados	N/A	En este tipo de detalle se elimina el paso de las espiras de los extremos mediante su doblado y aplastamiento. De este modo, se consigue una mejora en la alineación del resorte, por lo que es útil en aplicaciones donde se requiera precisión y estabilidad.	-	-
Cuadrados Esmerilados	N/A	Al esmerilar un resorte cuyos extremos son cuadrados se obtiene el detalle de extremos que provoca la mejor transferencia de la carga. Sin embargo, también es el más costoso.	-	-

Tabla 10. Factores Geométricos Resorte de Compresión.

5.2.3 Fatiga

Variable	Símbolo	Descripción	Unidad E. S.	Unidad I. S.
Fuerza media	F_m	Es la fuerza promedio que se aplica sobre el resorte durante un ciclo completo cuando se somete a cargas dinámicas (F_{min} y F_{max}).	lb	N
Fuerza alternante	F_a	Es la mitad de la diferencia de fuerzas a las que se somete un resorte cuando se le aplican cargas dinámicas (F_{min} y F_{max}).	lb	N
Esfuerzo cortante inicial	τ_i	Es el esfuerzo cortante que experimenta el resorte cuando se le somete a una fuerza de precarga (generalmente F_{min})	psi	MPa
Esfuerzo cortante medio	τ_m	Es el esfuerzo cortante <i>promedio</i> que experimenta el resorte durante un ciclo completo cuando se somete a cargas dinámicas (F_{min} y F_{max}).	psi	MPa

Esfuerzo cortante alternante	τ_a	Es el esfuerzo cortante que experimenta el resorte cuyo valor varía cíclicamente durante el ciclo de cargas dinámicas.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Factor de Wahl	K_w	Es un factor que reúne el efecto del cortante directo y la concentración de esfuerzos debido a la curvatura en el resorte. Es de mucha relevancia, especialmente en resortes sometidos a cargas cíclicas.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Límite de resistencia a la torsión	S_{ew}'	Es el valor máximo de esfuerzo de torsión que el resorte puede soportar sin que este se fracture. Para el desarrollo de este software se tomaron valores definidos para resortes con tratamientos de granallado y sin granallar.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Resistencia a la fluencia por torsión	S_{ys}	Es el valor límite de esfuerzo torsional que puede soportar el resorte sin que este se deforme plásticamente.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Resistencia límite a la fatiga por torsión.	S_{es}	Es la resistencia límite que puede soportar el resorte sin que este falle por fatiga.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Factor de seguridad contra fatiga	N_f	Es el factor de seguridad contra fatiga del resorte. Un valor mayor que 1 significa que el diseño es aceptable.	-	-

Tabla 11. Factores de Fatiga Resorte de Compresión.

5.3 TERMINOLOGÍA DE RESORTES DE EXTENSIÓN

5.3.1 Factores mecánicos

Variable	Símbolo	Descripción	Unidad E. S.	Unidad I. S.
Fuerza máxima	F_{max}	Es el valor más alto de carga a la que se somete el resorte en su ciclo de trabajo.	<i>lb</i>	<i>N</i>
Fuerza mínima	F_{min}	Es el valor más bajo de carga a la que se somete el resorte en su ciclo de trabajo.	<i>lb</i>	<i>N</i>
Fuerza de tensión inicial o de precarga	F_i	Es una fuerza de tensión que se genera en el resorte debido a la forma en que se manufactura. Como las espiras de un resorte helicoidal de extensión se encuentran unidas estrechamente se debe superar el valor de esta carga para que estas empiecen a separarse.	<i>lb</i>	<i>N</i>
Constante o razón del resorte	k	Es una constante que cuantifica la oposición del resorte a la deformación. Es la relación entre la variación de la fuerza aplicada al resorte y la deflexión. Un valor de k alto, provoca que el resorte con alta rigidez. Un valor de k bajo, provoca que el resorte con alta flexibilidad.	$\frac{lb}{in}$	$\frac{N}{mm}$

