

Serie Tecnología y diseño de ingeniería

Introducción a las aplicaciones de análisis de tensión con SolidWorks Simulation, Guía del instructor



Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 300 Baker Avenue Concord, Massachusetts 01742 EE. UU. Teléfono: +1-800-693-9000 Fuera de EE. UU.: +1-978-371-5011 Fax: +1-978-371-7303 Correo electrónico: info@solidworks.com Web: http://www.solidworks.com/education © 1995-2010, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, una empresa de Dassault Systèmes S.A., 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts 01742 EE. UU. Reservados todos los derechos.

La información y el software especificados en este documento están sujetos a cambio sin previo aviso y no son responsabilidad de Dassault Systèmes SolidWorks Corporation (DS SolidWorks).

No se puede reproducir ni transmitir ningún material en ninguna forma ni a través de ningún medio, electrónico o manual, con ningún propósito sin el consentimiento expreso por escrito de DS SolidWorks.

El software descrito en este documento se proporciona con una licencia y se puede usar o copiar únicamente según los términos de la licencia. Todas las garantías ofrecidas por DS SolidWorks con respecto al software y a la documentación se establecen en el contrato de licencia y nada de lo que establezca o implique este documento o su contenido se considerará o estimará como una modificación o enmienda de las condiciones, incluidas las garantías, de dicho contrato de licencia.

Avisos de patentes

El software CAD mecánico en 3D SolidWorks® está protegido por las patentes de EE. UU. 5.815.154; 6.219.049; 6.219.055; 6.611.725; 6.844.877; 6.898.560; 6.906.712; 7.079.990; 7.477.262; 7.558.705; 7.571.079; 7.590.497; 7.643.027; 7.672.822; 7.688.318; 7.694.238 y 7.853.940, y por las patentes de otros países (por ejemplo, EP 1.116.190 y JP 3.517.643).

El software eDrawings® está protegido por las patentes de EE. UU. 7.184.044 y 7.502.027 y por la patente canadiense 2.318.706.

Patentes en EE. UU. y en otros países pendientes de aprobación.

Marcas comerciales y nombres de productos para los productos y servicios SolidWorks

SolidWorks, 3D PartStream.NET, 3D ContentCentral, SolidWorks eDrawings y el logotipo de SolidWorks eDrawings son marcas comerciales registradas y FeatureManager es una marca comercial registrada conjunta de DS SolidWorks.

CircuitWorks, Feature Palette, FloXpress, PhotoWorks, TolAnalyst y XchangeWorks son marcas comerciales de DS SolidWorks.

FeatureWorks es una marca comercial registrada de Geometric Software Solutions Ltd.

SolidWorks 2011, SolidWorks Enterprise PDM, SolidWorks Simulation, SolidWorks Flow Simulation y eDrawings Professional son nombres de productos de DS SolidWorks.

Otras marcas o nombres de productos son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de sus respectivos propietarios.

SOFTWARE COMERCIAL INFORMÁTICO - PATENTADO

Derechos restringidos del gobierno de Estados Unidos El uso, la duplicación o la divulgación por parte del gobierno está sujeta a las restricciones establecidas en FAR 52.227-19 (Software informático comercial - Derechos restringidos), DFARS 252.227-7202 (Software informático comercial y Documentación de software informático comercial) y en este Acuerdo, según corresponda.

Contratante/Fabricante:

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts 01742, EE. UU.

Avisos de copyright para los productos SolidWorks Standard, Premium, Professional y Education

Partes de este software © 1986-2010 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Reservados todos los derechos.

Partes de este software $\ensuremath{\mathbb{C}}$ 1986-2010 Siemens Industry Software Limited. Reservados todos los derechos.

Partes de este software © 1998-2010 Geometric Ltd.

Partes de este software © 1996-2010 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Partes de este software incorporan PhysX[™] by NVIDIA 2006 - 2010.

Partes de este software @ 2001 - 2010 Luxology, Inc. Reservados todos los derechos, patentes pendientes.

Partes de este software © 2007 - 2010 DriveWorks Ltd.

Copyright 1984-2010 Adobe Systems Inc. y sus concedentes de licencias. Reservados todos los derechos. Protegido por las patentes estadounidenses 5.929.866; 5.943.063; 6.289.364; 6.563.502; 6.639.593; 6.754.382; patentes pendientes.

Adobe, el logotipo de Adobe, Acrobat, el logotipo de Adobe PDF, Distiller y Reader son marcas comerciales registradas o marcas comerciales de Adobe Systems Inc. en los Estados Unidos y en otros países.

Para obtener más información acerca del copyright, consulte Ayuda > Acerca de SolidWorks.

Avisos de copyright para los productos de SolidWorks Simulation

Partes de este software © 2008 Solversoft Corporation. PCGLSS © 1992-2007 Computational Applications and System Integration, Inc. Reservados todos los derechos.

Avisos de copyright para el producto Enterprise PDM

Outside In® Viewer Technology, © Copyright 1992-2010, Oracle © Copyright 1995-2010, Oracle. Reservados todos los derechos. Partes de este software © 1996-2010 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Avisos de copyright para los productos de eDrawings

Partes de este software © 2000-2010 Tech Soft 3D.

Partes de este software $\ensuremath{\mathbb{C}}$ 1995-1998 Jean-Loup Gailly and Mark Adler.

Partes de este software © 1998-2001 3Dconnexion.

Partes de este software © 1998-2010 Open Design Alliance. Reservados todos los derechos.

Partes de este software © 1995-2009 Spatial Corporation. Este software está basado en parte en el trabajo del Independent JPEG Group.

Para el instructor

Este documento presenta el paquete de software SolidWorks Simulation a los usuarios de SolidWorks. Los objetivos específicos de esta lección son:

- 1 Presentar los conceptos básicos del análisis estructural estático y sus beneficios.
- 2 Demostrar la sencillez de uso y el proceso conciso para realizar estos análisis.
- **3** Presentar las reglas básicas de los análisis estáticos y cómo obtener resultados fiables y precisos.

Este documento tiene una estructura similar a las lecciones de la Guía del instructor de SolidWorks. Esta lección tiene sus páginas correspondientes en el *Cuaderno de trabajo del estudiante de SolidWorks Simulation*.

Nota: Esta lección no pretende enseñar todas las capacidades de SolidWorks Simulation. Sólo intenta presentar los conceptos y reglas básicos para realizar los análisis estáticos lineales de rendimiento y mostrar la sencillez de uso y el proceso conciso para llevarlos a cabo.

DVD Education Edition Curriculum and Courseware

Se incluye el DVD Education Edition Curriculum and Courseware con este curso.

Al instalar el DVD se crea una carpeta denominada SolidWorks Curriculum_and_Courseware_2010. Esta carpeta contiene directorios para este curso y varios otros.

El material del curso para los estudiantes también se puede descargar desde SolidWorks. Haga clic en la pestaña SolidWorks Resources (Recursos de SolidWorks) en el panel Task (Tareas) y, a continuación, seleccione Student Curriculum (Plan de estudios).

Haga doble clic en el curso que le gustaría descargar. Pulse la tecla Ctrl y seleccione el curso para descargar un archivo .zip. El archivo Lessons (Lecciones) contiene las partes necesarias para completar las lecciones. La Guía del estudiante contiene el archivo .pdf del curso.



El material del curso para profesores también se puede descargar del sitio web de SolidWorks. Haga clic en la pestaña SolidWorks Resources (Recursos de SolidWorks) en el panel Task (Tareas) y, a continuación, seleccione Instructors Curriculum (Plan de estudios del profesor). Esto le llevará a la página Educator Resources (Recursos del profesor) mostrada a continuación.

