

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE EN  
EL ÁREA DE RESORTES PARA LA ASIGNATURA DE DISEÑO GRÁFICO**

**CÉSAR AUGUSTO DÍAZ DE LA HOZ**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2015**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE EN  
EL ÁREA DE RESORTES PARA LA ASIGNATURA DE DISEÑO GRÁFICO**

**CÉSAR AUGUSTO DÍAZ DE LA HOZ**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico.**

**Director**

**RICARDO ALFONSO JAIMES ROLÓN**

**Ingeniero Mecánico MSc**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2015**

## **DEDICATORIA**

A mi madre por brindarme su apoyo y confianza incondicional durante esta larga etapa académica llena de altibajos, por brindarme la vida y el amor con el que siempre he vivido.

A mi padre por ser un motivo de orgullo y siempre inspirarme y motivarme a cumplir las metas planteadas.

A mi hermana Eliana Cristina por su apoyo y deseos de que su querido hermano siga adelante y triunfe en la vida

A todos los familiares que nunca perdieron la esperanza en mí y siempre me dieron ánimos y fortaleza para seguir adelante frente a todas las adversidades que se han presentado durante esta etapa.

**CÉSAR AUGUSTO DÍAZ DE LA HOZ**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al profesor Ricardo Jaimes, Ingeniero Mecánico, director del proyecto y gran guía y compañero durante toda la etapa universitaria.

A todos los amigos y compañeros que de cualquier forma hicieron parte de la vida universitaria.

A mis padres y demás familiares que hicieron posible mi educación universitaria.

A Dios.

**CÉSAR AUGUSTO DÍAZ DE LA HOZ**

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>1 PRELIMINARES.....</b>	<b>17</b>
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA. ....	17
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA. ....	17
1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.....	18
1.3.1 Objetivo General. ....	18
1.3.2 Objetivos Específicos.....	18
<b>2 MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>22</b>
2.1 INTRODUCCIÓN. ....	22
2.2 DEFINICIONES IMPORTANTES.....	24
2.3 APLICACIONES GENERALES.....	25
2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS RESORTES.....	28
2.4.1 Según la forma del resorte:.....	29
2.4.2 Según la forma de la sección transversal del hilo: ....	30
2.4.3 Según el tipo de carga que soportan: ....	31
2.5 MATERIALES Y ALGUNOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA FABRICACIÓN DE RESORTES.....	32
2.6 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DETALLADO DE RESORTES A COMPRESIÓN.....	36
2.6.1 Características geométricas y Nomenclatura de Resortes helicoidales de compresión de alambre redondo.....	36
2.6.2 Diámetro del alambre $d$ .....	37
2.6.3 Diámetro externo $D_o$ .....	37
2.6.4 Diámetro interno $D_i$ .....	37
2.6.5 Diámetro medio $D_e$ .....	38
2.6.6 Paso entre espiras $p$ .....	38
2.6.7 Ángulo de avance $l$ .....	38
2.6.8 Longitud libre $L$ .....	39

2.6.9	Longitud de cierre $L_c$ .....	39
2.6.10	Deformación sólida $\delta_s$ .....	39
2.6.11	Diámetro incrementado $DE^*$ .....	39
2.6.12	Número de espiras totales $N_t$ .....	40
2.6.13	Número de espiras activas $N_a$ .....	40
2.6.14	Índice del Resorte $C$ .....	40
2.6.15	Constante del Resorte $k$ .....	41
2.7	Cálculo de Resortes Helicoidales a Compresión. ....	42
2.7.1	Esfuerzos presentes en resortes helicoidales a compresión. ....	42
2.7.2	Efecto de la curvatura .....	45
2.8	RESORTES DE COMPRESIÓN CON PASO VARIABLE.....	47
2.9	DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESORTES A TRACCIÓN. ....	48
2.9.1	Características Geométricas y Nomenclatura de Resortes helicoidales de Tracción .....	48
2.9.2	Número de espiras activas ( $N_a$ ) en resortes de tracción .....	50
2.9.3	Longitud libre $l$ .....	51
2.9.4	Constante $k$ de los resortes de tracción .....	51
2.9.5	Precarga en los resortes de tracción.....	51
2.10	RESORTES DE TORSIÓN. ....	53
2.10.1	Número de espiras activas $N_a$ .....	56
2.11	MÉTODOS DE REPRESENTACIÓN DE RESORTES. ....	57
2.11.1	Método Detallado. ....	57
2.11.2	Método De Representación Esquemática.....	58
2.11.3	Representación Simbólica General.....	58
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS.....</b>	<b>60</b>
3.1	ETAPA 1. DOCUMENTACIÓN. ....	61
3.2	ETAPA 2. RECONOCIMIENTO. ....	62
3.2.1	Reconocimiento del Panel: .....	62
3.2.2	Reconocimiento de los elementos mecánicos y de los instrumentos de medición:.....	62

3.3	ETAPA 3. LECTURA DE DATOS. ....	63
3.4	ETAPA 4. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES. ....	64
<b>4</b>	<b>PRUEBA PILOTO DE LA EXPERIENCIA PROPUESTA EN EL TEMA DE RESORTES PARA LA ASIGNATURA DE DISEÑO GRÁFICO.....</b>	<b>65</b>
4.1	OBJETIVOS DE LA PRUEBA. ....	65
4.2	ESTUDIANTES SELECCIONADOS. ....	65
4.3	DESARROLLO DE LA PRÁCTICA. ....	65
4.3.1	DOCUMENTACIÓN. ....	67
4.3.2	RECONOCIMIENTO. ....	68
4.3.3	LECTURA DE DATOS. ....	69
4.3.4	DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES. ....	71
4.3.5	Verificación del tiempo máximo establecido para el desarrollo de la práctica.....	72
<b>5</b>	<b>HERRAMIENTA DE DISEÑO INTEGRAL.....</b>	<b>75</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES. ....</b>	<b>83</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>84</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>85</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aplicación de los resortes a Tensión. ....	23
Figura 2. Naturaleza de los resortes. ....	24
Figura 3. Sistema de amortiguación en una motocicleta. ....	25
Figura 4. Freno de tambor. ....	26
Figura 5. Funcionamiento de un Cilindro Hidráulico. ....	27
Figura 6. Diferentes tipos de resortes de uso industrial. ....	28
Figura 7. Clasificación de los resortes según su forma. ....	29
Figura 8. Clasificación de los resortes según la geometría del hilo. ....	30
Figura 9. Geometrías más utilizadas en el hilo para la fabricación de resortes. ....	30
Figura 10. Clasificación de los resortes según la carga que soportan. ....	31
Figura 11. Resortes de compresión, tracción y Torsión. ....	31
Figura 12. Principales parámetros de un resorte. ....	36
Figura 13. Resorte con la fuerza de trabajo aplicada (a) y resorte comprimido a longitud sólida o de cierre debido a la aplicación de la fuerza máxima de compresión (b). ....	37
Figura 14. Ángulo de avance o de espira en un resorte. ....	38
Figura 15. Relación entre el número de espiras y extremos del resorte. ....	40
Figura 16. Definición de la constante $k$ del resorte. ....	41
Figura 17. Fuerza axial $F$ actuando en el resorte (a) y reacciones en el corte mostrado (b). ....	42
Figura 18. Diagrama de cuerpo libre. ....	43
Figura 19. Distribución de esfuerzos en una sección del resorte. ....	43
Figura 20. Efecto de la curvatura en la resultante de los esfuerzos (a), plano real de la sección (b). ....	45
Figura 21. Resortes de compresión de paso variable. ....	47
Figura 22. Parámetros fundamentales del resorte de tracción. ....	48
Figura 23. Extremos más usados en resortes de Tracción. ....	49
Figura 24. Representación de algunos terminales para resortes de tracción. ....	50
Figura 25. Longitud libre $l$ y constante $k$ de resortes a extensión. ....	51
Figura 26. Precarga en los resortes a Tracción. ....	52
Figura 27. Esquema de un resorte de torsión. ....	53
Figura 28. Resortes de torsión con espacio entre espiras. ....	54
Figura 29. Variedad de resortes de torsión. ....	54
Figura 30. Terminales o extremos de resortes a Torsión. ....	55
Figura 31. Métodos de representación de resortes. ....	57
Figura 32. Representación simbólica general. ....	58

Figura 33. Representación simbólica en función de la carga soportada. ....	59
Figura 34. Metodología a implementar para realizar la práctica. ....	60
Figura 35. Manuales relacionados con la experiencia. ....	61
Figura 36. Plano del Banco de prácticas. ....	63
Figura 37. Instrumentos de medición.....	63
Figura 38. Primera página de la plantilla de informes. ....	64
Figura 39. Metodología utilizada en la experiencia de resortes. ....	66
Figura 40. Exámen propuesto en el tema. ....	67
Figura 41. Reconocimiento del material.....	68
Figura 42. Estudiante midiendo parámetros importantes.....	69
Figura 43. Estudiante utilizando de manera correcta el instrumento. ....	70
Figura 44. Estudiantes desarrollando las actividades propuestas. ....	71
Figura 45. Los cuatro estudiantes en actividad.....	72
Figura 46. Plano de taller elaborado por un estudiante. ....	74
Figura 47. Resortes para suspensión de camioneta de carga.....	76
Figura 48. Ejemplo de cálculo para un resorte de suspensión. ....	77
Figura 49. Segunda parte del ejercicio desarrollado.....	78
Figura 50. Resultados del cálculo elaborado.....	79
Figura 51. Diseño Gráfico del resultado obtenido.....	79
Figura 52. Válvula de escape.....	80
Figura 53. Segundo ejercicio propuesto para desarrollo en EES.....	81
Figura 55. Diseño gráfico del resorte para válvulas.....	82
Figura 54. Resultados obtenidos para el segundo ejercicio.....	82

## GLOSARIO

**CAD:** Es una herramienta computacional que ayuda al diseño de elementos y conjuntos mecánicos. Estas son las iniciales del inglés que significa Diseño Asistido por Computador.

**CONJUNTO MECANICO:** Grupo de elementos mecánicos con cierto orden y disposición para cumplir una función específica.

**DISEÑO GRAFICO:** Conjunto de expresiones escritas mediante bocetos, bosquejos o planos mediante las cuales un sujeto comunica y expresa unas ideas o necesidades de un producto.

**ELASTICIDAD:** Capacidad de un material que le permite regresar a su tamaño y formas originales, al suprimir la carga a la que estaba sometido.

**ESFUERZO DE TENSIÓN:** Es aquel que tiende a estirar el miembro y romper el material. Las fuerzas que actúan sobre el mismo tienen la misma magnitud y sentidos opuestos hacia afuera del material.

**FATIGA:** Se refiere a un fenómeno por el cual la rotura de los materiales se da más fácilmente por cargas dinámicas cíclicas que con cargas estáticas.

**FUERZA DE COMPRESIÓN:** Es la fuerza aplicada a un material que intenta comprimirlo o acortarlo a lo largo de su línea de acción.

**FUERZA DE TRACCIÓN:** Es la fuerza aplicada que intenta estirar un material a lo largo de su línea de acción.

**RESILIENCIA:** Capacidad de un material para absorber energía en la zona elástica.

**RESORTE:** Según UNE-EN ISO 2162-3:1993 *Documentación Técnica de Productos. Resortes. Parte 3: Vocabulario*, se define resorte como un dispositivo mecánico destinado a almacenar energía cuando está deformado y a restituir una cantidad de energía equivalente cuando se relaja.

## RESUMEN

### TÍTULO:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE EN EL ÁREA DE RESORTES PARA LA ASIGNATURA DISEÑO GRÁFICO.<sup>1</sup>**

### AUTOR:

César Augusto Díaz De La Hoz.<sup>2</sup>

### PALABRAS CLAVES:

Diseño gráfico, representación gráfica, resortes, esfuerzos.

### DESCRIPCIÓN:

Este Trabajo de Grado es uno de los módulos fundamentales que hacen parte del Laboratorio de Diseño Gráfico que, como herramienta pedagógica, tiene como objetivo complementar los conocimientos técnicos y conceptuales referentes a elementos de máquinas de relevancia en la ingeniería como son los resortes, a su vez, mejorar y profundizar el aprendizaje que se recibe en la asignatura mencionada de la Escuela de Ingeniería Mecánica adscrita a la Universidad Industrial de Santander.

Con la elaboración de esta herramienta didáctica y junto con el acompañamiento de los recursos físicos dispuestos para el desarrollo de una práctica propuesta en el tema de resortes, se pretende que los aprendices de la asignatura logren un alto grado de familiaridad e interés por este tema y demás elementos mecánicos con los que tendrá contacto a lo largo de su vida académica y profesional.

Los elementos que conforman la herramienta de aprendizaje están constituidos así: manual de prácticas de laboratorio, manuales conceptuales, representaciones gráficas estandarizadas de resortes, plantillas de informes, página web en la cual se encuentran los videos-tutoriales y toda la información que el estudiante podría necesitar para la correcta comprensión y ejecución de la práctica propuesta y por último, el banco de prácticas. Todo este material conforma una gran herramienta de aprendizaje diseñada para fortalecer y facilitar el conocimiento de los estudiantes de Ingeniería Mecánica, especialmente los que se encuentran cursando las asignaturas Diseño Gráfico o Diseño de Máquinas II, logrando con esto contribuir a la formación de estudiantes con alta calidad técnica y profesional.

---

<sup>1</sup> Proyecto de Grado

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Ricardo Jaimes Rolón.

## SUMMARY

### TITLE:

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF A LEARNING TOOL IN THE AREA OF SPRINGS FOR GRAPHIC DESIGN SUBJECT<sup>3</sup>**

### AUTHOR:

César Augusto Díaz De La Hoz.<sup>4</sup>

### KEYWORDS:

Graphic design, springs, stretch, strain, graphic representation.

### DESCRIPTION:

This work is one of the key modules that are part of the Laboratory of Graphic Design, that as a pedagogical tool aims to complement the technical and conceptual knowledge regarding relevant machine elements in engineering as springs, also enhance and deepen the learning that is received on the subject mentioned in the School of Mechanical Engineering attached to the Industrial University of Santander.

With the development of this educational tool and along with accompanying physical resources willing to develop a practical proposal on the issue of springs, it is intended that the subject learners achieve a high degree of familiarity and interest in this issue and other mechanical elements that have contact throughout their academic and professional life.

The elements of the learning tool are constituted as follows: manual laboratory practice, conceptual manuals, graphics standardized springs, report templates, web page on which are the video tutorials and all information that the student may need for proper understanding and implementation of the proposed practice and finally the bank practices. This material forms a great learning tool designed to strengthen and facilitate the knowledge of students of Mechanical Engineering, especially those who are studying subjects Graphic Design and Machine Design II, achieving this contribute to the training of students with high technical and professional quality.

---

<sup>3</sup> Degree Work

<sup>4</sup> Physical-Mechanical Engineering Faculty, Mechanical Engineering School, Eng. Ricardo Jaimes Rolón.

## INTRODUCCIÓN

El aprendizaje del diseño gráfico, va de la mano de prácticas de laboratorio como parte esencial del proceso de formación de ingenieros y profesionales, cuyo desempeño está encaminado a la investigación y aplicación del conocimiento técnico. Es en este ámbito donde los conocimientos teóricos y la experiencia se concentran para dar paso a un completo proceso de aprendizaje. Los resortes representan uno de los métodos más empleados que existen en el mundo en cuanto a la absorción de vibraciones se refiere, razón por la cual, se hace indispensable un conocimiento detallado de sus tipos, procesos de fabricación y representación gráfica.

Este trabajo de grado titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE EN EL ÁREA DE RESORTES PARA LA ASIGNATURA DE DISEÑO GRÁFICO”**, pretende dar a conocer las diferentes normas que se utilizan en la construcción de estos elementos, clasificación, forma y representación gráfica de estos en los diferentes tipos de planos, brindando de esta manera una herramienta que el estudiante de Ingeniería Mecánica utilizará tanto en su ciclo de pregrado como en su desempeño laboral.

El capítulo primero, presenta los aspectos generales que anteceden este trabajo de grado, la identificación del problema, su justificación y los objetivos generales y específicos.

El segundo capítulo contiene un marco conceptual, dando bases significativas para realizar una apropiada definición y clasificación de los resortes. Además la representación gráfica de los mismos por medio de normas técnicas nacionales e internacionales necesarias para el desarrollo de la práctica, su acotación y ejemplos de dibujos de taller.

El capítulo tres define la nueva metodología propuesta para el desarrollo de las prácticas de laboratorio en el tema de resortes y los recursos tanto físicos como conceptuales que son fundamentales en el desarrollo de la misma,.

El capítulo cuatro describe los resultados y observaciones obtenidos durante la prueba piloto de la práctica, con el propósito de comprobar objetivos y alcances del proyecto, así mismo correcciones que complementarían el resultado final.

El capítulo cinco define los complementos del material académico suministrado y herramientas digitales adicionales elaboradas durante el proyecto. Como parte de ello se define la herramienta para el cálculo de resortes elaborada con el programa EES.

Como anexos se incluyen los productos elaborados durante el proyecto los cuales son: dos manuales conceptuales en donde se desarrolla la fundamentación teórica y tecnológica indispensable para la comprensión del tema de los resortes.

Además la plantilla de práctica en donde se presentan las actividades que el estudiante deberá desarrollar en el laboratorio y fuera de él, para la completa y correcta comprensión de los resortes. También se expone el material logrado para el diseño calculista de los resortes, basándose en el programa utilizado por la Escuela de Ingeniería Mecánica llamado EES.

El contenido del material se podrá encontrar en la página web.

## 1 PRELIMINARES.

### 1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Los elementos de máquinas constituyen la parte fundamental e indispensable de cada una de ellas, es por eso que tener el conocimiento apropiado de estos nos da la facilidad de entender su funcionamiento y operación., así como la posibilidad de saber cómo proceder en el caso en que se presente alguna falla.

