

Estudio por elementos finitos de soporte de paneles solares bajo condiciones de viento del área patagónica.

FEM analysis of solar panels structures under wind conditions of patagonia region.

Presentación: 13 y 14 de septiembre de 2023

Tomas Monzón

UTN Facultad Regional Chubut
tm2502@gmail.com

Pablo Bejarano

Grupo GEMyS - UTN Facultad Regional Chubut
psbejarano@frch.utn.edu.ar

Resumen

A partir de un análisis por la técnica de elementos finitos se estudió el comportamiento mecánico de una estructura metálica que soporta un panel solar. La fuerza externa considerada fue el viento que predomina en la región patagónica, tomando en cuenta valores promedios, así como extremos dentro del histórico. La razón de la consideración del viento es debido a que en la zona las velocidades de este pueden comprometer la integridad estructural. La simulación fue realizada sobre una estructura de perfiles extrudados de una estructura de aluminio y se analizaron las tensiones de Von Mises como criterio respuesta mecánica. Los resultados obtenidos muestran que desde el punto de vista mecánico la estructura se encuentra dentro de la resistencia máxima del material. Sin embargo, estudios suplementarios son necesarios para garantizar el uso de este material como soporte estructural

Palabras clave: paneles solares, elementos finitos, estructuras metálicas, selección de materiales

Abstract

Using a finite element analysis, the mechanical behavior of a metallic structure supporting a solar panel has been performed. The external force considered was the wind that occurs in the patagonia region, considering average values as well as extremes situations found in the historical data. The reason to consider wind was because the area is well known for the high-speed winds that may compromise its structural integrity. Numerical simulation has been performed over a structure of extruded parts from an aluminum structure and stress has been evaluated using the Von Mises criteria for the mechanical response. Obtained results shows from the mechanical point of view that structure supports this external mechanical charge because material strength is not reached. However, further studies must be performed to assure that this material can be proposed as structural support.

Keywords: solar panels, finite elements, metal structures, materials selection

Introducción

Actualmente, la instalación de módulos de generación de energía eléctrica a partir de energía solar se produce con mayor frecuencia, principalmente por el abaratamiento de costos, así como la mayor disponibilidad de estos sistemas en el mercado, a comparación de años anteriores. Respecto al contexto normativo, según la resolución

1036/2021 en su Anexo 1 (Ref. 01) se plantean lineamientos para un plan de transición energética al año 2030. En dicho documento, se expresa el compromiso de incrementar la participación de energías renovables a la matriz energética del país hasta un 20% para el año 2030.

En Argentina, diferentes regiones cuentan con una capacidad de horas sol muy alta, además de una calidad de luz solar optima (Ref. 02). Esto posibilitó que se hayan instalado módulos de grandes capacidades en los últimos años particularmente en el norte argentino. En lo que se refiere al área patagónica, tanto las horas de luz solar como la calidad de esta no es la óptima. Sin embargo, el área que comprende esta región es vasta y diversas poblaciones se encuentran en zonas inalcanzables por el tendido eléctrico.

De esta forma, el uso de paneles solares se convierte en una alternativa a considerar para que la energía eléctrica sea utilizada. Por supuesto que precisa de una combinación con baterías o algún sistema de almacenamiento de energía que pueda proveer de la misma en horas que la luz solar no sea la fuente energética.

También es conocido que, en la región patagónica, las condiciones ambientales pueden ser extremas en lo que se refiere a bajas temperaturas y a vientos. Por este motivo, se pretende estudiar en el presente trabajo qué efectos tienen las fuerzas ejercidas por los vientos en las estructuras que soportan los paneles fotovoltaicos. Conocer el comportamiento mecánico ayudara para la definición de criterios a la hora de seleccionar correctamente y definir el mejor diseño para un material dado. Sin embargo, es importante recordar que el estudio mecánico es solo una parte de los diferentes análisis que deben llevarse a cabo, ya que también se deben tener en cuenta factores ligados a procesos erosivos y/o corrosivos.

Desarrollo

Tomando como referencia el trabajo realizado en Bulgaria respecto a la fuerza que ejercen los vientos en los paneles solares, así como las estructuras (Ref. 03), se generó una estructura similar con las consideraciones de geométricas descritas en la Figura 1.

