

Bienvenid@s

WEBINAR



Sigue el webinar



#WebinarsAEMAC

Recipientes a presión de pared delgada realizados en composites (I)



Presentacion



Dr. Alfonso Corz

Calpe Institute of Technology

Grupo de I+D Materiales Compuestos

Recipientes a presión de pared delgada realizados en composites

12 de Septiembre de 2018

16:00 Horas (Madrid GMT+2)

Reconocimientos a:

Dr. Jesús Franco (Grupo de I+D)

D. Andrés Peña (Calpe I.T.)

Por su gran tesón en el desarrollo de este proyecto

A la C.T.A. por inestimable ayuda económica



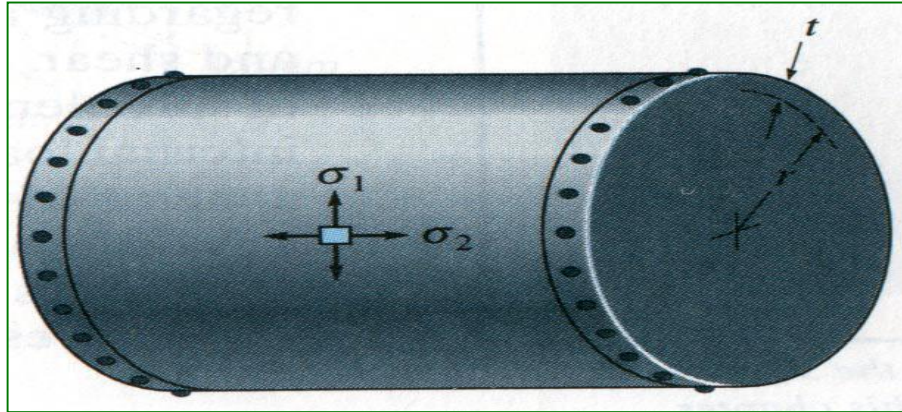
Recipientes a presión de pared delgada realizados en composites



Indice

1. Introducción
2. Objetivo
3. Los recipientes de material compuesto
4. Tecnologías utilizadas
5. Entorno simulación
6. Algoritmo optimización
7. Ejemplo

Concepto de recipiente a presión



Introducción

Concepto de recipiente a presión

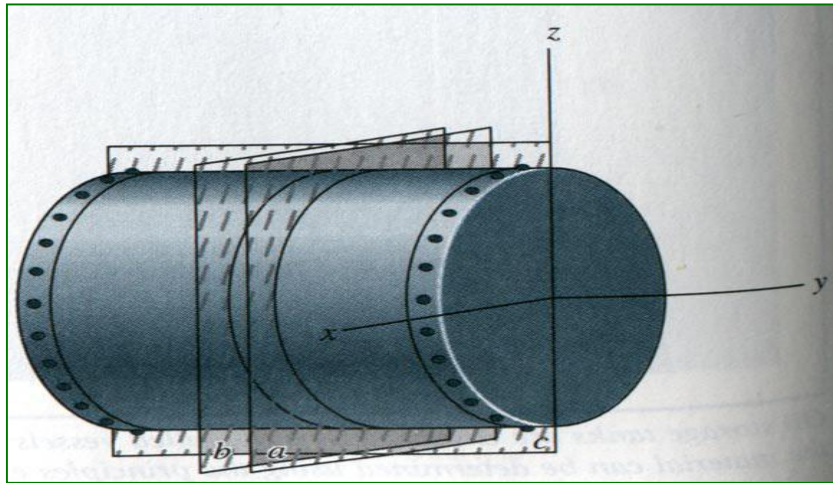
Presión interna



Presión externa



Concepto de recipiente a presión

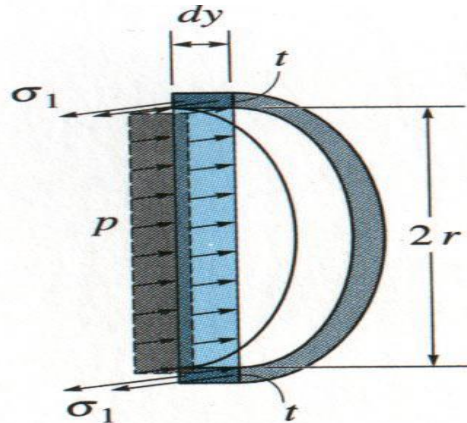


Planos de corte
para aislar el
elemento de
estudio

Introducción

Concepto de recipiente a presión

Equilibrio de fuerzas en x:



$$\sum F_x = 0$$

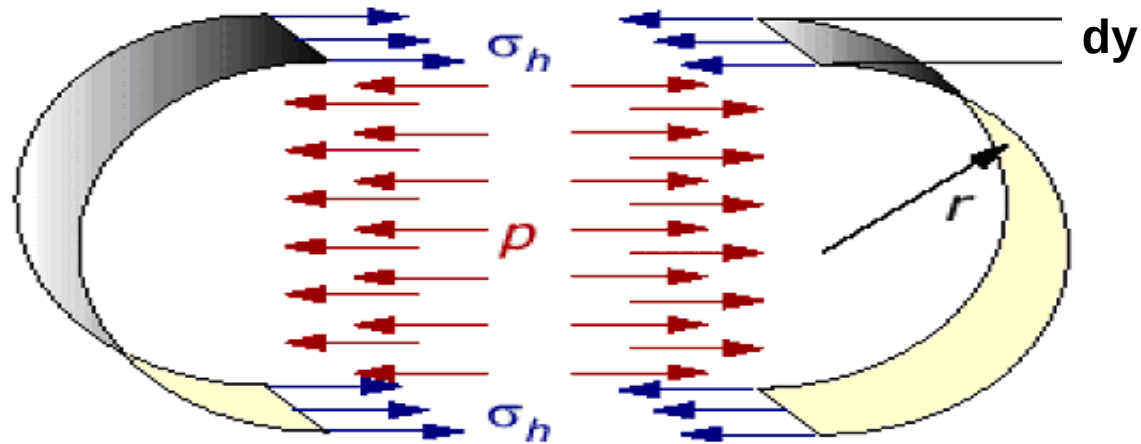
$$2(\sigma_h A) - pA_p = 0$$

$$2(\sigma_h t dy) - p 2r dy = 0$$

$$\sigma_h = \frac{pr}{t}$$

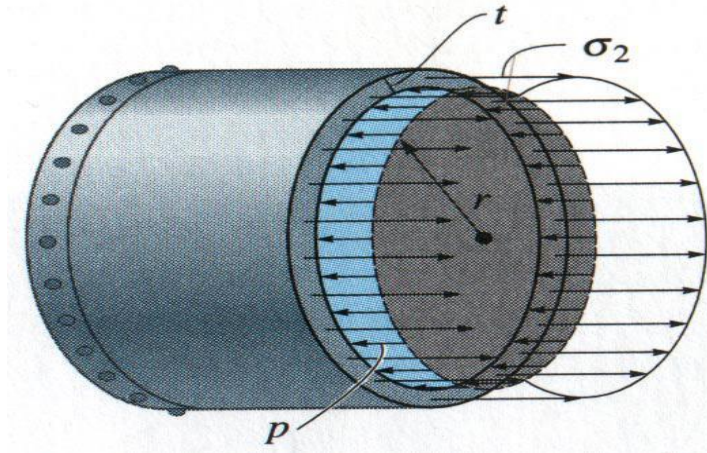
Recipientes a presión de pared delgada realizados en composites