El dibujo de ingeniería o Dibujo Técnico se convierte en el mecanismo más apropiado para conocer y familiarizarse con la forma geométrica y a la vez con los parámetros relevantes de los elementos de maquinaria. De esta forma, es indispensable que los estudiantes de Ingeniería Mecánica empiecen por conocer esta herramienta de representación e identificación y que se genere hacia ellos el interés de lo conceptual y lo práctico de una manera didáctica y atractiva.

Siguiendo este lineamiento, y teniendo en cuenta los diferentes elementos de máquinas más representativos, encontramos la necesidad de Diseñar y construir una herramienta de aprendizaje conformada por material académico y físico en el área de resortes para que los estudiantes se familiaricen tangible y conceptualmente, reconociendo características geométricas, parámetros dimensionales, métodos de fabricación y **criterios de diseño** de estos elementos de máquinas.

### 1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA.

Al ser miembro del alma mater, es mi deber colaborar en el cumplimiento de su misión, y por tanto, con la colaboración de mi director de proyecto, el Ing. Ricardo Alfonso Jaimes, hemos emprendido la realización de este trabajo, que hará parte fundamental de las prácticas de laboratorio de la asignatura de Diseño Gráfico, dónde se logrará que los estudiantes, por primera vez, tengan el contacto físico y conceptual con elementos de máquinas vitales como el resorte.

Siendo los elementos mecánicos los eslabones fundamentales de la maquinaria, es indispensable que el estudiante y futuro Ingeniero Mecánico, en aras de aplicación efectiva de sus competencias, cuente con el conocimiento apropiado sobre cada uno de estos.

En pro de ello, la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander ha establecido en su Plan de Estudios la asignatura de Diseño Gráfico, la cual con un enfoque descriptivo y objetivo se encarga de hacer que el aprendiz tenga el primer contacto con los elementos de máquinas, y los pueda identificar y representar de una forma correcta. Así como también que el estudiante conozca los parámetros conceptuales y gráficos más relevantes de cada uno de éstos.

Además con la construcción de la experiencia práctica, se logrará de forma didáctica que el estudiante identifique los resortes en una amplia gama, sus formas de representación gráfica y esquemática, y que tenga conocimiento de su construcción y aplicación en la industria mecánica, además de los criterios de diseño más empleados para su concepción.

### **1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.**

#### **1.3.1 Objetivo General.**

Contribuir con la misión universitaria de la Universidad Industrial de Santander la cual consiste en formar profesionales íntegros y de alta calidad científica y técnica, aportando en el proceso académico de los estudiantes de Ingeniería Mecánica, con la elaboración de una herramienta que les permita familiarizarse y conocer ampliamente elementos de máquinas comúnmente usados como lo son los resortes.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

1.3.2.1 Diseñar y construir una herramienta de aprendizaje conformada por material académico y físico en el área de resortes para que los estudiantes se familiaricen tangible y conceptualmente, reconociendo características geométricas, parámetros dimensionales, métodos de fabricación y *criterios de diseño* de estos elementos de máquinas, entre ellas:

- Tipo del resorte, diversas clasificaciones y aplicaciones.
- Clasificación según la forma del resorte: helicoidal, en espiral o laminar.
- Clasificación por la forma de la sección transversal del hilo: circular, cuadrada o rectangular.

- Clasificación según el tipo de carga que soportan: compresión, tracción, torsión o flexión.
- Ley de Hook para resortes.
- Constate ***k*** del resorte.
- Índice ***C*** del resorte.
- Número de espiras activas ***N<sub>a</sub>*** del resorte.
- Número de espiras totales ***N<sub>t</sub>*** del resorte.
- Longitud libre ***h<sub>f</sub>*** del resorte.
- Altura sólida ***h<sub>s</sub>*** del resorte.
- Dimensión sólida ***δ<sub>s</sub>*** del resorte.
- Paso ***p*** del resorte.
- Ángulo de avance ***λ*** del resorte.
- Diámetro incrementado ***DE\**** del resorte.
- Esfuerzos presentes en resortes.
- Esfuerzos de cálculo para resortes.
- Criterios de diseño de resortes.
- Materiales utilizados en la manufactura de resortes.

**1.3.2.2** Realizar un manual con información basada en normas nacionales e internacionales (NTC, ISO, IEC, DIN), que servirá de guía para el correcto desarrollo metodológico de una práctica propuesta en el área de resortes, el cual llevará el siguiente orden:

- Introducción.
- Objetivos.
- Marco Teórico.
- Bibliografía.
- Anexos.

1.3.2.3 Proponer la realización de una práctica, para una posterior socialización, basada en el elemento de máquina en cuestión, donde los estudiantes tendrán contacto físico y conceptual con el elemento, conocerán los diversos tipos de este, así como sus parámetros geométricos, diversas formas de representación y algunas rutinas de diseño de cada uno de ellos, aplicando la siguiente rutina:

- Ubicación y reconocimiento del banco respectivo y los elementos necesarios para la práctica.
- Identificación de cada uno de los resortes presentados en el muestrario.
- Toma de medidas y variables necesarias para establecer el tipo de resorte, sus parámetros fundamentales, clasificación y denominación según norma y aplicaciones relevantes del elemento.
- Consignación de los datos en la plantilla del informe.
- Realización de planos según norma con la herramienta CAD de uno de los resortes estudiados.

1.3.2.4 Desarrollar una guía de laboratorio para la práctica a realizar en el Laboratorio de Diseño Gráfico la cual estará estructurada de la siguiente manera:

- Objetivos.
- Materiales y equipos.
- Introducción teórica.
- Procedimiento.
- Bibliografía.
- Plantilla de informes.

1.3.2.5 Elaboración de planos bajo las respectivas normas nacionales (ICONTEC) de Dibujos de Montaje, Fabricación o Taller, que se constituyen en la forma de comunicación en el espacio técnico-ingenieril.

- 1.3.2.6 Construcción de un banco en el que se desarrollará la práctica propuesta, de igual manera, obtener los elementos a utilizar en dicha experiencia.
  
- 1.3.2.7 Desarrollar un formato virtual que incluya la información conceptual y procedimental sobre el tema de resortes, la cual facilitará la disponibilidad a los aprendices.
  
- 1.3.2.8 Realizar una práctica piloto con estudiantes actuales de la asignatura con el propósito de verificar la eficacia pedagógica y procedimental de la mencionada experiencia.

## **2 MARCO CONCEPTUAL.**

### **2.1 INTRODUCCIÓN.**

Abordando el proceso de aprendizaje en el ámbito de los resortes, empezamos por presentar un condensado marco conceptual en el que se describe, de manera general, la importancia, definición, aplicaciones y principales parámetros y características de fabricación que intervienen en los resortes industriales. Con el mismo grado de relevancia se aluden las diferentes formas de representación y recomendaciones normativas que se deben tener en cuenta para designar correctamente estos elementos de máquinas en cualquier plano de taller.

En el diseño de la mayoría de los elementos mecánicos es deseable que la deformación inducida por el estado de cargas actuante sea lo más baja posible, sin embargo, los resortes mecánicos cumplen en las máquinas la misión de elementos flexibles, pudiendo sufrir grandes deformaciones por efecto de cargas externas sin llegar a transformarse en permanentes es decir, pueden trabajar con un alto grado de resiliencia (capacidad de un material para absorber energía en la zona elástica).

Todos los elementos mecánicos poseen un comportamiento elástico debido a los materiales utilizados en su fabricación, en el caso de los resortes, estos se diseñan para entregar una fuerza, para empujar, tirar, torcer o almacenar energía. Es indudable la importancia que tienen los resortes en la solución de problemas y necesidades que a diario se presentan en la vida cotidiana, es por esto que se convierten en parte fundamental de estudio para la ingeniería.

Los resortes se usan para pesar objetos en las básculas, para almacenar energía mecánica, como en los relojes de cuerda; también se emplean para absorber impactos y reducir vibraciones, como los empleados en las suspensiones de un automóvil. La forma concreta de un resorte depende de su uso, de hecho las condiciones de servicio de los resortes son muchas veces extremadamente severas, ya sea por las cargas y tipos de esfuerzos que soportaran, o también sea debido a las temperaturas, medios corrosivos, o vibraciones a que pueden estar sujetos.

**Figura 1. Aplicación de los resortes a Tensión.**



**Fuente:** Diseño Mecánico, Universidad Carlos III de Madrid.

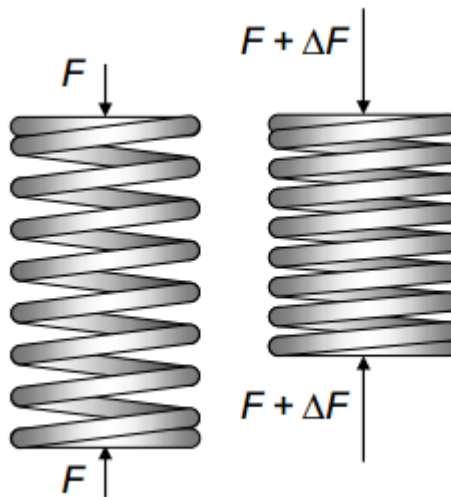
En la **Figura 1** podemos observar un tipo de resortes bastante empleado, el *resorte de láminas o ballestas*, este lo encontramos frecuentemente en aplicaciones automotrices, más específicamente en la suspensión de un vehículo como elemento almacenador de cargas y vibraciones que puedan estar presentes a lo largo de su recorrido.

Teniendo en cuenta el ejemplo de aplicación anterior, también nos encontraremos con importantes utilidades que pueden ir desde pequeños equipos médicos hasta resortes de frenos para maquinaria pesada y artefactos espaciales.

## 2.2 DEFINICIONES IMPORTANTES.

- Los resortes son elementos elásticos, componentes mecánicos que se caracterizan por presentar deformaciones considerables bajo la acción de una fuerza exterior, volviendo a recuperar su forma inicial cuando cesa la acción de la misma, es decir, presentan una gran elasticidad.
- Según UNE-EN ISO 2162-3:1993 *Documentación Técnica de Productos. Resortes. Parte 3: Vocabulario*, se define resorte como un dispositivo mecánico destinado a almacenar energía cuando está deformado y a restituir una cantidad de energía equivalente cuando se relaja.

Figura 2. Naturaleza de los resortes.



**Fuente:** Diseño I, Libardo Vanegas.

En **Figura 2** podemos observar la naturaleza de un resorte, la cual es permanecer en su forma original ante la ausencia de carga y deformarse en la presencia de la misma.

### 2.3 APLICACIONES GENERALES.

Las aplicaciones de los resortes son muy variadas entre las más importantes pueden mencionarse las siguientes:

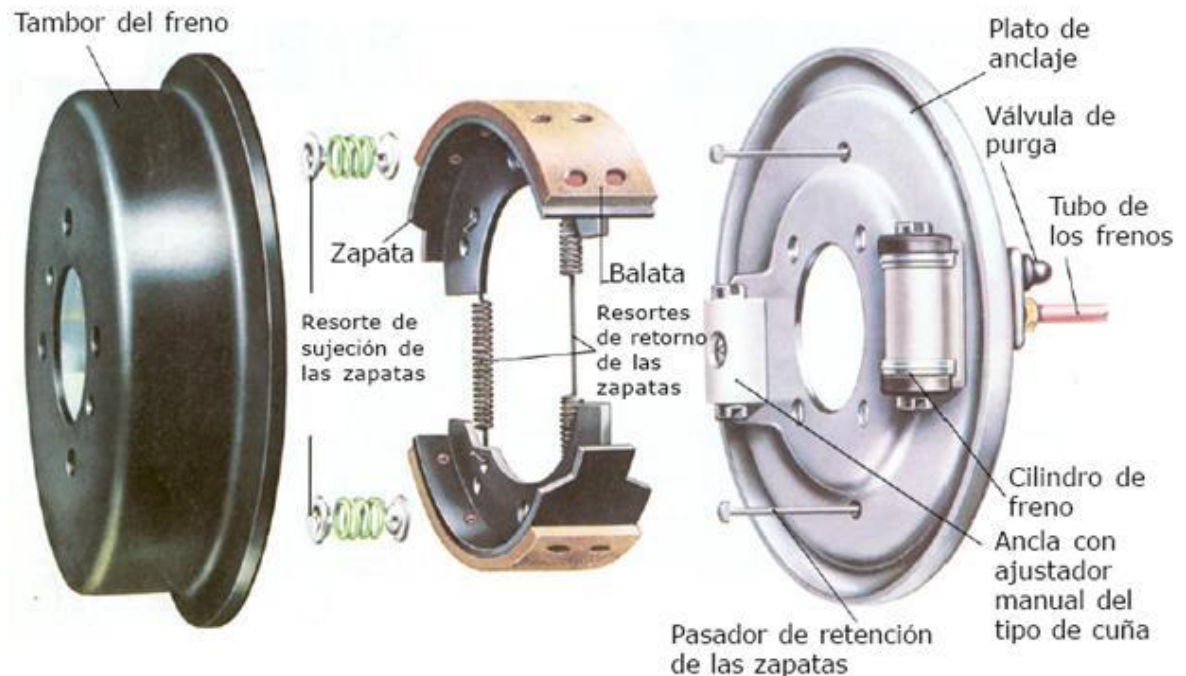
- Como elementos capaces de almacenar energía o cargas de choque, como por ejemplo en chasis de vehículos y topes de ferrocarril.
- Como dispositivos de fuerza para mantener el contacto entre elementos, tal como aparece en los mecanismos de leva y en algunos tipos de embragues.
- En sistemas de suspensión y/o amortiguación, percibiendo la energía instantánea de una acción externa y devolviéndola en forma de energía de oscilaciones elásticas.
- Como elemento motriz o fuente de energía, como en mecanismos de reloj y juguetes, dispositivos de armas deportivas, etc.
- Como elementos capaces de aislar vibraciones.

En la **Figura 3** podemos observar la apariencia y aplicación en un sistema de aislamiento de vibraciones (sistema de amortiguación) de un resorte de compresión de paso variable, estando en su forma natural es decir, sin carga aplicada.

**Figura 3. Sistema de amortiguación en una motocicleta.**



**Figura 4. Freno de tambor.**



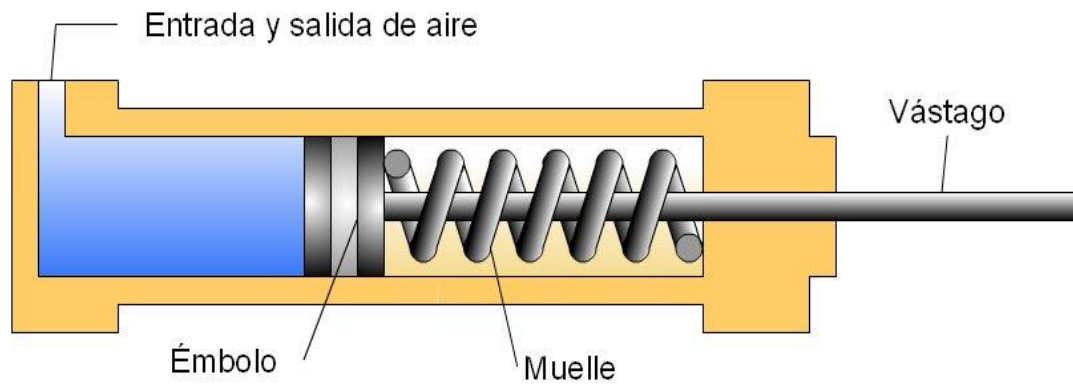
**Fuente:**<http://www.monografias.com/trabajos95/sistema-suspension-direccion-y-frenos/sistema-suspension-direccion-y-frenos2.shtml>

En la **Figura 4** podemos observar una aplicación bastante útil para los resortes, la cual se presenta en el sistema de frenado de un vehículo, en este caso, un freno de Tambor, más utilizado en la parte trasera de los automotores.

Los frenos de tambor consisten de un Tambor metálico sujeto a la rueda, un Cilindro de Rueda, Balatas o bandas y **resortes de regreso**. La presión hidráulica desde el Cilindro Maestro causa que el Cilindro de rueda presione las bandas contra las paredes interiores del tambor, produciendo un descenso de la velocidad o que el vehículo se detenga. En este caso, los resortes se encargan de hacer que las zapatas retornen a su posición natural y así eliminar el efecto del frenado.

En la Potencia Fluida se utilizan mucho los resortes como elementos para ejercer carga, y en la mayoría de los casos para contrarrestar fuerzas neumáticas o hidráulicas. Es el caso que se presenta en una Válvula de flujo o en un Cilindro de simple acción, en el que el resorte (muelle) se encarga de reposicionar el vástago en su ubicación natural cuando la fuerza del fluido ha terminado.

**Figura 5. Funcionamiento de un Cilindro Hidráulico.**



**Fuente:** [http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web\\_neumatica/neumatica\\_indice.html](http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_neumatica/neumatica_indice.html)

En la **Figura 5** observamos el sistema de funcionamiento de un Cilindro de simple efecto, en el cual la salida del vástago depende de la fuerza ejercida por un fluido y el retroceso del mismo sucede cuando la fuerza que es capaz de ejercer el muelle se hace mayor a la producida por el fluido de trabajo.