									_				_	
						US	8. CANA	DA 🚺	• • 8	800-69	93-90	00 😧	f	3 in
ODUCTS INDUSTRIES	HOW TO BUY SUP	PORT COMMUNITY RES	OURCE CE	NTER	W	HY SO	LIDW	ORKS	?					
Subscription Services	Home > Support >	Learning Resources > Educator	Resource	*										
Technical Support	Educator	tesources*												
Downloads	Educator reference assessments, Th	ces including lesson plans, Po lese materials are provided i	owerPoint	prese	n of p	ons, s roiect	tuder -base	nt goa ed an	als, vo d top	ocabu ic-bas	lary, a ed fo	and st rmats	tuden	t
earning Resources	Note: These Edu	cator Resources are for Solid	Works 20	010. F	or Sol	idWoi	ks 20	009 re	esour	ces, c	lick h	ere.		
kiele														
Administration Guides	100	EDU Curriculum Introductio	on (2010	e liete										
API Examples*	1	Description	Type		EPA	DEU	ITA	ECD	IDN	CUE	СШТ	отв	CV/E	KOR
Tech Tips*		Curriculum introduction	- Typ	X	-	-	-	EOP .	JPN	-	-	-	-	-
Educator Resources*	L BURNING	Resources	-	x	-		2	-	-	2		-		-
raining			_											
ertification		SolidWorks Teacher Guide	(2010)											
ystem Requirements		Includes lesson plans, pres	sentation	s, stu	dent g	oals,	voca	bulary	, and	asse	ssme	ints.		
olidWorks Forums		Description	Type I	ENG F	RA D	EU IT	AN	DR ES	SP JP	N CH	S CH	T PTI	B SVE	Е КО
		Student SolidWorks files		(× -	× -	×	×	-	×	×	-	×	-
6		Teacher SolidWorks files	- 🧕 🔉	(-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-
tomer Portal *		Instructor guide	2	(X	x	x	x	х	x	х	х	х	x	×
bscription Service quired for full access		Instructor Presentation	Q :	(X	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	х	Х	х
		Sustainability Project (20	10)											
		Description	Тур	e ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
		Project workbook	1	x	x	x	-	x	x	x	-	-	-	-
		SolidWorks files	2	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Presentation	4	X	X	X	X	X	X	X		X	21	X
	(a him to a to a			2040									
	2 belongs for turbes designed lighted	SolidWorks® Simulation E	ducator G	uide (2010)								
		An introduction to the princ	iples of a	nalysi ENG	EP A	ng Sol	ITA	rks Si	imula 10N	tion.	CHT	DTR	SV/E	KOR
		Student workbook		Y	X	X	Y	V	Y	CIID	Y	Y	JUL	
	arr 6		~	0			~	~	~	x	~	~		
		Examples		x	-	-	-	-	-	×	6	-	-	
		Examples Instructor guide SolidWorks® Flow Simulat An introduction to the princ	ion Educa	X X ator G	X uide (x 2010] alysis	x using	x x Soli	x dwork	X X X	x x	x ulatio	in.	
		Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook	ion Educa	X X ator G luid fl e ENG X	× uide (ow an FRA	2010 alysis DEU	using ITA	Soli ESP	x X JPN X	X X cs Flov CHS	v Sim CHT	x ulatio PTB	n. SVE	- - KOR
		Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation	ion Educa	x x luid fli e ENG x x	vide (ow an FRA	X 2010) alysis DEU -	using	Solid Solid ESP	- X dwork JPN X X	x x cs Flor CHS	v Sim CHT	x ulatio PTB	n. SVE	- KOR
		Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide	ion Educa tiples of f Typ 2 3 9	x x luid fli e ENG x x x x	- x uide (ow an FRA - -	2010) alysis DEU -	x using ITA	Solii ESP	- X JPN X X X X	X X CHS - -	× Sim CHT - -	x ulatio PTB -	n. SVE	KOR
		Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files	ion Educa	X X Attor G luid fli e ENG X X X X X	- wide (ow an FRA - - -	- X 2010] alysis DEU - - -	x using ITA -	Soli ESP - -	× x JPN X X X X	X X CHS - -	v Sim CHT - -	x ulatio PTB - -	- - - - -	KOR
	3	Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Notion Educa	ion Educa iples of f Typ 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	X X Autor G Luid fl X X X X X X X X X X	- X uuide (ow an - - - - - - - - - - - 0)	- X 2010) alysis DEU - -	x using ITA	Soli Soli ESP	x dwork JPN X X X	X X CHS - -	v Sim CHT	x ulatio PTB - -	n. SVE	KOR
		Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat	ion Educa iples of f Typ i i i i i i i i i i i i i i i i i i i	x x ator G luid fl x x x x x x x x x x x x	x uide (ow an FRA - - - - - 0)	X 2010) alysis DEU - -	x using ITA	Soli ESP - -	x dwork JPN X X X -	X X CHS - - -	v Sim CHT - -	x ulatio PTB - -	n. SVE	KOR
		Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description	ion Educa iples of f Typ 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	x x htor G luid fl x x x x x x x x x x x x	- x uide (ow an : FRA - - - - - - - 0) theo FRA	X 2010) alysis DEU - - - - - - - - - - - - -	x using ITA -	Solii Solii ESP - - - - - - - - - - - - -	A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	X X X CHS - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	v Sim CHT - - - - CHT	X x PTB - - - - PTB	sve	KOR
		Examples Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Evamples	ion Education Ed	x x stor G luid fl. x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	- X uide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	X 2010) alysis DEU - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	x using ITA - -	Solii Solii ESP - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	x dwork JPN X X X X -	X X CHS - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	 × ×	x vulatio PTB - - - - - - - - - - -	sve	- KOR - - - - -
		Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Notion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide	ion Educa iples of f Typ ator Guida ics, incorr Typ Typ	x x ator G luid fli x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x uide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	X 2010 alysis DEU - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	using ITA - - - - - - -	 Soliii Soliii ESP - - - virtua ESP - -<td>A - X X - X JPN X X X - X JPN X X - X</td><td>X X CHS - - - - - - - - - - - - - - - - - - -</td><td>~ . X Sim снт - - - Снт - -</td><td>x ulatio PTB - - - - - - - - - - - - - - - - - - -</td><td>nn. SVE -</td><td>KOR</td>	A - X X - X JPN X X X - X JPN X X - X	X X CHS - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	~ . X Sim снт - - - Снт - -	x ulatio PTB - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	nn. SVE -	KOR
		Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide	ion Educa iples of f Typ ator Guid ides, incorp Typ to Guid ides, incorp	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x uide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	X 2010) alysis DEU - - - - - - Ny thri DEU X - X	using ITA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	Solii ESP - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	A work JPN X X X X JPN X X X	X X CHS - - - - - - X - X X	v Sim CHT - - - CHT -	X x PTB - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	sve	KOR
		Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide	ion Educa siples of f Typ 3 ator Guid- ics, Incorr Typ 3 ator Guid- ics, Incorr Typ 3 3 3 4 3 4 3 4 4 5 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5	x x ketor G luid fl ke ENG x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x uide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	X 2010) alysis DEU - - - - - - X X	x using ITA - - - - X X	yirtua Soli ESP - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	x JPN X X X X JPN X X X X	x x CHS - - - CHS X x x	v Sim CHT - - - -	x vulatio PTB - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	sve	KOR
	Back to top	Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Protect (2010)	المعالية ion Education iples of f Typ ator Guidi ator Gu	x x x x ator G luid fl. e ENG x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x uide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	X 2010 alysis DEU - - - - - X X X	x using ITA - - - - X X	 Soliii Soliii ESP - -	x JPN X X X X X JPN JPN X X	X X CHS - - - - - X X X	« Sim снт - - - -	x vulatio PTB - - - - - - - X x	sve	KOR
	Back to top	Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educe From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts	ion Education iples of ff Typ 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x uide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	x 2010) alysis DEU - - - - - X X X X	using ITA - - - - X X	Soli ESP - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	dwork JPN X X X X JPN X X X X X X X X	X S CHS CHS CHS X X X	« Sim CHT - - - CHT - -	x vulatio pTB - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	sve	KOR
	Back to top	Examples Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Examples SolidWorks@ Motion Educe From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts Description	and Assee	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x uide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	x 2010) alysis DEU - - - - - X X X Racing DEU	using ITA - - - - X X X	Soliii ESP - - - - - X X x	dwork JPN X X X X JPN X JPN X X X	X CHS CHS CHS X X X	« Sim снт - - снт - -	PTB	SVE	KOR
	Back to top	Examples Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts Description Project workbook Student Mes	and Assee	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x uide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	x 2010) alysis DEU - - - - - X X X X Cacing DEU -	using ITA - - - X X	Soliitua ESP - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	dwork JPN X X X X JPN X X X X JPN X X	X X CHS X CHS X X CHS	« Sim снт - - - - - - - - - - - - -	x ulatio PTB - - - - X X PTB	sve	KOR
	Back to top	Examples Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts Description Project workbook Student files Instructor file=	and Assee	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x uide (FRA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	x 2010 alysis DEU - - - - - - X X X Sacing DEU -	using ITA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	Soliitua ESP - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	dwork JPN X X X X X JN X X X JPN X X	X X CHS CHS X X CHS CHS	« Sim Снт Снт 	X PTB - - - - X X PTB - -	sve	KOR
	Eack to top	Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts Description Project workbook Student files Instructor files	and Asses	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x uide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	x 2010 alysis DEU - - - - - - - X X X Racing DEU - - - -	using ITA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	solii Solii ESP - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	A dwork JPN X X X X X JPN X X X JPN - - -	x cHs cHs x cHs x cHs x cHs cHs	« Sim CHT - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	PTB - - - - - - - - X PTB - - -	sve	KOR - - - - - - - - - - - - - -
	Eack to top	Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts Description Project workbook Student files Instructor files	and Assee	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x uide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - -	x 2010) alysis DEU - - - - DEU X - X X Cacing DEU - - -	using ITA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	 Solii Solii ESP - <l< td=""><td><pre>^ dwork JPN X X X X I simm JPN X X X JPN</pre></td><td>x chs chs x chs x chs x chs x chs</td><td>« Simm СНТ - - - СНТ - - - - - -</td><td>PTB - - - - - - - - - - - - - - - - - - -</td><td>sve</td><td>KOR</td></l<>	<pre>^ dwork JPN X X X X I simm JPN X X X JPN</pre>	x chs chs x chs x chs x chs x chs	« Simm СНТ - - - СНТ - - - - - -	PTB - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	sve	KOR
	Eak to top	Examples Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts Description Project workbook Student files Instructor files Bridge Design Project (20	and Asse Type and Asse Type Type Type Type Type Type Type Typ	x x x ator G uluid fil e ENG x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x uide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - -	x 2010) alysis DEU - - - - DEU X - X Cacing DEU - - - - - - - - - - - - -	x using ITA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	Soliii ESP - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	A dwork JPN X X X X A JPN JPN X X X A JPN A JPN X A JPN X A JPN	x x cus Flow cHs - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	Simmedian Simmedian Simmedian Simmedian Simmedian Simmedian Simmedian Simmedian Simmedian Simple	PTB - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	sve	KOR
	Eack to top	Examples Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educc From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design Analyze Parts Description Project vorkbook Student files Instructor files Bridge Design Project (20 Use SolidWorks Simulation Description	and Assee Type and Assee	x x x ator G uluid fil e ENG x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x uide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - -	X 2010) alysis DEU - - - X Racing DEU - - X Cacing DEU - - - - - - - - - - - - -	x using ITA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	Soliities Sol	<pre> dwork JPN X X X A I sim JPN X X A I sim JPN X A I sim JPN A I sim I sim JPN A I sim I sim JPN A I sim I sim</pre>	x x cHS cHS cHS x x cHS cHS cHS cHS cHS cHS	Simu CHT - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	PTB - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	sve	KOR KOR
	Back to top	Examples Examples Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Examples SolidWorks@ Motion Educe From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts Description Project workbook Brade Design Project (20 Use SolidWorks Simulation Description Project workbook	and Asse and Asse Asse Asse Asse Asse Asse Asse Asse	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x uide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - -	X 2010) alysis DEU - - - X Cacing DEU - - - X Cacing DEU - - - - - - - - - - - - -	x using ITA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	Solii ESP - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	dwork JPN X X X X JPN X X - X JPN X - X JPN X X X X X X X X X X X X X X X X X X X	x cm Floor CHS - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	x Simu CHT - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	PTB PTB PTB PTB PTB	SVE	KOR - - - - - - - - -
	Back to top	Examples Examples Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts Description Project workbook Student files Instructor files Bridge Design Project (20 Use SolidWorks Simulation Description Project workbook Student files	and Asse Type ator Guidant Type ator Guidant Type Type Type Type Type Type Type Type	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	s for I ferenti ferenti	X 2010 alysis DEU - - - - - X X X X X X X Lacing DEU - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	x using ITA 	Solii ESP - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	A work JPN X X X A simm JPN X X X A simm X X A simm JPN X X X X X X X X X X X X X X X X X X X	x cHS cHS cHS x cHS x cHS x cHS x cHS x cHS cHS x	x Simu CHT - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	PTB PTB - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	sve	KOR KOR
	Eack to top	Examples Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lasson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts Description Project workbook Student files Instructor files Bridge Design Project (20 Use SolidWorks Simulation Description Project workbook Student files Instructor files	and Assee Type ator Cuidding ator Cuidding a	x x x x x x x x x x x x x x	s for I ferenti ferenti	X 2010) alysis DEU - - - - - X X X X Aacing DEU - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	x using ITA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	Soliii Soliii ESP - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	A work JPN X X X X A simm JPN X X X X X X X X X X X X X X X X X X X	x cs Floot CHS - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	x Sim. CHT - - CHT - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	PTB PTB X X PTB PTB - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	sve	KOR KOR
	Eack to top	Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lasson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts Description Project workbook Student files Instructor files Bridge Design Project (20 Use SolidWorks Simulation Description Project workbook Student files Instructor files Instr	and Assee Type and Assee Type Assee Type and Assee Type Asse Asse Asse Asse Asse Asse Asse As	x x x x x x x x x x x x x x	x uide (ow an FRA theo FRA X S For F FRA X	X 2010) alysis DEU	x using ITA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	Soliii soliii esp - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	<pre>^ A A A A A A A A A A A A A</pre>	x x CHS CHS CHS CHS X CHS X CHS X CHS X X	« Sim CHT 	PTB	nn. SVE - - - - - - - - - - - - - - - - -	KOR KOR
	Eack to top	Examples Examples Instructor guide SoldWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SoldWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts Description Project workbook Student files Instructor files Bridge Design Project (20 Use SolidWorks Simulation Description Project workbook Student files Instructor file	and Asse Types of the second s	x x x x x x x x x x x x x x	s for f fraa ferenties FRA x x ferenties FRA x x x x	2010) alysis DEU - - - - X X DEU X - - - - - - - - - - - - - - - - - -	x using ITA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	Soliitic ESP	<pre>^ \ x x JPN x x x x x x yPN y y y y y y y y y y y y y y x x x x x</pre>	x x cHs cHs x - - - - - - - - - - - - - - - - - -	v Sim CHT - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	х иlatio РТВ - - - - - - - - - - - - -	sve	KOR
	Eack to top	Examples Examples Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lasson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts Description Project workbook Student files Instructor files Bridge Design Project (20 Use SolidWorks Simulation Description Project workbook Student files Instructor files Inst	and Assee Type and Assee Type and Assee Type and Assee Type and Assee Type and Assee Type and Assee and Assee Type and Assee and Assee Assee Assee Assee Assee Assee Assee Assee Assee Assee Assee Assee Assee Assee Assee Assee Asse Assee Asse Asse Asse Asse Asse Asse	x x x x x x x x x x x x x x	x wide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - -	X 2010) alysis DEU - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	x usinging con ITA X X X	Soliitie ESP - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	<pre>^</pre>	x x cHS cHS cHS cHS cHS cHS cHS cHS cHS cHS	« Simu CHT - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	PTB - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	sve	KOR KOR
	Eack to top	Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts Description Project workbook Student files Instructor files Bridge Design Project (20 Use SolidWorks Simulation Description Project workbook Student files Instructor files Instructor files Presentation Project workbook Student files Instructor files Description Project workbook Student files Instructor files Description Project workbook	and Assee Type and Assee Type Type and Assee Type Type Assee Type Type Assee Type Type Assee Type Type Assee Type Type Assee Type Type Assee Type Type Assee Type Type Type Type Type Type Type Ty	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x wide (ow an FRA - - - - - - - - - - - - -	X 2010 alysis DEU	x using transformed and transforme	Soliitie ESP - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	A dwork JPN X X X X X Al simm JPN X X X A JPN X X X X X X X X X X X X X X X X X X X	x x x c HS 	« Simu CHT - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	PTB	sve	KOR KOR
	Eack to top	Examples Examples Instructor guide SolidWorks@ Flow Simulat An introduction to the princ Description Student workbook Presentation Instructor guide Lesson files SolidWorks@ Motion Educa From dynamics to kinemat Description Student workbook Examples Instructor guide SAE Car Project (2010) Design and Analyze Parts Description Project workbook Student files Instructor files Instru	and Asse Type To To Type	x x x x x x x x x x x x x x	akee A	X 2010) alysis DEU C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	using ITA - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	Solii ESP - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	A work JPN X X X A simmed and a simple and a	x x x cHs r cHs x x x ft the ls CHs x x x x x the cHs x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x Simu CHT - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	иlatio PTB - - - - - - - - - - - - -	sve sve sve sve	KOR KOR KOR

Línea de productos de SolidWorks Simulation

Aunque este curso se centra en la introducción a la simulación lineal estática de cuerpos rígidos con SolidWorks Simulation, la línea de productos completa cubre una amplia gama de áreas de análisis a tener en cuenta. Los párrafos siguientes enumeran la oferta completa de los paquetes y módulos de SolidWorks Simulation.

Los estudios estáticos proporcionan herramientas para el análisis de tensión lineal de piezas y ensamblajes cargados con cargas estáticas. Las preguntas típicas que se responderán con este tipo de estudio son:

¿Mi pieza se romperá bajo cargas funcionales normales? ¿El modelo está "diseñado en exceso"?



¿Mi diseño se puede modificar para aumentar el factor de seguridad?

Los estudios de pandeo analizan el rendimiento de las piezas delgadas cargadas en compresión. Las preguntas típicas que se responderán con este tipo de estudio son:

Las patas de mi recipiente son lo suficientemente fuertes para que no se venza su límite elástico, pero, ¿lo son como para no colapsar a causa de la pérdida de estabilidad?

¿Mi diseño se puede modificar para garantizar la estabilidad de los componentes delgados de mi ensamblaje?

Los estudios de frecuencia ofrecen herramientas para el análisis de modos y frecuencias naturales. Esto es esencial en el diseño de muchos componentes cargados estática y dinámicamente. Las preguntas típicas que se responderán con este tipo de estudio son:

¿Mi pieza resonará bajo cargas funcionales normales? ¿Las características de frecuencia de mis componentes son adecuadas para la aplicación dada?

¿Mi diseño se puede modificar para mejorar las características de frecuencia?

Los estudios térmicos ofrecen herramientas para el análisis de la transferencia térmica mediante conducción, convección y radiación. Las preguntas típicas que se responderán con este tipo de estudio son:

¿Los cambios de temperatura afectarán a mi modelo? ¿Cómo funciona mi modelo en un entorno con fluctuación de temperatura?

¿Cuánto tiempo tarda mi modelo en enfriarse o sobrecalentarse? ¿El cambio de temperatura provocará que mi modelo se expanda?

¿Las tensiones provocadas por el cambio de temperatura provocarán que mi producto falle (se usarán estudios estáticos, junto a estudios térmicos, para responder a esta pregunta)?





Los estudios de choque se usan para analizar la tensión de las piezas o ensamblajes móviles que impactan contra un obstáculo. Las preguntas típicas que se responderán con este tipo de estudio son:

¿Qué ocurrirá si mi producto no se maneja adecuadamente durante el transporte o se cae?

¿Cómo se comportará mi producto si se cae en un suelo de madera duro, una alfombra o cemento?

Se aplican estudios de optimización para mejorar (optimizar) su diseño inicial en función de un conjunto de criterios seleccionados, como la tensión máxima, el peso, la frecuencia óptima, etc. Las preguntas típicas que se responderán con este tipo de estudio son:

¿Se puede cambiar la forma de mi modelo manteniendo la finalidad del diseño?

¿Mi diseño se puede hacer más ligero, pequeño o económico sin comprometer la capacidad de rendimiento?

Los estudios de fatiga analizan la resistencia de las piezas y los ensamblajes cargados de forma repetida durante largos periodos de tiempo. Las preguntas típicas que se responderán con este tipo de estudio son:

¿La duración de la vida operativa de mi producto se puede calcular con precisión?

¿La modificación de mi diseño actual contribuirá a ampliar la vida del producto?

¿Mi modelo es seguro si se expone a cargas de temperatura o fuerza fluctuantes durante largos periodos de tiempo?

¿El rediseño de mi modelo ayudará a minimizar el daño provocado por las fuerzas o temperatura fluctuantes?

Los estudios no lineales ofrecen herramientas para analizar la tensión en piezas y ensamblajes que experimenten cargas importantes y/o grandes deformaciones. Las preguntas típicas que se responderán con este tipo de estudio son:

¿Las piezas de goma (por ejemplo, anillos tóricos) o de espuma tendrán un buen rendimiento bajo una carga determinada?

¿Mi modelo experimentará un plegado excesivo durante las condiciones de funcionamiento normales?

Los estudios dinámicos analizan objetos forzados por cargas que varían en el tiempo. Algunos ejemplos típicos pueden ser cargas de choque de componentes montados en vehículos, turbinas cargadas mediante fuerzas oscilatorias, componentes de aviones cargados aleatoriamente, etc. Se encuentran disponibles tanto linealmente (pequeñas deformaciones estructurales, modelos de material básico) y

no linealmente (grandes deformaciones estructurales, cargas importantes y materiales avanzados). Las preguntas típicas que se responderán con este tipo de estudio son: ¿Tienen un diseño seguro mis montajes cargados por cargas de choque cuando un vehículo pasa por un gran bache en la carretera? ¿Cuánto se deformará en estas circunstancias?







Motion Simulation permite al usuario analizar el comportamiento cinemático y dinámico de los mecanismos. Las fuerzas inerciales y de unión se pueden transferir posteriormente a los estudios de SolidWorks Simulation para continuar con el análisis de la tensión. Las preguntas típicas que se responderán con este módulo son:

¿Cuál es el tamaño correcto del motor o actuador para mi diseño? ¿El diseño de los eslabonamientos, los engranajes o los mecanismos de cierre es óptimo?

