

ESTUDIO DE TENSIONES Y DEFORMACIONES DE MATERIALES COMPUESTOS PARA SU EMPLEO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

Morello, Nicolás - Marino, Marcos

Tutor: Ing. Tais, Carlos

Grupo de Investigación en Tecnología de la Maquinaria Agrícola
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Villa María
Av. Universidad 450 Villa María. Argentina

e-mail: morello137@arnet.com.ar - markus_marino22@hotmail.com

Palabras claves: material compuesto, elementos finitos, eficiencia estructural.

Resumen. Se presenta un análisis estructural de paneles de material compuesto fabricado en fibra de carbono para su utilización en la fabricación de tanques almacenamiento de agua de uso domiciliario. A tal fin se analizan los resultados obtenidos de la simulación por elementos finitos de esta estructura a la cual se le atribuyen características materiales ortotrópicas por tratarse de materiales compuestos. Este análisis se realiza utilizando software comercial de elementos finitos ABAQUS el cual posee las herramientas necesarias para definir los parámetros necesarios de este tipo de materiales

1 Introducción

En el presente trabajo se efectúa una comparación de los valores de resistencia mecánica que presentan los materiales de tipo compuestos (composites) al ser empleados en la fabricación de tanques de almacenamiento de agua de tipo domiciliario. A tal fin se analizan los casos en que la estructura en estudio se construye con el material continuo en todo su espesor y cuando el mismo se plantea como la superposición de un número determinado de capas del mismo material, ya sea con la orientación original como cuando se orienta el mismo adecuadamente de acuerdo a los valores de máxima resistencia.

El caso que se analiza corresponde a la estructura representada en la Figura 1.. Los datos sobre dimensiones y tipologías constructivas son obtenidos en base a información de empresas dedicadas a la fabricación de los mismos y las características de los materiales de la bibliografía especializada [2]. Anteriormente se utilizaron tanques de agua contruidos de fibra de cemento, pero en la actualidad hay una tendencia a reemplazar este material por materiales compuestos constituidos a base de polímeros como el polipropileno, propileno entre otros, esta conclusión se pudo obtener en base a información a distintos distribuidores de estos equipos.

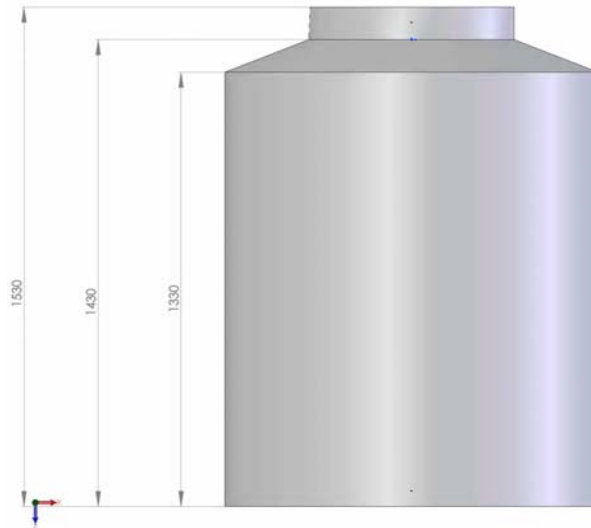


Figura 1. Estructura típica del tanque utilizada para realizar el análisis.

2 Metodología

El trabajo se plantea con el fin de encontrar, por medio del análisis estructural de la estructura que se muestra en la Figura 1, las ventajas de construir el tanque de material compuesto, dividido en capas, en las cuales cada una presenta fibras orientadas en una determinada dirección. Se comparan los resultados obtenidos con los correspondientes al cálculo del mismo considerando su espesor como un continuo. El procesamiento se realiza utilizando el software, ABAQUS 6.7, el cual presenta la posibilidad de especificar las características particulares de un material de tipo compuesto formado por una matriz y un número determinado de fibras. Esto le confiere al mismo, características ortotrópica considerando que la resistencia del mismo no es la misma en la dirección perpendicular al plano del panel que en las direcciones restantes.

Para el modelado del problema, considerando la simetría de revolución que presenta la estructura y el estado de cargas y vínculos impuesto, se empleó solo un cuarto de la estructura.

Debido a que el panel constituido por la fibra de carbono se considera como material frágil [2] se utiliza para la evaluación del estado tensional resultante al que está sometida la estructura el criterio de rotura denominado “*máxima tensión principal*” [1], logrando como resultado la máxima tensión principal.