## 2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS RESORTES.

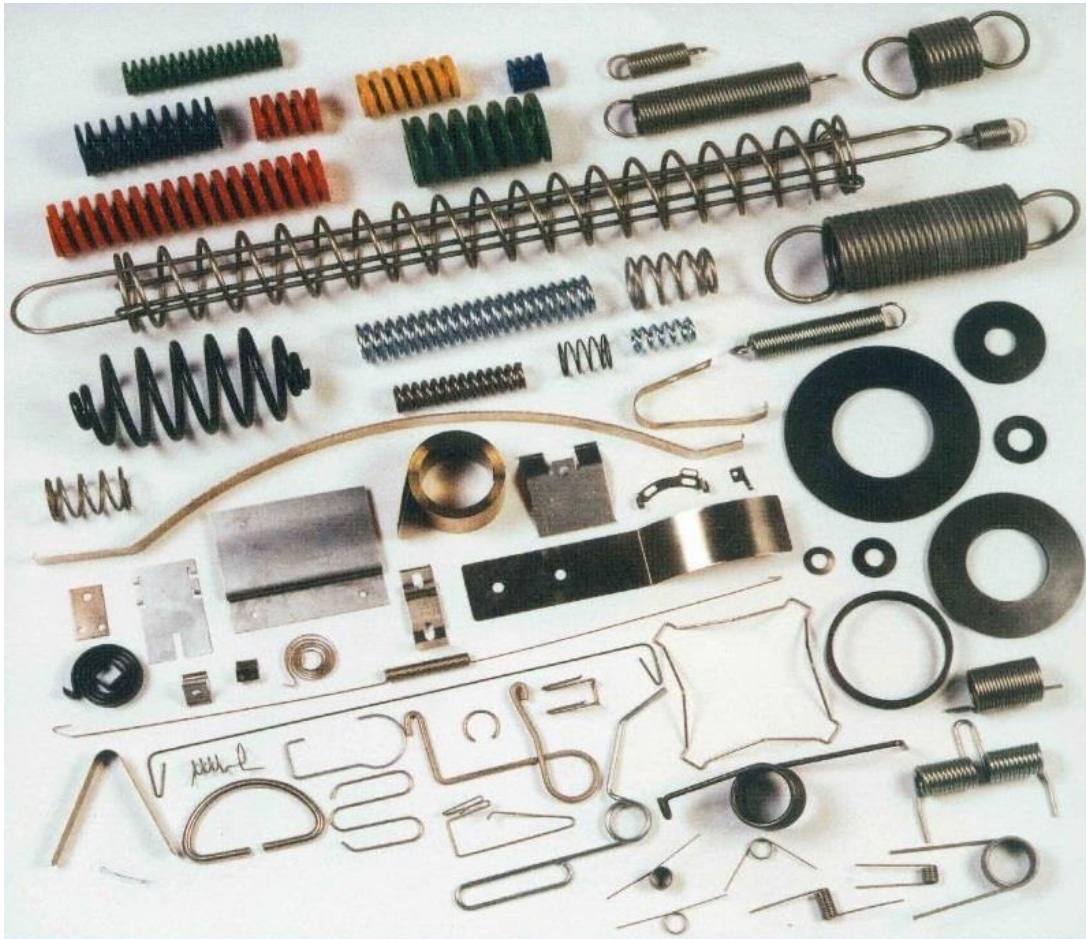
Existen diferentes tipos de resortes, cada uno de ellos con sus aplicaciones determinadas.

La clasificación puede realizarse desde diferentes puntos de vista:

- Según la forma del resorte.
- Según la forma de la sección transversal del hilo.
- Según el tipo de carga que soportan.

El principal criterio de diseño del resorte es la función que cumple dentro de un mecanismo.

**Figura 6. Diferentes tipos de resortes de uso industrial.**



**Fuente:** <http://spanish.alibaba.com/product-free/all-types-of-springs-107510247.html>

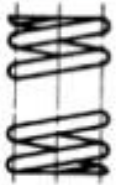



En la **Figura 6** observamos una amplia gama de resortes en la que contamos con diversas formas y a la que podríamos asignar innumerables aplicaciones.

A continuación presentamos una descripción detallada de la clasificación de los resortes según los enfoques antes mencionados.

#### 2.4.1 Según la forma del resorte:

Existen diferentes tipos de resortes según su forma, estos son: helicoidal cilíndrico, helicoidal cónico, en espiral y laminar.

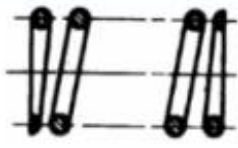
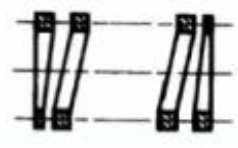
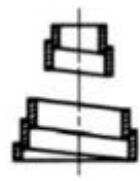
**Figura 7. Clasificación de los resortes según su forma.**

Forma del resorte	Ilustración
Helicoidal cilíndrico	
Helicoidal cónico	
En espiral	
Laminar	

## 2.4.2 Según la forma de la sección transversal del hilo:

Existen diferentes tipos de resortes según la forma de la sección transversal del hilo los cuales son: circular, cuadrada y rectangular.

**Figura 8. Clasificación de los resortes según la geometría del hilo.**

Sección transversal	Ilustración
Circular	
Cuadrada	
Rectangular	



**Figura 9. Geometrías más utilizadas en el hilo para la fabricación de resortes.**

**Fuente:**

<http://www.ortotek.cl/product/alambre-niti>

En la **Figura 9** observamos los perfiles de los hilos más utilizados a la hora de fabricar resortes. De aquí obtenemos la configuración deseada como pueden ser resortes con sección circular, cuadrada o rectangular.

### 2.4.3 Según el tipo de carga que soportan:

Según la aplicación ofrecida los resortes se pueden someter a diversas cargas las cuales lo clasifican en: compresión, de tracción, de torsión y de flexión.

**Figura 10. Clasificación de los resortes según la carga que soportan.**

Tipo de carga			
De compresión	De tracción	De tensión	De torsión
			

**Figura 11. Resortes de compresión, tracción y Torsión.**



**Fuente:** Diseño I, Libardo Vanegas

En la **Figura 11** podemos observar tres tipos de resortes muy utilizados en la ingeniería (compresión, tracción y torsión); podemos distinguir que la configuración geométrica varía significativamente para cada uno de ellos, adaptándose a la aplicación determinada y así suplir cualquier necesidad.

## 2.5 MATERIALES Y ALGUNOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA FABRICACIÓN DE RESORTES.

En la selección del material de un resorte suelen tener preponderancia consideraciones de resistencia y de elasticidad. Esto significa, “un Coeficiente de Resistencia (S)” y un “Módulo de Elasticidad (E)”. Uno de los parámetros más empleados es la relación S/E denominada “Resistencia normalizada”.

El concepto de resistencia se debe considerar en función del material, esto quiere decir que dependiendo del material se tiene en cuenta algún factor especial así:

- Para los metales y polímeros industriales: Resistencia a la fluencia.
- Para los elastómeros: Resistencia al desgarramiento.
- Para materiales compuestos: Resistencia a la tracción *Sut*.
- Para resinas fenólicas y maderas: Resistencia a la tracción.

El material ideal para resortes, tiene que poseer una resistencia máxima elevada, así como un elevado punto de fluencia y un módulo de elasticidad bajo; todo esto para proporcionar el máximo almacenamiento de energía. Para ofrecer un servicio ligero los mismos son fabricados de alambre estirado en frío, redondo o rectangular, o de cinta delgada rolada en frío y plana.

Los resortes para servicio pesado como las piezas de suspensión de los vehículos se fabrican de formas laminadas en caliente o forjadas. La resistencia requerida de los materiales para resortes se obtiene por un proceso de endurecimiento que puede ser durante estirado o formado en frío (pieza de sección transversal reducida) o con tratamiento térmico. La resistencia del material suele incrementarse conforme se reduce el tamaño de la sección transversal.

Las aleaciones de acero inoxidable, aceros de mediano y alto carbono (AISI 1050, 1065, 1074 Y 1095) son los materiales más comunes para la fabricación de los resortes, igual que las aleaciones de cobre, cobre al berilio y bronce fosforado.

Los resortes se fabrican de alambre redondo o rectangular doblado según una forma adecuada de espira o con material plano cargado como una viga.

A continuación se muestra una tabla con los materiales usados con mayor frecuencia en la fabricación de resortes, junto con algunas propiedades y características relevantes.

**Tabla 1.** Materiales utilizados para la fabricación de resortes.

Material	Designaciones	Módulo Elástico E, [psi]	Módulo de Elasticidad cortante G, [psi]	Características
<b>Aceros con alto contenido en carbono</b>				
Alambre estirado en frío (0.60 – 0.70C)	ASTM A227 AISI/SAE 1066 UNS G10660	30*10 <sup>6</sup>	11.5*10 <sup>6</sup>	Es de uso general y de bajo costo. Se usa cuando la exactitud, la deformación y la duración no son muy importantes. No es adecuado para cargas variables o de impacto. Diámetros de 0.8 a 16 [mm]. Rango de temperaturas de 0 a 120 °C
Alambre revenido en aceite (0.60 – 0.70C)	ASTM A229 AISI/SAE 1065 UNS G10650	30*10 <sup>6</sup>	11.5*10 <sup>6</sup>	Mayor costo que el SAE 1066 pero menor que el SAE 1085. No es adecuado para cargas variables o de impacto. Diámetros de 3 a 12 [mm], aunque es posible obtener otros tamaños (0.5 a 16 [mm]). Rango de temperaturas de 0 a 180°C
Alambre para cuerda musical (0.80 – 0.95C)	ASTM A228 AISI/SAE 1085 UNS G10850	30*10 <sup>6</sup>	11.5*10 <sup>6</sup>	Es el mejor, más resistente a la tracción y a la fatiga, también más tenaz y de mayor uso en resortes pequeños. Diámetros de 0.10 a 6.5 [mm]. Rango de temperaturas de 0 a 120 °C
Alambre revenido en aceite	ASTM A 230 AISI/SAE 1070	30*10 <sup>6</sup>	12*10 <sup>6</sup>	Es de muy buena calidad, muy usado para soportar cargas variables, calidad que lo hace el preferido para resortes de válvulas de motores. Maneja un rango muy extenso de temperaturas.

<b>Aceros inoxidables</b>				
Martensítico	SAE 420, 420	29*10 <sup>6</sup>	11*10 <sup>6</sup>	No satisfactorio para aplicaciones a temperaturas bajo cero.
Austenítico	ASTM A313 SAE 301, 302	28*10 <sup>6</sup>	10*10 <sup>6</sup>	Buena resistencia a temperaturas moderadas y presenta baja relajación de esfuerzos y es muy adecuado para carga variable.
<b>Aleaciones a base de Cobre</b>				
Latón para resortes	ASTM B134	16*10 <sup>6</sup>	6*10 <sup>6</sup>	Bajo costo, alta conductividad y presenta propiedades mecánicas en general deficientes, pero resistente a la corrosión. Rango de temperaturas de 0 a 90 °C.
Bronce fosforado	ASTM B159	15*10 <sup>6</sup>	6.3*10 <sup>6</sup>	Mejor resistencia a la fatiga que el latón. Resistente también a la corrosión y no debe tratarse térmicamente ni doblarse en su forjado. Capacidad para soportar flexiones repetidas.
Cobre al berilio	ASTM B197	19*10 <sup>6</sup>	6.5*10 <sup>6</sup>	Presenta las mejores propiedades mecánicas en los de su clase, como lo es la alta resistencia elástica y a la fatiga. Al ser un material templeable puede trabajar a temperaturas más elevadas que llegan hasta los 220 °C.
<b>Aleaciones a base de Níquel</b>				
Inconel		31*10 <sup>6</sup>	11*10 <sup>6</sup>	Alta resistencia a la corrosión y muy buenas propiedades mecánicas. Puede manejar temperaturas de hasta 320 °C.
Inconel X - 750		31*10 <sup>6</sup>	11*10 <sup>6</sup>	Presenta un endurecimiento por precipitación, y está diseñado para soportar altísimas temperaturas que van hasta los 600 °C.

Ni – Span C		$27 \cdot 10^6$	$9.6 \cdot 10^6$	Presentan un módulo constante sobre un amplio rango de temperatura., aunque su temperatura máxima es baja comparada con los Inconel.
<b>Aleaciones a base de Cromo</b>				
Cromo - vanadio	ASTM A231-41 AISI/SAE 6150 UNS G61500	$32 \cdot 10^6$	$11.5 \cdot 10^6$	Es el acero aleado más utilizado para aplicaciones que implican esfuerzos más elevados que los que soportan los aceros duros al carbono, y aquellas donde se necesiten altas resistencia a la fatiga y durabilidad. Soportan cargas de impacto. Es ampliamente utilizado en válvulas de motores de avión. Diámetros de 0.8 a 12 [mm] y temperaturas hasta 220 °C.
Cromo - silicio	ASTM A401 AISI/SAE 9254 UNS G92540	$30 \cdot 10^6$	$11.5 \cdot 10^6$	Es excelente para aplicaciones con altos esfuerzos, en las que se requiera tenacidad y gran duración. Es el segundo más resistente después del alambre para cuerda musical y presenta una Dureza Rockwell aproximadamente entre C50 y C53. Diámetros de 0.8 a 12 [mm] y temperaturas de hasta 250 °C.

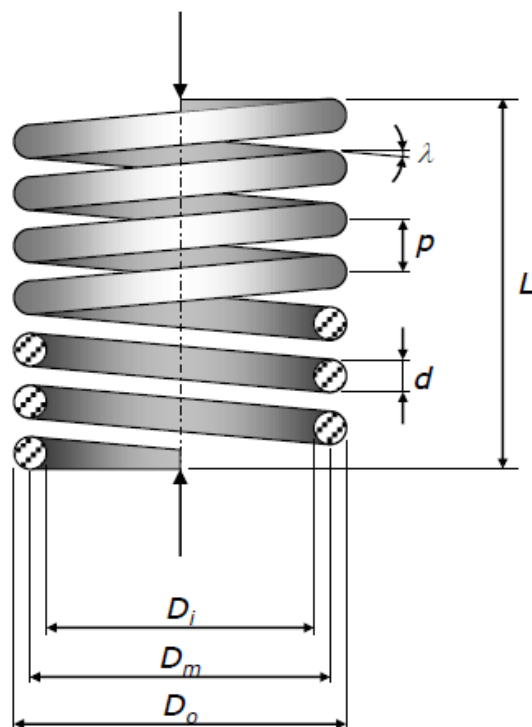
## 2.6 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DETALLADO DE RESORTES A COMPRESIÓN.

A continuación se describen todas las características, parámetros geométricos y físicos que se deben tener en cuenta para un correcto análisis de un resorte helicoidal a compresión. Veremos que los parámetros estudiados son de vital importancia a la hora de realizar el análisis de cualquier tipo de resorte helicoidal.

### 2.6.1 Características geométricas y Nomenclatura de Resortes helicoidales de compresión de alambre redondo.

Son resortes helicoidales de *espiral abierta* que ofrecen resistencia a una fuerza de compresión axial. Los resortes de compresión están usualmente enrollados en forma de cilindro de diámetro constante.

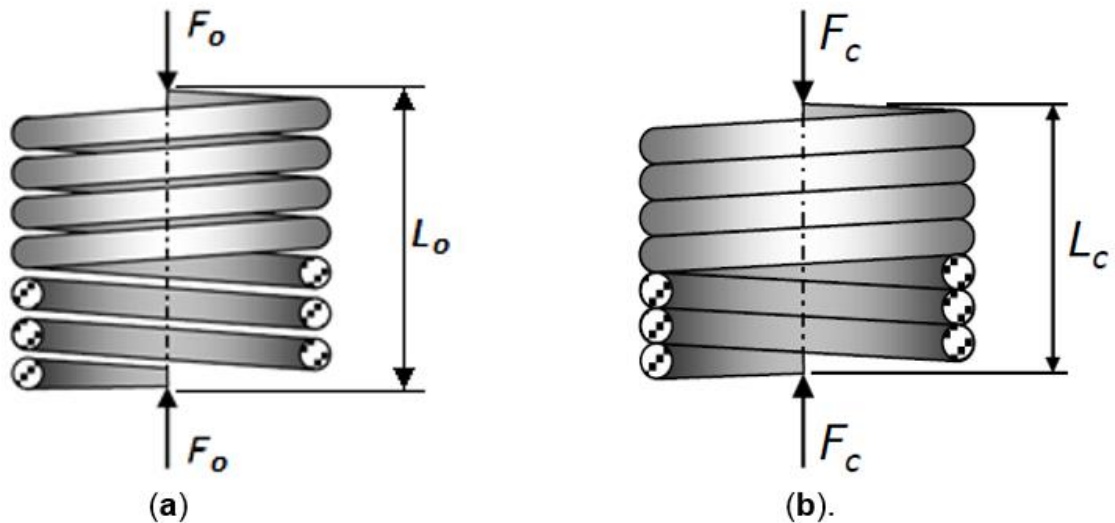
Figura 12. Principales parámetros de un resorte.



<b><i>p</i></b> :	paso
<b><i>d</i></b> :	diámetro del alambre
<b><math>\lambda</math></b> :	ángulo de avance
<b><i>Di</i></b> :	diámetro interno
<b><i>Dm</i></b> :	diámetro medio
<b><i>Do</i></b> :	diámetro externo
<b><i>L</i></b> :	longitud libre
<b><i>F</i></b> :	fuerza de trabajo
<b><i>Lo</i></b> :	longitud de operación
<b><i>Fo</i></b> :	fuerza de operación
<b><i>Lc</i></b> :	longitud de cierre
<b><i>Fc</i></b> :	fuerza de compresión

Fuente: Diseño I, Libardo Vanegas

Figura 13. Resorte con la fuerza de trabajo aplicada (a) y resorte comprimido a longitud sólida o de cierre debido a la aplicación de la fuerza máxima de compresión (b).



Fuente: Diseño I, Libardo Vanegas

### 2.6.2 Diámetro del alambre $d$

El diámetro del alambre ( $d$ ) suele ser redondo debido a que es la forma más económica y efectiva a la hora de afrontar alguna necesidad. Como hemos estudiado en capítulos anteriores sabemos que existen diversas formas para el alambre. El diámetro del alambre es uno de los datos más importantes para detallar un resorte.

### 2.6.3 Diámetro externo $D_o$

El diámetro externo ( $D_o$ ) se refiere a la dimensión de la superficie cilíndrica envolvente exterior del resorte. Este es un parámetro que se hace muy importante cuando se necesita que el resorte opere dentro de alguna cavidad.