¿Cuáles son los desplazamientos, las velocidades y las aceleraciones de los componentes del mecanismo?

¿El mecanismo es eficaz? ¿Se puede mejorar?

El módulo de compuestos permite a los usuarios simular estructuras fabricadas con materiales compuestos laminados. Las preguntas típicas que se responderán con este módulo son: ¿El modelo de compuestos falla con esta carga determinada? ¿Se puede aligerar la estructura usando materiales compuestos sin comprometer la fuerza y la seguridad? ¿Se delaminará mi compuesto de capas?





Lección 1: Funcionalidad básica de SolidWorks Simulation

Objetivos de esta lección

- Presentar los análisis de diseño como una herramienta esencial para complementar el modelado 3D con SolidWorks. Una vez terminado correctamente, los estudiantes deberían comprender los conceptos básicos del análisis de diseño y cómo SolidWorks Simulation los implementa. Los estudiantes deben ver cómo los análisis pueden ahorrar tiempo y dinero al reducir los ciclos de diseño, que son costosos y necesitan mucho tiempo.
- Presentar el análisis de diseño mediante un Ejercicio de aprendizaje activo. El Ejercicio de aprendizaje activo está diseñado para romper el hielo al hacer que los estudiantes lleven a cabo unos pocos pasos para completar un análisis. Teniendo en cuenta este concepto, los pasos se realizan con una descripción mínima.
- Presentar el concepto de mallado del modelo. La malla generada depende de las preferencias de mallado activas. Estas opciones no se explican en esta lección. En la lección se explica la configuración de las opciones de mallado para que todos los estudiantes obtengan una malla similar y, por tanto, resultados similares. La descripción de estas opciones está disponible al hacer clic en el botón Help (Ayuda) del PropertyManager donde se hayan especificado.

Los resultados del análisis pueden variar ligeramente dependiendo de las versiones/ versiones de compilación de SolidWorks y SolidWorks Simulation.



Descripción

- □ Debate en clase
- Ejercicio de aprendizaje activo: Realización de un análisis estático
 - Apertura del documento spider.SLDASM
 - Selección del menú SolidWorks Simulation
 - · Cambio a SolidWorks Simulation Manager
 - · Establecimiento de las unidades del análisis
 - Paso 1: Creación de un estudio estático
 - Paso 2: Asignación de materiales
 - Paso 3: Aplicación de sujeciones
 - Paso 4: Aplicación de cargas
 - Paso 5: Mallado del ensamblaje
 - · Paso 6: Ejecución del análisis
 - Paso 7: Visualización de los resultados
 - · Visualización de la tensión de von Mises
 - Animación del trazado
 - · Visualización de los desplazamientos resultantes
 - ¿Es seguro el diseño?
 - ¿Cuán seguro es el diseño?
 - · Generación de un informe del estudio
 - · Guardado del trabajo y salida de SolidWorks
- Evaluación de cinco minutos
- Debate en clase: Cambio de la asignación de materiales
- Investigación adicional: Modificación de la geometría
- Ejercicios y proyectos: Deflexión de una viga debido a una fuerza final
- Resumen de la lección

Debate en clase

Pida a los estudiantes que identifiquen los objetos que tienen a su alrededor y que especifiquen las cargas y las sujeciones. Por ejemplo, pida a los estudiantes que calculen la tensión sobre las patas de su silla.

Respuesta

□ La tensión es la fuerza por área de la unidad o la fuerza dividida por área. Las patas soportan el peso del estudiante más el peso de la silla. El diseño de la silla y el modo en que el estudiante se sienta determinan la carga de cada pata. La tensión promedio es el peso del estudiante más el peso de la silla dividido por el área de las patas.

Investigación adicional

El objetivo de esta sección es animar a los estudiantes a pensar acerca de las aplicaciones de análisis de tensión. Pida a los estudiantes que calculen la tensión sobre sus pies cuando están de pie. ¿Es igual la tensión en todos los puntos? ¿Qué ocurre si el estudiante se inclina hacia adelante, hacia atrás o hacia un lado? ¿Cuál es la tensión en las articulaciones de las rodillas y los tobillos? ¿Es esta información útil para diseñar articulaciones artificiales?

Respuesta

- □ La tensión es la fuerza por área de la unidad o la fuerza dividida por área. La fuerza es el peso del estudiante. El área que soporta el peso es el área del pie que está en contacto con los zapatos. Los zapatos redistribuyen la carga y la transmiten al suelo. La fuerza de reacción del suelo debería ser igual al peso del estudiante.
- □ Al estar de pie, cada pie soporta aproximadamente la mitad del peso. Al caminar, un pie soporta todo el peso. El estudiante podría sentir que la tensión (presión) es mayor en algunos puntos. Al estar de pie, los estudiantes pueden mover los dedos del pie, lo que indica que no hay tensión, o hay muy poca, en los dedos. Cuando los estudiantes se inclinan, la tensión se redistribuye, aumentando en los dedos y disminuyendo en el talón. La tensión promedio es el peso dividido por el área de los pies que está en contacto con los zapatos.
- □ Podemos calcular la tensión promedio en las articulaciones de la rodilla y del tobillo si sabemos el área que soporta el peso. Para obtener un resultado detallado es necesario realizar un análisis de tensión. Si podemos construir el ensamblaje de las articulaciones de la rodilla o del tobillo en SolidWorks con las cotas adecuadas y si sabemos las propiedades elásticas de las diferentes piezas, un análisis estático puede proporcionarnos las tensiones de cada punto de la articulación. Los resultados pueden ayudarnos a mejorar los diseños de las prótesis de articulaciones artificiales.
- Los estudiantes pueden preguntar si SolidWorks Simulation puede realizar modelos de huesos. La respuesta es sí y los usuarios de SolidWorks Simulation han resuelto algún problema de este tipo y lo han usado para diseñar prótesis de articulaciones artificiales.

Ejercicio de aprendizaje activo: Realización de un análisis estático

Use SolidWorks Simulation para realizar un análisis estático del ensamblaje Spider.SLDASM que se muestra a la derecha.

A continuación, se proporcionan instrucciones paso a paso.



Creación de un directorio SimulationTemp

Se recomienda guardar los Ejemplos de educación de SolidWorks Simulation en un directorio temporal a fin de guardar la copia original para su uso posterior.

- 1 Cree un directorio temporal denominado SimulationTemp en la carpeta Examples (Ejemplos) del directorio de instalación de SolidWorks Simulation.
- 2 Copie el directorio Ejemplos de educación de SolidWorks Simulation en el directorio SimulationTemp.

Apertura del documento Spider.SLDASM

1 Haga clic en **Open (Abrir)**

en la barra de herramientas Standard (Estándar). Aparece el cuadro de diálogo **Open** (Abrir).

- 2 Desplácese a la carpeta SimulationTemp del directorio de instalación de SolidWorks Simulation.
- 3 Seleccione Spider.SLDASM.

Organize 🔻 🛛 New fol	lder				
	Name	Date modified	Туре	Size	
Pavorites	(5 (11 (2007 10-22 AM	CalidWashe Dast D	20 KB	
Downloads	/ cantilever	2/5/2009 2/21 AM	SolidWorks Part D	162 KP	
Recent Places	Plate-with-hole	3/3/2006 2:21 AIVI	SolidWorks Part D	252 KB	
and necent races	<pre>/ riace-with-hole</pre>	3/5/2008 2:21 AM	SolidWorks Part D	178 KB	
Libraries	A spider	3/5/2008 2:21 AM	SolidWorks Assem	325 KB	
Documents	Spider	3/5/2008 2:21 AM	SolidWorks Part D	302 KB	
J Music					
Pictures					
😸 Videos					
Videos					
Videos					
Videos					
Videos Computer Local Disk (C:) SimpleDrive (F:)					
E Videos					
 Videos Computer Local Disk (C:) SimpleDrive (F:) SimpleDrive (G:) 	Quick view / Selective	References			
Videos Computer Local Disk (C:) SimpleDrive (F:) SimpleDrive (G:)	Quick view / Selective open	References	•		
Videos Computer Coal Disk (C:) SimpleDrive (F:) SimpleDrive (G:)	Quick view / Selective open Advanced Lightweight	References Configurations: Default Display States (linked)	•		
Videos	Quick view / Selective open Advanced Lightweight Use Speedpak	Configurations: Default Display States (linked) 0 on to load hidden components	•		



Selección del menú SolidWorks Simulation

Si SolidWorks Simulation está instalado correctamente, aparece el menú SolidWorks Simulation en la barra de menús de SolidWorks. De lo contrario:



1 Haga clic en Tools, Add-Ins (Herramientas, Complementos).

Aparece el cuadro de diálogo Add-Ins (Complementos).

- 2 Seleccione las casillas de verificación situadas junto a SolidWorks Simulation. Si SolidWorks Simulation no se encuentra en la lista, es necesario instalarlo.
- 3 Haga clic en **OK** (Aceptar).

El menú Simulation aparecerá en la barra de menús de SolidWorks.

Establecimiento de las unidades del análisis

Antes de empezar esta lección, estableceremos las unidades del análisis.

- En la barra de menús de SolidWorks, haga clic en Simulation, Options (Opciones).
- 2 Haga clic en la pestaña DefaultOptions (Opciones predeterminadas).
- 3 Seleccione SI (MKS) en Unit system (Sistema de unidades).
- Seleccione mm y N/mm^2 (MPa) en los campos Length/Displacement (Longitud/Desplazamiento) y Pressure/Stress (Presión/Tensión), respectivamente.
- 5 Haga clic en **OK** (Aceptar).



Paso 1: Creación de un estudio

El primer paso para realizar un análisis consiste en crear un estudio.

1 Haga clic en **Simulation**, **Study (Estudio)** en el menú principal de SolidWorks en la parte superior de la pantalla.

Aparece el PropertyManager Study (Estudio).

- 2 En Name (Nombre), escriba My First Study (Miprimer estudio).
- 3 En Type (Tipo), escriba Static (Estático).
- 4 Haga clic en **OK** (Aceptar).

SolidWorks Simulation crea un árbol de estudio de Simulation situado bajo el árbol de diseño de FeatureManager.

🗨 My First Study (-Default-)
🚊 🧐 Parts
(i) hub-1
in shaft-1
i spider-1
Connections
🗄 🖶 Component Contacts
Fixtures
External Loads
Mesh 🖤

También se crea una pestaña en la parte inferior de la ventana para que navegue entre los distintos estudios y su modelo.

5

Todos los componentes del ensamblaje están hechos de acero aleado.

Asignación de acero aleado a todos los componentes.

1 En el árbol de

Paso 2: Asignación de materiales

SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Parts (Piezas) y haga clic en Apply Material to All (Aplicar el material a todo).

Aparece el cuadro de diálogo Material.

- **2** Haga lo siguiente:
 - a) Expanda la carpeta de la biblioteca SolidWorks Materials



(Materiales de Solidworks).

- b) Expanda la categoría Steel (Acero).
- c) Seleccione Alloy Steel (Acero aleado).

Nota: Las propiedades mecánicas y físicas del acero aleado aparecen en la tabla situada a la derecha.



Model | Motion Study 1 | 🐙 My First Study

Guía del instructor de SolidWorks Simulation

- 3 Haga clic en Apply (Aplicar).
- 4 Cierre la ventana Materials (Materiales).

El acero aleado se asigna a todos los componentes y

aparece una marca de verificación al lado del icono de cada componente. Observe que el nombre del material asignado aparece al lado del nombre del componente.

Paso 3: Aplicación de sujeciones

Repararemos los tres taladros.

- 1 Utilice las teclas de **flecha** para girar el ensamblaje como se muestra en la figura.
- 2 En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Fixtures (Sujeciones) y haga clic en Fixed Geometry (Geometría fija).

Aparece el PropertyManager Fixture.

- 3 Asegúrese de que el **Type (Tipo)** esté establecido en **Fixed Geometry (Geometría fija)**.
- 4 En la zona de gráficos, haga clic en las caras de los tres taladros, que se indican en la figura que se muestra a continuación.

Aparecen Face (Cara) <1>, Face (Cara) <2> y Face (Cara) <3> en el cuadro Faces, Edges, Vertices for Fixture (Caras, aristas o vértices para sujeción).

5 Haga clic en 🖌.

Se aplica la sujeción Fixed (Fijo) y sus símbolos aparecen en las caras seleccionadas.

Además, aparece un elemento Fixed-1 (Fija 1) en la carpeta Fixtures (Sujeciones) del árbol de estudio de Simulation. El nombre de la sujeción puede modificarse cuando lo desee.







Paso 4: Aplicación de cargas

Aplicaremos una fuerza normal de 2.250 N (505,82 lbf) a la cara que se muestra en la figura.

- 1 Haga clic en el icono **Zoom to Area (Zoom encuadre)** en la parte superior de la zona de gráficos y amplíe la pieza achaflanada del eje.
- 2 En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta External Loads (Cargas externas) y seleccione Force (Fuerza).

Aparece el PropertyManager Force/Torque (Fuerza/ Momento de torsión).



3 En la zona de gráficos, haga clic en la cara que se muestra en la figura.

Aparece Face (Cara) <1> en el cuadro de lista Faces and Shell Edges for Normal Force (Caras y aristas de vaciado para fuerza normal).

- 4 Asegúrese de que esté seleccionada la opción Normal como la dirección.
- 5 Asegúrese de que la opción Units (Unidades) esté establecida en SI.
- 6 En el cuadro Force Value (Valor de fuerza) 上, escriba 2.250.
- 7 Haga clic en 🖌.

SolidWorks Simulation aplica la fuerza a la cara seleccionada y aparece el elemento Force-1 (Fuerza-1) en la carpeta External Loads (Cargas externas).

Para ocultar los símbolos de cargas y sujeciones

En el árbol SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en Fixtures (Sujeciones) o en la carpeta External Loads (Cargas externas) y haga clic en **Hide All (Ocultar todo)**.

Paso 5: Mallado del ensamblaje

El mallado divide el modelo en piezas más pequeñas denominadas elementos. Según las cotas geométricas del modelo, SolidWorks Simulation sugiere un tamaño de elemento predeterminado (en este caso, 4,564 mm) que puede modificarse según sea necesario.

1 En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono Mesh (Malla) y seleccione Create Mesh (Crear malla).

Aparece el PropertyManager Mesh (Malla).



2 Expanda **Mesh Parameters (Parámetros de malla)** seleccionando la casilla de verificación.

Asegúrese de que la opción **Curvature based mesh (Malla basada en curvatura)** esté seleccionada.

Mantenga los valores predeterminados de Maximum element size (Tamaño máximo de elemento) A, Minimum element size (Tamaño mínimo de elemento) A, Min number of elements in a circle (N.º mín. de elementos en un círculo) () y Element size growth ratio (Cociente de crecimiento del tamaño del elemento) sugeridos por el programa.

3 Haga clic en OK (Aceptar) para comenzar el mallado.



Paso 6: Ejecución del análisis

En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono My First Study (Mi primer estudio) y haga clic en **Run (Ejecutar)** para iniciar el análisis.