Concepto de recipientes a presión



Introducción

Concepto de recipientes a presión



$$\sum F_y = 0 \quad \sigma_a A - p A_e = 0$$

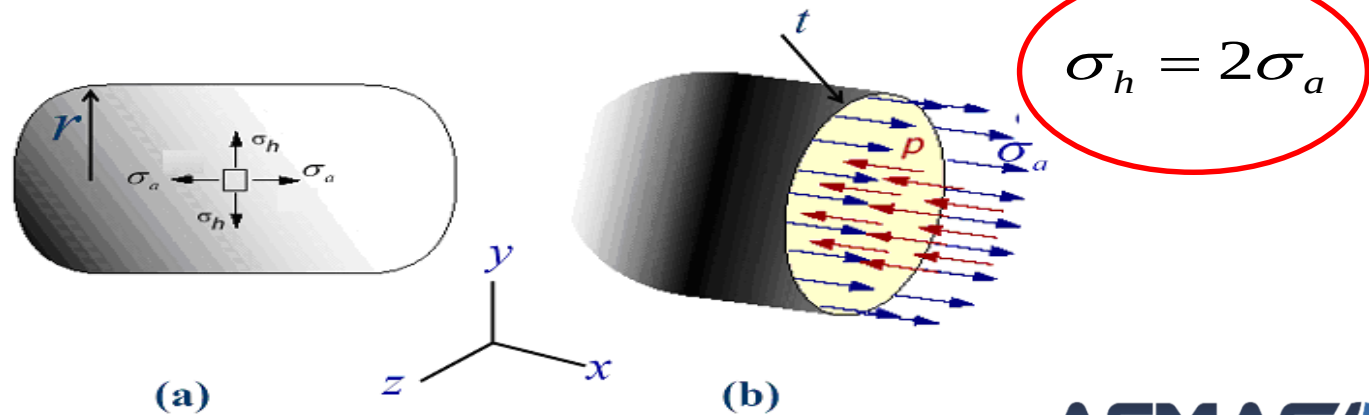
$$\sigma_a \pi (r_0^2 - r^2) - p \pi r^2 = 0$$

$$\sigma_a = \frac{pr^2}{r_0^2 - r^2} \quad r_0 = r + t$$

$$\sigma_a = \frac{pr^2}{(r+t)^2 - r^2} = \frac{pr^2}{2rt + t^2}$$

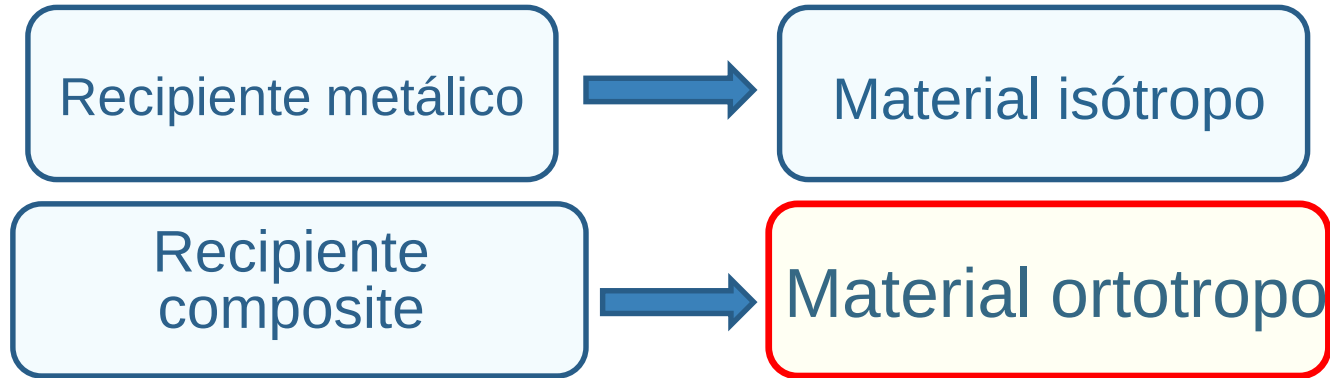
$$\sigma_a = \frac{pr}{2t}$$

Concepto de recipientes a presión



Introducción

Concepto de recipientes a presión



Introducción

Creciente demanda de recipientes fabricados de material compuesto

- *Sector aeroespacial*
- *Sector naval*
- *Vehículos motorizados por gases*
- *Plataformas marinas*
- *Petroquímicas*
-

Introducción

El código ASME BPVC

American Society of Mechanical Engineers
Boiler and Pressure Vessel Code

- Es el código con mayor repercusión internacional en la industria petroquímica y energética

Indice

1. Introducción
2. **Objetivo**
3. Los recipientes de material compuesto
4. Tecnologías utilizadas
5. Entorno simulación
6. Algoritmo optimización
7. Ejemplo

Objetivo

Entorno para el diseño de recipientes a presión construidos de material compuesto

1. Que esté basado en el código ASME BPVC Sec X
2. Que sea capaz de OPTIMIZAR los diseños

Objetivo

Con una arquitectura basada en la WEB

Ventajas

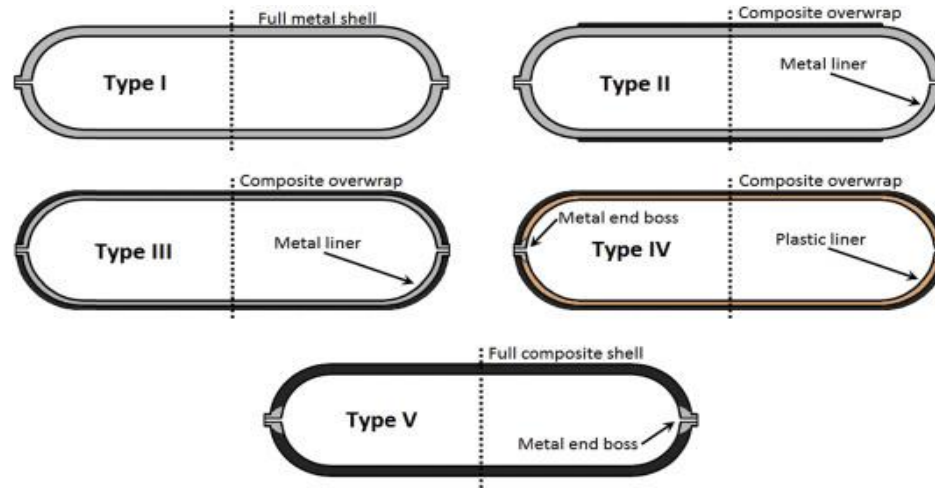
- Escalabilidad
- Portabilidad
- Mantenimiento
- Control de acceso
- Gestión licencias
- Accesibilidad
- Evolución con las nuevas tecnologías

Indice

1. Introducción
2. Objetivo
3. **Los recipientes de material compuesto**
4. Tecnologías utilizadas
5. Entorno simulación
6. Algoritmo optimización
7. Ejemplo

Los recipientes de material compuesto

Recipientes cilíndricos



Recipientes a presión de pared delgada realizados en composites

Los recipientes de material compuesto

- » Recipientes cilíndricos
- » Cabezas
 - Esféricas
 - Elípticas



Los recipientes de material compuesto



Los recipientes de material compuesto



Los recipientes de material compuesto

Fabricacion por 'filament-winding'



Los recipientes de material compuesto

Fabricación por 'Fiber-placement'



Los recipientes de material compuesto

Clases en ASME X

Clase I

- Validación mediante pruebas destructivas
- Ensayos de 100.000 ciclos de carga
- Presión máxima de 3000 psi (20.7 Mpa) (207 Kg/cm²)
- Temperatura máxima 250°F (120°C)
- Coeficientes de seguridad de 5 o 6

Los recipientes de material compuesto

Clases en ASME X

Clase II

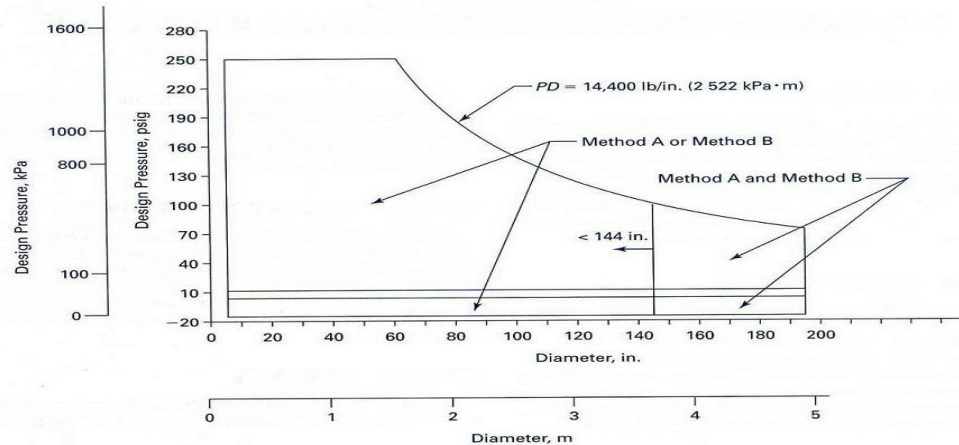
- Calculados mediante reglas de diseño
- Aplicación de la teoría de laminados
- Ensayo mediante emisiones acústicas durante la prueba hidráulica
- Diámetro máximo 192 in (4.88m)
- Presión máxima 250 psi (1724 kPa) (17.24 Kg/cm²)
- Temperatura máxima de diseño 250°F (120°C)
- Coeficientes de seguridad entre 5 y 10