Resistencia última a la tensión.	S_{ut}	Es la resistencia última a la tensión del material con el que se fabrica el resorte.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Resistencia última al cortante.	S_{us}	Es la resistencia última al cortante del material con el que se fabrica el resorte.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Coeficiente A	A	Es un coeficiente propio de cada uno de los materiales utilizados en el desarrollo de este software. Permite el cálculo de la resistencia última a la tensión.	-	-
Exponente b	b	Es un exponente propio de cada uno de los materiales utilizados en el desarrollo de este software. Permite el cálculo de la resistencia última a la tensión.	-	-
Factor de cortante directo.	K_s	Es un factor de corrección del esfuerzo cortante. Permite contemplar en su diseño los efectos de los diferentes esfuerzos cortantes internos del resorte. A mayor valor de C menor será el factor de K_s y en consiguiente, disminuirá el esfuerzo cortante máximo al que se somete el resorte.	-	-
Esfuerzo cortante inicial 1.	τ_{i1}	Esfuerzo cortante obtenido a partir de la función cúbica $-4.231C^3 + 181.5C^2 - 3387C + 28640$. Su cálculo ayuda a determinar un buen valor para el esfuerzo inicial de la espira.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Esfuerzo cortante inicial 2.	τ_{i2}	Esfuerzo cortante obtenido a partir de la función cúbica $-2.987C^3 + 139.7C^2 - 3427C + 38404$. Su cálculo ayuda a determinar un buen valor para el esfuerzo inicial de la espira.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Esfuerzo cortante inicial.	τ_i	Es el promedio de τ_{i1} y τ_{i2} . Permite determinar un buen valor para el esfuerzo inicial en la espira.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Módulo de Young.	E	Es el módulo de Young del material con el que se fabrica el resorte. Como la lista de materiales de este proyecto consiste en aceros se optó por valores de	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Factor de seguridad de fluencia estático en espiras.	N_s	Es la relación entre la resistencia a la fluencia por torsión y el esfuerzo cortante máximo. Un valor mayor que 1 significa que el diseño es aceptable.	-	-
Factor de seguridad de fluencia estático en gancho por flexión.	N_{shs}	Es la relación entre la resistencia a la fluencia por torsión y el esfuerzo de torsión máximo al que se somete el gancho. Un valor mayor que 1 significa que el diseño es aceptable.	-	-
Factor de seguridad de fluencia	N_{sht}	Es la relación entre la resistencia a la fluencia y el esfuerzo de flexión máximo al que se	-	-

estático en gancho por torsión.

somete el gancho. Un valor mayor que 1 significa que el diseño es aceptable.

Tabla 12. Factores Mecánicos Resorte de Extensión.

5.3.2 Factores geométricos

Variable	Símbolo	Descripción	Unidad E. S.	Unidad I. S.
Suposición de extremos estándar: Es un tipo de configuración para los extremos de un resorte helicoidal de extensión. Consiste en flexionar las últimas espiras del resorte en un ángulo de 90°. Los resultados de este proyecto se encuentran acotados a la suposición de extremos estándar.				
DIAMETROS				
Diámetro medio de la espira.	D	Es el diámetro medio del resorte.	<i>in</i>	<i>mm</i>
Diámetro del alambre.	d	Es el espesor del material utilizado para la conformación del resorte. La forma redonda (utilizada en este software) suele ser la más utilizada para la fabricación de resortes.	<i>in</i>	<i>mm</i>
Diámetro externo de la espira.	D_o	Es el diámetro del resorte medido en su punto más <i>ancho</i> . Su especificación es sumamente relevante cuando el resorte se diseña para trabajar dentro de una cavidad (agujero).	<i>in</i>	<i>mm</i>
Diámetro interno de la espira.	D_i	Es el diámetro del resorte medido en su punto más <i>estrecho</i> . Su especificación es sumamente relevante cuando el resorte se diseña para trabajar sobre una barra o perno.	<i>in</i>	<i>mm</i>
Índice de resorte	C	Es la relación entre el diámetro medio de la espira (D) y el diámetro del alambre (d). Se sugiere que C se encuentre en el rango de 4 a 12, ya que $C < 4$ es difícil de manufacturar y $C > 12$ es propenso a enredarse o a sufrir de pandeo.	-	-
Factor C1	C_1	A partir de este factor se calcula el factor K_b . Depende del radio promedio del gancho y del diámetro del alambre. Bajo la suposición de extremos estándar es factor C_1 es equivalente a C .	-	-
Factor C2	C_2	A partir de este factor se calcula el factor K_{w2} . Depende del radio en el lado de doblez y del diámetro del alambre. Su valor debe ser mayor a 4.	-	-
LONGITUDES				
Longitud libre	L_f	Es la longitud total del resorte cuando se encuentra en estado libre. Es decir, sin cargas aplicadas. En un resorte helicoidal de extensión esta longitud se mide desde la parte interior de un extremo (gancho u oreja) hasta la parte interior del extremo opuesto. Si se desconoce el valor de las	<i>in</i>	<i>mm</i>