Cuando el análisis termina, SolidWorks Simulation crea automáticamente trazados de resultados predeterminados guardados en la carpeta Results (Resultados).

Paso 7: Visualización de los resultados

Tensión de von Mises

 Haga clic en el signo "más" i situado junto a la carpeta Results (Resultados).

Aparecen todos los iconos de los trazados predeterminados.



- 2 Haga doble clic en Stress1 (-vonMises-) (Tensión 1) para mostrar el trazado de tensiones.
 - Nota: Para mostrar la anotación que indica los valores mínimos y máximos en el trazado, haga doble clic en la leyenda y seleccione las casillas de verificación Show min annotation (Mostrar una anotación mínima) y Show max annotation (Mostrar una anotación máxima). Luego, haga clic en ✓.

Animación del trazado

1 Haga clic con el botón derecho del ratón en Stress1 (-vonMises-) (Tensión 1) y haga clic en **Animate (Animar)**.

Aparece el PropertyManager **Animation (Animación)** y la animación se inicia automáticamente.

La animación se debe detener para guardar el archivo .avi en el disco.

- 3 Seleccione Save as AVI File (Guardar como archivo AVI), haga clic en ... para examinar y seleccione la carpeta de destino en la que se guardará el archivo .avi.
- 4 Haga clic en ▶ para Play (Reproducir) la animación.
 La animación se reproduce en el área de gráficos.
- 5 Haga clic en 🔳 para Stop (Detener) la animación.



Visualización de los desplazamientos resultantes

1 Haga doble clic en Displacement1

(--Res disp-) (Desplazamiento 1) para mostrar el trazado de desplazamientos resultante.



¿Es seguro el diseño?

El **Factor of Safety wizard (Asistente para Factor de seguridad)** puede ayudarle a responder a esta pregunta. Utilizaremos el asistente para calcular el factor de seguridad en todos los puntos del modelo. En el proceso, necesitará seleccionar un criterio de fallos del límite elástico.

1 Haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Results (Resultados) y seleccione Define Factor of Safety Plot (Definir factor de trazado de seguridad).

Aparece el **PropertyManager** Factor of Safety wizard (Asistente para Factor de seguridad) **Step 1 of 3 (Paso 3 de 3)**.

2 En Criterion (Criterio) *****, haga clic en Max von Mises stress (Tensión de von Mises máx).

Nota: Hay varios criterios de límite elástico disponibles. El criterio von Mises suele usarse para comprobar fallos de límite elástico de materiales dúctiles.



3 Haga clic en 🕣 Next (Siguiente).

Aparece el **PropertyManager** Factor of Safety wizard (Asistente para Factor de seguridad) **Step 2 of 3 (Paso 3 de 3)**.

- 4 Establezca Units (Unidades) 🛐 en N/mm² (MPa).
- 5 En Set stress limit to (Establecer límite de tensión), seleccione Yield strength (Límite elástico).

Nota: Cuando el material cede, sigue deformándose en forma plástica a mayor velocidad. En un caso extremo, puede continuar deformándose aunque no se aumente la carga.

6 Haga clic en 🕣 Next (Siguiente).

Aparece el **PropertyManager** Factor of Safety wizard (Asistente para Factor de seguridad) **Step 3 of 3 (Paso 3 de 3)**.

- 7 Seleccione Areas below factor of safety (Áreas por debajo del factor de seguridad) e introduzca 1.
- 8 Haga clic en 🖌 para generar el trazado.



Inspeccione el modelo y busque las áreas no seguras que se muestran en rojo. Puede observarse que el trazado no tiene ninguna parte en color rojo, lo que indica que todas las ubicaciones son seguras.

🏠 Factor of Safety ?
✓ × G G
Step 2 of 3
N/mm^2 (MPa) ▼
Set stress limit to
Yield strength
Olltimate strength
O User defined
1
Multiplication factor
1
Beam Results:
Show combined stress on Beams
Shell Results:
Minimum 👻
Material involved
Alloy Steel
Yield strength: 620.422 N/mm^2 (MPa) Ultimate strength: 723.826 N/mm^2 (MPa)

¿Cuán seguro es el diseño?

1 Haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Results (Resultados) y seleccione Define Factor of Safety Plot (Definir factor de trazado de seguridad).

Aparece el PropertyManager Factor of Safety wizard (Asistente para Factor de seguridad) Step 1 of 3 (Paso 1 de 3).

- 2 En la lista Criterion (Criterio), seleccione Max von Mises stress (Tensión de von Mises máx).
- 3 Haga clic en Next (Siguiente).



Aparece el PropertyManager Factor of Safety wizard (Asistente para Factor de seguridad) Step 2 of 3 (Paso 1 de 3).

4 Haga clic en Next (Siguiente).

Aparece el PropertyManager Factor of Safety wizard (Asistente para Factor de seguridad) Step 3 of 3 (Paso 1 de 3).

- 5 En Plot results (Trazado de resultados), haga clic en Factor of safety distribution (Distribución del factor de seguridad).
- 6 Haga clic en 🧹.

El trazado generado muestra la distribución del factor de seguridad. El factor más pequeño de seguridad es aproximadamente de 5,98.

Nota: Un factor de seguridad de 1,0 en una ubicación significa que el material está alcanzando el límite elástico. Por ejemplo, un factor de seguridad de 2,0 significa que el diseño es seguro en esa ubicación y que el material alcanzará el límite elástico si dobla las cargas.

Puesto que algunas regiones del modelo experimentan muy poca tensión, el valor máximo del factor de seguridad es muy alto (por encima de 1.800.000). Para que el trazado sea más significativo, cambiaremos el valor máximo de la leyenda a 100.

- 7 Haga doble clic en la leyenda, haga clic en Defined (Definido) y escriba 100 en el campo Max (Máx.).
- 8 Haga clic en varia para mostrar el trazado modificado.



Guardado de todos los trazados generados

1 Haga clic con el botón derecho del ratón en el icono My First Study (Mi primer estudio) y haga clic en Save all plots as JPEG files (Guardar todos los trazados como imágenes .jpeg).

Aparece la ventana Browse for Folder (Buscar carpeta).

- 2 Vaya al directorio donde desee guardar todos los trazados de resultados.
- **3** Haga clic en **OK** (Aceptar).

Generación de un informe del estudio

La utilidad **Report (Informe)** le ayuda a documentar su trabajo rápida y sistemáticamente para cada estudio. El programa genera informes estructurados preparados como documentos de Word que describen todos los aspectos relacionados con el estudio.

1 Haga clic en **Simulation (Simulación)**, **Report (Informe)** en el menú principal de SolidWorks en la parte superior de la pantalla.

Aparece el cuadro de diálogo **Report Options (Opciones de informe)**.

La sección **Report sections (Secciones de informe)** le permite elegir secciones que se incluirán en el informe generado. Utilice casillas de verificación al lado de cada sección para incluirla o excluirla del informe.

2 Es posible personalizar cada sección del informe. Por ejemplo, seleccione la sección Description (Descripción) en Report sections (Secciones de informe) y escriba el texto que desee en el campo Section properties (Propiedades de sección).

El resto de las secciones se personalizarán de la misma manera.

Report Options							
Current rep	ort format: Static Study Format						
Report sections	Section properties						
Description	Spider simulation						
Model Information Study Properties	E						
Material Properties Loads and Fixtures Connector Definition	18						
Contact Information Mesh Information Sensor Details	•						
Header information							
Designer: John	n Brown						
Company: My c	corporation						
URL:							
E Logo:							
Address:							
Phone:	Fax:						
Report publish option	15						
Report path:	C:\Program Files\SolidWorks 2011\SolidWorks\cosmosworks\Exa						
Document name:	spider-My First Study-1						
Show report	on publish						
Publish	h Apply Cancel Help						

3 Los nombres correspondientes a los

campos **Designer (Diseñador), Company (Empresa)** y **Logo (Logotipo)**, así como cualquier otra información de propiedad se introducen en la sección **Header** information (Información de encabezado).

Tenga en cuenta que los formatos aceptables para los archivos de logotipo son archivos JPEG (*.jpg), archivos GIF (*.gif), o archivos de mapa de bits (*.bmp).

4 En Report publishing options (Opciones de publicación de informe), especifique en Report path la ruta de acceso al informe donde el documento de Word se guardará y seleccione la casilla de verificación Show report on publish (Mostrar informe al publicar).

5 Haga clic en Publish (Publicar).

El informe se abre en su documento de Word. Para completar el informe, edite el documento de Word según sea necesario.

Además, el programa crea un icono 📔 en la carpeta Report (Informe) del árbol de SolidWorks Simulation Manager.

Para modificar cualquier sesión del informe, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono del informe y haga clic en **Edit Definition (Editar definición)**. Modifique la sección y haga clic en **OK (Aceptar)** para reemplazar el informe existente.

Paso 8: Guardado del trabajo y salida de SolidWorks

- 1 Haga clic en 료 en la barra de herramientas Standard (Estándar) o haga clic en File, Save (Archivo, Guardar).
- 2 Haga clic en File, Exit (Archivo, Salir) en el menú principal.

Evaluación de cinco minutos: Respuestas

1 ¿Cómo inicia una sesión de SolidWorks?

<u>Respuesta:</u> En la barra de tareas de Windows, haga clic en **Start, Programs,** SolidWorks, SolidWorks Application (Inicio, Programas, SolidWorks, Aplicación SolidWorks). Se inicia la aplicación SolidWorks.

2 ¿Qué hace si el menú SolidWorks Simulation no está en la barra de menús de SolidWorks cuando se abre un archivo?

<u>Respuesta</u>: Haga clic en **Tools, Add-Ins (Herramientas, Complementos)**, seleccione las casillas de verificación situadas junto a SolidWorks Simulation y haga clic en **OK** (Aceptar).

- 3 ¿Qué tipos de documento puede analizar SolidWorks Simulation?
 Respuesta: SolidWorks Simulation puede analizar piezas y ensamblajes.
- 4 ¿Qué es un análisis?

<u>Respuesta:</u> Un análisis es un proceso para simular el modo en que funciona un diseño en el campo.

5 ¿Por qué es importante un análisis?

Respuesta: El análisis puede ayudarle a diseñar productos mejores, más seguros y más económicos. Le ahorra tiempo y dinero al reducir ciclos de diseños tradicionales y caros.

6 ¿Qué es un estudio de análisis?

Respuesta: Un estudio de análisis representa un escenario de tipo de análisis, materiales, cargas y sujeciones.

7 ¿Qué tipo de análisis puede realizar SolidWorks Simulation?

<u>Respuesta</u>: SolidWorks Simulation puede realizar análisis estáticos, de frecuencia, de pandeo, térmicos, de choque, de fatiga, de optimización, de recipiente a presión, estáticos no lineales, lineales y dinámicos no lineales.

8 ¿Qué calcula un análisis estático?

<u>Respuesta</u>: El análisis estático calcula las tensiones, las deformaciones, los desplazamientos y las fuerzas de reacción del modelo.

9 ¿Qué es la tensión?

Respuesta: La tensión es la intensidad de la fuerza o la fuerza dividida por área.

10 ¿Cuáles son los pasos principales para realizar un análisis?

<u>Respuesta:</u> Los pasos principales son: crear un estudio, asignar materiales, aplicar sujeciones, aplicar cargas, mallar el modelo, ejecutar el análisis y ver los resultados.

11 ¿Cómo puede cambiar el material de una pieza?

<u>Respuesta:</u> En la carpeta Parts (Piezas) del estudio, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono de pieza y en **Apply Material to All (Aplicar el material a todo)**. Seleccione luego el nuevo material y haga clic en **OK (Aceptar)**.

12 En el asistente para Factor de seguridad se muestra un factor de seguridad de 0,8 en algunas ubicaciones. ¿Es seguro el diseño?

Respuesta: No. El factor mínimo de seguridad no debe ser inferior a 1,0 para que el diseño sea seguro.

Debate en clase: Cambio de la asignación de materiales

Pida a los estudiantes que asignen diferentes materiales a los componentes del ensamblaje de acuerdo con la siguiente tabla y ejecute el análisis.

Componente	Nombre del material
Eje	Acero aleado
Parte central	Hierro fundido gris
Cruceta	Aleación de aluminio 6061

<u>Respuesta</u>

Para asignar distintos materiales a los componentes del ensamblaje, haga lo siguiente:

Asignar Gray Cast Iron (Hierro fundido gris) a la hub (parte central)

- 1 En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono hub-1 (parte central-1), situado dentro de la carpeta Parts (Piezas) y haga clic en Apply/Edit Material (Aplicar/Editar material). Aparece el cuadro de diálogo Material.
- 2 En SolidWorks Materials (Materiales de SolidWorks), en la categoría Iron (Hierro), seleccione Gray Cast Iron (Hierro fundido gris).
- 3 Haga clic en Apply (Aplicar) y en Close (Cerrar).

Asignación de aleación de aluminio 6061 al brazo de la cruceta

- 1 En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono spider-1 (cruceta-1), situado dentro de la carpeta Parts (Piezas) y haga clic en Apply/Edit Material (Aplicar/Editar material). Aparece el cuadro de diálogo Material.
- 2 En SolidWorks Materials (Materiales de SolidWorks), en la categoría Aluminum Alloys (Aleaciones de aluminio), seleccione 6061 Alloy (Aleación 6061).
- 3 Haga clic en Apply (Aplicar) y en Close (Cerrar).

Nueva ejecución del análisis y visualización de los resultados

Si no aparece ningún trazado predeterminado, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Results (Resultados) y seleccione **Define Stress plot (Definir trazado de tensiones).** Establezca las opciones en el PropertyManager y haga clic en \checkmark .

1 En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono de Studio (Estudio) y haga clic en **Run (Ejecutar)**.

Nota: Para obtener los nuevos resultados, no es necesario volver a mallar el modelo.

2 En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga clic en el signo más 🗊 situado junto a la carpeta Results (Resultados).

Aparecen los iconos de los trazados predeterminados.

- Nota: Si no aparece ningún trazado predeterminado, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Results (Resultados) y seleccione Define Stress plot (Definir trazado de tensiones). Establezca las opciones en el PropertyManager y haga clic en 🖌.
- 3 Haga doble clic en el icono Stress1 (Tensión 1) (-vonMises-) para mostrar el trazado de tensión de von Mises.

Investigación adicional: Modificación de la geometría

Después de ver los resultados, puede desear realizar cambios en el diseño. Pida a los estudiantes que realicen un cambio en la geometría y vuelvan a calcular el resultado. Es importante resaltar que es necesario volver a mallar el modelo y volver a ejecutar el estudio después de realizar cualquier cambio en la geometría. En los siguientes procedimientos se describe el modo de cambiar el diámetro de los tres taladros y volver a calcular el resultado.