Los recipientes de material compuesto

Clases en ASME X

Clase II

Figure RD-1120.1
Design Limitations for Class II Vessels



Los recipientes de material compuesto

Clases en ASME X

Clase III

- Validación mediante prototipos
- Presión de prueba de 2.25 veces la presión de diseño en el caso de f. de carbono
- Presión de prueba de 3.5 veces la presión de diseño en el caso de f. de vidrio
- Presión máxima de diseño 15000 psi (103 Mpa) (1030 Kg/cm²)
- Presión mínima de diseño 3000 psi (20.7 Mpa)

Los recipientes de material compuesto

Reglas para el diseño de recipientes clase Clase II

Método A

Basado en la teoría de fallo de la deformación máxima

Método B

Basado en el criterio de interacción cuadrático

Los recipientes de material compuesto

Reglas para el diseño de recipientes clase Clase II, Método A

Cuerpo cilíndrico bajo presión interna

Dirección longitudinal

$$t = \frac{PR}{2(0.001E_1)}$$

E_1 modulo en direccion
del eje del cilindro

Dirección circunferencial

$$t = \frac{PR}{0.001E_2}$$

E_2 modulo en direccion
circunferencial del cilindro

Los recipientes de material compuesto

Reglas para el diseño de recipientes clase Clase II, Método A

Cabeza bajo presión interna

Elipsoidales

$$t = \frac{PD}{2(0.001E)}$$

Semiesfericas

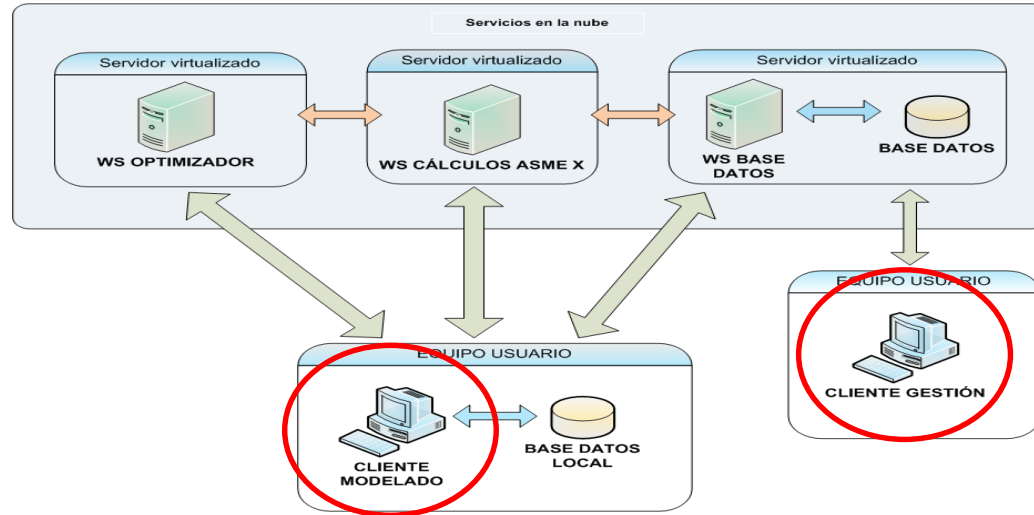
$$t = \frac{PR}{2(0.001E)}$$

Esquema de la exposición

1. Introducción
2. Objetivo
3. Los recipientes de material compuesto
4. **Tecnologías utilizadas**
5. Entorno simulación
6. Algoritmo optimización
7. Aplicación

Tecnologías utilizadas

Esquema de los módulos del entorno



Tecnologías utilizadas

Herramienta de desarrollo (Cliente)

Java

(Swing + Java-3D)

Herramienta de despliegue del cliente

Java Web Start

Tecnologías utilizadas

Herramientas de desarrollo (Servidores)

Java EE
(JAX-WS)

JAX-WS (Java API for XML-Based Web Services)
*Es una Interfaz Java para utilizar Servicios Web
SOAP*

Tecnologías utilizadas

Servidor de aplicaciones

GlassFish

Bases de datos (Servidor)

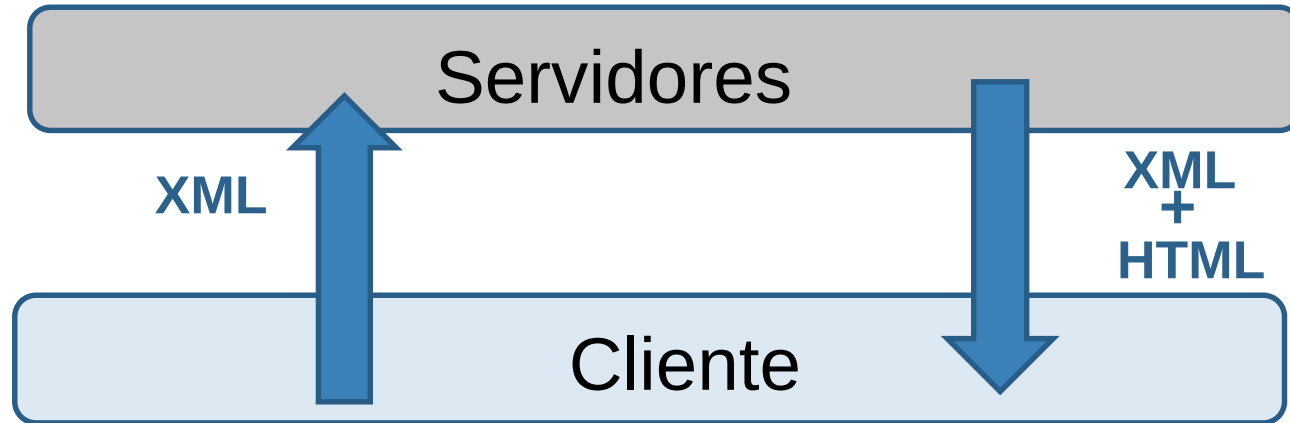
PostgreSQL

Bases de datos (Cliente)

SQLite

Tecnologías utilizadas

Intercambio información entre cliente y servidores

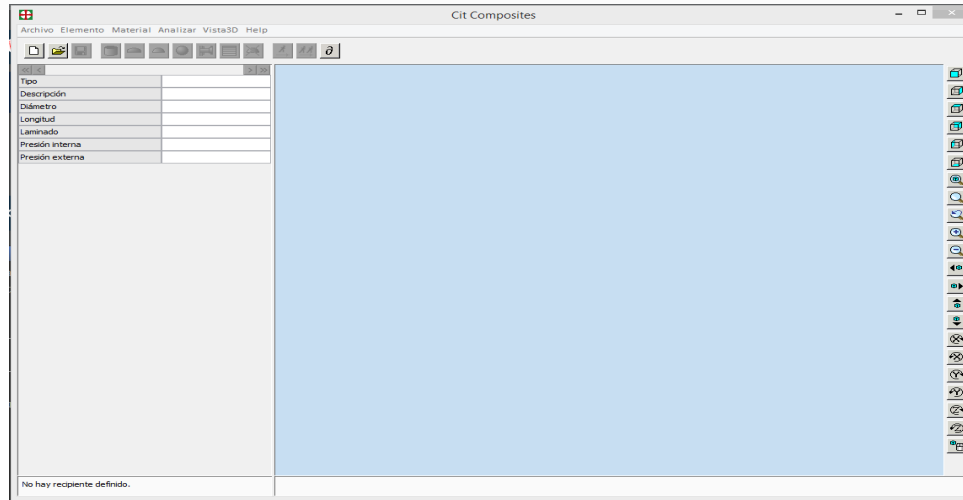


Indice

1. Introducción
2. Objetivo
3. Los recipientes de material compuesto
4. Tecnologías utilizadas
5. **Entorno simulación**
6. Algoritmo optimización
7. Ejemplo