		cargas, la longitud libre debe especificarse.		
Longitud del cuerpo.	L_b	Es la longitud de todas las espiras que contiene el resorte helicoidal de extensión sin contar los ganchos.	<i>in</i>	<i>mm</i>
Longitud de gancho	L_{gancho}	Es la longitud de los ganchos del resorte medida desde donde se terminan las espiras hasta la parte inferior del gancho. Para gancho estándar, la longitud es aproximadamente igual al diámetro interno del resorte. Este valor es de mucha importancia para determinar la longitud mínima del resorte.	<i>in</i>	<i>mm</i>
Espacio o gap.	—	Es la distancia que existe desde el extremo del gancho hasta el inicio del cuerpo del resorte.	<i>in</i>	<i>mm</i>
DEFLEXIONES				
Deflexión	y	Es la variación de la longitud del resorte debido a la acción de una carga.	<i>in</i>	<i>mm</i>
Deflexión máxima	y_{max}	Es la deflexión que experimenta el resorte con F_{max}	<i>in</i>	<i>mm</i>
Deflexión mínima	y_{min}	Es la deflexión que experimenta el resorte con F_{min}	<i>in</i>	<i>mm</i>
Deflexión inicial	$y_{inicial}$	Es la deflexión que tiene el resorte antes de que comience a soportar sus cargas de trabajo. Esta deflexión junto con la constante del resorte determina la fuerza de Precarga en el montaje del resorte.	<i>in</i>	<i>mm</i>
Radio promedio del gancho.	R_1	Es el radio promedio del gancho. Bajo la suposición de extremos estándar este radio es equivalente al radio de la <i>espira</i> , es decir $D/2$	<i>in</i>	<i>mm</i>
Radio en el lado de doblez.	R_2	Es el radio en el lado de doblez del gancho.	<i>in</i>	<i>mm</i>
ESPIRAS				
Número total de espiras.	N_t	Es el número total de vueltas o espiras que tiene el resorte. En un resorte helicoidal de extensión todas las espiras del cuerpo se consideran activas. Sin embargo, Según Norton, suele sumarse una a la cantidad total de espiras para obtener la longitud total del cuerpo.	-	-
Número de espiras activas.	N_a	Es el número de espiras que sí contribuyen a la deflexión del resorte cuando este se somete a la acción de cargas. Su valor se redondea al 1/4 de espira más cercano debido a la precisión obtenida en el proceso de fabricación.	-	-

Tabla 13. Factores Geométricos Resorte de Extensión.