Es importante notar que se considera una situación en la cual el ángulo de inclinación del panel es fijo a 45°. También se consideran que las distintas partes de la estructura están unidas ya sea por soldaduras o uniones que garanticen una transferencia de los esfuerzos en el volumen como si fuera un único sólido.

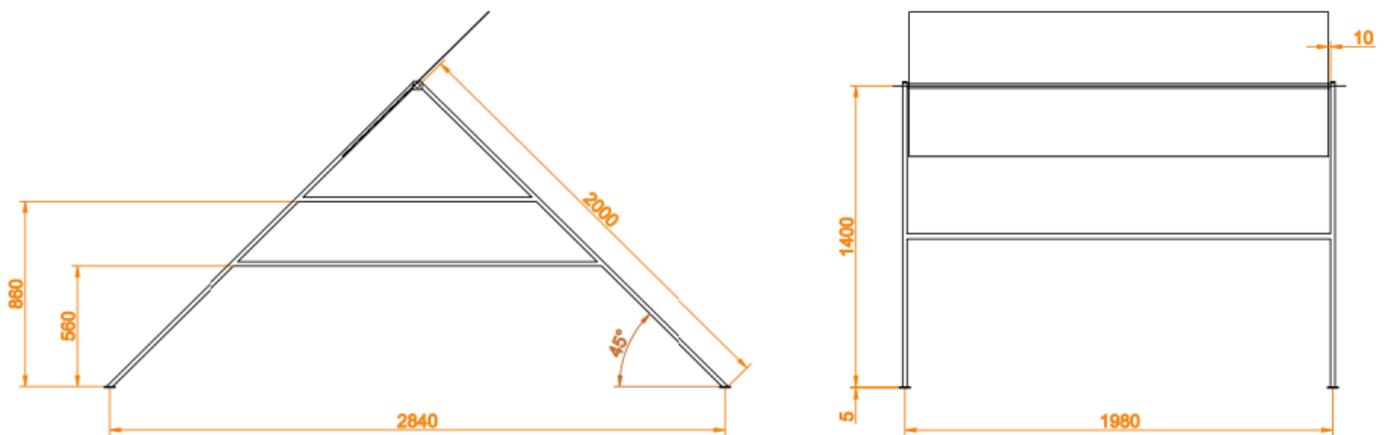


Figura 1 – Descripción geométrica de la estructura utilizada (unidades en mm).

Método de cálculo

Las fuerzas generadas por el viento incidente sobre el panel solar fueron calculadas a partir la Ecuación 1 que relaciona la presión del viento con la velocidad de este calculando la presión dinámica del fluido, en este caso el aire (Ref. 04):

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

ρ : densidad del aire ($\rho = 1,29 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$).

v : velocidad del viento.

Usando un valor promedio ($v = 6,12 \left[\frac{m}{s} \right]$) y un valor máximo registrado en la ciudad de Comodoro Rivadavia, Chubut, el día 25/10/2021 ($v = 57,78 \left[\frac{m}{s} \right]$), se obtienen los siguientes valores de presión:

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1,29 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \cdot \left(6,12 \left[\frac{m}{s} \right] \right)^2 = 24,14 [Pa] \quad \text{Ecuación 2}$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1,29 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \cdot \left(57,78 \left[\frac{m}{s} \right] \right)^2 = 2153,35 [Pa] \quad \text{Ecuación 3}$$

Materiales

Para la estructura, se consideró la aleación de aluminio 6061 T6 ya que es ampliamente utilizada en aplicaciones estructurales. Además, teniendo en cuenta su baja densidad comparada con el acero, permite que su transporte, así como el armado de una estructura in situ sea de mayor facilidad. Las propiedades mecánicas utilizadas para la simulación se muestran en la Tabla 1.

Respecto al panel, ya que el objetivo es estudiar la resistencia de la estructura de soporte, se consideró que esa parte del conjunto también sea de aluminio 6061. La justificación de esta elección se basa en que la fuerza que soporta la estructura no será dependiente de la naturaleza del material del panel, sino de la superficie que soportará el viento incidente.

Propiedades	Valor
Densidad	2.70 g/cm ³
Modulo de Young	68.9 GPa
Tensión de Fluencia	240 MPa (mínimo)
Tensión de Rotura	260 MPa (mínimo)

Tabla 1 – Propiedades mecánicas del aluminio 6061 T6 (Ref. 05)

Resolución

Las simulaciones numéricas fueron ejecutadas por la herramienta de elementos finitos del software Inventor 2024. El criterio de admisibilidad del material fue a partir de las tensiones de Von Mises (Ref. 06)

En la Figura 2, se observan las tensiones generadas en el caso de presiones calculadas por la Ecuación 2 que hacen referencia a valores promedio de vientos en la región patagónica.