### 2.6.4 Diámetro interno $D_i$

El diámetro interior ( $D_i$ ) lo delimita la superficie cilíndrica envolvente que está en el interior del resorte. Lo podemos calcular con la relación  $D_i = D_o - 2d$

### 2.6.5 Diámetro medio $D_e$

Se refiere a la relación  $D_e = D_o - d$

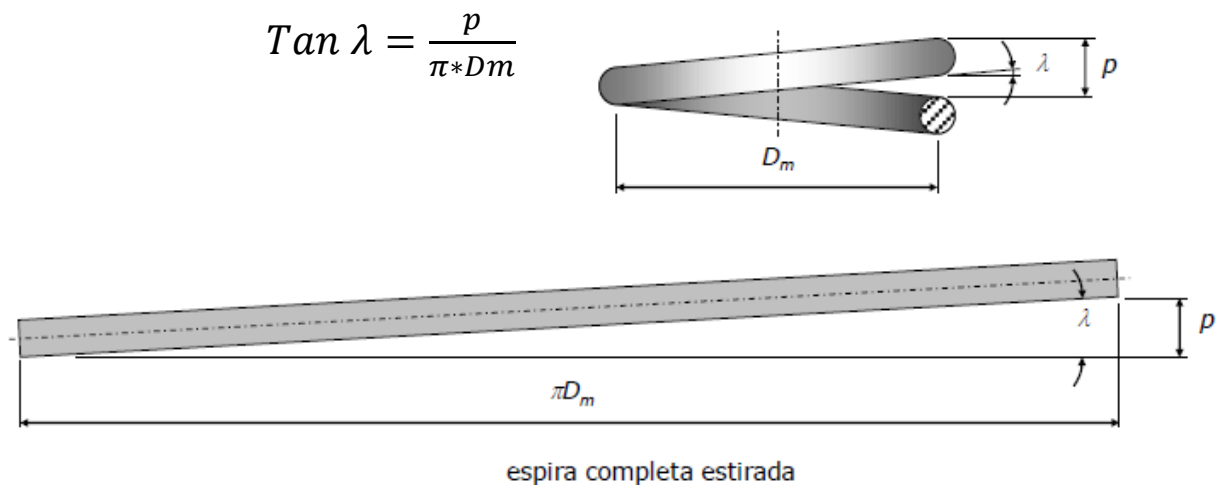
### 2.6.6 Paso entre espiras $p$

Es la distancia entre dos espiras útiles contiguas del resorte en estado libre, medida axialmente entre los centros de las secciones transversales del hilo de material.

### 2.6.7 Ángulo de avance $\lambda$

Está definido por el paso y el diámetro medio de espira como se muestra a continuación:

Figura 14. Ángulo de avance o de espira en un resorte.



Fuente: Diseño I, Libardo Vanegas

Se observa que mientras mayor es este ángulo las espiras estarán más inclinadas y alejadas en el resorte. Generalmente se fabrican resortes con un ángulo de avance menor a  $12^\circ$ .

### 2.6.8 Longitud libre $L$

Es la longitud natural del resorte (estado no cargado), es decir, la longitud total medida en paralelo al eje cuando el resorte está en estado libre o sin carga.

### 2.6.9 Longitud de cierre $L_c$

También llamada altura o longitud sólida, y se refiere a la longitud cuando el resorte se ha comprimido totalmente y todas las espiras están en contacto así:

### 2.6.10 Deformación sólida $\delta s$

Es la deformación que provoca alcanzar la longitud sólida o de cierre y la podemos calcular con la siguiente relación:

$$\delta s = L - L_c$$

Donde:

$L$ : longitud libre

$L_c$ : altura sólida

$\delta s$ : deformación sólida (en el momento en que se alcanza la altura sólida)

### 2.6.11 Diámetro incrementado $DE^*$

El diámetro de la espira se incrementa en la medida en que el resorte se comprime, porque los alambres originalmente inclinados hacia el eje del resorte se mueven convirtiéndose en perpendicular a este eje. El  $DE^*$  de un resorte cuando se comprime hasta que sus vueltas quedan en contacto ( $L_c$ ) se aproxima a:

$$DE^* = \left[ Dm^2 + \frac{p^2 - d^2}{\pi^2} \right]^{\frac{1}{2}} + d$$

Este dato es de gran importancia cuando el resorte operará dentro de un orificio cilíndrico, para así proporcionar la holgura adecuada.

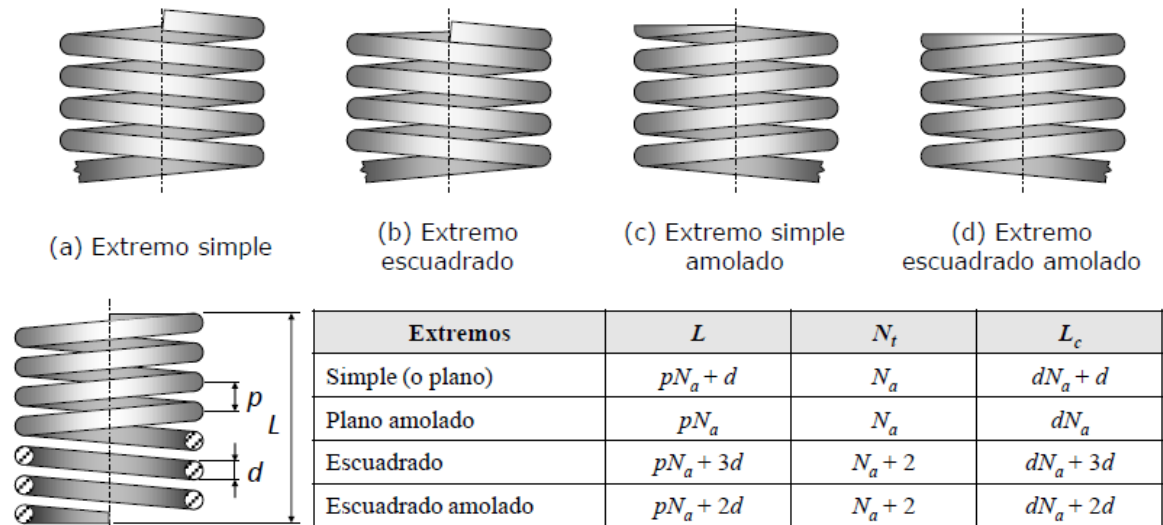
### 2.6.12 Número de espiras totales $N_t$

Se define como el número de vueltas del alambre o enrollamientos en el resorte.

### 2.6.13 Número de espiras activas $N_a$

El número total de espiras ( $N_t$ ) muchas veces no contribuye de manera activa a la deflexión del resorte, esto se debe al tipo de extremo que tengamos en nuestro resorte. Existe una relación entre el número de espiras y los extremos del resorte como veremos en la **Figura 15**.

**Figura 15. Relación entre el número de espiras y extremos del resorte.**



Fuente: Diseño I, Libardo Vanegas

### 2.6.14 Índice del Resorte $C$

Este factor nos representa una medida de la curvatura de las espiras, mediante la razón entre el diámetro medio de espira al diámetro del alambre utilizado y se establece así:

$$C = \frac{Dm}{d}$$

### 2.6.15 Constante del Resorte $k$

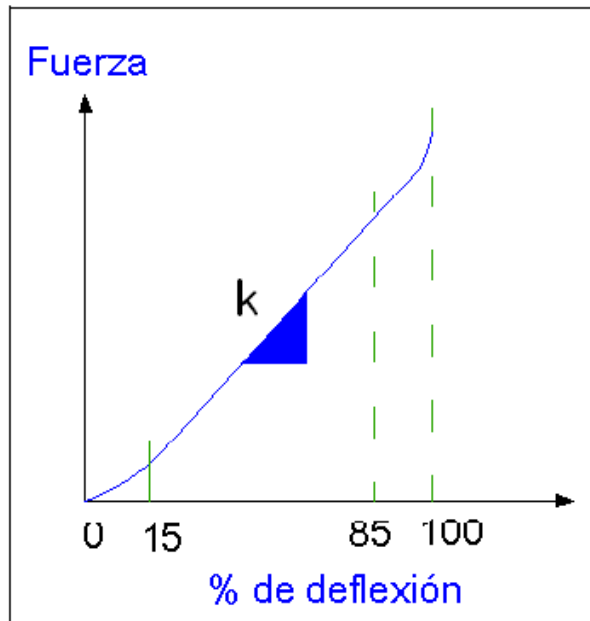
Basándonos en la Ley de Elasticidad de Hooke se obtiene la constante elástica ( $k$ ) del resorte.

Esta constante se define como la variación de la carga por unidad de deflexión y la podemos expresar con la siguiente relación:

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta \delta}$$

La Figura 16 muestra la gráfica de la constante elástica de un resorte. Una característica importante de cualquier resorte de espiras helicoidales es que es idealmente lineal. En la práctica, el comportamiento de un resorte es casi lineal, pero no en cada extremo de la curva fuerza – deformación. La fuerza del resorte no se puede reproducir para deflexiones muy pequeñas, y cerca de la fuerza de compresión o cierre ( $F_c$ ) comienza el comportamiento no lineal a medida que el número de espiras disminuye y estas empiezan a hacer contacto entre si.

Figura 16. Definición de la constante  $k$  del resorte.



Notamos que la constante  $k$  es la pendiente de la curva Fuerza Vs Porcentaje de deflexión del resorte!. Es importante que tengamos en cuenta que los resortes helicoidales de compresión con paso variable no presentan esta linealidad y por consiguiente manejan varias constantes a lo largo de su longitud.

## 2.7 Cálculo de Resortes Helicoidales a Compresión.

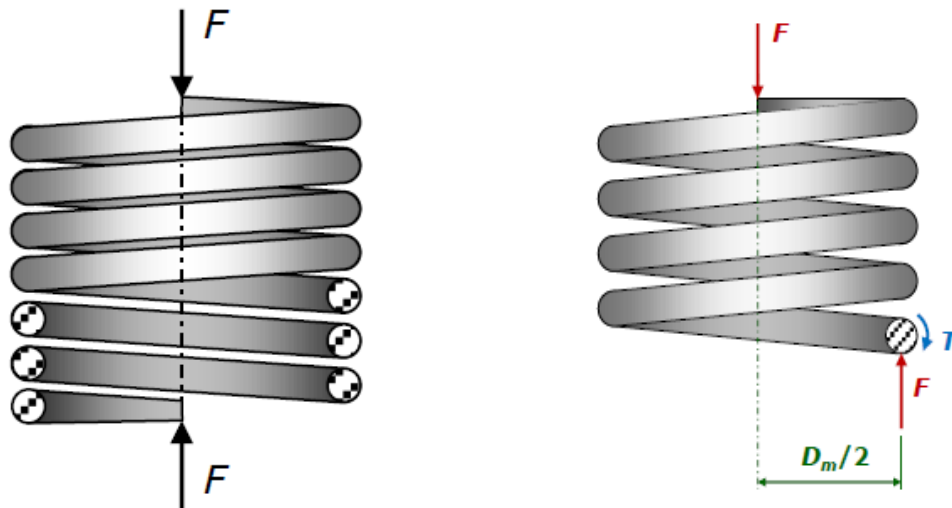
En este capítulo se expondrán los conocimientos necesarios para diseñar un resorte helicoidal de compresión con alambre redondo tanto para carga estática como para carga dinámica (fatiga).

Primero se describirán y estudiarán los esfuerzos presentes en el resorte y luego se procede a crear una plantilla de diseño cumpliendo y obedeciendo ciertos criterios.

### 2.7.1 Esfuerzos presentes en resortes helicoidales a compresión.

Los esfuerzos presentes en resortes a compresión están determinados por diferentes factores que pueden ser geométricos o de aplicación de carga. Veamos un diagrama de cuerpo libre con una fuerza axial aplicada y un corte con sus respectivas reacciones internas.

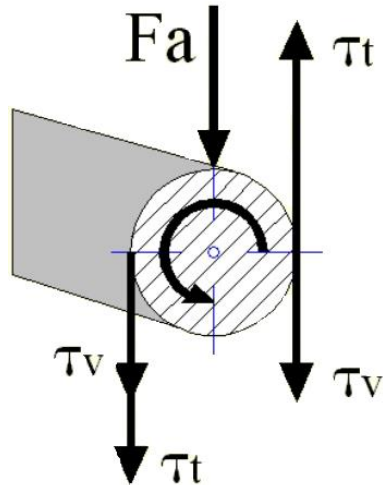
**Figura 17. Fuerza axial  $F$  actuando en el resorte (a) y reacciones en el corte mostrado (b).**



**Fuente:** Diseño I, Libardo Vanegas

Sobre la parte seccionada se ejercerá una carga cortante directa y un momento torsor, **Figura 17**; notándose que el efecto de la carga axial es producir una torsión en el alambre.

**Figura 18. Diagrama de cuerpo libre.**



Por lo tanto, de forma general se tiene que la sumatoria de esfuerzos resulta:

$$\tau_T = \tau_v \pm \tau_t \quad (8.1)$$

$$\tau_T = \frac{F_a}{A} \pm \frac{T \left( \frac{d}{2} \right)}{J} \quad (8.2)$$

Donde:

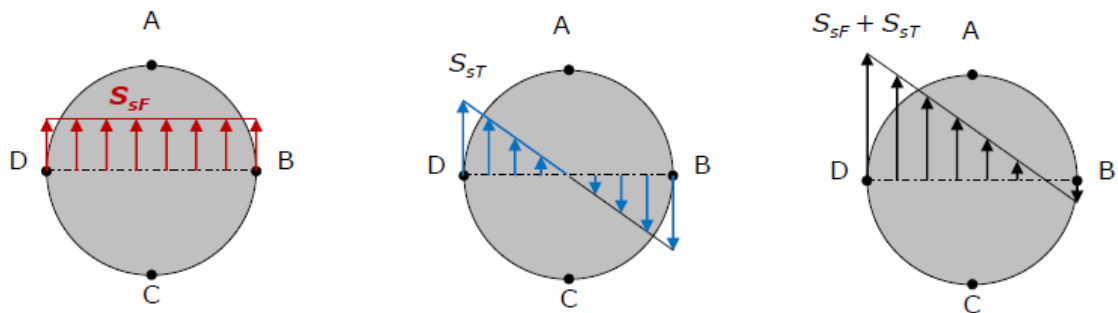
T: par torsional;  $T = (F_a \cdot D_m / 2)$

J: momento polar de inercia.

A: área de la sección transversal.

Observemos en detalle la distribución de esfuerzos a través de la sección transversal del alambre por separado:

**Figura 19. Distribución de esfuerzos en una sección del resorte**



**Fuente:** Diseño I, Libardo Vanegas

En la **figura 19** observamos la distribución de esfuerzos a través de la sección transversal del alambre y notamos que: para el caso (a) se muestra una carga cortante transversal uniforme, en el caso (b) se presenta el esfuerzo de torsión y encontramos que es máximo en la fibra interna del alambre y cero en el centro del

mismo. Y en el caso (c) se muestra la superposición o suma de los dos esfuerzos presentes donde observamos que el esfuerzo cortante máximo se presenta en la parte interior del alambre y a una altura media.

Procedemos ahora a desarrollar la ecuación (8.2), que representa el esfuerzo total en el alambre, de la siguiente manera:

$$\tau_T = \frac{4F_a}{\pi d^2} + \frac{8F_a D_m}{\pi d^3} = \frac{8F_a D_m}{\pi d^3} \left[ \frac{0.5}{\left(\frac{D_m}{d}\right)} + 1 \right] \quad (8.3)$$

Donde:

Fa: fuerza axial de compresión

Dm: diámetro medio

d: diámetro del alambre.

Si aplicamos la definición de índice del resorte  $C = D_m/d$  podremos reescribir de la siguiente manera:

$$\tau_T = \frac{8F_a D_m}{\pi d^3} \left[ \frac{0.5}{(C)} + 1 \right] \quad (8.4)$$

Ahora definimos el factor de corrección del esfuerzo cortante  $K_s$  como:

$$K_s = \left[ \frac{0.5}{C} + 1 \right] = \frac{2C+1}{2C} \quad (8.5)$$

Aplicando  $K_s$  podemos reescribir y encontrar la ecuación que nos permite calcular el esfuerzo cortante máximo producido en el resorte:

$$\tau_T = K_s \frac{8F_a D_m}{\pi d^3} = K_s \frac{8F_a C}{\pi d^2} \quad (8.6)$$

Cuando se procede a diseñar un resorte, es necesario *definir el índice del resorte* y asignarle un valor que por lo general está dentro de un intervalo, que ha sido motivo

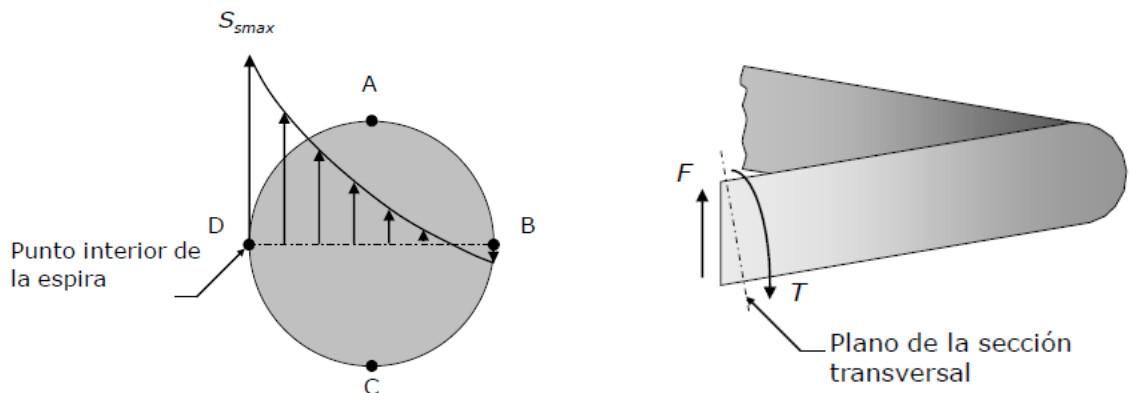
de estudio de muchos investigadores, donde encontramos que el mas recomendado es  $[4 < C < 12]$  basándose en que para  $C < 4$  el resorte es de difícil formación y la gran deformación necesaria causaría grietas en el alambre y para  $C > 12$  el resorte es propenso a enredarse fácilmente perdiendo su funcionalidad.