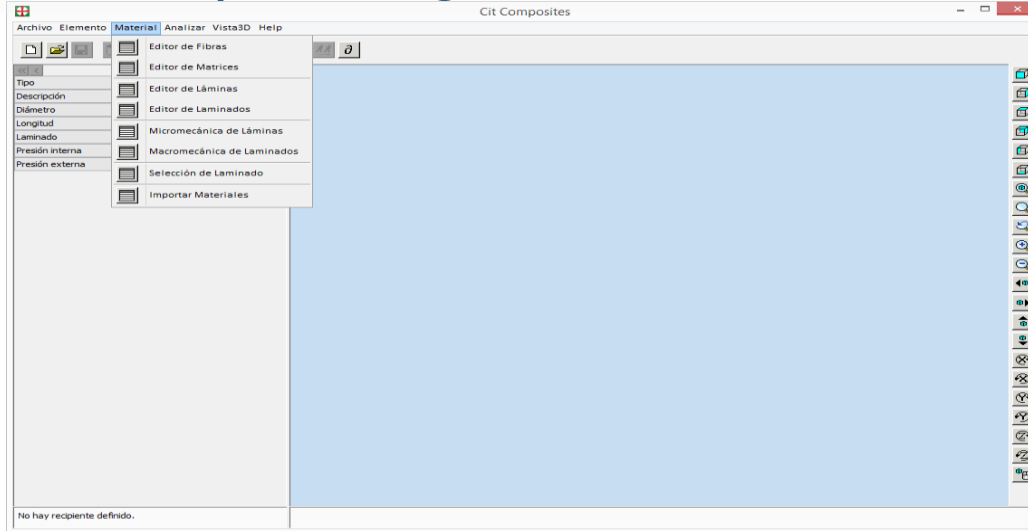
Entorno simulación

Pantalla principal del cliente



Entorno simulación

Menú para la gestión de materiales



Entorno simulación

Cliente: Editor de fibras

Editor de Fibras

Nombre	Descripción	Ex [psi]	Ey [psi]	Es [psi]	v2
Mido	Fibra de demo	26.240.000	1.480.000	1.060.000	
Mialgia	Fibra para pruebas	26.250.000	1.490.000	1.040.000	
Vlura	Fibra para pruebas	26.350.000	1.490.000	1.040.000	
Demo 1		26.250.000	1.490.000	1.040.000	

DATOS DE LA FIBRA

Nombre: Demo 1

Descripción:

Ex: 26250000 [psi]

Ey: 1490000 [psi]

Es: 1040000 [psi]

vx: 0.28

ax: 1.0E-8 [in/in/F]

ay: 1.25E-5 [in/in/F]

bx: 0.0 [in/in]

by: 0.6 [in/in]

X: 2175 [psi]

Xc: -2175 [psi]

p: 0 [lb/in²]

Modificado: 09/05/2017 10:49:01

Cancelar Guardar

Borrar fibra seleccionada

Cerrar

Entorno simulación

Cliente: Editor de matrices

Editor de Matrices

Nombre	Descripción	E [psi]	Es [psi]	v	α
Oska	Matriz demo 1	26.250.000	1.040.000	0,28	
Teza	Matriz demo 1	26.240.000	1.050.000	0,29	

DATOS DE LA MATRIZ

Nombre:

Descripción:

E: [psi]

Es: [psi]

v:

α : [in/in/F]

β : [in/in]

X: [psi]

Xc: [psi]

S: [psi]

ρ : [lb/in³]

Cancelar Guardar

Borrar matriz seleccionada

Cerrar

Entorno simulación

Cliente: Editor de láminas

Editor de Láminas

Nombre	Descripción	Ex [psi]	Ey [psi]	Es [psi]	vx
T300/5208 Carbon/Epoxy	Lámina certificada por fabric...	26.250.000	1.490.000	1.040.000	
T300/934 Carbon/Epoxy	Lámina certificada por fabric...	21.460.000	1.400.000	660.000	
T300/976 Carbon/Epoxy	Lámina certificada por fabric...	19.600.000	1.340.000	910.000	
AS/3501 Carbon/Epoxy	Lámina certificada por fabric...	20.010.000	1.300.000	1.030.000	
AS4/3501-6 Carbon/Epoxy	Lámina certificada por fabric...	20.600.000	1.500.000	1.040.000	
AS4/3502 Carbon/Epoxy	Lámina certificada por fabric...	19.300.000	1.350.000	543.000	
AS4/APC2 Carbon/PEEK	Lámina certificada por fabric...	19.100.000	1.270.000	730.000	
AS4/5250-3 Carbon/Bismale...	Lámina certificada por fabric...	15.900.000	1.240.000	770.000	
Generic IM6/Epoxy	Lámina certificada por fabric...	29.400.000	1.620.000	1.220.000	
IM6/APC2 Carbon/PEEK	Lámina certificada por fabric...	21.600.000	1.280.000	780.000	
Generic E-Glass/Epoxy	Lámina certificada por fabric...	5.700.000	1.240.000	540.000	
Generic S-Glass/Epoxy	Lámina certificada por fabric...	6.300.000	1.290.000	660.000	
S2-449/SP 381 S-Glass/Epoxy	Lámina certificada por fabric...	6.910.000	1.930.000	689.000	
Generic Kevlar 149/Epoxy	Lámina certificada por fabric...	12.600.000	800.000	310.000	
G70/934 Carbon/Epoxy	Lámina certificada por fabric...	42.700.000	920.000	710.000	
AD-500 (ASME pag 178)	Lámina certificada por fabric...	5.100.000	1.525.000	439.000	
Vidad	Una lámina muy festiva	6.700.000	1.240.000	540.000	
Vegante	Lámina apta para entornos ...	16.700.000	1.240.000	540.000	
Ruto	Lámina siglosa y combativa	10.600.000	1.500.000	1.040.000	
Nueva Lámina Mialgia [72.0...		26.242.800	17.282.206	1.157.050,625	
Nueva Lámina Demo1 [85.5...		26.250.000	21.339.836	1.095.064,375	

DATOS DE LA LÁMINA

Nombre: ;4/3502 Carbon/Epoxy

Descripción: tificada por fabricante

Ex: 19300000 [psi]

Ey: 1350000 [psi]

Es: 543000 [psi]

vx: 0.34

ax: -5.0E-7 [in/in/F]

ay: 1.5E-5 [in/in/F]

Bx: 0.0 [in/in]

By: 0.4 [in/in]

X: 258000 [psi]

Xc: -204000 [psi]

Y: 7760 [psi]

Yc: -34600 [psi]

S: 14800 [psi]

p: 0 [lb/in²]

Dato validado

Cancelar Guardar

Borrar lámina seleccionada

Cerrar

Entorno simulación

Cliente: Módulo micromecánica

DATOS DE LA FIBRA	DATOS DE LA MATRIZ	LÁMINA CALCULADA
Nombre: Demo1	Nombre: DemoMat1	Nombre: Nueva Lámina Demo 1[]
Descripción:	Descripción:	Descripción:
Ex: 26250000 [psi]	E: 26250000 [psi]	Ex: 26250000 [psi]
Ey: 1490000 [psi]		Ey: 21658725 [psi]
Es: 1040000 [psi]	Es: 1040000 [psi]	Es: 1091173 [psi]
v _x : 0.28	v: 0.28	v _x : 0.28
α_x : 1.0E-8 [in/in/F]	α : 1.25E-5 [in/in/F]	α_x : 1.081E-5 [in/in/F]
α_y : 1.25E-5 [in/in/F]		α_y : 1.25E-5 [in/in/F]
β_x : 0.0 [in/in]	β : 0.6 [in/in]	β_x : 0.519 [in/in]
β_y : 0.6 [in/in]		β_y : 0.519 [in/in]
X: 2175 [psi]	X: 21750 [psi]	X: 2175.0 [psi]
Xc: -2175 [psi]	Xc: -21750 [psi]	Xc: -2175.0 [psi]
	S: 9900 [psi]	Y: -179838.855 [psi]
p: 0 [lb/in²]	p: 0 [lb/in²]	Yc: 179838.855 [psi]
Modificado: 09/05/2017 10:49:01	Modificado: 09/05/2017 10:49:21	S: 1487.72 [psi]
Porcentaje: 86.5 %	Porcentaje: 13.5 %	p: 0.0 [lb/in²]
		Cancelar Guardar
Calcular propiedades de lámina		Cerrar



Recipientes a presión de pared delgada realizados en composites

Entorno simulación

Cliente: Editor de laminados

Editor de Laminados

Nombre	Descripción	Xd [psi]	Yd [psi]	Sd [psi]
Cente	Laminado bastante aplicado	15.460.000	1.300.000	8.900
Místico	Perfecto para el hogar	13.460.000	1.800.000	6.900
Blado	Ha pasado por mejores mo...	1.200.000	140.000	1.200
Mingo	Laminado muy reposado	21.460.000	1.400.000	9.900
CenteRef	Laminado bastante aplicado	15.460.000	1.300.000	8.900
CenteRef2	Laminado bastante aplicado	15.460.000	1.300.000	8.900

DATOS DEL LAMINADO

Nombre:

Descripción:

Xd: [psi]

Yd: [psi]

Sd: [psi]

Modificado: 06/04/2016 10:02:26

Añadir capas a laminado: Cente

Capa	Lamina	Espesor [in]	Ángulo [°]	Modificado
1	Vegante	0,015	38	2016-02-16 ...
2	Vegante	0,015	-38	2016-02-16 ...
3	Vegante	0,015	38	2016-02-16 ...
4	Vegante	0,015	-38	2016-02-16 ...
5	Vegante	0,015	38	2016-02-16 ...
6	Vegante	0,015	-38	2016-02-16 ...
7	Vegante	0,015	38	2016-02-16 ...
8	Vegante	0,015	-38	2016-02-16 ...
9	Vegante	0,015	38	2016-02-16 ...
10	Vegante	0,015	-38	2016-02-16 ...
11	Vegante	0,015	38	2016-02-16 ...
12	Vegante	0,015	-38	2016-02-16 ...
13	Vegante	0,015	38	2016-02-16 ...