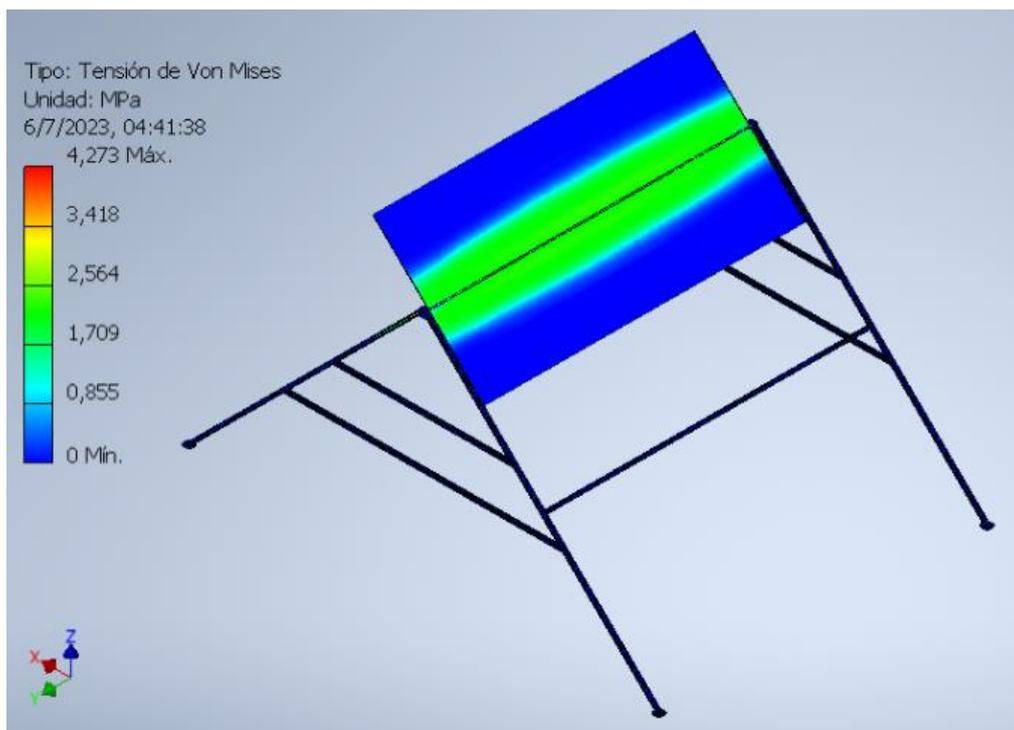


Figura 2 – Tensiones de Von Mises generadas por un viento promedio.

En la Figura 3, se observan las tensiones generadas en el caso de presiones calculadas por la Ecuación 3 que hacen referencia a un valor máximo de velocidad de viento en la región patagónica.