Es importante resaltar que el factor de multiplicación para el esfuerzo cortante  $K_S$ , solo considera los efectos debido a corte puro, sin embargo, investigaciones realizadas al respecto revelan que el esfuerzo cortante debido a la curvatura del alambre está concentrado en su mayor medida en la parte interna de los resortes; por lo tanto, cuando los resortes están sometidos **solo a cargas estáticas**, sufrirán fluencia en las fibras interiores aliviando dicho esfuerzo y de esta forma **puede despreciarse el efecto de la curvatura**.

### 2.7.2 Efecto de la curvatura

Es conocido que los esfuerzos en un miembro curvo pueden ser considerablemente mayores en la superficie interna de la curvatura. Así la incorporación de la curvatura tiene una función importante en el diseño de resortes para trabajo a carga dinámica.

**Figura 20. Efecto de la curvatura en la resultante de los esfuerzos (a), plano real de la sección (b).**



**Fuente:** Diseño I, Libardo Vanegas

La curvatura del alambre incrementa el esfuerzo en el interior del resorte y lo disminuye solo un poco en el exterior. Como se ha mencionado, este esfuerzo por curvatura es muy importante en cargas de fatiga y para carga estática sus efectos pueden despreciarse debido al endurecimiento por deformación con la primera aplicación de carga.

Otros factores que se deben tener en cuenta y se generalizan con el efecto de la curvatura son el *esfuerzo de compresión del alambre*, los *esfuerzos residuales al curvar el alambre*, *esfuerzos debidos a una pequeña flexión* y que *la sección real de corte es ovalada*.

En condiciones de fatiga, el esfuerzo debido a curvatura es significativamente importante y para tenerlo en cuenta introducimos una nueva constante  $K_B$  y tendremos:

$$\tau_T = K_B \frac{8F_a D m}{\pi d^3} = K_B \frac{8F_a C}{\pi d^2} \quad (8.7)$$

Donde  $K_B$  es conocido como factor de Bergsträsser y puede ser calculado así:

$$K_B = \frac{4C+2}{4C-3} \quad (8.8)$$

Algunos autores calculan el esfuerzo máximo utilizando el denominado factor de Wahl,  $K_w$  que se calcula de la siguiente manera:

$$K_w = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C} \quad (8.9)$$

La práctica demuestra que la diferencia entre estos dos factores es muy pequeña.

Si por ejemplo, suponemos un valor  $C=8$  (valor medio del recomendado) tendremos:

$$K_B = 1.172 \quad \text{Vs} \quad K_w = 1.184$$

Lo que nos representa una diferencia apenas de 1.01%

Otros autores proponen otras formas para calcular el efecto de la curvatura, pero para el análisis y efectos de cálculo, la forma expuesta resulta la más adecuada.

## 2.8 RESORTES DE COMPRESIÓN CON PASO VARIABLE.

En este tipo de resortes, la fuerza generada con la deformación del mismo no es proporcional. Con esta variante se logra obtener una mayor fuerza para un determinado desplazamiento comparado con otro resorte dimensionalmente igual pero de paso constante. Estos dispositivos se convierten en una solución práctica para aplicaciones en que se necesita eliminar el efecto de resonancia.

**Figura 21. Resortes de compresión de paso variable.**



**Fuente:** <http://www.itacr.com/serviceLinkMoog/ResortesMacPherson.html>

## 2.9 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESORTES A TRACCIÓN.

Los resortes helicoidales a tracción, debido a la naturaleza de su trabajo y aplicación, poseen algunas características diferentes y parámetros geométricos adicionales a sus homólogos de compresión.

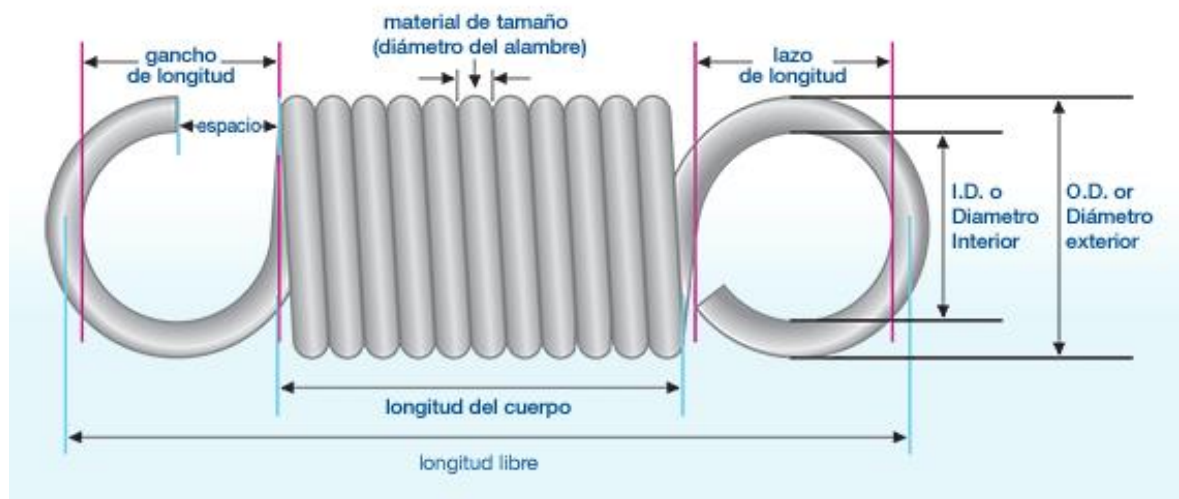
En este aparte haremos referencia especial a esas características diferentes y a los parámetros geométricos adicionales, ya que en la sección dedicada a los resortes de compresión se explicó claramente las características y parámetros que pueden compartir estos dos tipos de resortes.

### 2.9.1 Características Geométricas y Nomenclatura de Resortes helicoidales de Tracción

Estos trabajan de forma opuesta a los de compresión, de modo que el resorte se extiende al aplicar la fuerza en sus extremos, por ello, también se les llama resortes de extensión.

La principal diferencia radica en que estos tienen la particularidad de incluir terminales en forma de gancho que permiten sujetar las piezas adyacentes que generan la fuerza de tracción.

**Figura 22. Parámetros fundamentales del resorte de tracción.**



**Fuente:** <http://www.newcombspring.com/Spanish/spn.extsn.html>

A diferencia de los de compresión, estos se bobinan o enrollan con las espirales cerradas, y por lo general durante el proceso de conformado se les induce una tracción inicial como resultado del par torsional generado sobre el alambre a medida que se enrolla en el mandril conformador. Por lo anterior, en la mayoría de los casos, a estos resortes se les debe aplicar una determinada carga para que las espiras comiencen a separarse.

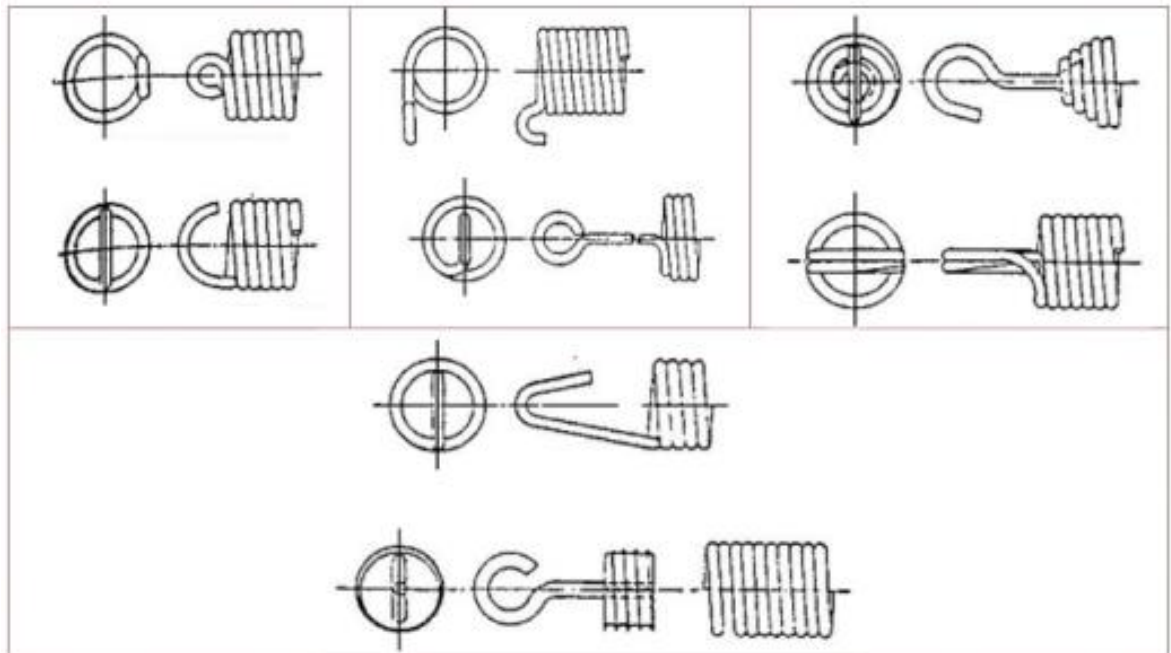
A continuación se mostrará los terminales más utilizados para resortes de extensión.

**Figura 23. Extremos más usados en resortes de Tracción.**



**Fuente:** <http://www.newcombspring.com/Spanish/spn.extsn.html>

**Figura 24. Representación de algunos terminales para resortes de tracción.**



**Fuente:** Norma Técnica Colombiana

Como se mencionó al inicio del capítulo, los resortes a tracción comparten la definición y el tratamiento de la mayoría de los parámetros geométricos con los resortes de compresión. Entre ellos el diámetro del alambre **d**, el diámetro externo **Do**, diámetro interno **Di**, diámetro medio **Dm**, paso **p**, ángulo de avance  $\lambda$ , y longitud de cierre **Lc** (que en este caso se le denomina longitud libre).

Los parámetros en los que se hace alguna variación se definen a continuación.

### 2.9.2 Número de espiras activas (**Na**) en resortes de tracción

Todas las espiras del cuerpo se consideran como espiras activas, pero para obtener la longitud total del cuerpo se suele sumar una espira al número de espiras activas así:

$$N_t = N_a + 1$$

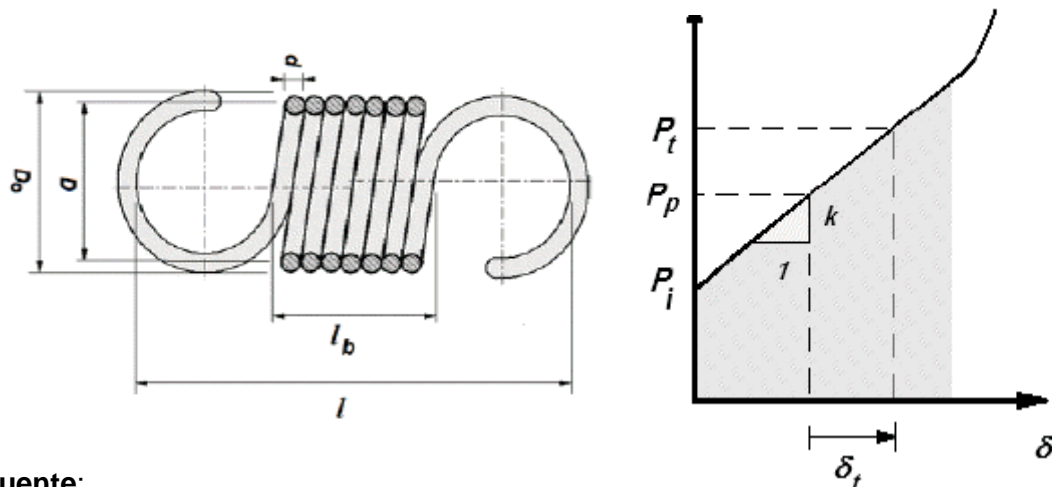
Y por consiguiente

$$L_c = d * N_t$$

### 2.9.3 Longitud libre $l$

La longitud libre  $l$  se mide desde el interior de la oreja (gancho de extremo) hasta el interior de la otra oreja o gancho, y al variar esta longitud, puede modificar la configuración de los extremos, sin cambiar el número de espiras.

Figura 25. Longitud libre  $l$  y constante  $k$  de resortes a extensión.



Fuente:

[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0254-07702009000200002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0254-07702009000200002&script=sci_arttext)

### 2.9.4 Constante $k$ de los resortes de tracción

Las espiras de los resortes de extensión están enrolladas de manera muy apretada y el alambre es retorcido al tiempo de su enrolamiento, esta situación de manufactura genera una precarga en las espiras la cual debe ser vencida para empezar a separar el resorte.

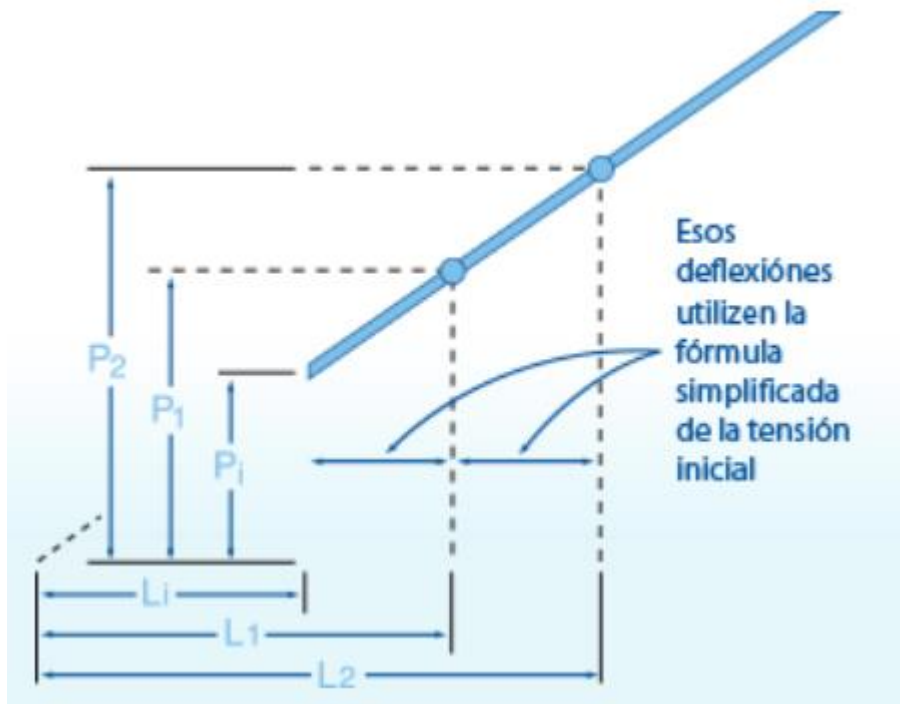
### 2.9.5 Precarga en los resortes de tracción

La mayoría de los resortes de extensión se enrollan con tensión inicial. Esta es la fuerza intensa que mantiene unidas a las vueltas en espiral del resorte de extensión. La medida de la tensión inicial es la carga necesaria para superar la fuerza interna y dar inicio a la separación de las espirales. A diferencia del resorte de compresión, que tiene carga cero a cero deflexión, un resorte de extensión puede tener una

carga inicial a cero deformación. Esta carga inherente, denominada tensión inicial, puede variar dentro de ciertos límites y aumenta con el incremento del índice del resorte.

Notamos en la **Figura 20** que hay cierto rango de tensión (y por tanto, de fuerza) para cualquier índice del resorte de extensión, que puede mantenerse sin problemas. Si el diseñador necesita un resorte de extensión sin tensión inicial, el resorte debe diseñarse con espacio entre las vueltas de la espiral.

**Figura 26. Precarga en los resortes a Tracción.**



**Fuente:** <http://www.newcombspring.com/Spanish/spn.extsn.html>

La tensión inicial ( $P_i$ ) se determina extendiendo el resorte hasta una longitud dada ( $L_1$ ) que asegure la separación entre las vueltas de la espiral. Enseguida se extiende el resorte a igual distancia a ( $L_2$ ). La tensión inicial es igual a dos veces la carga correspondiente a ( $L_1$ ) menos la carga en ( $L_2$ ).

La fórmula simplificada de la tensión inicial es  $P_i = 2P_1 - P_2$

## 2.10 RESORTES DE TORSIÓN.

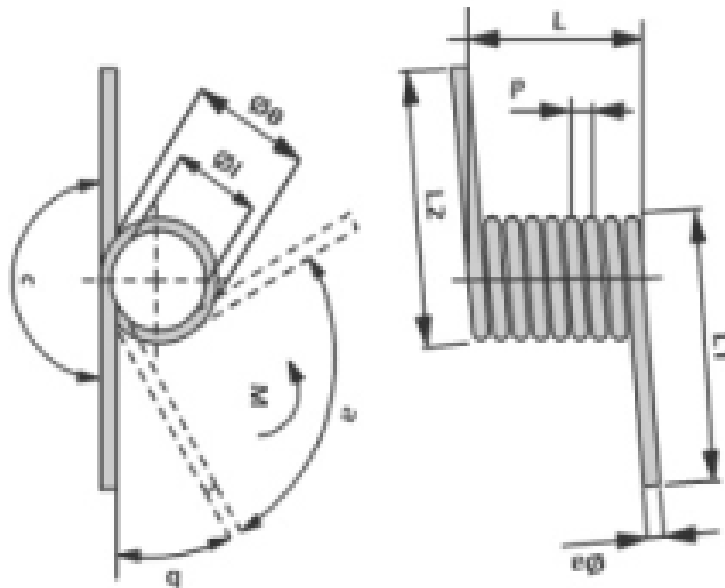
Estos resortes tienen extremos que se giran en deflexión angular u ofrecen resistencia a fuerzas de torsión aplicadas externamente. El diseñador debe considerar los efectos de la fricción y la deflexión del brazo sobre la torsión. Los resortes de torsión pueden consistir en un resorte de torsión doble y tener un espacio entre las espirales para minimizar la fricción.

Los resortes de torsión se emplean en una gran cantidad de aplicaciones, desde cables de conexión hasta disquetes, en productos de uso cotidiano y también en muchas herramientas especiales. Su propósito con frecuencia se adapta a las situaciones en las que se requiere aplicar torsión en dos direcciones, ya que están diseñados para ofrecer resistencia a las presiones externas.