Respuesta

- Haga clic en la pestaña FeatureManager 19 .
- □ Haga clic en el signo más (+) situado junto a (-) spider ([-]cruceta)<1>.
- □ Haga clic en el signo más (+) situado junto a Cut-Extrude2 (Cortar-Extruir2). Aparece el icono Sketch7 (Croquis 7).
- □ Haga clic con el botón derecho del ratón en el icono Sketch7 (Croquis 7) y seleccione Edit Sketch (Editar croquis) 📝. Se abre el croquis.
- Presione la barra espaciadora y seleccione *Front (Frontal) en el menú
 Orientation (Orientación).
- Haga doble clic en la cota 15,24 mm. Aparece el cuadro de diálogo Modify (Modificar).
- Especifique 16,5 mm en el cuadro de diálogo Modify (Modificar) y haga clic en v.
- □ Haga clic en **OK (Aceptar)** en la esquina de confirmación.
- Haga clic en el icono Edit Component (Editar componente) para salir del modo de edición.
- □ Aparece un icono de advertencia ▲ junto a My First Study (Mi primer estudio) y junto a Mesh (Malla).
- Para volver a mallar el modelo, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono Mesh (Malla) y haga clic en Create Mesh (Crear malla). Aparece un mensaje de advertencia en el que se le informa de que al realizar el mallado se eliminará el resultado actual. Haga clic en OK (Aceptar).



- Utilice los valores predeterminados de Maximum element size (Tamaño máximo de elemento) , Minimum element size (Tamaño mínimo de elemento) , Minimum element size (Tamaño de elemento) , Minimum element s
- □ Seleccione Run (solve) the analysis (Ejecutar [solucionar] el análisis) y haga clic en √.
- Cuando el análisis se haya completado, muestre la tensión de von Mises predeterminada, el desplazamiento, la deformación unitaria y otros resultados como se ha descrito anteriormente.

Ejercicios y proyectos: Deflexión de una viga debido a una fuerza final

Algunos problemas simples tienen respuestas exactas. Uno de estos problemas es una viga cargada por una fuerza en su extremo como se muestra en la figura. Utilizaremos SolidWorks Simulation para solucionar este problema y comparar los resultados con la solución exacta.

Tareas

1 Abra el archivo

Front_Cantilever.sldprt ubicado en la carpeta Examples (Ejemplos) del directorio de instalación de SolidWorks Simulation.

Mida la anchura, la altura y la longitud de la viga voladiza (use la herramienta
 Measure (Medir) (a).

Respuesta: La anchura es de 25,4 mm (1 pulg.), la altura es de 25,4 mm (1 pulg.) y la longitud es de 254 mm (10 pulg.).

- **3** Guarde la pieza con otro nombre.
- 4 Cree un estudio **Static (Estático)**. **Respuesta:** Haga lo siguiente:
 - Haga clic en Simulation, Study (Estudio).
 - Especifique un nombre para el estudio.
 - Establezca el Analysis type (Tipo de análisis) en Static (Estático).
 - Haga clic en **OK** (Aceptar).
- 5 Asigne Alloy Steel (Acero aleado) a la pieza. ¿Cuál es el valor del módulo elástico en N/mm^2 (MPa)?

Respuesta: Haga lo siguiente:

- En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono Front_Cantilever y seleccione Apply/Edit Material (Aplicar/ Editar material). Aparece el cuadro de diálogo Material.
- Expanda la biblioteca SolidWorks Materials (Materiales de Solidworks).
- Expanda la categoría Steel (Acero) y seleccione Alloy Steel (Acero aleado).
- En el menú Units (Unidades), seleccione SI N/mm² (MPa). Observe que el valor de Elastic Modulus in X (Módulo elástico en X) es 210.000 MPa.
- Haga clic en Apply (Aplicar) y en Close (Cerrar).



- Repare una de las caras de los extremos de la viga voladiza.
 <u>Respuesta:</u> Haga lo siguiente:
 - En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Fixtures (Sujeciones) y haga clic en Fixed Geometry (Geometría fija). Aparece el PropertyManager Fixture.
 - En Type (Tipo), seleccione Fixed Geometry (Geometría fija).
 - Haga clic en la cara de la barra que se muestra en la figura.
 - Haga clic en 🧹.
- Aplique una fuerza descendente a la arista superior de la otra cara del extremo con una magnitud de 500 N (112,4 lbf).

Respuesta: Haga lo siguiente:

 Haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta External Loads (Cargas externas) y haga clic en Force (Fuerza). Aparece el PropertyManager Force/Torque (Fuerza/Momento de torsión).



- En Type (Tipo), haga clic en Force (Fuerza).
- Haga clic en la arista que se muestra en la figura.
- Asegúrese de que Edge (Arista) <1> aparezca en el cuadro Faces, Edges, Vertices, Reference Points for Force (Caras, aristas, vértices y puntos de referencia para fuerza).
- Haga clic en Selected direction (Dirección seleccionada) y elija la arista lateral de la viga como Face, Edge, Plane for Direction (Cara, arista o plano para la dirección).
- Seleccione SI en el menú Units (Unidades).
- En Force (Fuerza), escriba 500 en el cuadro de valor. Marque la casilla Reverse direction (Invertir dirección). Se trata de una fuerza descendente vertical.
- Haga clic en 🖌.
- 8 Malle la pieza y ejecute el análisis.

Respuesta: Haga lo siguiente:

- En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono Mesh (Malla).
- Utilice los valores predeterminados de Maximum element size (Tamaño máximo de elemento) , Minimum element size (Tamaño mínimo de elemento) , Minimum element size (Cociente de crecimiento del tamaño del elemento) , Minimum element size (Cociente de crecimiento del tamaño del elemento) .
- Seleccione Run (solve) the analysis (Ejecutar [solucionar] el análisis).
- Haga clic en ✓.

9 Cuando se ha completado el análisis, trace el desplazamiento en la dirección Y. La dirección Y es la misma que la dirección 2 del Plane1 (Plano 1). ¿Cuál es el desplazamiento Y máximo en el extremo libre de la viga voladiza?

Respuesta: Haga lo siguiente:

 En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Results (Resultados) y seleccione
 Define Displacement Plot (Definir trazado de desplazamiento). Aparece el PropertyManager Displacement Plot (Trazado de desplazamiento).



- Seleccione mm en Units (Unidades) [].
- Seleccione UY: Y Displacement (Desplazamiento de Y) en Component (Componente)
- Haga clic en 🖌 .
- El desplazamiento vertical en el extremo libre es de -0,3764 mm (-0,0148 pulg.).
- 10 Calcule el desplazamiento vertical teórico en el extremo libre con la siguiente ecuación:

$$UY_{Theory} = \frac{4FL^3}{Ewh^3}$$

Respuesta: Para este problema tenemos:

F =la carga del extremo = -500 N (112,4 lbf),

L =la longitud de la viga = 254 mm (10 pulg.),

 $E = el módulo elástico = 210.000 N/mm^2 (30.457.919 psi),$

w = la anchura de la barra = 25,4 mm (1 pulg.),

h = la altura de la barra = 25,4 mm (1 pulg.).

Al sustituir los valores numéricos en la ecuación anterior, obtenemos:

UY_{Theory (Teoría)} = -0,3749 mm (-0,01476 pulg.).

11 Calcule el error en el desplazamiento vertical con la siguiente ecuación:

$$ErrorPercentage = \left(\frac{UY_{Theory} - UY_{Simulation}}{UY_{Theory}}\right)100$$

Respuesta: El porcentaje de error del desplazamiento vertical máximo es de 0,4%. En la mayoría de las aplicaciones de análisis de diseño, es aceptable un error de aproximadamente el 5%.

Hoja de vocabulario de la lección 1: Respuestas

Nombre:	Cla	ase:	Fecha:

Complete los espacios en blanco con las palabras adecuadas.

- 1 Secuencia de creación de un modelo en SolidWorks, fabricación y prueba de un prototipo: ciclo de diseño tradicional
- 2 Escenario hipotético de tipo de análisis, materiales, cargas y sujeciones: estudio
- 3 Método que SolidWorks Simulation utiliza para realizar análisis: <u>método de elementos</u> <u>finitos</u>
- 4 Tipo de estudio que calcula los desplazamientos, las deformaciones unitarias y las tensiones: <u>estudio estático</u>
- 5 Proceso de subdivisión del modelo en pequeñas piezas: mallado
- 6 Piezas pequeñas de formas simples creadas durante el mallado: elementos
- 7 Elementos que comparten puntos comunes: nodos
- 8 Fuerza que actúa en un área dividida por esa área: tensión promedio
- 9 Colapso repentino de diseños alargados debido a cargas axiales de compresión: pandeo
- 10 Estudio que calcula el calor que alcanza un diseño: estudio térmico
- 11 Número que proporciona una descripción general del estado de tensión: <u>tensión de von</u> <u>Mises</u>
- 12 Tensiones normales en planos en los que las tensiones de cortadura desaparecen: tensiones principales
- 13 Frecuencias en las que un sólido tiende a vibrar: frecuencias naturales
- 14 Tipo de análisis que puede ayudarle a evitar la resonancia: análisis de frecuencias

Cuestionario de la lección 1: Respuestas

Nombre:	Clase:	Fecha:

Instrucciones: Responda a cada pregunta escribiendo la respuesta correcta en el espacio proporcionado.

- La prueba del diseño se realiza creando un estudio. ¿Qué es un estudio?
 <u>Respuesta:</u> Un estudio es un escenario *hipotético* que define el tipo de análisis, materiales, cargas y sujeciones.
- 2 ¿Qué tipo de análisis puede realizar SolidWorks Simulation?

Respuesta: Estudios estáticos, de frecuencia, de pandeo, térmicos, de choque, de fatiga, de optimización, de recipiente a presión, estáticos no lineales, lineales y dinámicos no lineales.

3 Después de obtener los resultados de un estudio, cambió el material, las cargas y/o las sujeciones. ¿Debe volver a mallar?

Respuesta: No. Sólo es necesario volver a ejecutar el estudio.

- 4 Después de mallar un estudio, cambió la geometría. ¿Debe volver a mallar el modelo? <u>Respuesta:</u> Sí. Es necesario mallar el modelo después de realizar cualquier cambio en la geometría.
- 5 ¿Cómo crea un estudio estático?

Respuesta: Para crear un estudio estático:

- Haga clic en Simulation, Study (Estudio). Aparece el cuadro de diálogo Study (Estudio).
- En **Study name (Nombre de estudio)**, escriba el nombre del estudio. Utilice un nombre que le resulte significativo.
- En Study type (Tipo de estudio), escriba Static (Estático).
- Haga clic en ✓.
- 6 ¿Qué es una malla?

<u>Respuesta</u>: Una malla es un conjunto de elementos y nodos generado al mallar el modelo.

7 En un ensamblaje ¿cuántos iconos prevé ver en la carpeta Parts (Piezas)?
 <u>Respuesta:</u> Habrá un icono para cada sólido. Un componente puede tener varios sólidos.

Resumen de la lección

- SolidWorks Simulation es un software de análisis de diseño totalmente integrado en SolidWorks.
- El análisis del diseño puede ayudarle a diseñar productos mejores, más seguros y más económicos.
- El análisis estático calcula los desplazamientos, las deformaciones, las tensiones y las fuerzas de reacción.
- El análisis de frecuencias calcula las frecuencias naturales y las formas modales asociadas.
- □ El análisis de pandeo calcula las cargas de pandeo para piezas comprimidas.
- El análisis de choque calcula las cargas de impacto en objetos que se dejan caer sobre una superficie rígida o flexible.
- El análisis térmico calcula la distribución de la temperatura en condiciones de cargas térmicas y contornos térmicos.
- El análisis de optimización optimiza el modelo basándose en las funciones que se deseen tener (por ejemplo, minimizar el volumen o la masa).
- □ Los materiales empiezan a fallar cuando la tensión alcanza un determinado límite.
- La tensión de von Mises proporciona una idea global acerca del estado de las tensiones en una ubicación.
- □ El Asistente para Factor de seguridad comprueba la seguridad del diseño.
- Para simular el modelo, SolidWorks Simulation subdivide el modelo en muchas piezas pequeñas de formas sencillas denominadas elementos. Este proceso se denomina *mallado*.
- □ Los pasos para realizar el análisis en SolidWorks Simulation son:
 - Crear un estudio.
 - Asignar materiales.
 - Aplicar sujeciones para impedir el movimiento de los cuerpos rígidos.
 - Aplicar cargas.
 - Mallar el modelo.
 - Ejecutar análisis.
 - Visualizar el resultado.

2

Lección 2: Métodos adaptativos en SolidWorks Simulation

Objetivos de esta lección

- Presentar el concepto de métodos adaptativos para estudios estáticos. Una vez que esta lección se complete correctamente, los estudiantes deberían comprender los conceptos básicos detrás de los métodos adaptativos y cómo SolidWorks Simulation los implementa.
- Analizar una parte del modelo en lugar de analizar el modelo completo. En la segunda parte de esta lección, los estudiantes analizarán un cuarto del modelo original utilizando sujeciones de simetría. Deben ser capaces de reconocer en qué condiciones pueden aplicar sujeciones de simetría sin arriesgar la precisión de los resultados.
- Presentar el concepto de mallado de vaciado. Las diferencias entre una malla de vaciado y una malla sólida se resaltan en el análisis del proyecto. Los estudiantes deben ser capaces de reconocer cuáles son los modelos más aptos para el mallado de vaciado.
- Comparar los resultados de SolidWorks Simulation con las soluciones teóricas conocidas. Existe una solución teórica para el problema que se describe en esta lección. Para la clase de problemas que tienen soluciones analíticas, los estudiantes debe ser capaces de derivar los porcentajes de error y decidir si los resultados son aceptables o no.



Descripción

- □ Ejercicio de aprendizaje activo: métodos adaptativos en SolidWorks Simulation
 - Parte 1
 - Apertura del documento Plate-with-hole.SLDPRT
 - Selección del menú SolidWorks Simulation
 - · Almacenamiento del modelo en un directorio temporal
 - Establecimiento de las unidades del análisis
 - Paso 1: Creación de un estudio estático
 - Paso 2: Asignación de materiales
 - Paso 3: Aplicación de sujeciones
 - Paso 4: Aplicación de presión
 - Paso 5: Mallado del modelo y ejecución del análisis
 - Paso 6: Visualización de los resultados
 - Paso 7: Verificación de los resultados
 - Parte 2
 - · Modelado de un cuarto de la chapa aplicando sujeciones de simetría
 - Parte 3
 - Aplicación del método adaptativo h
- Evaluación de cinco minutos
- Debate en clase: Creación de un estudio de frecuencia
- Ejercicios y proyectos: Modelado del cuarto de la chapa con una malla sólida
- Resumen de la lección

Ejercicio de aprendizaje activo: Parte 1

Use SolidWorks Simulation para realizar un análisis estático de la pieza Plate-with-hole.SLDPRT que se muestra a la derecha.

Calculará las tensiones de una chapa cuadrada de 500 mm x 500 mm x 25 mm (19,68 pulg. x 19,68 pulg. x 0,98 pulg.) con un taladro de 25 mm (0,98 pulg.) de radio en el centro. La chapa está sometida a una presión de tracción de 1 MPa (145,04 psi).



Comparará la concentración de tensión en el taladro con los resultados teóricos conocidos.

A continuación, se proporcionan instrucciones paso a paso.

Creación del directorio Simulationtemp

Se recomienda guardar los Ejemplos de educación de SolidWorks Simulation en un directorio temporal a fin de guardar la copia original para su uso posterior.