AÑADIR CAPAS A LAMINADO ACTUAL

Capa:

Lámina:

Espesor: [in]

Ángulo: [°]

Entorno simulación

Cliente: Módulo macromecánica

Selección de Laminado

Buscar laminado por nombre:

Nombre	Descripción	Xd [psi]	Yd [psi]	Sd [psi]	Espesor
Cente	Laminado demo 1	15.460.000	1.300.000	8.900	
Mébtco	Laminado demo 2	13.460.000	1.800.000	6.900	
Mingo	Laminado demo 3	21.460.000	1.400.000	9.900	
CenteRef	Laminado demo 5	15.460.000	1.300.000	8.900	
MingoRef	Laminado demo 6	15.460.000			

<

Capas del laminado: Mingo

Capa	Lamina	Espesor [in]	Ángulo [°]
1	Vidad	0,15	-3°
2	Vidad	0,15	3°
3	Vidad	0,15	-3°
4	Vidad	0,15	3°
5	Vidad	0,15	-3°
6	Vidad	0,15	3°
7	Vidad	0,15	-3°
8	Vidad	0,15	3°
9	Vidad	0,15	-3°
10	Vidad	0,15	3°
11	Vidad	0,15	-3° 2017-06-16 ...
12	Vidad	0,15	3° 2017-06-16 ...
13	Vidad	0,15	-3° 2017-06-16 ...

Seleccionar laminado

Cerrar

Macromecánica de Laminados

Laminado:

PROPIEDADES APARENTES

E1: [psi]

E2: [psi]

E1f:

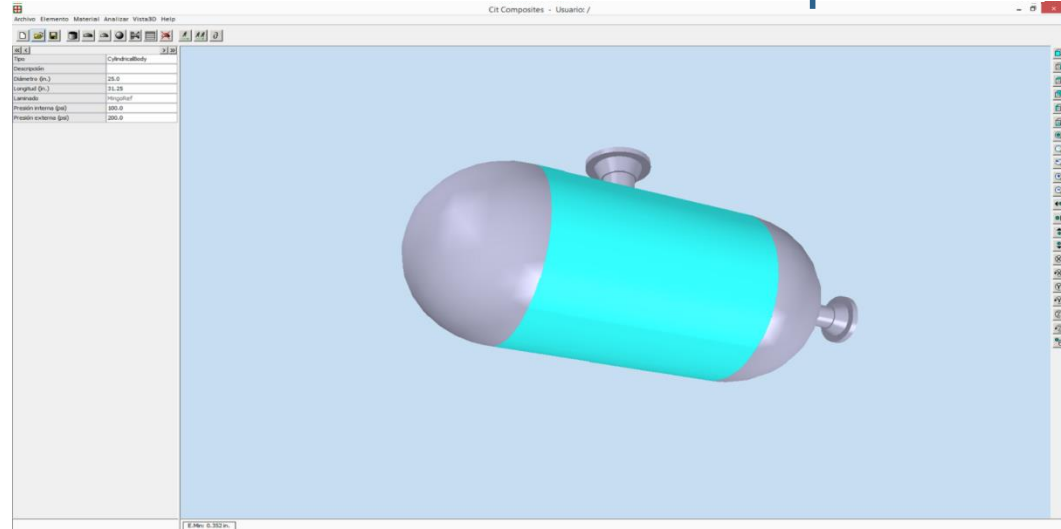
E2f:

v12:

v21:

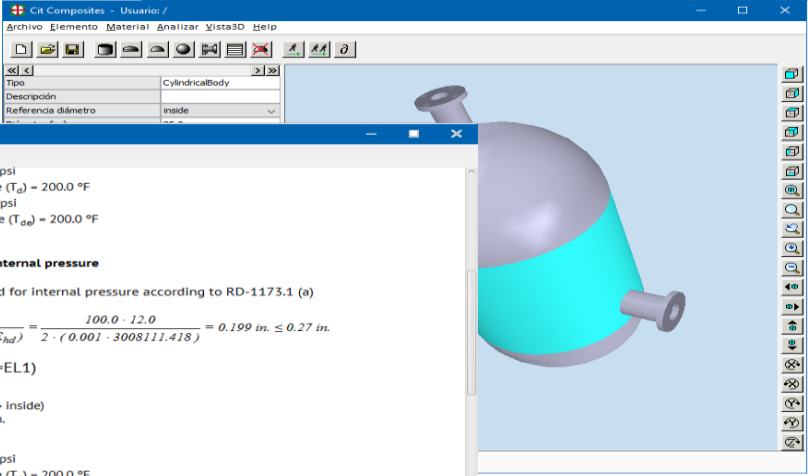
Entorno simulación

Cliente: Editor de recipientes



Entorno simulación

Cliente: Informe resultados simulación



The screenshot displays the Cit Composites software interface. The main window shows a 3D model of a cylindrical vessel with a blue body and a grey top and bottom. A smaller window titled 'RESULTADOS CALCULO' is open, displaying the following information:

Guardar informe

- Internal pressure (P_i) = 100.0 psi
- Temperature Internal pressure (T_{di}) = 200.0 °F
- External pressure (P_{de}) = 15.0 psi
- Temperature external pressure (T_{de}) = 200.0 °F
- Head factor = 2.0

» **Minimum thickness required for internal pressure**

– Minimum thickness required for internal pressure according to RD-1173.1 (a)

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (0.001 \cdot E_{hd})} = \frac{100.0 \cdot 12.0}{2 \cdot (0.001 \cdot 3008111.418)} = 0.199 \text{ in.} \leq 0.27 \text{ in.}$$

• **Element 2: Cylindrical body (id=EL1)**

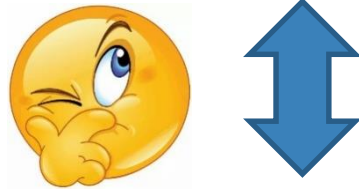
- Laminate = Cente
- Diameter (D) = 12.0 in. (Type = Inside)
- Finished thickness (t) = 0.27 in.
- E1 = 3008111.418
- E2 = 1466175.383
- Internal pressure (P_i) = 100.0 psi
- Temperature Internal pressure (T_{di}) = 200.0 °F
- External pressure (P_{de}) = 15.0 psi
- Temperature external pressure (T_{de}) = 200.0 °F
- Length (L) = 15.0 in.