Aunque muchas veces los encontramos con las espiras cerradas, los resortes de torsión pueden devanarse cerrados o abiertos y se suelen diseñar para enrollarse. Cuando un resorte de torsión termina de enrollarse, el diámetro de rolo o diámetro medio disminuirá y la longitud del cuerpo aumentará.

Generalmente tienen terminales lisos, aunque para aplicaciones especiales los terminales podrían tomar cualquier otro tipo de configuración.

**Figura 27. Esquema de un resorte de torsión.**



**Fuente:** Diseño de Máquinas II, Hamrock

**Figura 28. Resortes de torsión con espacio entre espiras.**



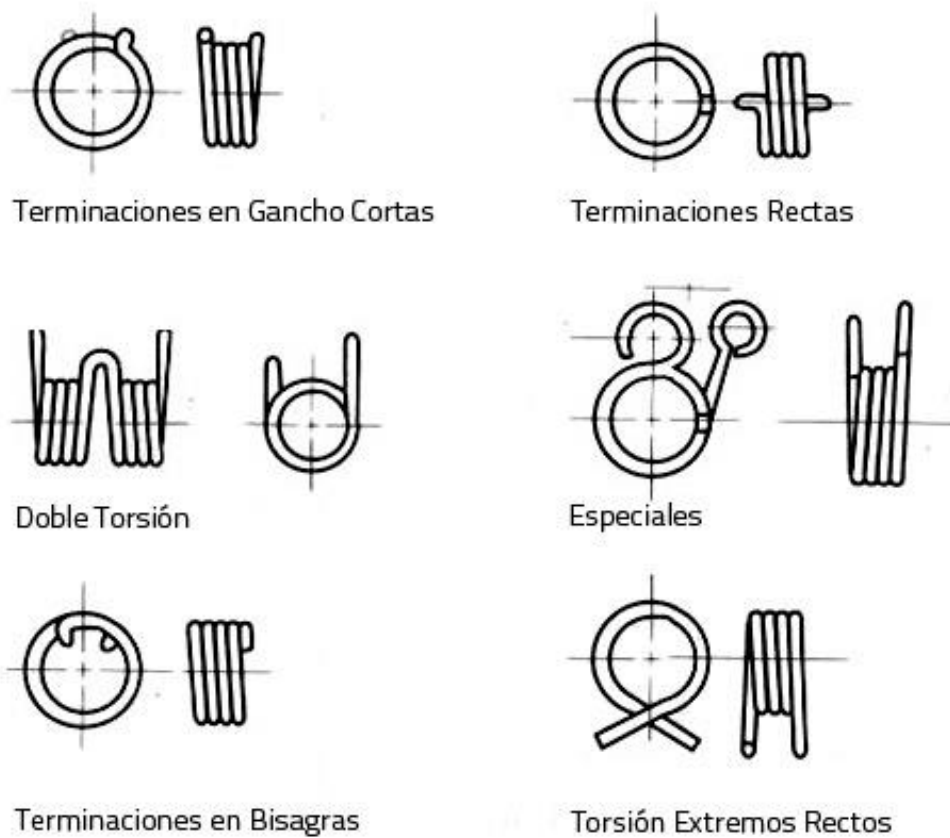
**Fuente:** [http:// aaa-resortes-sa-de-cv/venta-de-resortes/nuevo-leon/monterrey/-/industrial-lincoln/](http://aaa-resortes-sa-de-cv/venta-de-resortes/nuevo-leon/monterrey/-/industrial-lincoln/)

**Figura 29. Variedad de resortes de torsión.**



**Fuente:** [http:// aaa-resortes-sa-de-cv/venta-de-resortes/nuevo-leon/monterrey/-/industrial-lincoln/](http://aaa-resortes-sa-de-cv/venta-de-resortes/nuevo-leon/monterrey/-/industrial-lincoln/)

**Figura 30. Terminales o extremos de resortes a Torsión.**



**Fuente:** Norma Técnica Colombiana

Como es de esperarse, la mayoría de los parámetros geométricos de los resortes a torsión son similares en su tratamiento a los parámetros en los resortes a compresión. Entre ellos el diámetro del alambre **d**, el diámetro externo **Do**, diámetro interno **Di**, diámetro medio **Dm**, paso **p**, ángulo de avance  $\lambda$ , y longitud de cierre **Lc** (que en este caso se le denomina simplemente longitud de cuerpo).

A continuación se detallarán los parámetros en los cuales existe alguna variación respecto de los resortes que se han detallado con mayor profundidad.

### 2.10.1 Número de espiras activas $N_a$

Las espiras activas  $N_a$  es igual al número de vueltas en el cuerpo  $N_c$  además de alguna contribución correspondiente a las extremidades, que también se flexionan. En el caso de extremos rectos, la contribución se expresa como un número equivalente de espiras  $N_e$  y se representa:

$$N_e = \frac{L_1 + L_2}{3 * \pi * D_m}$$

Donde  $L_1$  y  $L_2$  son las longitudes respectivas de los extremos tangentes de las espiras como se detalló en la **Figura 23**.

Luego, el número de espiras activas queda de la siguiente manera:

$$N_a = N_c - N_e$$

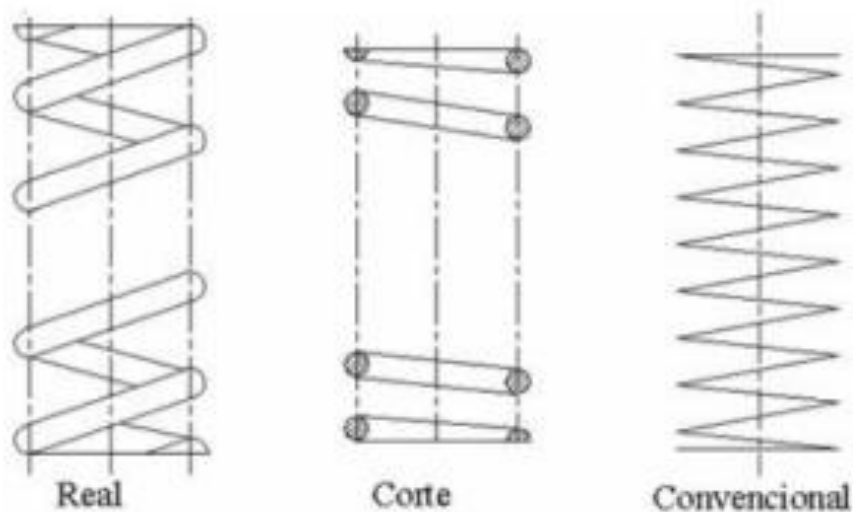
Donde  $N_c$  es el número de espiras en el cuerpo del resorte.

## 2.11 MÉTODOS DE REPRESENTACIÓN DE RESORTES.

### *¿Cómo representar los resortes de forma detallada y esquemática?*

En los planos técnicos pocas veces se dibujan los resortes en forma real o dando una perspectiva isométrica, dado que esto implicaría gran trabajo para el dibujante. Para simplificar su trabajo y en muchos casos facilitar la interpretación de los documentos gráficos, se incluyen **los métodos de representación detallada y Representación esquemática**. Claro está que estos dos métodos no excluyen la posibilidad de que los resortes, según la conveniencia, se muestren en vista real.

**Figura 31. Métodos de representación de resortes.**



**Fuente:** Norma Técnica Colombiana

En estos métodos se emplean líneas rectas que representan la espiral del resorte y se omite el uso de curvas helicoidales.

### **2.11.1 Método Detallado.**

En las representaciones en **método detallado**, suele mostrarse en *detalle la sección del alambre*, por lo que este método es muy empleado cuando se quiere dar especial relevancia a las características del material a emplear para fabricar el

resorte y debe ser incluida en el plano, como por ejemplo su sección (cuadrada, rectangular, redonda) y las características dimensionales de este.

### 2.11.2 Método De Representación Esquemática.

Para el caso del **método de representación esquemática**, el resorte se muestra en trazo simple, se omite la posibilidad de mostrar en el dibujo las características del alambre, es decir la sección transversal de la espira, aunque si se puede incluir detalles dimensionales al igual que en el método detallado.

### 2.11.3 Representación Simbólica General.

Es importante también mencionar que en algunos casos se emplea representación convencional, es decir, no se dibujan las vueltas o espiras y solamente se simboliza el resorte por medio de un paralelepípedo y diagonales.

Como complemento a esta representación simbólica se incluyen las especificaciones necesarias en forma de dimensiones o notas.

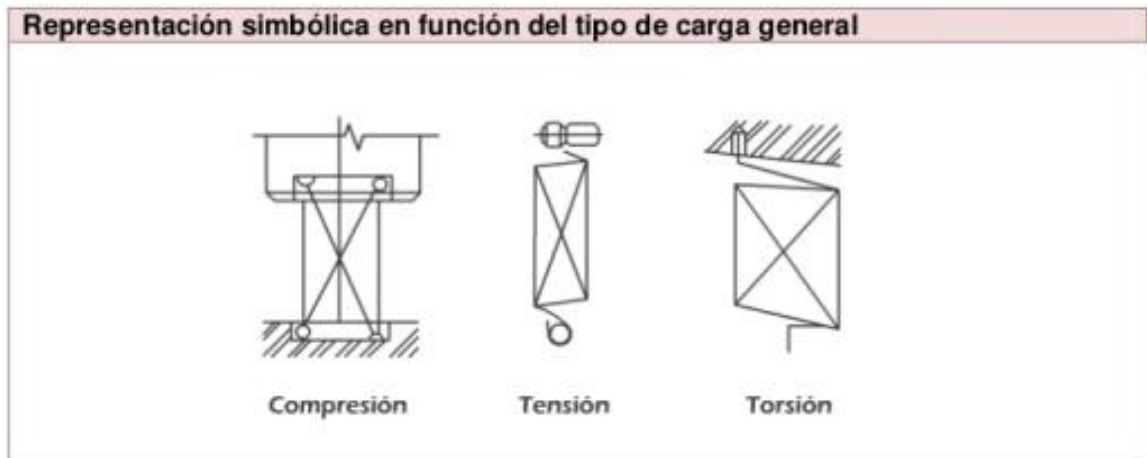
**Figura 32. Representación simbólica general.**



**Fuente:** Norma Técnica Colombiana

Para especificar más detalladamente los resortes y las aplicaciones de los métodos de representación, se muestran a continuación las diferentes formas de representar un resorte en dibujo técnico e ingenieril.

**Figura 33. Representación simbólica en función de la carga soportada.**



**Fuente:** Norma Técnica Colombiana

### 3 METODOLOGIA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS.

Para llevar a cabo esta tarea, con el propósito de que el estudiante le saque el máximo provecho al recorrido por el tema de resortes, se plantean cuatro actividades fundamentales que se deberán realizar de manera secuencial y muy responsablemente de su parte.

Estas actividades las designamos y describimos a continuación.

**Figura 34. Metodología a implementar para realizar la práctica.**



#### DOCUMENTACIÓN.

- Consulta previa de los documentos de referencia para contextualizarse con la práctica.
- Aclaración de dudas e interrogantes al respecto de la experiencia.



#### RECONOCIMIENTO.

- Observación e identificación de los elementos relacionados con la experiencia.
- Exploración de los elementos mecánicos y de medición, también la guía y plantilla de informes.



#### LECTURA DE DATOS.

- Medición de parámetros y características relevantes de los elementos para la respectiva identificación, clasificación y representación de los mismos.



#### DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES.

- Dar cumplimiento con las actividades propuestas en la plantilla de informes.
- Realizar las tareas extraclase y la respectiva socialización de la práctica.

### 3.1 ETAPA 1. DOCUMENTACIÓN.

La documentación de la experiencia relacionada se basa en dos manuales conceptuales, los cuales se constituyen de conceptos y características de fabricación y aplicaciones relevantes acerca de los resortes, una recopilación de información importante como son la representación gráfica, dibujos de detalle y taller de los diferentes tipos.

La guía procedimental contendrá información acerca de la metodología que regirá el desarrollo de la práctica, esta plantilla estará constituida por: objetivos, breve resumen o fundamentación teórica, normativa, tipos y ejemplos acerca de dibujos de resortes; procedimiento de ejecución de la práctica y listado de instrumentos necesarios para el desarrollo de la misma.

Figura 35. Manuales relacionados con la experiencia.



## **3.2 ETAPA 2. RECONOCIMIENTO.**

Esta etapa será el primer contacto físico del estudiante con la experiencia y está constituida por dos fases:

### **3.2.1 Reconocimiento del Panel:**

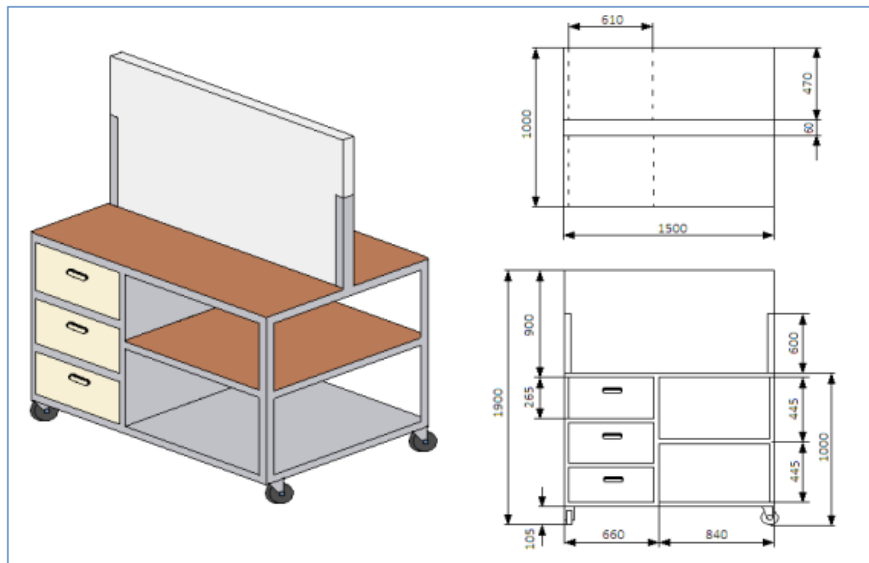
El panel permitirá al estudiante visualizar los elementos que constituyen la práctica. Mediante un dibujo ilustrativo que contempla un conjunto o elemento mecánico del tema concerniente y que muestre la importancia y aplicabilidad que puede tener el elemento, se mantendrá al aprendiz centrado y motivado durante el desarrollo de la práctica.

Es claro que el diseño de este panel está basado en el prototipo ya construido por los compañeros ALVARO JAVIER DURAN MARTINEZ y HERNAN DARIO MORA JAIMES en donde se ha tenido en cuenta la ergonomía y materiales óptimos para su desempeño, además de que se mantiene la uniformidad en todo el laboratorio. Ver **Figura 31**.

### **3.2.2 Reconocimiento de los elementos mecánicos y de los instrumentos de medición:**

En esta fase el estudiante tendrá contacto con los elementos mecánicos constitutivos de la experiencia y los instrumentos que utilizará para la medición de los parámetros necesarios para dar correcto cumplimiento a la plantilla de informes. Para la correcta manipulación de los elementos de medición, que serán el calibrador vernier y reglilla metálica, al estudiante se le suministrará la información necesaria y además el auxiliar o laboratorista hará una pequeña charla en la que explicará el uso de los mencionados instrumentos.

**Figura 36. Plano del Banco de prácticas.**



### **3.3 ETAPA 3. LECTURA DE DATOS.**

En esta etapa el aprendiz hará la medición y lectura de los parámetros geométricos relevantes y necesarios para identificar, caracterizar y representar cada resorte. Para ello, utilizará los instrumentos apropiados como los son el calibrador vernier y la reglilla metálica y su manipulación estará orientada previamente.




**Figura 37. Instrumentos de medición.**



### 3.4 ETAPA 4. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES.

Aquí se dará cumplimiento con las actividades propuestas en la plantilla de informes como lo es la consignación de datos, y bosquejos del elemento concerniente. La plantilla requerirá información detallada de cada resorte y le pedirá al aprendiz que realice una clasificación de los elementos estudiados en la práctica.

Figura 38. Primera página de la plantilla de informes.

				<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
				<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>7</b>	<b>PLANTILLA DE INFORMES</b>	Fecha:			
Nombre:		Código:			
<ul style="list-style-type: none"><li>• Clasifique el grupo de resortes seleccionados por el auxiliar para la práctica de acuerdo a los diferentes puntos de vista mencionados en la referencia teórica.</li></ul>					
[Grid area for student response]					
<ul style="list-style-type: none"><li>• De los resortes clasificados en el punto anterior, nombre y defina sus parámetros geométricos fundamentales.</li></ul>					
[Grid area for student response]					

## **4 PRUEBA PILOTO DE LA EXPERIENCIA PROPUESTA EN EL TEMA DE RESORTES PARA LA ASIGNATURA DE DISEÑO GRÁFICO.**

Dada la dirección y el propósito de este trabajo de grado, esta etapa busca medir su aplicabilidad y evaluar significativamente el alcance y la aceptación por parte de algunos de los beneficiarios finales, los cuales son los estudiantes de la asignatura de Diseño Gráfico. Para ello se da cumplimiento con una práctica piloto, con cuatro de ellos, habiendo seguido los lineamientos establecidos para la misma.

### **4.1 OBJETIVOS DE LA PRUEBA.**

- Validación de la metodología implementada para la práctica.
- Verificación de la pedagogía utilizada en los manuales conceptuales.
- Revisión del alcance establecido para la prueba.
- Verificación del tiempo máximo establecido para el desarrollo de la misma.

### **4.2 ESTUDIANTES SELECCIONADOS.**

Como se mencionó anteriormente, se dispuso de cuatro estudiantes matriculados en la asignatura Diseño Gráfico, escogidos al azar por el autor del trabajo de grado.

Ellos son:

- Harold Abeiro Molina Gómez, con Cód. 2130461.
- Diego Agredo, con Cód. 2132195.
- Kevin Yesid Arciniegas Hernández, con Cód. 2130462.
- Andrés Felipe Corredor, con Cód. 2132182.