3 Desarrollo

3.1. Diseño

Se propone un diseño basado en información proporcionada por empresas dedicadas a la fabricación de estos dispositivos.

Se utiliza para el análisis fibra de carbono compuesta (CFC), cuyas propiedades elásticas son especificadas en la Tabla 1. [2]

Tabla 1. Propiedades elásticas del material utilizado.

PROPIEDADES ELÁSTICAS	VALOR
Módulo de elasticidad en dirección 1, E_{11}	1.64e5 MPa
Módulo de elasticidad en dirección 2, E_{22}	1.2e4 MPa
Módulo de elasticidad en dirección 3, E_{33}	1.2e4 MPa
Módulo de elasticidad transversal en dirección 1-2, G_{12}	4500 MPa
Módulo de elasticidad transversal en dirección 1-3, G_{13}	4500 MPa
Módulo de elasticidad transversal en dirección 2-3, G_{23}	2500 MPa
Coefficiente de Poisson en dirección 1-2, ν_{12}	0.32
Coefficiente de Poisson en dirección 1-3, ν_{13}	0.32
Coefficiente de Poisson en dirección 2-3, ν_{23}	0.45

3.2. Modelo de elementos finitos

La discretización del modelo se realiza utilizando 19310 elementos finitos tipo tetraedros [3] con seis grados de libertad por nodo, con los que se logra una adecuada representación del dominio a analizar con un tamaño de elemento uniforme de que permite el cálculo en forma eficiente.

3.3. Estados de carga impuestos

Se aplica una presión con una distribución tipo hidrostática sobre las paredes del tanque y una presión uniforme sobre la base del mismo, despreciándose efectos dinámicos por lo que el análisis que se realiza es de tipo estático lineal. Se asume un valor máximo de 0.026 MPa como presión de prueba, este valor de presión aproximadamente un 200 % mayor que a la que está sometida el tanque en condiciones normales. Se tomó este valor para poder observar como se comporta el dispositivo en condiciones extremas.

Las condiciones de vínculo impuestas consideran el tanque apoyado sobre una base plana por lo que la superficie inferior se encuentra restringida en desplazamientos verticales. En las superficies laterales debe considerarse que existe continuidad de material por lo que se imponen las restricciones necesarias para representar esta condición, lo expuesto anteriormente se puede observar en la Figura 2.