- 1 Cree un directorio temporal denominado Simulationtemp en la carpeta Examples (Ejemplos) del directorio de instalación de SolidWorks Simulation.
- 2 Copie el directorio SolidWorks Simulation Education Examples (Ejemplos de educación de SolidWorks Simulation) en el directorio Simulationtemp.

Apertura del documento Plate-with-hole.SLDPRT

- Haga clic en Open (Abrir) en la barra de herramientas Standard (Estándar). Aparece el cuadro de diálogo Open (Abrir).
- 2 Desplácese a la carpeta Simulationtemp del directorio de instalación de SolidWorks Simulation.
- 3 Seleccione Plate-with-hole.SLDPRT.
- 4 Haga clic en **Open** (Abrir).

La pieza Plate-with-hole.SLDPRT se abre.

Observe que la pieza tiene dos configuraciones: (a) Quarter plate (Cuarto de chapa) y (b) Whole plate (Chapa completa). Asegúrese de que la configuración Whole plate se encuentre activa.

Nota: Las configuraciones del documento se incluyen en la pestaña ConfigurationManager 🛐 en la parte superior del panel izquierdo.

Selección del menú SolidWorks Simulation

Si SolidWorks Simulation tiene los complementos adecuados, aparece el menú SolidWorks Simulation en la barra de menús de SolidWorks. De lo contrario:



1 Haga clic en Tools, Add-Ins (Herramientas, Complementos).

Aparece el cuadro de diálogo Add-Ins (Complementos).

2 Seleccione las casillas de verificación situadas junto a SolidWorks Simulation.

Si SolidWorks Simulation no se encuentra en la lista, necesita instalar SolidWorks Simulation.

3 Haga clic en **OK** (Aceptar).

El menú SolidWorks Simulation aparecerá en la barra de menús de SolidWorks.

Establecimiento de las unidades del análisis

Antes de empezar esta lección, estableceremos las unidades del análisis.

- 1 Haga clic en Simulation, Options (Opciones).
- 2 Haga clic en la pestaña **Default Options** (Opciones predeterminadas).
- 3 Seleccione SI (MKS) en Unit system (Sistema de unidades) y mm y N/mm² (MPa) como unidades de longitud y tensión, respectivamente.
- 4 Haga clic en 🖌 .

Paso 1: Creación de un estudio

El primer paso para realizar un análisis consiste en crear un estudio.

1 Haga clic en **Simulation, Study** (Estudio) en el menú principal de SolidWorks en la parte superior de la pantalla.

Aparece el PropertyManager Study (Estudio).

- 2 En Name (Nombre), escriba Whole plate (Chapa completa).
- 3 En Type (Tipo), escriba Static (Estático).
- 4 Haga clic en 🧹.

SolidWorks Simulation crea un árbol de estudio de Simulation situado bajo el árbol de diseño de FeatureManager.

Paso 2: Asignación de materiales

Asignación de acero aleado

1 En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Plate-with-hole (Chapa con orificio) y haga clic en Apply Material to All Bodies (Aplicar material a todos los sólidos).

Aparece el cuadro de diálogo Material.

- **2** Haga lo siguiente:
 - a) Expanda la carpeta de la biblioteca SolidWorks

Material SolidWorks Materials Properties Tables & Curves Appearance CrossHa 🗄 🚹 Steel Material properties 1023 Carbon Steel Sheet (SS) Materials in the default library can not be edited 201 Annealed Stainless Steel (SS) a custom library to edit it. A286 Iron Base Superalloy Model Type: Linear Elastic Isotropic E AISI 1010 Steel, hot rolled bar AISI 1015 Steel, Cold Drawn (SS) Units: SI - N/m^2 (Pa) Category: Steel AISI 1020 Steel, Cold Rolled AISI 1035 Steel (SS) Alloy Steel Name: AISI 1045 Steel, cold drawn Default failure Max von Mises Stress AISI 304 criterion: AISI 316 Annealed Stainless Steel Bar (SS Description: AISI 316 Stainless Steel Sheet (SS) Source: AISI 321 Annealed Stainless Steel (SS) E AISI 347 Annealed Stainless Steel (SS) Sustainability: Defined AISI 4130 Steel, annealed at 865C AISI 4130 Steel, normalized at 870C Property Value Units 📲 AISI 4340 Steel, annealed 2.1e+011 N/m[^] AISI 4340 Steel, normalized 0.28 AISI Type 316L stainless steel Shear Modulus 7.9e+010 N/m[^] AISI Type A2 Tool Steel 7700 723825600 N/m^ Alloy Stee Tensile Strend

Materials (Materiales de Solidworks).

- b) Expanda la categoría Steel (Acero).
- c) Seleccione Alloy Steel (Acero aleado).

Nota: Las propiedades mecánicas y físicas del acero aleado aparecen en la tabla situada a la derecha.

3 Haga clic en **OK** (Aceptar).

Paso 3: Aplicación de sujeciones

Aplique sujeciones para evitar las rotaciones fuera del plano y los movimientos de cuerpos libres.

1 Presione la barra espaciadora y seleccione *Trimetric (Trimétrica) en el menú Orientation (Orientación).

La orientación del modelo es como puede verse en la figura.

2 En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Fixtures (Sujeciones) y haga clic en Advanced Fixtures (Sujeciones avanzadas).

Aparece el PropertyManager Fixture.

3 Asegúrese de que la opción **Type** (Tipo) esté establecida en Use Reference Geometry (Utilizar geometría de referencia).



N/A

kg/n

4 En la zona de gráficos, seleccione las 8 aristas que se muestran en la figura.

Aparecen de Edge<1> a Edge<8> en el cuadro Faces, Edges, Vertices for Fixture (Caras, aristas o vértices para sujeción).

- 5 Haga clic en el cuadro Face, Edge, Plane, Axis for Direction (Cara, arista, plano o eje para dirección) y seleccione Plane1 (Plano 1) en el árbol de FeatureManager desplegable.
- 6 En Translations (Traslaciones), seleccione Along plane Dir 2 M (A lo largo del plano Dir. 2).
- 7 Haga clic en 🖌.

Las sujeciones se aplican y sus símbolos aparecen en las aristas seleccionadas.

Además, aparece un icono de sujeción 🗊 (Reference Geometry-1) (Geometría de referencia-1) en la carpeta Fixtures (Sujeciones).

De forma similar, siga los pasos 2 al 7 para aplicar sujeciones al conjunto vertical de aristas como se muestra en la figura para restringir las 8 aristas Along plane Dir 1 (A lo largo del plano Dir. 1) de Plane1 (Plano 1).



Para evitar el desplazamiento del modelo en la dirección Z global, se debe definir una sujeción en el vértice que se muestra en la figura a continuación.

1 En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Fixtures (Sujeciones) y haga clic en Advanced Fixtures (Sujeciones avanzadas).

Aparece el PropertyManager Fixture.

- 2 Asegúrese de que la opción **Type** (Tipo) esté establecida en **Use reference geometry** (Utilizar geometría de referencia).
- 3 En la zona de gráficos, haga clic en el vértice que se muestra en la figura.

Aparece Vertex (Vértice) <1> en el cuadro Faces, Edges, Vertices for Fixture (Caras, aristas o vértices para sujeción).



- 4 Haga clic en el cuadro Face, Edge, Plane, Axis for Direction (Cara, arista, plano o eje para dirección) y seleccione Plane1 (Plano 1) en el árbol de FeatureManager desplegable.
- 5 En Translations (Traslaciones), seleccione Normal to Plane 🕅 (Normal al plano).
- 6 Haga clic en 🖌 .

Paso 4: Aplicación de presión

Aplique una presión de 1 MPa Cara 3 (145,04 psi) normal a las caras como se muestra en la figura. **そ**たたたたた 1 En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga clic Cara 1 con el botón derecho del ratón en la carpeta External Loads (Cargas externas) y haga clic en Pressure (Presión). Aparece el PropertyManager Pressure. 2 En Type (Tipo), seleccione Cara 4 Normal to selected face (Normal a la cara seleccionada). 3 En la zona de gráficos, seleccione

3 En la zona de gráficos, seleccione las cuatro caras que se muestran en la figura.

Aparecen de Face (Cara) <1> a Face (Cara) <4> en el cuadro de lista **Faces for Pressure** (Caras para presión).

- 4 Asegúrese de que la opción Units (Unidades) esté establecida en N/mm² (MPa).
- 5 En el cuadro **Pressure value** (Valor de presión) <u>III</u>, escriba **1**.
- 6 Marque la casilla **Reverse direction** (Invertir dirección).
- 7 Haga clic en 🖌 .

SolidWorks Simulation aplica la presión normal a las caras seleccionadas y aparece el icono Pressure-1 (Presión-1) \coprod en la carpeta External Loads (Cargas externas).

Para ocultar los símbolos de cargas y sujeciones

En el árbol SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en Fixtures (Sujeciones) o en la carpeta External Loads (Cargas externas) y haga clic en **Hide All (Ocultar todo)**.

Paso 5: Mallado del modelo y ejecución del estudio

El mallado divide el modelo en piezas más pequeñas denominadas elementos. Según las cotas geométricas del modelo, SolidWorks Simulation sugiere un tamaño de elemento predeterminado que puede modificarse según sea necesario.

Cara 2

1 En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono Mesh (Malla) y seleccione **Create Mesh (Crear malla)**.

Aparece el PropertyManager Mesh (Malla).

2 Expanda **Mesh Parameters (Parámetros de malla)** seleccionando la casilla de verificación.

Asegúrese de que la opción **Curvature based mesh (Malla basada en curvatura)** esté seleccionada.

- 3 Escriba 50 mm para Maximum element size (Tamaño máximo de elemento) y acepte los valores predeterminados para el resto de los parámetros [Minimum element size (Tamaño mínimo de elemento) , M, Min number of elements in a circle (N.º mín. de elementos en un círculo) y Element size growth ratio (Cociente de crecimiento del tamaño del elemento) .
- 4 Marque Run (solve) the analysis (Ejecutar (solucionar) el análisis) en Options (Opciones) y haga clic en .

Nota: Para ver el trazado de la malla, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Mesh (Malla) y seleccione Show Mesh (Mostrar malla)



Paso 6: Visualización de los resultados

Tensión normal en la dirección X global.

1 Haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Results (Resultados) **b** y seleccione **Define Stress Plot (Definir trazado de tensiones).**

Aparece el PropertyManager Stress Plot (Trazado de tensiones).

- 2 En Display (Visualización)
 - a) Seleccione SX: Tensión normal de X en el campo Componente.
 - b) Seleccione N/mm² (MPa) en Units (Unidades).
- 3 Haga clic en 🖌 .

Se muestra la tensión normal en el trazado de dirección X.

Observe la concentración de tensiones en el área alrededor del taladro.



Paso 7: Verificación de los resultados

La tensión normal máxima $\sigma_{máx}$ de una chapa con una sección transversal rectangular y un taladro circular central es proporcionada por:

$$\sigma max = k \cdot \left(\frac{P}{t(D-2r)}\right) \qquad \qquad k = 3.0 - 3.13 \left(\frac{2r}{D}\right) + 3.66 \left(\frac{2r}{D}\right)^2 - 1.53 \left(\frac{2r}{D}\right)^3$$

donde:

D = anchura de la chapa = 500 mm (19,69 pulg.)

r = radio del taladro = 25 mm (0,98 pulg.)

t = espesor de la chapa = 25 mm (0,98 pulg.)

P = Fuerza axial de tracción = Presión * (D * t)

El valor analítico de la tensión normal máxima es $\sigma_{máx}$ = 3,0245 MPa (438,67 psi).

El resultado de SolidWorks Simulation, sin utilizar ningún método adaptativo, es SX = 2,416 MPa (350,41 psi).

Este resultado se desvía de la solución teórica en aproximadamente un 20,1%. Pronto verá que esta desviación insignificante puede atribuirse al grosor de la malla.

Ejercicio de aprendizaje activo: Parte 2

En la segunda parte del ejercicio, modelará el cuarto de chapa con ayuda de las sujeciones de simetría.

Nota: Las sujeciones de simetría pueden utilizarse para analizar sólo una parte del modelo. Este método puede representar un ahorro considerable de tiempo, particularmente si está trabajando con modelos grandes.

Las condiciones de simetría requieren que la geometría, las cargas, las propiedades de materiales y las sujeciones sean equivalentes en el plano de simetría.

Paso 1: Activación de nueva configuración

- Haga clic en la pestaña ConfigurationManager
 .
- 2 En el gestor de **ConfigurationManager**, haga doble clic en el icono de Quarter plate (Cuarto de chapa).



Se activará la configuración Quarter plate (Cuarto de chapa).

El modelo del cuarto de chapa aparece en la zona de gráficos.

Nota: Para acceder a un estudio asociado con una configuración inactiva, haga clic con el botón derecho del ratón en su icono y seleccione Activate SW configuration (Activar configuración de SW).



Paso 2: Creación de un estudio

El nuevo estudio que usted crea se basa en la configuración Quarter plate (Cuarto de chapa) activa.

1 Haga clic en **Simulation, Study** (Estudio) en el menú principal de SolidWorks en la parte superior de la pantalla.

Aparece el PropertyManager Study (Estudio).

- 2 En Name (Nombre), escriba Quarter plate (Cuarto de chapa).
- 3 En Type (Tipo), escriba Static (Estático).
- 4 Haga clic en 🖌 .

SolidWorks Simulation crea un árbol representativo para el estudio situado en una pestaña en la parte inferior de la pantalla.

Model | Motion Study 1 | 🐙 Whole plate | 🐙 Quarter plate |

Paso 3: Asignación de materiales

Siga el procedimiento que se describe en el Paso 2 de la Parte 1 para asignar el material **Alloy Steel (Acero aleado)**.

Paso 4: Aplicación de sujeciones

Aplique sujeciones en las caras de la simetría.

- 1 Utilice las teclas de **flecha** para girar el modelo como se muestra en la figura.
- 2 En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Fixtures (Sujeciones) y seleccione Advanced Fixtures (Sujeciones avanzadas).

Aparece el PropertyManager **Fixtures** (Sujeciones).

- Cara 2 Cara 1
- 3 Establezca el Type (Tipo) en Symmetry (Simetría).
- 4 En la zona de gráficos, haga clic en la Face 1 (Cara 1) y Face 2 (Cara 2) que se muestran en la figura.

Face<1> y Face<2> aparecen en el cuadro **Planar Faces for Fixture** (Caras planas para sujeción).

5 Haga clic en ✓.

A continuación, aplique una restricción a la arista superior de la chapa para evitar el desplazamiento en la dirección Z global.

Para restringir la arista superior:

1 En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Fixtures (Sujeciones) y seleccione Advanced Fixtures (Sujeciones avanzadas).

Establezca el Type (Tipo) en Use reference geometry (Utilizar geometría de referencia).

2 En la zona de gráficos, haga clic en la arista superior de la chapa que se muestra en la figura.

Aparece Edge (Arista) <1> en el cuadro Faces, Edges, Vertices for Fixture (Caras, aristas o vértices para sujeción).