5.3.3 Fatiga

Variable	Símbolo	Descripción	Unidad E. S.	Unidad I. S.
Fuerza media	F_m	Es la fuerza promedio que se aplica sobre el resorte durante un ciclo completo cuando se somete a cargas dinámicas (F_{min} y F_{max}).	lb	N
Fuerza alternante	F_a	Es la mitad de la diferencia de fuerzas a las que se somete un resorte cuando se le aplican cargas dinámicas (F_{min} y F_{max}).	lb	N
Esfuerzo de torsión mínimo en espiras.	$\tau_{mín}$	Es el esfuerzo de torsión que experimentan las espiras del resorte helicoidal de extensión al ser sometidas a la carga $F_{mín}$.	psi	MPa
Esfuerzo de torsión medio en espiras.	τ_m	Es el esfuerzo de torsión <i>promedio</i> que experimentan las espiras del resorte helicoidal de extensión cuando se somete a cargas dinámicas (F_{min} y F_{max}).	psi	MPa
Esfuerzo de torsión alternante en espiras.	τ_a	Es el esfuerzo de torsión que experimentan las espiras del resorte cuyo valor varía cíclicamente durante el ciclo de cargas dinámicas.	psi	MPa
Esfuerzo de torsión mínimo en gancho	$\tau_{Bmín}$	Es el esfuerzo de torsión mínimo que experimenta el gancho.	psi	MPa
Esfuerzo de torsión máximo en gancho	$\tau_{Bmáx}$	Es el esfuerzo de torsión máximo que experimenta el gancho.	psi	MPa
Esfuerzo de torsión medio en gancho	τ_{Bm}	Es el esfuerzo de torsión promedio que experimenta el gancho cuando este se somete a cargas dinámicas (F_{min} y F_{max}).	psi	MPa
Esfuerzo de torsión alternante en gancho	τ_{Ba}	Es el esfuerzo de torsión que experimenta el gancho cuyo valor varía cíclicamente durante el ciclo de cargas dinámicas.	psi	MPa
Esfuerzo de flexión mínimo en gancho	$\sigma_{Amín}$	Es el esfuerzo de flexión mínimo que experimenta el gancho.	psi	MPa
Esfuerzo de flexión máximo en gancho	$\sigma_{Amáx}$	Es el esfuerzo de flexión máximo que experimenta el gancho.	psi	MPa
Esfuerzo de flexión medio en gancho	σ_{Am}	Es el esfuerzo de flexión promedio que experimenta el gancho cuando este se somete a cargas dinámicas (F_{min} y F_{max}).	psi	MPa
Esfuerzo de flexión alternante en gancho	σ_{Aa}	Es el esfuerzo de flexión que experimenta el gancho cuyo valor varía cíclicamente durante el ciclo de cargas dinámicas.	psi	MPa
Factor de Wahl	K_w	Es un factor que reúne el efecto del cortante directo y la concentración de esfuerzos debido a la curvatura en el resorte. Es de mucha relevancia, especialmente en resortes sometidos a cargas cíclicas.	-	-

Factor de concentración de esfuerzos en flexión de Wahl.	K_b	Es un factor de concentración de esfuerzos utilizado en el cálculo de los esfuerzos a los que se somete la parte del gancho que se encuentra a flexión.	-	-
Factor de gancho en torsión.	K_{w2}	Es un factor utilizado en el cálculo de los esfuerzos a los que se somete la parte del gancho donde se localiza el mayor esfuerzo de torsión.	-	-
Límite de resistencia a la torsión	S_{ew}'	Es el valor máximo de esfuerzo de torsión que el resorte puede soportar sin que este se fracture. Como no es habitual que se haga granallado de partículas en resortes de extensión para este proyecto se optó por usar los valores de $S_{ew}' = 45000 \text{ psi} =$	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Resistencia a la fluencia por torsión	S_{ys}	Es el valor límite de esfuerzo torsional que puede soportar el resorte sin que este se deforme plásticamente.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Resistencia a la fluencia.	S_y	Es el valor límite de tensión que puede soportar el resorte sin que este se deforme plásticamente.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Resistencia límite a la fatiga por torsión.	S_{es}	Es la resistencia límite que puede soportar el resorte sin que este falle por fatiga por torsión.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Resistencia límite a la fatiga por tensión.	S_e	Es la resistencia límite que puede soportar el resorte sin que este falle por fatiga por tensión.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Factor de seguridad contra fatiga en espiras.	N_f	Es el factor de seguridad contra fatiga en las espiras Un valor mayor que 1 significa que el diseño es aceptable.	-	-
Factor de seguridad contra fatiga por torsión en gancho.	N_{fht}	Es el factor de seguridad contra fatiga en el gancho por torsión. Un valor mayor que 1 significa que el diseño es aceptable.	-	-
Factor de seguridad contra fatiga por flexión en gancho.	N_{fhs}	Es el factor de seguridad contra fatiga en el gancho por flexión. Un valor mayor que 1 significa que el diseño es aceptable.	-	-

Tabla 14. Factores de Fatiga Resorte de Extensión.