Los estudiantes fueron tomados cerca de las 2:20 pm y se dispuso de su colaboración hasta alrededor de las 4:00 pm del mismo día.

### **4.3 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.**

Siguiendo el lineamiento establecido para las prácticas del tema de resortes se da inicio a la misma, adoptando la metodología dispuesta y que se describe a continuación.

**Figura 39. Metodología utilizada en la experiencia de resortes.**



**ETAPA 1. DOCUMENTACIÓN:**

Se desea, para el bien de la experiencia, que los estudiantes hayan acudido al material académico dispuesto para afrontar la práctica. Ellos lo afirman.



**ETAPA 2. RECONOCIMIENTO:**

Se brindan los elementos constitutivos y necesarios para lograr el alcance dispuesto para la experiencia. Banco de Prácticas, Elementos Mecánicos, Guías y Plantillas de informes.



**ETAPA 3. LECTURA DE DATOS:**

Se verifica que los aprendices saquen el mayor provecho de los instrumentos de medición establecidos para la práctica.



**ETAPA 4. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES:**

Se hace entrega de la plantilla de informes y se explica de manera global lo requerido. Se plantean las actividades extraclase relacionadas.

Para dar constancia de las actividades realizadas, a continuación se muestra un registro fotográfico de todo lo relacionado con la experiencia.

### 4.3.1 DOCUMENTACIÓN.

Como se hizo notar en el capítulo anterior, se brinda a los estudiantes la posibilidad de estudiar de dos manuales relacionados con el tema de resortes.

Para verificar que se cumpla la etapa de documentación se propone la realización de un parcial – quiz, en el cual se indaga a los estudiantes con preguntas acordes con los temas a tratar en la experiencia.

Figura 40. Exámen propuesto en el tema.

10  
23  
18  
23

$C = \frac{d^3}{8D} \times 0.0 \rightarrow C = 2.5$

**EXAMEN\_2 – ENGRANES, RESORTES Y TORNILLOS**  $C = 2.5$


Nombre: Diego Agredo Código: 2132195 Fecha: 16/12/14

1. Señale la opción que NO pertenece a un RESORTE. Los resortes sirven para... (2 pts)





a) Almacenar energía  
b) Motorizar mecanismos  $\rightarrow$  No  
c) Transmitir potencia mecánica  
d) Absorber vibraciones

PORQUE...? (3 pts)

el resorte almacena y libera energía en un solo plano no es útil para motorizar alguna máquina  
**FALSO**



2. Escriba enseguida del interrogante el tipo de resorte correspondiente a la clasificación planteada (2 pts/ Rpta)

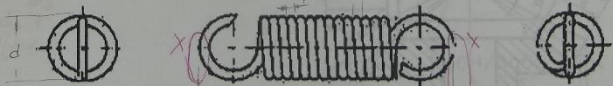
Tipo de carga			
? Compresión	? Tracción	? <del>Tracción</del>	? Torsión
			

3. Señale la opción que NO es un MATERIAL utilizado para fabricar RESORTES... (2 pts)

a) Aceros con alto contenido de carbono  $\rightarrow$  No PORQUE...? (3 pts)  
b) Aceros Inoxidables  
c) Aleaciones a base de cobre  
d) Aleaciones a base de aluminio

PORQUE...? (3 pts)  
acero con alto cobre disminuye demasiado su rigidez y al recibir energía se deforma demasiado muy fácilmente

4. Señale y escriba TODOS los parámetros Geométricos que se necesitan para representar de forma correcta el RESORTE mostrado en la figura adjunta ....(10 pts)



$L =$  longitud Cual?  
 $d =$  Diametro Cual?  
 $P =$  Paso = en este caso igual al diametro del alambre del resorte

DISEÑO GRAFICO - EIM Rijames 2014

### 4.3.2 RECONOCIMIENTO.

En la siguiente imagen se observa a dos de los estudiantes haciendo reconocimiento del material dispuesto para la práctica.

**Figura 41. Reconocimiento del material.**



### 4.3.3 LECTURA DE DATOS.

En esta etapa se verificó que los estudiantes utilizan los instrumentos de medición de manera apropiada y eficaz.

**Figura 42. Estudiante midiendo parámetros importantes.**



En la **Figura 42** se muestra uno de los cuatro estudiantes realizando la medición de una longitud con el calibrador vernier.

**Figura 43. Estudiante utilizando de manera correcta el instrumento.**



En la **Figura 43** podemos observar a uno de los estudiantes realizando una medida de diámetro interior en uno de los resortes de torsión, como vemos lo hace de una manera correcta.

Así mismo todos los estudiantes estuvieron bien preparados para utilizar los instrumentos proporcionados para dar cumplimiento a las tareas establecidas.

#### 4.3.4 DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES.

A continuación se mostrará el registro de los estudiantes realizando las actividades programadas en la plantilla de informes.

Cabe anotar que la actividad la desarrollaron con gran interés y motivación.

**Figura 44. Estudiantes desarrollando las actividades propuestas.**



En la **Figura 44**, se observa a dos de los estudiantes desarrollando las actividades, una vez han realizado el reconocimiento del material y algunas ocasiones lo hacen de manera simultánea a la operación de lectura de datos.

**Figura 45. Los cuatro estudiantes en actividad.**



En la **Figura 45** podemos observar a los cuatro estudiantes dándole cumplimiento a las actividades solicitadas en la plantilla de informes. Junto a esto, se hizo el requerimiento de uno de los ejercicios de la

#### **4.3.5 Verificación del tiempo máximo establecido para el desarrollo de la práctica.**

El tiempo que se registró en la práctica fue el siguiente:

<b>Práctica Desarrollada</b>	<b>Tiempo de Ejecución.</b>
Resortes	115 [min]

En la tabla anterior observamos el tiempo de duración de la experiencia relacionada, el cual, como se observa, es de 115 minutos, tiempo que se acopla al establecido para el tiempo de duración de las tareas de Laboratorio en la asignatura de Diseño Gráfico.

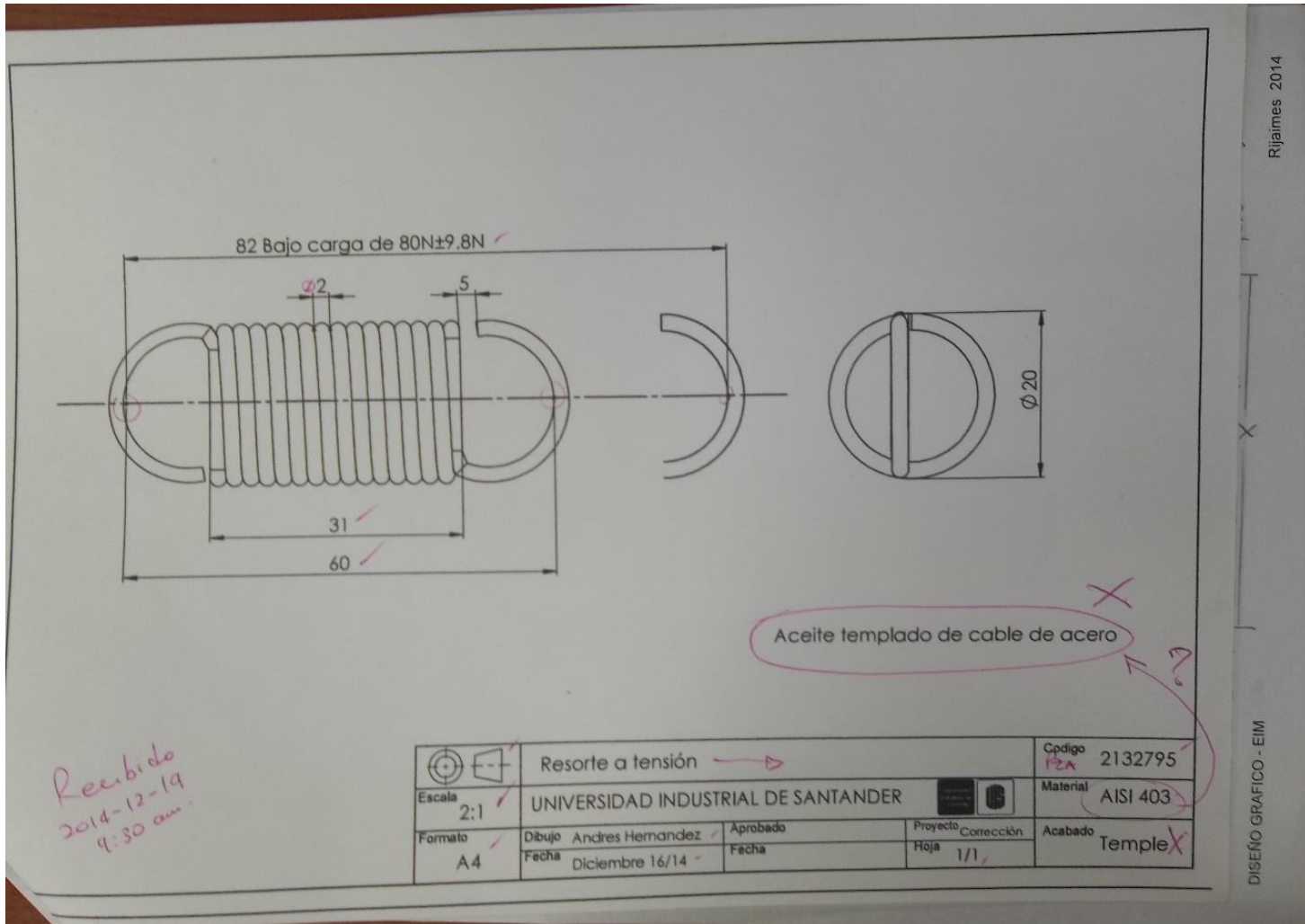
Con el seguimiento de la metodología implementada y la realización exitosa de todas las actividades propuestas, se demuestra que el proceso pedagógico implementado en las prácticas resulta ser apropiado, evidenciándose que los estudiantes tienen la posibilidad de aplicar los conocimientos adquiridos en el salón de clases y además pueden recibir nuevos conocimientos en el aula del laboratorio con la herramienta de aprendizaje facilitada.

Dándole cumplimiento a uno de los objetivos propuestos, se suple la necesidad de incluir todo el registro documental y todas las ayudas pedagógicas en una página web, en la cual se registra el contenido bibliográfico referente a la experiencia de resortes. Esta página tiene la posibilidad de enlace con la plataforma moodle utilizada con regularidad en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

Además, se dispone de una variedad de Planos en formato CAD para que el estudiante tenga una guía de referencia a la hora de realizar una de las actividades extraclase dispuesta en la plantilla de informes, la que consiste en elaborar un plano bajo la normatividad establecida de uno de los elementos mecánicos del muestrario de resortes.

A continuación observamos un plano elaborado por uno de los estudiantes, **Figura 46.**

Figura 46. Plano de taller elaborado por un estudiante.



## 5 HERRAMIENTA DE DISEÑO INTEGRAL.

Como parte apreciable del presente proyecto de grado, se constituye la elaboración del diseño procedimental, calculista y gráfico de los resortes. Con esto se logra la construcción de un procedimiento metódico de diseño, con el que se pretende aminorar los tiempos de trabajo en cálculos y brindar una plantilla muy descriptiva y pedagógica del diseño desarrollado.

La tarea del cálculo de resortes se ha descrito por completo en uno de los manuales teóricos del presente proyecto (Manual Práctico de Resortes: Aplicaciones, Diseño y Representación), plasmando todas las herramientas necesarias para ello en los ejemplos desarrollados en los manuales de prácticas.

Por otro lado, para lograr una plantilla de diseño procedimental y calculista, se hace uso de una herramienta informática bastante práctica y utilitaria a la hora del diseño en la ingeniería, como lo es el programa EES. Además, cabe destacar que su utilización es casi una conducta general en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, la cual proporciona la licencia de funcionamiento a todos sus miembros. Con ello, se pretende lograr suministrar una plantilla de diseño bastante didáctica para el uso de todos los estudiantes, brindando la posibilidad de evaluar de manera simultánea los parámetros que intervienen a la hora de diseñar resortes.

A continuación se presentan dos ejemplos donde se hace uso de “la plantilla de diseño en EES” y luego se procede al resultado gráfico de este, destacando que en el segundo caso se llega hasta el prototipo del resultado obtenido.

El detalle algorítmico de todo el procedimiento para el cálculo de los resortes elaborado en el programa EES se plasma en el último de los anexos del Trabajo de Grado.



Figura 48. Ejemplo de cálculo para un resorte de suspensión.

EES Professional: C:\Users\SONY\OneDrive\Documentos\ees\_proy\resorte.EES - [Equations Windo... - □ ×

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help Examples

"Se cuenta con camionetas de capacidad de carga de 750 [kgf], por motivos de logística se requiere que estas puedan cargar 1000 [kgf]. El terreno por el cual se moverán con un paso aproximado entre piedras de 15 [cm]. La velocidad del vehículo se estima en 60 [km/h] y el impacto en cada piedra genera un incremento de la carga en un 20 %. Se desea reacondicionar los resortes de la amortiguación para que estos cumplan la función. Las camionetas pesan 1.2 [tonf]"

"Datos"

"Al considerar la existencia de dos resortes, se dividirá la fuerza solicitante a la mitad"

"Fuerza debido a la carga"

$$F_c = 4905$$

"Fuerza debida al peso de la camioneta"

$$F_w = 5886$$

"Fuerza inicial"

$$F_i = F_c + F_w$$

"Fuerza de impacto"

$$F_{imp} = 1.2 * F_i$$

"Material del resorte: Acero AISI 5160"

$$\sigma_{ut} = 1700$$

$$\sigma_y = 0.6 * \sigma_{ut}$$

$$G = 76000$$

$$E = 207000$$

$$\tau_u = 0.67 * \sigma_{ut}$$

"Velocidad"

$$Vel = 60$$

"paso=15"

"frecuencia de variación de la carga"

$$f_{rc} = Vel / paso$$

"Determinar las fuerzas alternantes y medias si es el caso de fatiga."

$$F_{m\acute{a}x} = F_{imp}$$

$$F_{m\acute{i}n} = F_i$$

"Fuerza alternante"

$$F_a = (F_{m\acute{a}x} - F_{m\acute{i}n}) / 2$$

"Fuerza media"

$$F_m = (F_{m\acute{a}x} + F_{m\acute{i}n}) / 2$$

"Tener en cuenta el índice del resorte"

$$C = 7$$

"Asumimos un diámetro de espira desp=16 [mm]"

$$d_{esp} = 16$$

$$D_{res} = C * d_{esp}$$

"Calculamos diámetros interior y exterior del resorte"

$$D_{ext} = D_{res} + d_{esp}$$

X | Line: 8 Char: 27 | Wrap: On | Insert | Caps Lock: On | SI C kPa kJ mass deg | Warnings: On | Unit Chk: On | Complex: Off

**Figura 49. Segunda parte del ejercicio desarrollado**

The screenshot shows the EES Professional software window with the following content:

```

"l_rc=ve/paso"

"Determinar las fuerzas alternantes y medias si es el caso de fatiga."
F_máx=F_imp
F_mín=F_i
"Fuerza alternante"
F_a=(F_máx-F_mín)/2
"Fuerza media"
F_m=(F_máx+F_mín)/2

"Tener en cuenta el índice del resorte"
C=7

"Asumimos un diámetro de espira desp=16 [mm]"
d_esp=16
D_res=C*d_esp

"Calculamos diámetros interior y exterior del resorte"
D_ext=D_res+d_esp
D_int=D_res-d_esp

"La tasa del resorte sería"
K_s=1+0.5/C

"Calcular las tensiones inicial y media y verificar si son inferiores a la resistencia del material"

"Tensión media del resorte"
Tau_m=K_s*(8*F_m*D_res)/(Pi*d_esp^3)
"Este valor se debe comparar con Tau_u y verificar que sea menor o igual a este que en este caso es"

"Si esto no se diera así se debe proponer soluciones como:"
"Aumentar el diámetro de las espiras, aumentar o disminuir el diámetro del resorte, redistribuir la carga o cambiar el elemento mecánico"
"Tensión inicial del resorte"
Tau_i=K_s*(8*F_i*D_res)/(Pi*d_esp^3)

"Cálculo del Factor de Wahl [Kw]"
K_w=(4*C-1)/(4*C-4)+0.615/C

"Cálculo de la Tensión alternante"
Tau_a=K_w*(8*F_a*D_res)/(Pi*d_esp^3)
"el esfuerzo alternante también se verifica contra las condiciones del resorte y observamos que es menor que Tau_u"

"Obtención de la resistencia a la fatiga del material"
"Se considera que la resistencia del material a la fatiga es del 30% de la resistencia última a la tracción"
Sigma_e=0.3*Sigma_ut
    
```

A continuación se muestran los resultados obtenidos, donde se consigue contextualizar y compactar un número grande de variables y por último obtenemos el diseño gráfico del mismo. A este tipo de resorte se le conoce en la industria como espiral de suspensión.