Indice

1. Introducción
2. Objetivo
3. Los recipientes de material compuesto
4. Tecnologías utilizadas
5. Entorno simulación
6. **Algoritmo optimización**
7. Ejemplo

Algoritmo de optimización

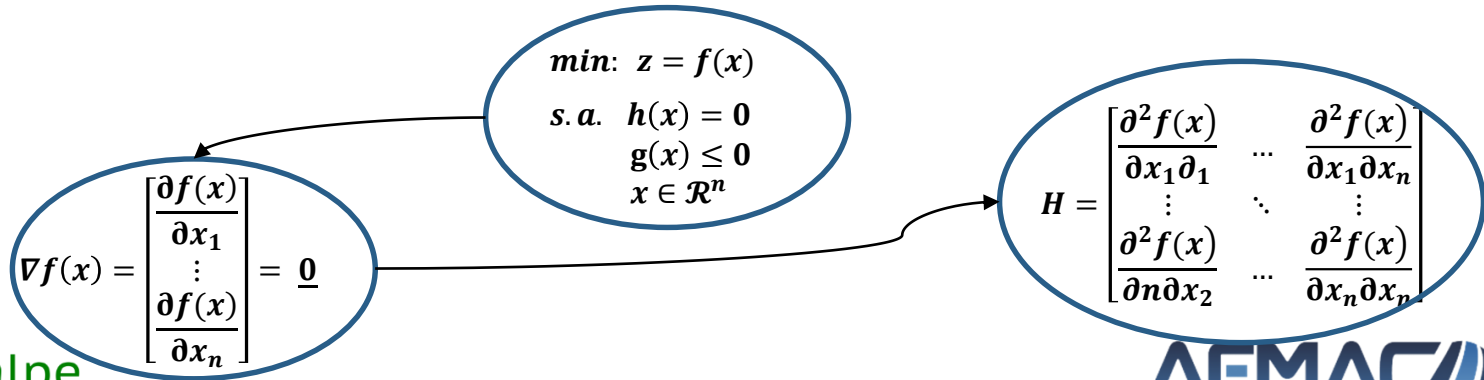
MÉTODOS CLASICOS



MÉTODOS
META-HEURÍSTICOS

Métodos clásicos

- » Tienen dificultad para resolver problemas no convexos
- » Complejo tratamiento de variables mixtas



Métodos meta-heurísticos

Se presentan como una alternativa a los métodos clásicos, proporcionando soluciones de alta calidad en un tiempo de computación razonable

- Abordan la solución de problemas no convexos
- Buen tratamiento de variables mixtas

TLBO

(Teaching Learning Based Optimization)

Rao, R. V., Savsani, V. J., & Vakharia, D. P. (2011). Teaching–learning-based optimization: A novel method for constrained mechanical design optimization problems.

Algoritmo de optimización

TLBO: Heurística

INICIALMENTE

Aula con N alumnos

Alumnos que cursan una serie de asignaturas

Consideramos al profesor como el mejor alumno

UN CICLO DE INTERCAMBIO DE CONOCIMIENTO

Fase profesor

El profesor mejora a cada uno de los otros alumnos transmitiéndole su conocimiento

Fase alumnos

Los alumnos mejoran por la transmisión entre ellos de conocimiento

SE ELIGE AL NUEVO PROFESOR

Recipientes a presión de pared delgada realizados en composites

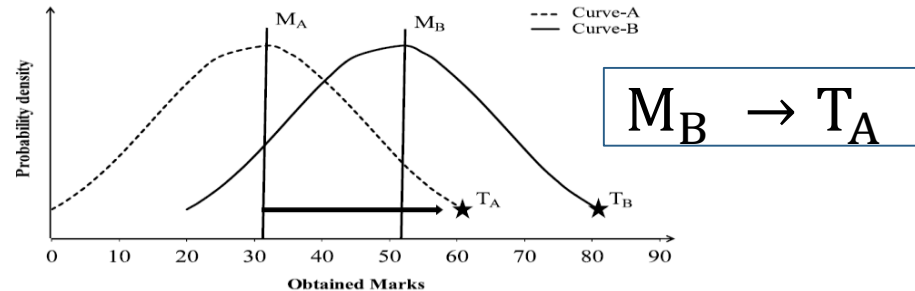
Repetir un
máximo de T
ciclos

Algoritmo de optimización

Intercambio conocimiento con el profesor

$T_F = 1 \text{ o } 2$ (aleatoriamente)

$r = [0,1]$ (aleatorio)



$$X_{\text{nuevo}} = X_{\text{antiguo}} + \text{Diferencia media}$$

$$\text{Diferencia media} = r (M_B - T_F M_A)$$

Recipientes a presión de pared delgada realizados en composites

Algoritmo de optimización

Intercambio conocimiento entre alumnos

$r = [0,1]$ (aleatorio)

Sí

Si X_i es mejor que X_j

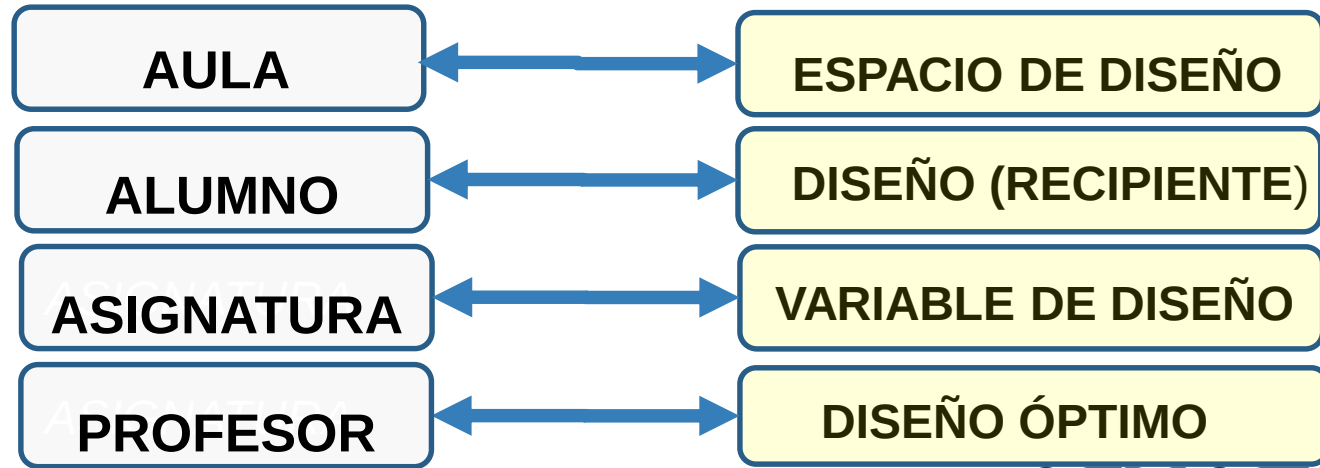
No

$$X_{j,nuevo} = X_{j,antiguo} + r (X_i - X_j)$$

$$X_{i,nuevo} = X_{i,antiguo} + r (X_j - X_i)$$

Algoritmo de optimización

Equivalencia TLBO con problema real



Esquema de la exposición

1. Motivación
2. Objetivo
3. Los recipientes de material compuesto
4. Tecnologías utilizadas
5. Entorno simulación
6. Algoritmo optimización
7. **Ejemplo**

Ejemplo

Generación de un recipiente óptimizado

- » Lámina T300/914C Carbon/Epoxy (0.006 in)
- » Longitud entre 50.0 y 100.0 in
- » Diámetro: entre 15.0 y 50.0 in
- » Cabezas elípticas
- » Espesor cabezas entre 0.01 y 1.0 in
- » Espesor cuerpo entre 0.01 y 1.0 in
- » Longitud cuerpo entre 50 y 100 in
- » Volumen mínimo 94000 in³
- » Presión interna 50 psi

Ejemplo

Editor de Láminas

Nombre	Descripción	Ex [psi]	Ey [psi]	Es [psi]	vs
T300-5208_Carbon-Epoxy	Lámina certificada por fabric...	26.250.000	1.490.000	1.040.000	
T300-934_Carbon-Epoxy	Lámina certificada por fabric...	21.460.000	1.400.000	660.000	
T300-976_Carbon-Epoxy	Lámina certificada por fabric...	19.600.000	1.340.000	910.000	
AS-3501_Carbon-Epoxy	Lámina certificada por fabric...	20.010.000	1.300.000	1.030.000	
AS4-3501_6_Carbon-Epoxy	Lámina certificada por fabric...	20.600.000	1.500.000	1.040.000	
AS4-3502_Carbon-Epoxy	Lámina certificada por fabric...	19.300.000	1.350.000	543.000	
AS4-APC2_Carbon-PEEK	Lámina certificada por fabric...	19.100.000	1.270.000	730.000	
AS4-5250-3_Carbon-Bismal...	Lámina certificada por fabric...	15.900.000	1.240.000	770.000	
Generic_IM6-Epoxy	Lámina certificada por fabric...	29.400.000	1.620.000	1.220.000	
IM6-APC2_Carbon-PEEK	Lámina certificada por fabric...	21.600.000	1.280.000	780.000	
Generic_E-Glass-Epoxy	Lámina certificada por fabric...	5.700.000	1.240.000	540.000	
Generic_S-Glass-Epoxy	Lámina certificada por fabric...	6.300.000	1.290.000	660.000	
S2-449-SP_381_S-Glass-Ep...	Lámina certificada por fabric...	6.910.000	1.930.000	689.000	
Generic_Kevlar_149-Epoxy	Lámina certificada por fabric...	12.600.000	800.000	310.000	
GY70-934_Carbon-Epoxy	Lámina certificada por fabric...	42.700.000	920.000	710.000	
Carbon-Epoxy	Ejemplo tesis	20.100.000	1.460.000	744.000	
AD-500	ASME-X (Pag. 178)	5.100.000	1.525.000	439.000	
T300-914C	Lámina unidireccional de fibr...	20.015.200	1.595.415	797.707,562	