3 Haga clic en el cuadro Face, Edge, Plane, Axis for Direction (Cara, arista, plano o eje para dirección) y seleccione Plane1 (Plano 1) en el árbol de FeatureManager desplegable.



- 4 En Translations (Traslaciones), seleccione Normal to plane (Normal al plano) № . Asegúrese de que los otros dos componentes estén desactivados.
- 5 Haga clic en 🖌.

Luego de aplicar todas las sujeciones, aparecen dos elementos (Symmetry-1) y (Reference Geometry-1) en la carpeta Fixtures.

Paso 5 Aplicación de presión

Aplique una presión de 1 MPa (145,04 psi) como se muestra en la figura a continuación:

1 En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta External Loads (Cargas externas) y seleccione Pressure (Presión).

Aparece el PropertyManager **Pressure**.

- 2 En **Type** (Tipo), seleccione **Normal to selected face** (Normal a la cara seleccionada).
- 3 En la zona de gráficos, seleccione la cara que se muestra en la figura.
- 1 Aparece Face (Cara) <1> en el cuadro de lista Faces for Pressure (Caras para presión).
- 2 Establezca Units (Unidades) 📘 en N/mm^2 (MPa).
- 3 En el cuadro **Pressure value** (Valor de presión) **H**, escriba **1**.
- 4 Marque la casilla **Reverse direction** (Invertir dirección).
- 5 Haga clic en 🖌.

SolidWorks Simulation aplica la presión normal a las caras seleccionadas y aparece el icono Pressure-1 (Presión-1) \coprod en la carpeta External Loads (Cargas externas).

Paso 6 Mallado del modelo y ejecución del análisis

Aplique la misma configuración de malla a continuación del procedimiento que se describe en el Paso 5 de la Parte 1, Mallado del modelo y ejecución del análisis en la página 2-7. Luego, proceda a **Run (Ejecutar)** el análisis.

El trazado de la malla es como puede verse en la figura.





Paso 7 Visualización de tensiones normales en la dirección X global

- 1 En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Results (Resultados) i y seleccione Define Stress Plot (Definir trazado de tensiones).
- 2 En el PropertyManager Stress Plot (Trazado de tensiones), en Display (Visualización):
 - a) Seleccione SX: X Normal stress (SX: Tensión normal de X).
 - b) Seleccione N/mm² (MPa) en Units (Unidades).
- 3 En Deformed Shape (Forma deformada), seleccione True Scale (Escala real).
- 4 En Property (Propiedad):
 - a) Seleccione Associate plot with name view orientation (Asociar el trazado con orientación de vista etiquetada).
 - b) Seleccione *Front (Frontal) en el menú.
- 5 Haga clic en 🖌.

La tensión normal en la dirección X aparece en la forma deformada real de la chapa.



Paso 8 Verificación de los resultados

Para el cuarto de modelo, la tensión SX normal máxima es 2,217 MPa (321,55 psi). Este resultado es comparable con los resultados de la chapa completa.

Este resultado se desvía de la solución teórica en aproximadamente un 36%. Como se mencionó en la conclusión de la Parte 1 de esta lección, usted verá que esta desviación puede atribuirse al grosor de la malla computacional. Puede optimizar la precisión utilizando un tamaño de elemento menor manualmente o utilizando métodos adaptativos automáticos.

En la Parte 3, utilizará el método adaptativo h para optimizar la precisión.

Ejercicio de aprendizaje activo: Parte 3

En la tercera parte del ejercicio, aplicará el método adaptativo h para solucionar el mismo problema para la configuración Quarter plate (Cuarto de chapa).

Para demostrar la capacidad del método adaptativo h, mallará primero el modelo con un tamaño de elemento grande y luego observará de qué manera el método h cambia el tamaño de la malla para optimizar la precisión de los resultados.

Paso 1 Definición de un nuevo estudio

Creará un nuevo estudio duplicando el estudio anterior.

1 Haga clic con el botón derecho en el estudio Quarter plate (Cuarto de chapa) en la parte inferior de la pantalla y seleccione **Duplicate (Duplicar)**.

Aparece el cuadro de diálogo Define Study Name (Definir nombre de estudio).

- 2 En el cuadro Study Name (Nombre de estudio), escriba H-adaptive (adaptativoh).
- 3 En Configuration to use (Configuración a utilizar): seleccione Quarter plate (Cuarto de chapa).
- 4 Haga clic en **OK** (Aceptar).

Paso 2 Establecimiento de los parámetros del método adaptativo h

- 1 En el gestor de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en H-adaptive (Adaptativo h) y seleccione Properties (Propiedades).
- 2 En el cuadro de diálogo, en la pestaña **Options (Opciones)**, seleccione **FFEPlus** en Solver (Solucionador).
- 3 En la pestaña Adaptive (Adaptivo), en Adaptive method (Método adaptativo), seleccione h-adaptive (adaptativo h).

	Create New Simulation Study
	Create New Design Study
] ≱ŧ Qu	Jarter plate
Define Stu	udy Name
Study Na	ame:
H-adapt	tive
Configura	ation to use:
Quarter	plate 🔻
0	K Cancel Help

Delete All Simulaton Studies Create New Motion Study

Duplicate

Rename Delete

- 4 En h-Adaptive options (Opciones de adaptativo h), realice lo siguiente:
 - a) Mueva el control deslizante de Target accuracy (Precisión de destino) a 99%.
 - b) Establezca el valor de Maximum no. of loops (Nº de bucles máximo) en 5.
 - c) Seleccione Mesh coarsening (Grosor de malla).
- 5 Haga clic en **OK** (Aceptar).

Nota:	Al duplicar el estudio, todas las
	carpetas del estudio original se
	copian en el nuevo estudio.
	Mientras las propiedades del
	nuevo estudio permanezcan sin
	cambios, no es necesario redefinir
	las propiedades de materiales,
	cargas, sujeciones, etc.

itatic X
Options Adaptive Flow/Themal Effects Remark
Adaptive method
None
D-adaptive D-adaptive
h-Adaptive
Low High
Target accuracy: 99 %
Local (Faster) Global (Slower) Accuracy bias:
Maximum no. of loops 5
p-Adaptive options
Stop when Total Strain Energy v change is 1 % or less
Update elements with relative Strain Energy error of 2 % or more
Starting p-order
Maximum p-order 5
Maximum no. of loops 4
OK Cancel Apply Help

Paso 3: Nuevo mallado del modelo y ejecución del estudio

1 En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Mesh (Malla) y seleccione Create Mesh (Crear malla).

Aparece un mensaje de advertencia que indica que el nuevo mallado eliminará los resultados del estudio.

2 Haga clic en **OK** (Aceptar).

Aparece el PropertyManager Mesh (Malla).

3 Escriba 125 mm (4,92 pulg.) para Maximum element
 size (Tamaño máximo de elemento) y acepte los valores predeterminados para el resto de los parámetros
 [Minimum element size (Tamaño mínimo de elemento)]



Min number of elements in a circle (N.º mín. de elementos en un círculo) y Element size growth ratio (Cociente de crecimiento del tamaño del elemento)

Este valor alto para el tamaño de elemento global se utiliza para demostrar de qué manera el método adaptativo h afina la malla para obtener resultados precisos.

- **4** Haga clic en *✓*. La imagen anterior muestra la malla gruesa inicial.
- 5 Haga clic con el botón derecho del ratón en el icono H-adaptive (adaptativo h) y seleccione Run (Ejecutar).

Paso 4: Visualización de resultados

Con la aplicación del método adaptativo h, el tamaño de la malla original se reduce. Observe la transición del tamaño de la malla de una malla más gruesa (bordes de la chapa) a una malla más fina en la ubicación del taladro central.

Para ver la malla convertida, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono Mesh (Malla) y seleccione Show Mesh (Mostrar malla).



Visualización de tensión normal en la dirección X global

En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga doble clic en el trazado de **Stress2** (X-normal) (Tensión 2 (normal a X)) en la carpeta Results (Resultados) 🛅.



El valor analítico de la tensión normal máxima es $\sigma_{máx}$ = 3,113 MPa (451,5) psi.

El resultado de SolidWorks Simulation con la aplicación del método adaptativo h es SX = 3,113 MPa, que se acerca más a la solución analítica (error aproximado: 2,9%).

Nota: La precisión deseada establecida en las propiedades del estudio (en su caso, 99%) no significa que las tensiones resultantes estarán dentro del error máximo de 1%. En el método de elementos finitos, se utilizan otras mediciones distintas de las tensiones para evaluar la precisión de la solución. Sin embargo, se puede concluir que, puesto que el algoritmo adaptativo refina la malla, la solución de la tensión es más precisa.

Paso 9 Visualización de gráficos de convergencia

- En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Results (Resultados) in y seleccione Define Adaptive Convergence Graph (Definir gráfico de convergencia adaptativo).
- 2 En el PropertyManager, marque todas las opciones y haga clic en
 Se muestra el gráfico de convergencia de todas las cantidades marcadas.



Nota: Para optimizar aún más la precisión de la solución, es posible continuar con las iteraciones de adaptabilidad h iniciando ejecuciones de estudios consecutivas. Cada ejecución de estudio posterior utiliza la malla final correspondiente a la última iteración de la ejecución anterior como la malla inicial para la nueva ejecución. Para intentar esto, proceda a **Run (Ejecutar)** el estudio H-adaptive (adaptativo h) nuevamente.

Evaluación de cinco minutos: Respuestas

1 Si modifica materiales, cargas o sujeciones, los resultados se invalidan mientras que la malla no. ¿Por qué?

Respuesta: El material, las cargas y las sujeciones se aplican a la geometría. La malla sigue siendo válida siempre que los parámetros de la geometría y la malla no se hayan modificado. Los resultados pierden su validez con cualquier cambio en el material, las cargas o las sujeciones.

2 ¿Invalida el cambio de una cota la malla actual?

<u>Respuesta</u>: Sí. La malla se aproxima a la geometría por lo que cualquier cambio en dicha geometría requiere un mallado.

3 ¿Cómo se activa una configuración?

<u>Respuesta</u>: Haga clic en la pestaña ConfigurationManager Respuesta: Haga clic en la configuración deseada en la lista. También puede activar la configuración asociada con un estudio haciendo clic con el botón derecho del ratón en el icono del estudio y seleccionando **Activate SW Configuration (Activar configuración de SW)**.

4 ¿Qué es un movimiento de cuerpo rígido?

<u>Respuesta</u>: Un modo de cuerpo rígido se refiere al cuerpo en forma integral, sin deformación. La distancia entre dos puntos dados en el cuerpo permanece constante en todo momento. El movimiento no induce deformaciones unitarias ni tensiones.

5 ¿Qué es el método adaptativo h y cuándo se utiliza?

Respuesta: El método adaptativo h es un método que intenta mejorar los resultados de estudios estáticos automáticamente mediante la estimación de los errores en el campo de tensión y el ajuste progresivo de la malla en regiones con alta incidencia de errores hasta alcanzar un nivel de precisión estimado.

6 ¿Cuál es la ventaja de utilizar el método adaptativo h para mejorar la precisión en comparación con la utilización del control de malla?

Respuesta: En el control de malla, debe especificar el tamaño de la malla y las regiones en las que es necesario mejorar los resultados manualmente. El método adaptativo h identifica regiones con alta incidencia de errores automáticamente y sigue ajustándolos hasta alcanzar el nivel de precisión especificado o el número máximo de iteraciones permitido.

7 ¿Cambia el número de elementos en iteraciones del método adaptativo p?

<u>Respuesta</u>: No. El método adaptativo p aumenta el orden del polinomio para mejorar los resultados en áreas con alta incidencia de errores de tensión.

Debate en clase: Creación de un estudio de frecuencia

Pida a los estudiantes que creen estudios de frecuencia para las configuraciones Whole plate (Chapa completa) y Quarter plate (Cuarto de chapa) del modelo Plate-with-hole. Para extraer las frecuencias naturales de la chapa, no se aplicará ninguna sujeción (excepto aquellas que controlan la simetría del modelo del cuarto de chapa).

Explique que deben evitarse las sujeciones de simetría en estudios de frecuencia y pandeo ya que sólo se extraen los modos simétricos. Se ignorarán todos los modos no simétricos. Explique también la presencia de modos de cuerpo rígido debido a la falta de las sujeciones.

Creación de un estudio de frecuencia basado en la configuración Whole plate (Chapa completa)

- 1 Active la configuración Whole plate (Chapa completa).
- 2 Haga clic en **Simulation, Study** (Estudio) en el menú principal de SolidWorks en la parte superior de la pantalla.

Aparece el PropertyManager Study (Estudio).

- 3 En Name (Nombre), escriba Freq-Whole (Frec-Completa).
- 4 En Type (Tipo), seleccione Frequency (Frecuencia).
- 5 Haga clic en 🖌.

Establecimiento de las propiedades del estudio de frecuencia

1 Haga clic con el botón derecho del ratón en el icono Freq-Whole (Frec-Completa) en el SolidWorks Simulation Manager y seleccione Properties (Propiedades).

Aparece el cuadro de diálogo Frequency (Frecuencia).

- 2 Establezca el Number of frequencies (Número de frecuencias) en 15.
- 3 En Solver (Solucionador), seleccione FFEPlus.
- 4 Haga clic en **OK** (Aceptar).

Aplicación de material

Arrastre y coloque la carpeta Plate-with-hole (Chapa con orificio) del estudio Whole plate (Chapa completa) en el estudio Freq-Whole (Frec-Completa).

Las propiedades de material del estudio Whole plate (Chapa completa) se copian en el nuevo estudio.

Aplicación de cargas y sujeciones

Nota: Las sujeciones y la presión no se considerarán en el análisis de frecuencia. Nos interesan las frecuencias naturales de una chapa sin restricciones y cargas.

Sólo se permiten modelos que no tienen ninguna sujeción aplicada en los estudios de frecuencia y pandeo. En los demás tipos de estudios, deben aplicarse las sujeciones correctas.

Mallado del modelo y ejecución del estudio

- 1 Haga clic con el botón derecho del ratón en el icono Mesh (Malla) y seleccione Create Mesh (Crear malla).
- 2 Expanda Options (Opciones).
- 3 Seleccione Run (solve) the analysis (Ejecutar [solucionar] el análisis).
- 4 Expanda Mesh Parameters (Parámetros de malla).
- 5 Haga clic en ✓ para aceptar la configuración predeterminada para todos los parámetros de malla [Maximum element size (Tamaño máximo de elemento) , Minimum element size (Tamaño mínimo de elemento

Listado de frecuencias resonantes y visualización de formas modales

1 Haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Results (Resultados) y seleccione List Resonant Frequencies (Listar frecuencias resonantes).

La tabla List Modes (Listar modos) lista las primeras quince frecuencias distintas de cero.