5.4 TERMINOLOGÍA DE RESORTES DE TORSIÓN

5.4.1 Factores Mecánicos

Variable	Símbolo	Descripción	Unidad E. S.	Unidad I. S.
Momento máximo	M_{max}	Es el valor más alto de momento al que se somete el resorte en su ciclo de trabajo.	$lb.in$	$N.mm$
Momento mínimo	M_{min}	Es el valor más bajo de momento a la que se somete el resorte en su ciclo de trabajo.	$lb.in$	$N.mm$
Constante o razón del resorte	k	Es una constante que cuantifica la oposición del resorte a la deformación angular. Es la relación entre la variación momento aplicado al resorte y la deflexión angular. Un valor de k alto, provoca que el resorte con alta rigidez. Un valor de k bajo, provoca que el resorte con alta flexibilidad.	$\frac{lb.in}{\theta}$	$\frac{N.mm}{\theta}$
Resistencia última a la tensión.	S_{ut}	Es la resistencia última a la tensión del material con el que se fabrica el resorte.	psi	MPa
Resistencia última al cortante.	S_{us}	Es la resistencia última al cortante del material con el que se fabrica el resorte.	psi	MPa
Coeficiente A	A	Es un coeficiente propio de cada uno de los materiales utilizados en el desarrollo de este software. Permite el cálculo de la resistencia última a la tensión.	-	-
Exponente b	b	Es un exponente propio de cada uno de los materiales utilizados en el desarrollo de este software. Permite el cálculo de la resistencia última a la tensión.	-	-
Factor de cortante directo.	K_s	Es un factor de corrección del esfuerzo cortante. Permite contemplar en su diseño los efectos de los diferentes esfuerzos cortantes internos del resorte. A mayor valor de C menor será el factor de K_s y en consiguiente, disminuirá el esfuerzo cortante máximo al que se somete el resorte.	-	-
Esfuerzo cortante máximo	τ_{max}	Es el esfuerzo cortante que experimenta el resorte en la espira con la mayor fuerza.	psi	MPa
Módulo de cizalladura o módulo de rigidez.	G	Es el módulo de rigidez o cizalladura del material con el que se fabrica el resorte. Como la lista de materiales de este proyecto consiste en aceros se optó por valores de	psi	MPa
Módulo de Young.	E	Es el módulo de Young del material con el que se fabrica el resorte. Como la lista de materiales de este proyecto consiste en aceros se optó por valores de	psi	MPa
Factor de seguridad de	N_y	Es la relación entre la resistencia a la fluencia y el esfuerzo de flexión máximo que	-	-

fluencia
estático.

experimenta el resorte en su diámetro
interior.

Tabla 15. Factores Mecánicos Resorte de Torsión.

5.4.2 Factores Geométricos

Variable	Símbolo	Descripción	Unidad E. S.	Unidad I. S.
DIAMETROS				
Ángulo entre extremos.	α	Es la medida del ángulo entre los extremos del resorte.		
Diámetro medio de la espira.	D	Es el diámetro medio del resorte.	in	mm
Diámetro del alambre.	d	Es el espesor del material utilizado para la conformación del resorte. La forma redonda (utilizada en este software) suele ser la más utilizada para la fabricación de resortes.	in	mm
Diámetro externo de la espira.	D_o	Es el diámetro del resorte medido en su punto más ancho.	in	mm
Diámetro interno de la espira.	D_i	Es el diámetro del resorte medido en su punto más estrecho.	in	mm
	$D_{i\min}$	Es el diámetro interior mínimo de la espira del resorte con su deflexión total.	in	mm
Índice de resorte	C	Es la relación entre el diámetro medio de la espira (D) y el diámetro del alambre (d). Se sugiere que C se encuentre en el rango de 4 a 12, ya que $C < 4$ es difícil de manufacturar y $C > 12$ es propenso a enredarse o a sufrir de pandeo.	-	-
LONGITUDES				
Longitud de extremos tangentes.	L_1, L_2	Es la longitud de los extremos tangentes del resorte helicoidal de torsión.	in	mm
Longitud máxima del cuerpo.	L_{\max}	Es la longitud máxima que puede tener el resorte cuando este se ha enrollado completamente.	in	mm
DEFLEXIONES				
Deflexión angular.	θ	Es la variación del ángulo de rotación del resorte medida desde su posición libre hasta una posición final.	in	mm
ESPIRAS				
Número de espiras activas.	N_a	Es el número de espiras que sí contribuyen a la deflexión del resorte cuando este se somete a la acción de momentos. Su valor se redondea al 1/4 de espira más cercano debido a la precisión obtenida en el proceso de fabricación.	-	-
Número de espiras en el cuerpo.	N_b	Es el número de espiras totales en el cuerpo del resorte.	-	-