DATOS DE LA LÁMINA

Nombre:

Descripción:

Ex: [psi]

Ey: [psi]

Es: [psi]

VX:

αx: [in/in/°F]

αy: [in/in/°F]

βx: [in/in]

βy: [in/in]

X: [psi]

Xc: [psi]

Y: [psi]

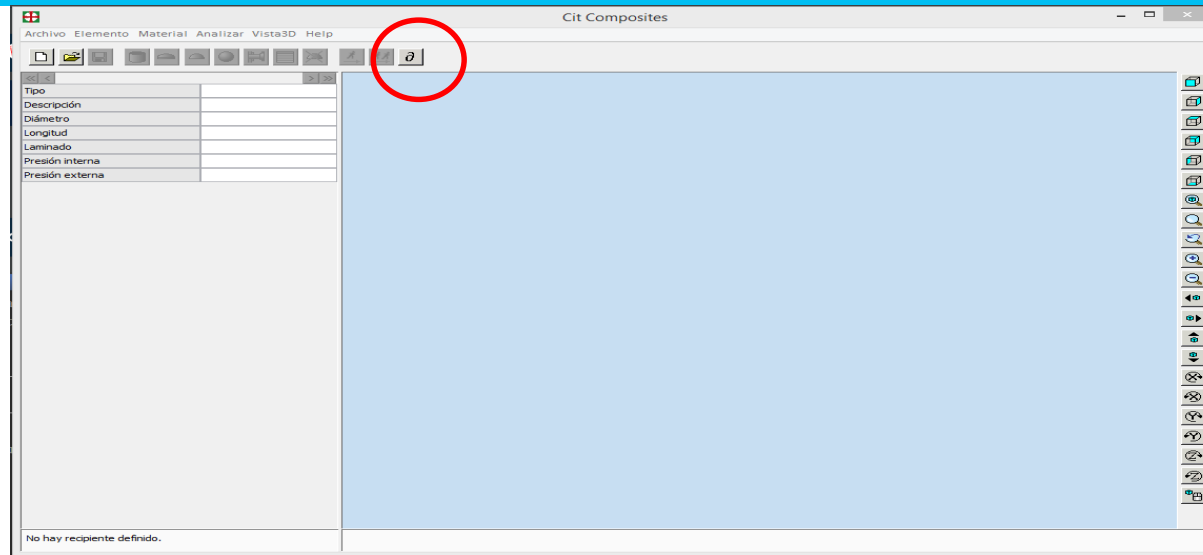
Yc: [psi]

S: [psi]

ρ: [lb/in³]

Modificado: 02/09/2017 01:21:44

Ejemplo



Ejemplo

Optimizador

Parámetros del recipiente

Presión interna (psi): 50.0

Volumen mínimo (l...): 94000.0

Rango longitud (in): 50.0 100.0

Rango diámetro (in): 15.0 50.0

Lámina: T300-914C

Buscar lámina

Propiedades de la lámina

Densidad: 0.057

Ex: 20015200.0

Ey: 1595415.0

Es: 797707.562

vx: 0.28

Espesor: 0.006

Parámetros de las cabezas

Cabezas: ☐ Esféricas ☒ Elípticas

Rango espesor (in): 0.01 1.0

Parámetros del cuerpo

Rango longitud (in): 50.0 100.0

Rango espesor (in): 0.01 1.0

Vista previa



***** OPTIMO ALCANZADO *****

Laminado del cuerpo

Espesor = 0.252 in (42 capas a $\pm 55^\circ$)

Modulo E1 = 1942734.055

Modulo E2 = 5177051.986

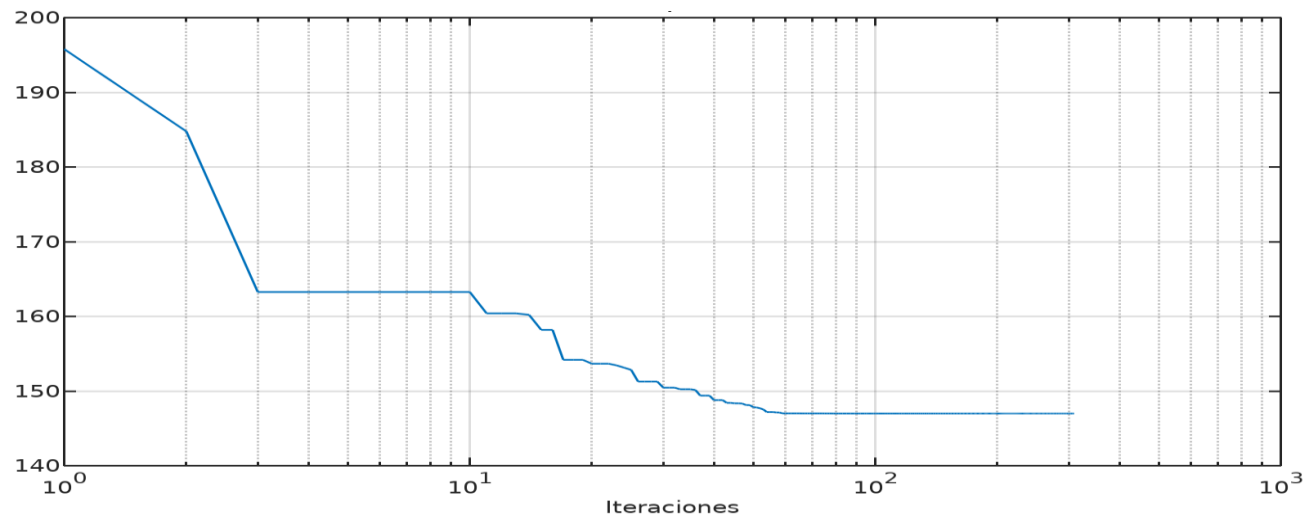
Laminado del cabezas

Espesor = 0.348 in (58 capas a $\pm 45^\circ$)

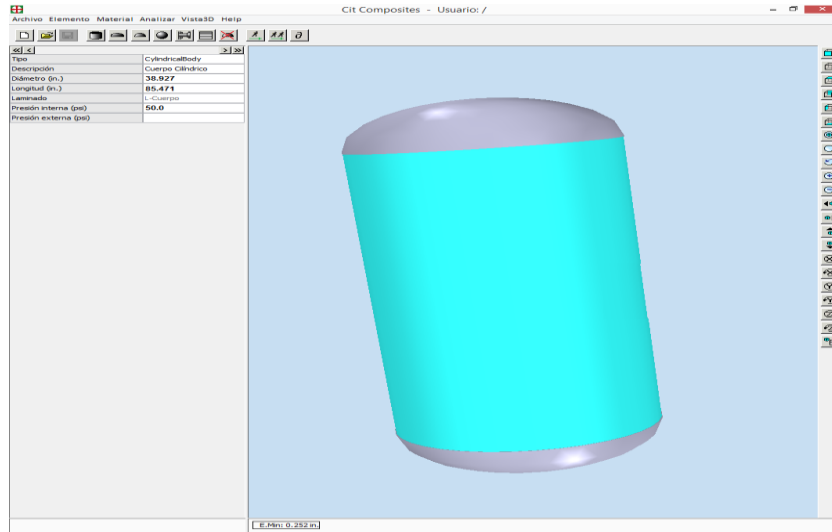
Modulo E1 = 2706594.053

Ejecutar optimización Generar recipiente Cancelar

Ejemplo



Ejemplo



LAMINADO CUERPO

42 capas $\pm 55^\circ$, $T_k = 0.252$ in (T300/914C)

$E_1 = 1942734.055$ psi, $E_2 = 5177051.986$ psi

LAMINADO CABEZAS

58 capas $\pm 45^\circ$, $T_k = 0.348$ in (T300/914C)