List Modes				x	Li	st Modes				x
Study nam	Study name: Freq-Whole Study name: Freq-Whole									
Mode N	. Frequency(Rad/sec)	Frequency(Hertz)	Period(Seconds)			Mode No.	Frequency(Rad/sec)	Frequency(Hertz)	Period(Seconds)	
1	0	0	1e+032			9	3692.1	587.61	0.0017018	
2	1.4901e-008	2.3716e-009	4.2166e+008	=		10	5342	850.21	0.0011762	
3	2.9802e-008	4.7432e-009	2.1083e+008			11	5343	850.36	0.001176	
4	0.0008489	0.00013511	7401.6			12	9317.9	1483	0.00067432	
5	0.0012851	0.00020454	4889.1			13	9319.4	1483.2	0.00067421	=
6	0.0012881	0.00020501	4877.9			14	9572.4	1523.5	0.00065638	
7	2072.7	329.88	0.0030314	-		15	10501	1671.2	0.00059836	-
1						•	1	1	•	-
								- Cauca	Holp	
		Save	Help			LIOS		Jave	нер	

Nota: Las primeras frecuencias tienen valores de cero o cercanos a cero. Este resultado indica que se detectaron los modos de cuerpo rígido y se les asignaron valores muy pequeños (o de cero). Puesto que nuestro modelo no tiene ninguna restricción, se encuentran seis modos de cuerpo rígido.

El primer valor distinto de cero corresponde a la frecuencia N.º 7 y tiene una magnitud de 2.072,7 Hz. Esta es la primera frecuencia natural de la chapa sin restricciones.

Cierre la ventana List Modes (Listar modos).

2 Expanda Results (Resultados) y haga doble clic en el trazado Displacement1 (Desplazamiento 1).

Aparece la primera forma modal de cuerpo rígido en la zona de gráficos.

Nota: La frecuencia N.º 1 corresponde al modo de cuerpo rígido donde la chapa se traslada a lo largo de la dirección X global como un cuerpo rígido. Por lo tanto, no se muestra ninguna deformación.



Visualización de la primera frecuencia natural de la chapa

- 1 Haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Results (Resultados) y seleccione Define Mode Shape/ Displacement Plot (Definir trazado de comprobación de diseño).
- 2 En Plot Steps (Pasos de trazado), escriba 7 en Mode Shape (Forma modal).
- 3 Haga clic en **OK** (Aceptar).

La frecuencia N.º 7 corresponde Nota: a la primera frecuencia natural real de la chapa.



3.567e+002 3.242e+002 2.918e+002 2.594e+002 2.270e+002 1.945e+002 1.621e+002 1.297e+002 9 727e+001 6 485e+001 3 242e+001 3.915e-004

Animación de los trazados de formas modales

1 Haga doble clic en el icono de forma modal (es decir, Displacement6 (Desplazamiento6)) para activarlo y luego haga clic en él con el botón derecho del ratón y seleccione Animate (Animar).

Aparece el PropertyManager Animation (Animación).

2 Haga clic en **>**.

La animación se activa en la zona de gráficos.

- 3 Haga clic en 🔳 para detener la animación.
- 4 Haga clic en 🧳 para salir del modo de animación.

Animación de otros trazados de formas modales

- 1 Haga doble clic en el icono de forma modal (o defina nuevos trazados de formas modales para modos más altos) y luego haga clic con el botón derecho del ratón en el icono y seleccione **Animate (Animar)**.
- 2 Analice además las animaciones de modos de cuerpo rígido para las frecuencias 1 al 6.

Creación de un estudio de frecuencia basado en la configuración Quarter plate (Cuarto de chapa)

- 1 Active la configuración Quarter plate (Cuarto de chapa).
- 2 Siga los pasos que se describieron anteriormente para crear un estudio de frecuencia denominado Freq-quarter (Frec-Cuarto).

```
Nota: Arrastre y coloque la carpeta Fixtures (Sujeciones) del estudio
Quarter plate (Cuarto de chapa) en el estudio Freq-quarter
(Frec-Cuarto) y elimine la sujeción Reference Geometry-1
(Geometría de referencia-1).
```

Listado de frecuencias resonantes

Las primeras frecuencias resonantes ahora se listan como se muestra.

Anime los trazados de formas modales del estudio Freq-quarter (Frec-Cuarto) y compárelos con los del estudio Freq-Whole (Frec-Completa).

Mode No.	Frequency(Rad/sec)	Frequency(Hertz)	Period(Seconds)
1	0.0021973	0.00034971	2859.5
2	3050.1	485.44	0.00206
3	3700.2	588.9	0.0016981
4	9598.9	1527.7	0.00065457
5	17460	2778.9	0.00035986
4		III	

Nota: Puesto que analizamos sólo un cuarto del modelo, los modos antisimétricos no se capturan en el estudio Freq-quarter. Por este motivo, se recomienda especialmente realizar un análisis de frecuencia del modelo completo.

Puesto que la sujeción Symmetry-1 restringe el modelo en determinadas direcciones, sólo se detecta un modo de cuerpo rígido (modo de frecuencia cero).

Proyectos: Modelado del cuarto de chapa con una malla sólida

Utilice la malla sólida para solucionar el modelo del cuarto de chapa. Aplicará el control de malla para mejorar la precisión de los resultados.

Tareas

- 1 Haga clic en **Insert, Surface, Mid Surface (Insertar, Superficie, Superficie media)** en el menú principal de SolidWorks en la parte superior de la pantalla.
- 2 Seleccione las superficies delantera y posterior de la chapa, como se muestra.
- **3** Haga clic en **OK** (Aceptar).
- 4 Cree un estudio**Static (Estático)** denominado Shells-quarter.
- 5 Expanda la carpeta Plate-with-hole (Chapa con orificio), haga clic con el botón derecho en SolidBody (Cuerpo sólido) y seleccione Exclude from Analysis (Excluir de análisis).
- 6 Defina un vaciado de **25 mm (pulg.)** (formulación **Thin (Delgada)**). Para ello:



- a) Haga clic con el botón derecho del ratón en SurfaceBody (Cuerpo superficial) en la carpeta Plate-with-hole (Chapa con orificio) del árbol de estudio de Simulation y seleccione **Edit Definition (Editar definición)**.
- b) En el PropertyManager Shell Definition (Definición de vaciado), seleccione mm y escriba 25 mm para Shell thickness (Espesor de vaciado).
- c) Haga clic en 🗹.
- 7 Asigne Alloy Steel (Acero aleado) al vaciado. Para ello:
 - a) Haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Plate-with-hole (Chapa con orificio) y seleccione Apply Material to All Bodies (Aplicar material a todos los sólidos).
 - b) Expanda la biblioteca SolidWorks Materials (Materiales de SolidWorks) y seleccione Alloy Steel (Acero aleado) en la categoría Steel (Acero).
 - c) Seleccione Apply (Aplicar) y Close (Cerrar).

- 8 Aplique sujeciones de simetría a las dos aristas que se muestran en la figura.
 - **Nota:** Para una malla de vaciado, es suficiente restringir una arista en lugar de la cara.

Respuesta: Haga lo siguiente:

- a) Haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Fixtures (Sujeciones) y seleccione Advanced Fixtures (Sujeciones avanzadas).
- b) En el campo Faces, Edges, Vertices for Fixture (Caras, aristas o vértices para sujeción), seleccione la arista indicada en la figura.
- c) En el campo Face, Edge, Plane, Axis for Direction (Cara, arista, plano o eje para dirección), seleccione Plane3 (Plano 3).
- d) Restrinja la traslación Normal to Plane (Normal al plano) y las rotaciones Along Plane Dir 1 (A lo largo del plano Dir. 1) y Along Plane Dir 2 (A lo largo del plano Dir. 2).



- e) Haga clic en 🗹.
- 9 Con el mismo procedimiento, aplique una sujeción de simetría a la otra arista que se muestra en la figura. Esta vez, utilice la operación Plane2 (Plano 2) para el campo Face, Edge, Plane, Axis for Direction (Cara, arista, plano o eje para dirección).



10 Aplique una **Pressure** de 1 N/mm² (MPa) a la arista que se muestra en la figura.

Respuesta: Haga lo siguiente:

- a) Haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta External Loads (Cargas externas) y seleccione **Pressure (Presión)**.
- b) En Type (Tipo), seleccione Use reference geometry (Usar geometría de referencia).
- c) En el campo Faces, Edges for Pressure (Caras y aristas para presión), seleccione la arista vertical que se muestra en la figura.
- d) En el campo Face, Edge, Plane, Axis for Direction (Cara, arista, plano o eje para dirección), seleccione la arista que se indica en la figura.
- e) Especifique 1 N/mm² (MPa) en el cuadro de diálogo Pressure Value (Valor de presión) y seleccione la casilla de verificación Reverse direction (Invertir dirección).
- f) Haga clic en 🗹.
- 11 Aplique control de malla a la arista que se muestra en la figura.

Respuesta: Haga lo siguiente:

- a) En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Mesh (Malla) y seleccione Apply Mesh Control (Aplicar control de malla). Aparece el PropertyManager Mesh Control (Control de malla).
- b) Seleccione la arista del taladro como se muestra en la figura.
- c) Haga clic en 🖌.
- **12** Malle la pieza y ejecute el análisis.

Respuesta: Haga lo siguiente:

- a) En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono Mesh (Malla) y seleccione **Create Mesh (Crear malla)**.
- b) Utilice los parámetros de malla predeterminados.
- c) Seleccione Run (solve) the analysis (Ejecutar [solucionar] el análisis).
- d) Haga clic en 🧹.

13 Trace la tensión en la dirección X. ¿Cuál es la tensión SX máxima?

Respuesta: Haga lo siguiente:

- a) En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Results (Resultados) y seleccione Define Stress Plot (Definir trazado de tensiones). Aparece el cuadro de diálogo Stress Plot (Trazado de tensiones).
- b) Seleccione SX: X Normal stress (SX: Tensión normal de X) en el campo Component (Componente).
- c) Seleccione N/mm² (MPa) en Units (Unidades).
- d) Haga clic en 🧹.





- von Mises (N/mm*2 (MPa)) 2.960 2.726 2.491 2.257 2.023 1.789 1.555 1.321 1.086 0.852 0.618 0.384 0.150
- e) La tensión normal SX máxima es de 2,96 MPa (429,31 psi).

14 Calcule el error en la tensión normal SX con la siguiente relación:

$$ErrorPercentage = \left(\frac{SX_{Theory} - SX_{COSMOS}}{SX_{Theory}}\right)100$$

Respuesta:

La solución teórica para la tensión SX máxima es: SXmax = 3,0245 MPa (438,67 psi).

El porcentaje de error en la tensión normal SX máxima es del 2,1%.

En la mayoría de las aplicaciones de análisis de diseño, es aceptable un error de aproximadamente el 5%.

Hoja de vocabulario de la lección 2: Respuestas

Complete los espacios en blanco con las palabras adecuadas.

- 1 Método que mejora los resultados de la tensión mediante el ajuste automático de la malla en regiones de concentración de tensión: <u>Método adaptativo h</u>
- 2 Método que mejora los resultados de la tensión aumentando el orden polinómico: <u>Método adaptativo p</u>
- 3 Tipo de grados de libertad que tiene un nodo de un elemento tetraédrico: Traslacional
- 4 Tipos de grados de libertad que tiene un nodo de un elemento de vaciado: <u>Traslacional y</u> <u>rotacional</u>
- 5 Material con propiedades elásticas iguales en todas las direcciones: Isotrópico
- 6 Tipo de malla adecuado para modelos de gran tamaño: Malla sólida
- 7 Tipo de malla adecuado para modelos delgados: Malla de vaciado
- 8 El tipo de malla adecuado para modelos con piezas delgadas y de gran tamaño: <u>Malla</u> <u>mixta</u>

Cuestionario de la lección 2: Respuestas

Nombre:	Clase:	Fecha:

Instrucciones: Responda a cada pregunta escribiendo la respuesta correcta en el espacio proporcionado.

- ¿Cuántos nodos hay en elementos de vaciado de calidad alta y de borrador?
 <u>Respuesta:</u> 3 para calidad de borrador y 6 para calidad alta
- 2 ¿Requiere el cambio de espesor de un vaciado un nuevo mallado?

Respuesta: No.

3 ¿Cuáles son los métodos adaptativos y cuál es la idea básica para su formulación?

Respuesta: Los métodos adaptativos son métodos iterativos que intentan mejorar automáticamente la precisión de los estudios estáticos. Se basan en la estimación del perfil de error en un campo de tensión. Si un nodo es común a varios elementos, el solucionador brinda diferentes respuestas en el mismo nodo para cada elemento. La variación de dichos resultados brinda una estimación del error. Cuanto más similares sean estos valores entre sí, más precisos serán los resultados en el nodo.

- ¿Cuál es el beneficio de utilizar varias configuraciones en su estudio?
 <u>Respuesta:</u> Puede experimentar con la geometría de su modelo en un documento. Cada estudio se asocia con una configuración. El cambio de la geometría de una configuración sólo afecta a los estudios asociados.
- 5 ¿Cómo puede crear rápidamente un estudio nuevo que tenga pequeñas diferencias a partir de un estudio existente?

Respuesta: Arrastre y coloque el icono de un estudio existente en el icono superior del árbol de SolidWorks Simulation Manager y luego edite, agregue o elimine características para definir el estudio.

6 Cuando no hay métodos adaptativos disponibles, ¿qué puede hacer para establecer confianza en los resultados?

Respuesta: Vuelva a mallar el modelo con un tamaño de elemento menor y vuelva a ejecutar el estudio. Si los cambios en los resultados aún son significativos, repita el proceso hasta que los resultados coincidan.

7 ¿En qué orden calcula el programa las tensiones, los desplazamientos y las deformaciones unitarias?

Respuesta: El programa calcula los desplazamientos, las deformaciones unitarias y las tensiones.

8 En una solución adaptativa, indique cuál es la cantidad que coincide más rápido: ¿El desplazamiento o la tensión?

El desplazamiento coincide más rápido que la tensión. Esto se debe a que la tensión es un segundo derivado del desplazamiento.

Resumen de la lección

- La aplicación de métodos adaptativos se basa en una estimación de error de la continuidad de un campo de tensión. Los métodos adaptativos sólo están disponibles para estudios estáticos.
- □ Mejoran la precisión sin intervención del usuario.
- □ La tensión teórica en el punto de aplicación de una carga concentrada es infinita. Estas tensiones siguen aumentando si utiliza una malla más pequeña alrededor de la singularidad o bien utiliza el método adaptativo h.
- La aplicación del control de malla requiere la identificación de las regiones críticas antes de la ejecución del estudio. Los métodos adaptativos no requieren que el usuario identifique las áreas críticas.
- Se puede utilizar la simetría, cuando sea conveniente, para reducir el tamaño del problema. El modelo debe ser simétrico con respecto a la geometría, las sujeciones, las cargas y las propiedades de material en los planos de simetría.
- No se permiten sujeciones en el análisis de frecuencia y se manifiestan por la presencia de modos de cuerpo rígido (frecuencias de valor cero o cercano a cero).
- □ Se deben evitar las sujeciones de simetría en estudios de frecuencia y pandeo, ya que sólo puede extraer los modos simétricos.
- □ Las piezas delgadas se modelan mejor con elementos de vaciado. Los elementos de vaciado resisten las fuerzas de membrana y plegado.
- □ Los modelos de gran tamaño deben mallarse con elementos sólidos.
- □ La malla mixta debe utilizarse cuando hay piezas de gran tamaño y piezas delgadas en el mismo modelo.