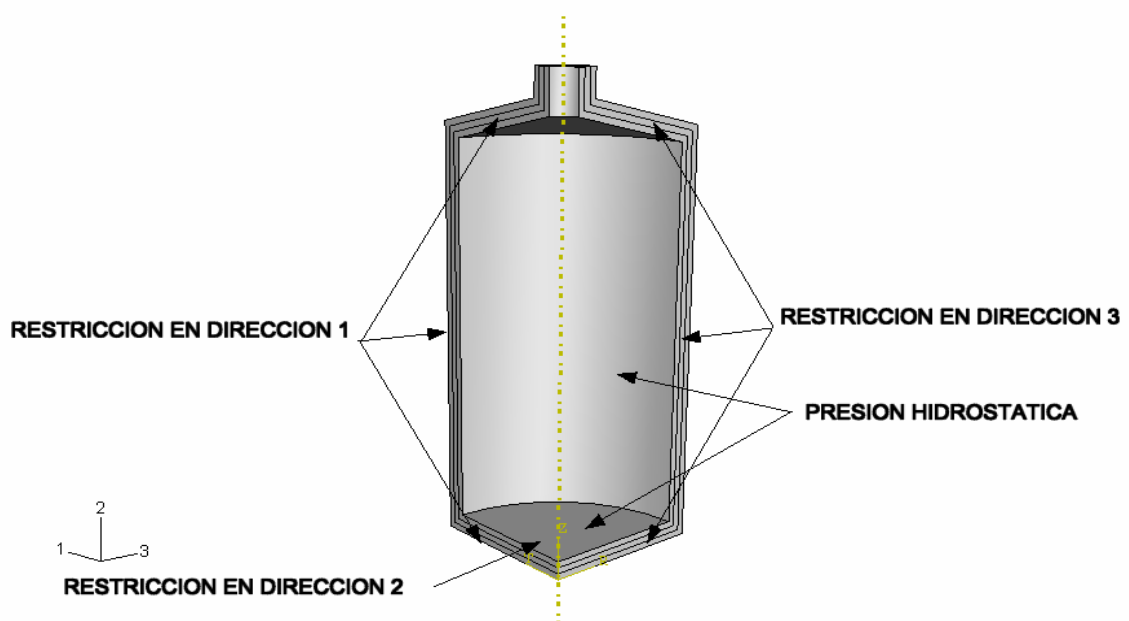


Figura 2. Ubicación de cargas y restricciones

4 Análisis de los resultados

Para el análisis se consideran tres estados. En el primero, la estructura del tanque esta constituida por un panel de fibra de carbono de espesor uniforme. En el segundo, se considera al material del tanque compuesto de tres capas del panel con las fibras orientadas en la misma dirección del caso anterior. Por último se estudió un modelo en la que se consideran las tres capas del panel anterior, estando constituida cada capa con fibras orientadas en direcciones diferentes. Los resultados de distribución espacial de los valores de máxima tensión principal y a los valores de deformación correspondientes al primer caso se presentan en la Figura 3.

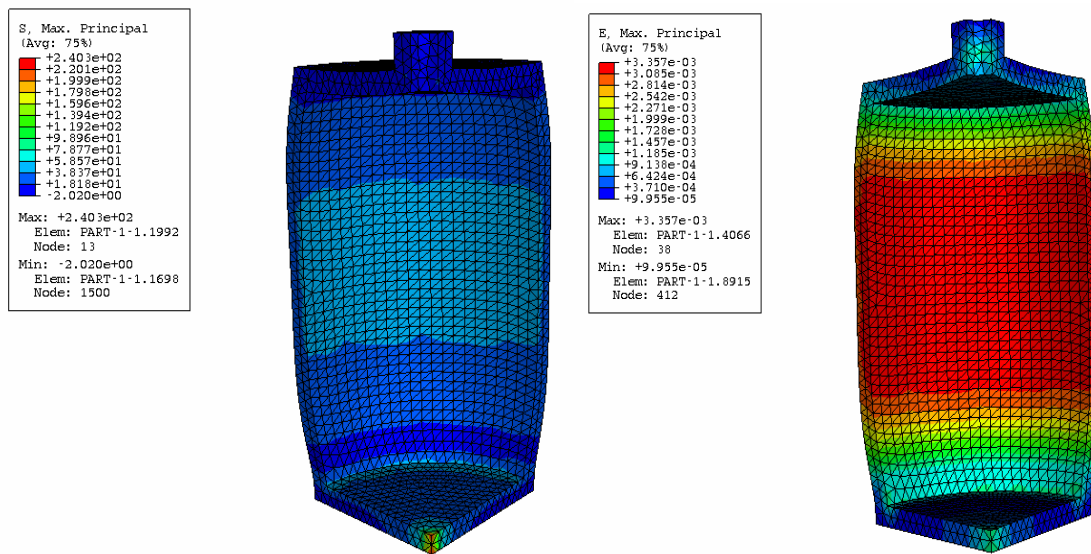


Figura 3. Estado de tensiones y deformaciones en el modelo sin capas de compuesto.

Los resultados del modelo correspondiente al caso de material compuesto con tres capas se pueden observar en la Figura 4.