$E_1 = E_2 = 2796534.057$ psi

DIMENSIONES

Long. Total = 85.471 in

Long. Cuerpo = 66.007 in

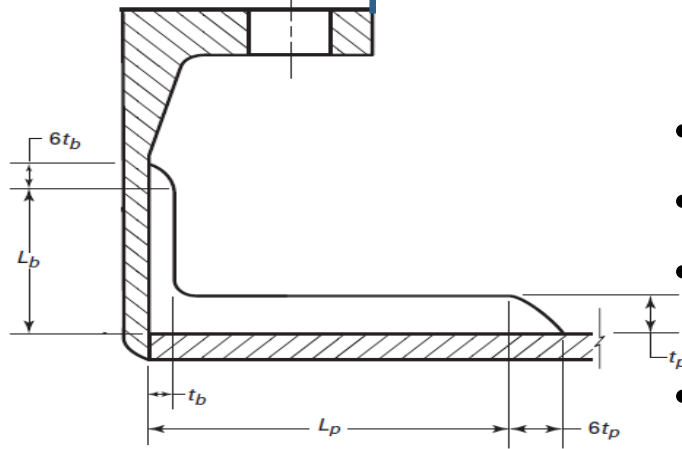
Altura Cabeza = 9.732 in

Diámetro = 38.927 in

Volumen interior = 94000 in³

Ejemplo

Incorporación de una tubuladura

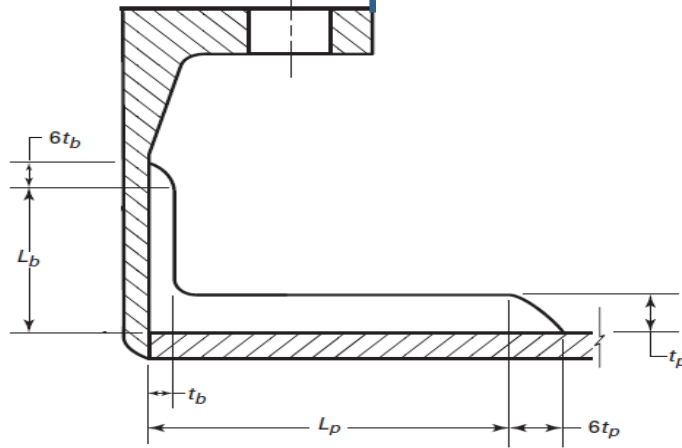


Datos tubuladura

- Centro del cuerpo
- Diámetro 6 in
- Material tubuladura y refuerzos
 - T300/914C
- Laminado tubuladura a $\pm 55^\circ$
- Laminados refuerzos a $\pm 45^\circ$

Ejemplo

Incorporación de una tubuladura



$$L_b = \frac{P \cdot r}{2(S_s / F)}$$

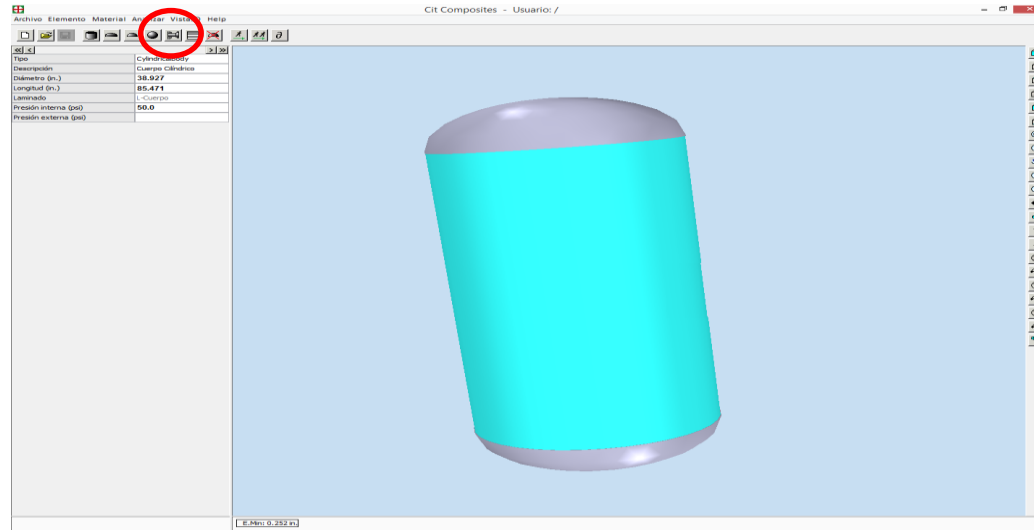
$$t_b = \frac{P \cdot r}{S_a}$$

$$t_p = \frac{P \cdot R}{0.001E_2}$$

$$L_p = \frac{\pi \cdot L_C \cdot P}{4S_s / F}$$

Ejemplo

Incorporación de una tubuladura



Recipientes a presión de pared delgada realizados en composites

Aplicación

Editor de tubuladuras

Editor de Tubuladuras

Ítem al que se conecta: EL2
Tipo de ítem: Elliptical-head
Descripción de la tubuladura: Tubuladura 1
Tubuladura nº: 1 / 1

Tipo de unión

☒ Sin penetración (RD-620.5)
☐ Con penetración (RD-620.6)

Parámetros del cuello de la tubuladura

☒ Diámetro nominal: 6
☐ Diámetro real:

Espesor: 0.252 / 0.25
Ángulo alfa: 0.0
Distancia L: 0.0
Proyección externa: 6.0
Proyección interna:

Laminado: L-Cuerpo (42 capas +/-45°)
Buscar laminado:

☐ Usar este laminado para toda la tubuladura

Dimensiones de los refuerzos

Longitud refuerzo (Lb): 3.0 / 3.0
Espesor refuerzo (tb): 0.252 / 0.25
Laminado refuerzo: Buscar L-Tubuladura (42 capas +/-45°)

Longitud pad (Lp): 4.6 / 4.504
Espesor pad (tp): 0.348 / 0.348
Laminado pad: Buscar L-Tubuladura (58 capas +/-45°)

Longitud refuerzo secundario (h):
Espesor refuerzo secundario (ts):
Laminado secundario: Buscar

Brida

☒ B16.5 class 150
☐ B16.1 class 125
☐ Otra

Cartelas

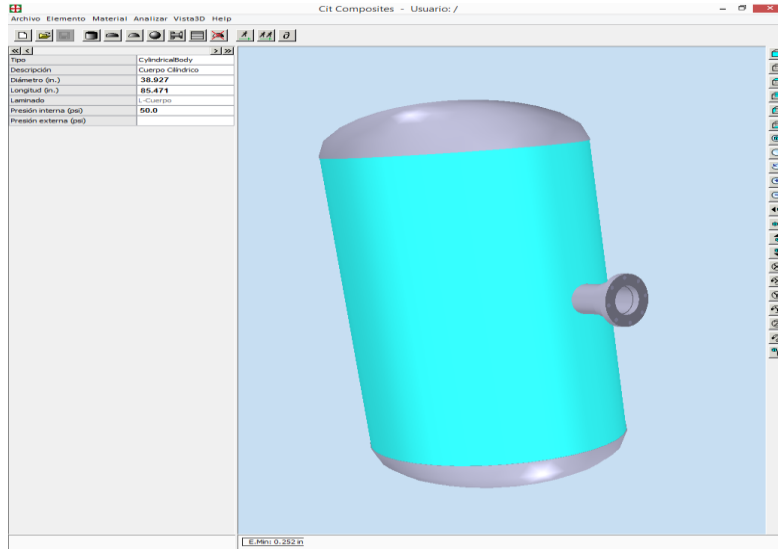
☒ Ninguna
☐ De tipo placa (RD-620.4 a)

Resultados de cálculo

Calcular Tubuladura
Resultados de cálculo:
Resultado general para la tubuladura con ID = NZ39: ES VÁLIDA
Se requiere que la brida sea ASME B16.5 (clase 150), salvo indicación expresa [RD-620.1]
Se requiere uso de cartelas (diámetro nominal es menor o igual a 6in.) [RD-620.4]

Espesor: Correcto Refuerzos: Correcto Brida: Correcto

Ejemplo



LAMINADO TUBULADURA

42 capas a $\pm 55^\circ$, Tk = 0.252 in (T300/914C)
E1 = 1942734.055 psi, E2 = 5177051.986 psi

LAMINADO REFUERZO TUBULADURA

42 capas a $\pm 45^\circ$, $t_b = 0.252$ in (T300/914C)
 $E_1 = E_2 = 2796330.395$ psi
 $L_b = 3.0$ in

LAMINADO REFUERZO RECIPIENTE

58 capas a $\pm 45^\circ$, tp = 0.192 in (T300/914C)
E1 = E2 = 2796534.057 psi
Lp = 4.505 in



Recipientes a presión de pared delgada realizados en composites



*GRACIAS POR SU
ASISTENCIA A ESTE
WEBMINAR*