Figura 50. Resultados del cálculo elaborado

EES Professional: C:\Users\SONY\OneDrive\Documents\ees\_proy\resorte.EES - [Solution]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help Examples

Main


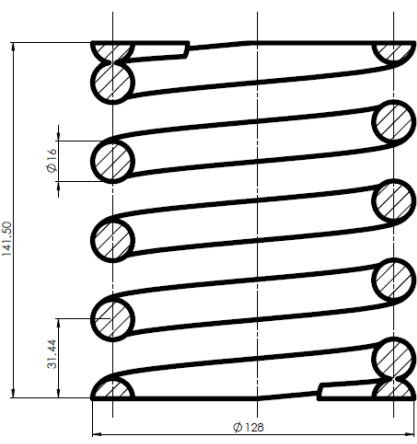
Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

$C = 7$	$d_{esp} = 16$ [mm]	$D_{ext} = 128$ [mm]	$D_{int} = 96$ [mm]
$D_{res} = 112$ [mm]	$E = 207000$ [MPa]	$\eta_{rel} = 1.205$	$\eta_s = 1.03$
$F = 2158$ [N]	$F_a = 1079$ [N]	$F_c = 4905$ [N]	$F_i = 10791$ [N]
$F_{imp} = 12949$ [N]	$F_m = 11870$ [N]	$F_{m\acute{a}x} = 12949$ [N]	$F_{min} = 10791$ [N]
$F_s = 13273$ [N]	$F_w = 5886$ [N]	$G = 76000$ [MPa]	$k = 215.8$ [N/mm]
$K_s = 1.071$	$K_w = 1.213$	$L_f = 141.5$ [mm]	$L_s = 80$ [mm]
$N_a = 2.053$	$N_e = 3$	$N_f = 5$	$\sigma_e = 510$ [MPa]
$\sigma_{es} = 527.6$ [MPa]	$\sigma_{ut} = 1700$ [MPa]	$\sigma_y = 1020$ [MPa]	$\tau_a = 91.13$ [MPa]
$\tau_i = 805.1$ [MPa]	$\tau_m = 885.6$ [MPa]	$\tau_s = 990.2$ [MPa]	$\tau_u = 1139$ [MPa]
$Vel = 60$ [km/h]	$y = 10$ [mm]	$y_i = 50$ [mm]	$y_s = 1.5$ [mm]
$y_{tot} = 61.5$ [mm]			

No unit problems were detected.

Calculation time = .0 sec.

Figura 51. Diseño Gráfico del resultado obtenido.

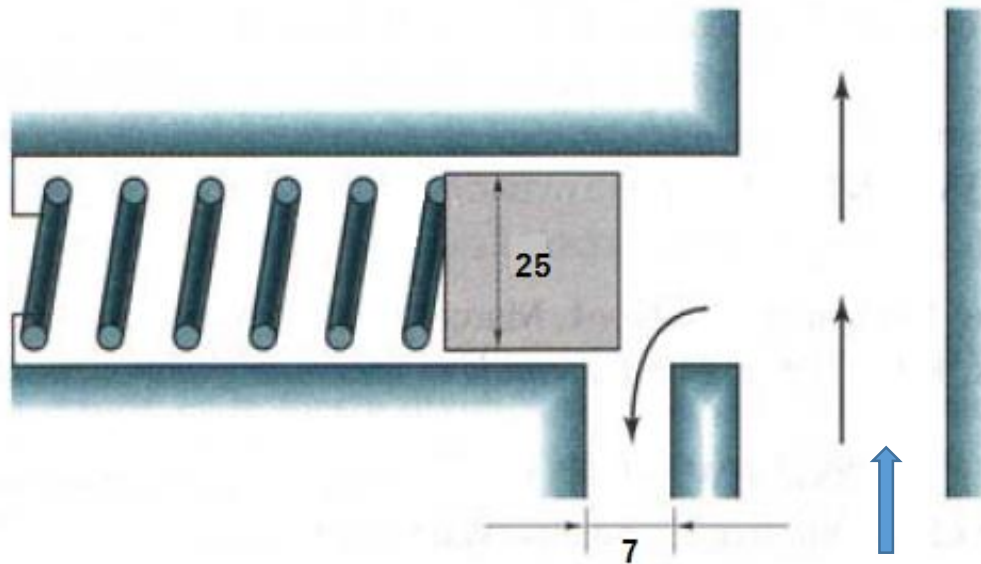
DATOS TÉCNICOS DEL RESORTE			
MATERIAL: ACERO AISI 5160			
Longitud Libre: 141.5 mm			
Espiras activas: 3			
Diámetro del hilo: 16 mm			
Diámetro exterior: 128 mm			
Diámetro interior: 96 mm			
Paso: 31.44 mm k: 215.8 N/mm			
Tipo de extremos: Escuadrados y esmerilados			
ESCALA:			ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
TÍTULO DEL DIBUJO			
DIBUJADO POR: CESAR DIAZ	FECHA DIBUJO		PIEZA N° 1
REVISADO POR:	FECHA REVISO		HOJA N° X/X
MEDIDAS EN: mm	MATERIAL: AISI 5560		PL N°: XX-XX-XX

## EJEMPLO 2. RESORTES PARA VÁLVULA.

Una válvula de escape tiene un diámetro de pistón de 25 mm y una longitud de abertura de 7 mm. El resorte tiene un diámetro medio de espira de 21.5 mm y diámetro de alambre  $d = 2.5$  mm, y sus extremos están escuadrados y rectificados. La válvula empieza a abrir a una presión de 1 bar y está totalmente abierta a una presión de 2 bares. En esta última posición el resorte se encuentra totalmente comprimido. Obtener:

- El número de espiras activas  $N_a$
- La longitud del resorte
- El esfuerzo cortante máximo al que se encuentra sometido.

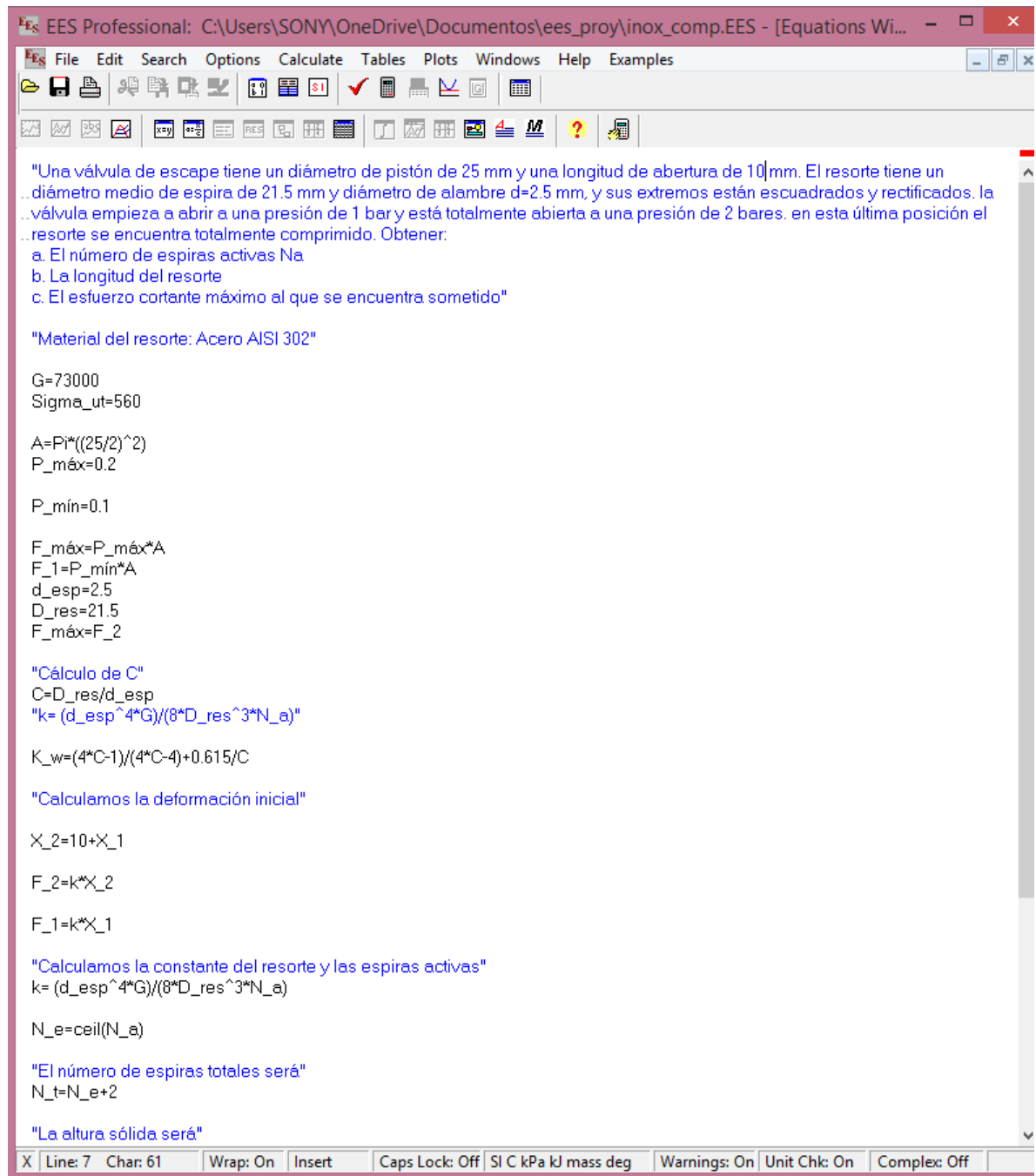
Figura 52. Válvula de escape.



Fuente: <http://www.directindustry.com/prod/metal-work/quick-release-exhaust-valves-pneumatic-594-941911.html>

Se plantea la solución para un resorte helicoidal de compresión construido en Acero Inoxidable debido a la naturaleza de los fluidos de trabajo en contacto con el cuerpo de la válvula.

**Figura 53. Segundo ejercicio propuesto para desarrollo en EES**



A continuación se presentan los resultados obtenidos, tanto paramétricos como el diseño gráfico de la muestra obtenida.

Figura 554. Resultados obtenidos para el segundo ejercicio

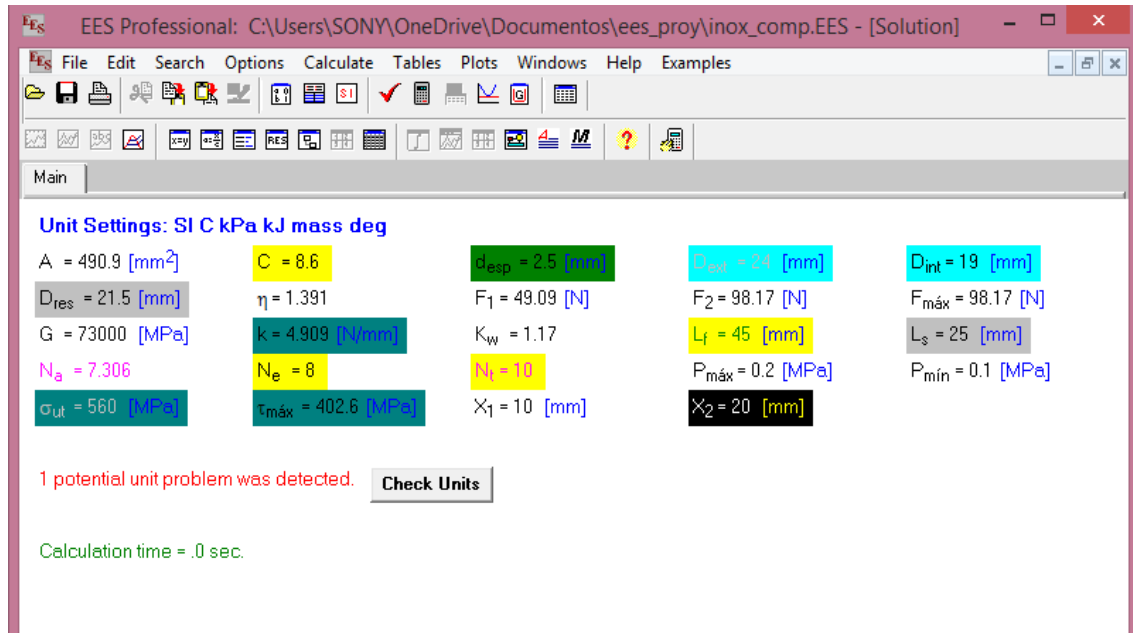
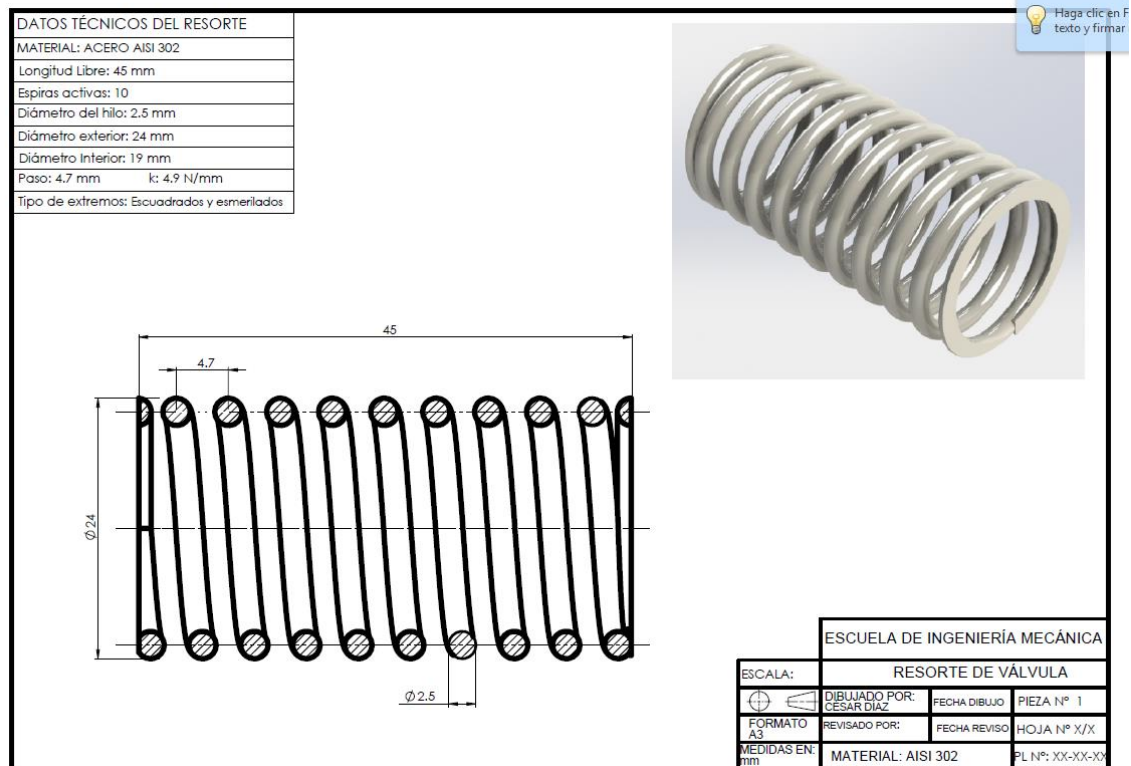


Figura 545. Diseño gráfico del resorte para válvulas



## **6 CONCLUSIONES.**

Finalmente, logrando el alcance esperado con la práctica de laboratorio, se cumple con los objetivos establecidos para el Trabajo de Grado, de concebir una herramienta de aprendizaje en el área de resortes para la asignatura de Diseño Gráfico de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Con el material bibliográfico utilizado y las demás herramientas pedagógicas implementadas, se logra crear en el estudiante la motivación adecuada para un correcto aprendizaje en el tema de Resortes.

Con el desarrollo e implementación de la plantilla para el diseño de resortes elaborada con el programa EES, se consigue hacer más simple, práctico y dinámico este proceso, logrando llevar el diseño a tareas rápidas como establecer parámetros, proseguir con el diseño gráfico y por último elaborar el prototipo.

Se observó que los estudiantes presentan gran estimulación al estar en contacto con elementos de máquinas reales y al cuestionar su imaginación sobre los usos, aplicación y relevancia de tales elementos.

## **7 RECOMENDACIONES**

Para lograr un adecuado proceso de aprendizaje en la práctica de laboratorio, se hace indispensable verificar la asimilación del material conceptual por parte de los estudiantes. Con la aplicación del quiz – examen se logra que los estudiantes vayan preparados y motivados a la realización de la experiencia en el tema de resortes.

Dada la naturaleza de la actividad principal, la cual constituye una práctica de laboratorio, se hace indispensable la presencia de un auxiliar de prácticas competente, el cual guíe a los estudiantes durante todo el recorrido de la actividad y esté presto a solucionar cualquier cuestión que presenten.

Se recomienda que se cree el espacio adecuado para la realización del Laboratorio de la asignatura Diseño Gráfico en la Universidad Industrial de Santander, debido a que se convertiría en un ambiente óptimo para la generación de conocimiento con realización de las prácticas de Laboratorio, contribuyendo con esto al crecimiento académico y técnico de los estudiantes.

Se hace indispensable terminar con el proceso de concepción de la totalidad de las prácticas establecidas para el Laboratorio de la asignatura Diseño Gráfico, y comenzar su ejecución en el menor tiempo posible.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ASM HANDBOOK. *Failure Analysis and Prevention* 9th ed, vol 11, Metals Park (OH, USA): ASTM International 1992.

ASM HANDBOOK. *Failure Analysis and Prevention*, vol 11, Metals Park (OH, USA): ASTM International 2002.

BERTOLINE, Gary R. *Dibujo en Ingeniería y Comunicación Gráfica*. 2° Ed. McGraw-Hill, 1999.

Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid; *Diseño Mecánico*. 4to Curso de Ingeniería Industrial.

DURÁN MARTÍNEZ, Álvaro Javier; MORA JAIMES Hernán Darío. *DISEÑO PARA EL MONTAJE Y DESARROLLO DEL LABORATORIO DE DISEÑO GRÁFICO EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*. Bucaramanga 2011. Trabajo de Grado (Ingeniería Mecánica) Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica.

FRENCH, THOMAS Ewing. *Dibujo de Ingeniería y Tecnología Gráfica*. México: McGraw-Hill, 1989.

HAMROCK Bernard J. *Elementos de Máquinas* 1° Ed. McGraw-Hill, 2001.

INSTITUTO COLOMBIANO DE CERTIFICACIÓN Y NORMAS TÉCNICAS.  
Documentación Técnica de Productos, Resortes parte 1. Representación  
simplificada. ICONTEC, 1996. (NTC 1833)

MARTÍNEZ LÓPEZ, Enrique; Cálculo de Resortes Helicoidales de Compresión.  
Universidad Politécnica de Cartagena. Director, RIPOL CAMUS, JORGE,  
departamento de Ingeniería Mecánica. Mayo de 2013

MOTT, Robert L. Diseño de Elementos de Máquinas. 4° Ed. México: Pearson  
Education, 2006

SHIGLEY, Joseph Edward; MISCHKE, Charles R. Diseño en Ingeniería Mecánica.  
6° Ed. México: McGraw-Hill, 2002.