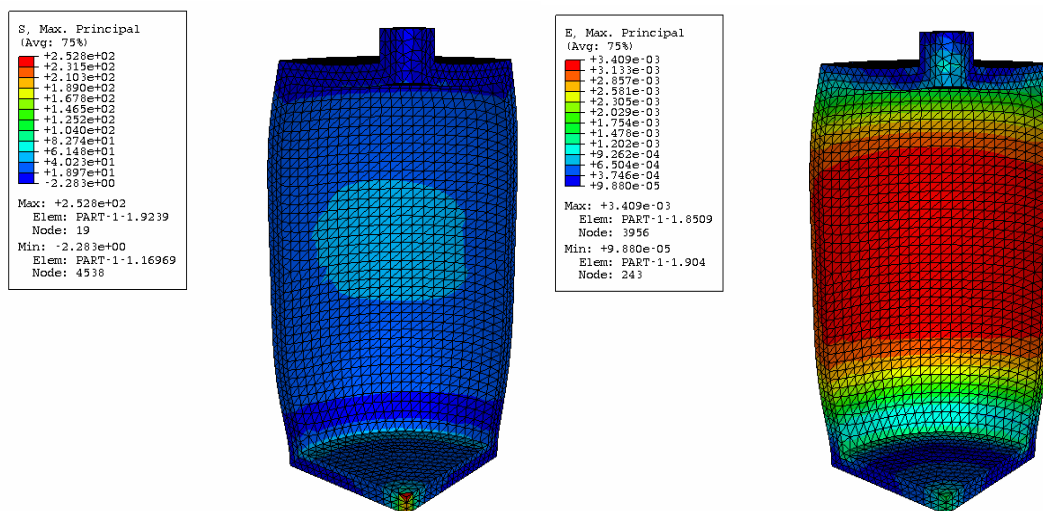


Figura 4. Estado de tensiones y deformaciones en el modelo con capas material de compuesto con fibras en igual dirección.

Por último se presentan en la Figura 5 los resultados del modelo que esta constituido por tres capas de panel con fibras orientadas en direcciones particulares.

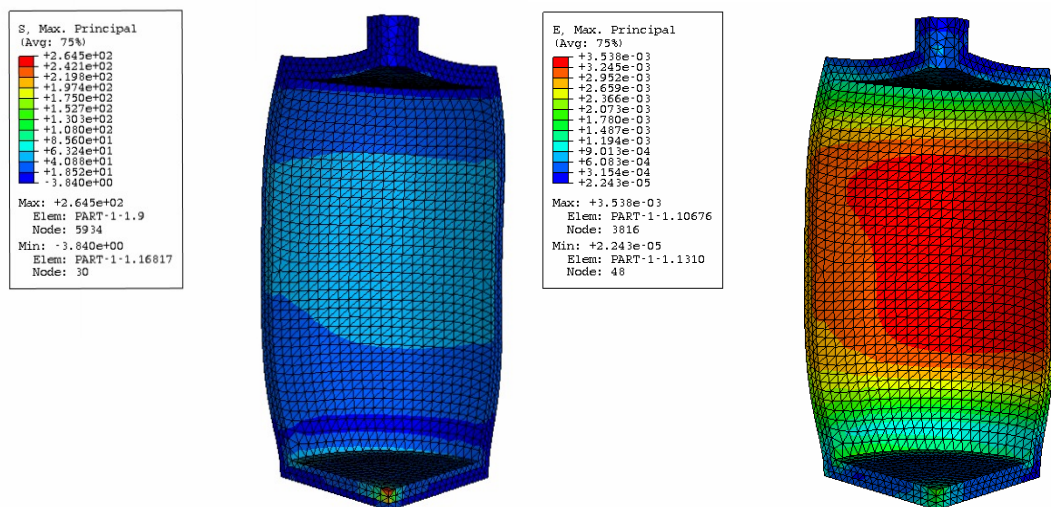


Figura 5. Estado de tensiones y deformaciones en el modelo con capas material de compuesto con fibras en distinta dirección.

Como puede observarse en las Figuras 3 y 4 no existe una diferencia considerable en construir el tanque con material compuesto utilizado como un continuo o con fibras orientadas en igual dirección, siendo ligeramente mayores las tensiones de este último caso.

En cuanto a las deformaciones, tampoco existe diferencia prácticamente entre un modelo y otro, siendo ligeramente menores en el modelo de capas de fibras en igual dirección.

En la figura 5 se observa con aumento de las tensiones y deformaciones con respecto a los dos modelos representados anteriormente.

5 Conclusiones

Como resultado del estudio realizado puede concluirse que:

- Mediante el uso de herramientas informáticas de cálculo estructural se mejora tanto la calidad del resultado como el tiempo de obtención del mismo, logrando así poder reducir el proceso de cálculo y los costos del mismo.
- De los resultados obtenidos se deduce que la resistencia estructural de los tres modelos es similar, concluyéndose que no se logra ventaja estructural significativa en el empleo de este tipo de materiales.

6 Referencias

- [1] FAIRES, V. M., *Diseño de elementos de maquinas*, (1982) Ed. Limusa.
- [2] ABAQUS Inc., *Analysis of composite materials with Abaqus*, (2006)
- [3] ZIENKIEWICS, O. C., TAYLOR, R. L., *El método de los elementos finitos*, (1994) Ed. Mc Graw Hill.