Número equivalente de espiras.	N_e	Es un número que cuantifica la contribución que tienen los extremos rectos de un resorte helicoidal a torsión sobre el número total de espiras activas de este mismo. Su valor depende de las longitudes de los extremos tangentes del resorte y del diámetro medio de la espira.	-	-
--------------------------------	-------	---	---	---

Tabla 16. Factores Geométricos Resorte de Torsión.

5.4.3 Fatiga

<i>Variable</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidad E. S.</i>	<i>Unidad I. S.</i>
Momento medio	M_m	Es el momento promedio que se aplica sobre el resorte durante un ciclo completo los momentos mínimos y máximo.	<i>lb.in</i>	<i>N.mm</i>
Momento alternante	M_a	Es la mitad de la diferencia de momentos a los que se somete el resorte cuando se le aplican los momentos $M_{mín}$ y $M_{máx}$.	<i>lb.in</i>	<i>N.mm</i>
Esfuerzo de flexión máximo en el diámetro interior.	$\sigma_{i_{máx}}$	Es el esfuerzo de flexión máximo que experimenta el resorte con alambre redondo en su diámetro interior cuando es sometido a la acción de $M_{máx}$.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Esfuerzo de flexión máximo en el diámetro exterior.	$\sigma_{o_{máx}}$	Es el esfuerzo de flexión máximo que experimenta el resorte con alambre redondo en su diámetro exterior cuando es sometido a la acción de $M_{máx}$.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Esfuerzo de flexión mínimo	$\sigma_{o_{mín}}$	Es el esfuerzo de flexión mínimo que experimenta el resorte con alambre redondo en su diámetro exterior cuando es sometido a la acción de $M_{mín}$.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Esfuerzo de flexión medio.	σ_{o_m}	Es el esfuerzo de flexión promedio que experimenta el resorte con alambre redondo en su diámetro exterior cuando es sometido a la acción de $M_{mín}$ y $M_{máx}$.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Esfuerzo de flexión alternante.	σ_{o_a}	Es el esfuerzo de flexión que experimenta el resorte, con alambre redondo, cuyo valor varía cíclicamente durante el ciclo de momentos al que se le somete.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Factor de concentración de esfuerzos en flexión de Wahl en el interior del alambre.	K_{b_i}	Mide la concentración de esfuerzos de flexión en la parte interior de un alambre enrollado.	-	-
Factor de concentración de esfuerzos en flexión de Wahl en el exterior del alambre.	K_{b_o}	Mide la concentración de esfuerzos de flexión en la parte exterior de un alambre enrollado.	-	-
Límite de resistencia a la fatiga por flexión.	S_{ewb}'	Es el valor máximo de esfuerzo de flexión que el resorte puede soportar sin que este se fracture. Para el desarrollo de este	<i>psi</i>	<i>MPa</i>

		software se tomaron valores definidos para resortes con tratamientos de granallado y sin granallar.		
Resistencia a la fluencia.	S_y	Es el valor límite de esfuerzo torsional que puede soportar el resorte sin que este se deforme plásticamente.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Resistencia límite a la fatiga por tensión.	S_e	Es la resistencia límite que puede soportar el resorte sin que este falle por fatiga por tensión.	<i>psi</i>	<i>MPa</i>
Factor de seguridad contra fatiga	N_{fb}	Es el factor de seguridad contra fatiga del resorte. Un valor mayor que 1 significa que el diseño es aceptable.	-	-

Tabla 17. Factores de Fatiga Resorte de Torsión.