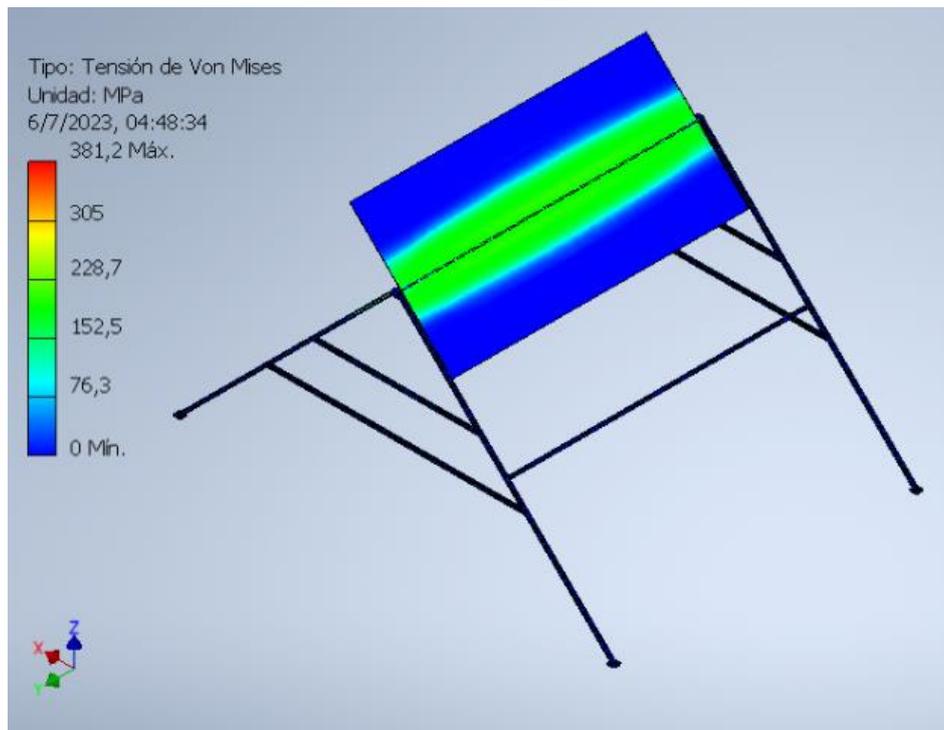


Figura 3 – Tensiones de Von Mises generadas por un viento máximo.

Análisis

Tomando en cuenta el espectro de colores y su relación con las tensiones, puede observarse que en el caso de vientos promedios (Figura 2) la estructura e inclusive el panel están sujetos a valores de tensiones muy bajas en comparación con la resistencia mecánica del aluminio.

En el caso extremo de un viento máximo (aproximadamente 208 km/hora), el cual ocurrió en un evento singular, las tensiones observadas en la Figura 3 si son importantes notándose en el panel valores que superan levemente los 240 MPa. Sin embargo, tomando en cuenta los colores se puede observar que la estructura en si (que es objeto del presente estudio) no llega a tener valores de tensiones de Von Mises que superen los 80 MPa. Por este motivo se consideran que están lejos de los valores de resistencia mecánica del aluminio estructural.

El estudio mecánico nos indica que, desde ese punto de vista, el uso del aluminio 6061 T6 es admisible. Estudios mecánicos mucho más detallados son recomendables para evaluar cómo sería la respuesta si el viento incide en otras direcciones. Además, es preciso que se establezca una forma de unión entre las partes, ya que para la simulación se consideró a todo el sistema como un único sólido.

Es importante también recordar que un estudio de selección de materiales implica diferentes consideraciones (Ref. 07) como la resistencia a la erosión ejercida por el viento o procesos de corrosión que puedan ocurrir sobre todo si se está cerca de un ambiente marino.

Conclusiones

Luego de realizados los correspondientes análisis de los resultados obtenidos, las conclusiones son:

- 1 – El aluminio 6061 T6 es un material apto para este tipo de estructuras desde un punto de vista mecánico ya que las tensiones de Von Mises no alcanzan los valores de tensión máxima del material.
- 2 – El estudio por elementos finitos nos permite estimar en forma rápida situaciones de tensiones y deformaciones generadas sin tener que recurrir a la construcción de prototipos.
- 3 – Es importante notar que el estudio por elementos finitos parte de muchas consideraciones y las cuales deben ser tomadas en cuenta a la hora de dar por concluido un estudio de selección de materiales.
- 4 – La correcta selección de un material solo puede concluirse al evaluar diferentes aspectos y los efectos generados, no solo el comportamiento mecánico, sino que también fenómenos como la degradación por corrosión y erosión.

Referencias

- 01 – Ministerio de Economía de la República Argentina, *“Resolución 1036/2021, Lineamientos para un plan de transición energética al 2030”*, 2021
- 02 – Servicio Meteorológico Nacional, [Descarga de Datos | Servicio Meteorológico Nacional. \(smn.gob.ar\)](https://smn.gob.ar), Disponible al 07 de Julio de 2023
- 03 – Stoyanov, Iliev y Mihaylov, *“Simulation Investigation of the Wind Load of Photovoltaic Panels”*, 26th Scientific Conference on Power Engineering and Power Machines, 2021
- 04 – Shames, *“Mecánica de fluidos”*, McGraw Hills, 1995
- 05 – ASTM Standard, *“B308 Aluminum-Alloy 6061-T6 Standard Structural Profiles”*, 2020
- 06 – Ferrari, *“El método de elementos finitos para ingenieros, enfoque aplicado”*, edUTecNe, 2022
- 07 – Ashby, *“Materials selection in mechanical design”*, Butterworth Heinemann, 2000