8° CONGRESO MUNDIAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS
22° Congreso Iberoamericano de Mantenimiento
27° Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - CIMGA
11 · 12 · 13 JUNIO · 2025
Centro de Convenciones Cartagena de Indias • Colombia
abraman associação brasileira de manutenção e gestão de ativos
Federación Iberoamericana de Mantenimiento
ACIEM Asociación Colombiana de Ingenieros

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CREANDO MODELOS DIGITALES PARA TOMA DE DECISIONES ANTE AFECTACIONES O ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN

Yenny Mesa – Santiago Forigua - Fabián Rojas

ENLAZA – GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ

Se busca realizar, evaluar el estado de torres de líneas de transmisión (LT) mediante datos obtenidos tipo LiDAR y modelos digitales.

Se logra:

Anticiparme al evento

Como

Usar simulación digital

Para

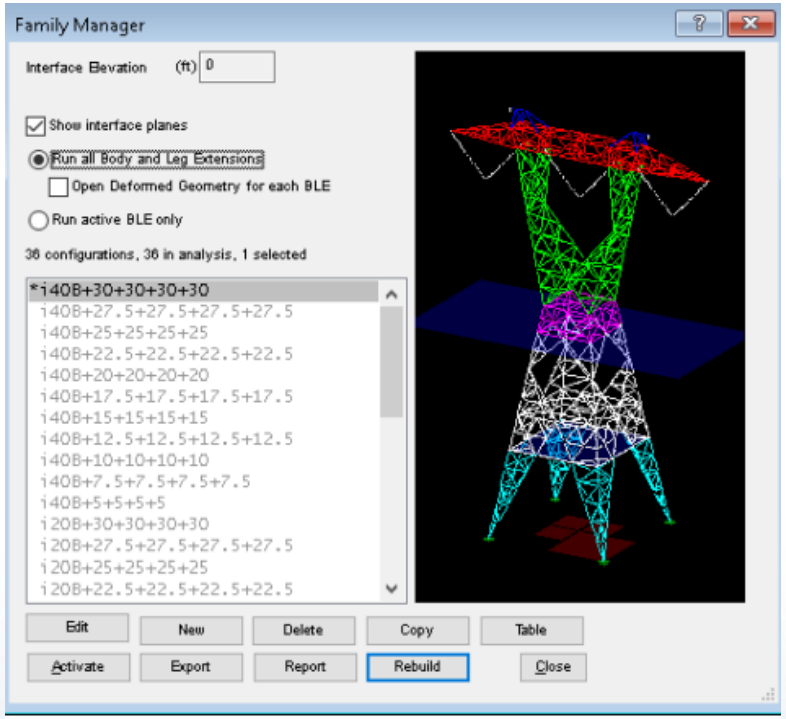
La revisión de las condiciones actuales

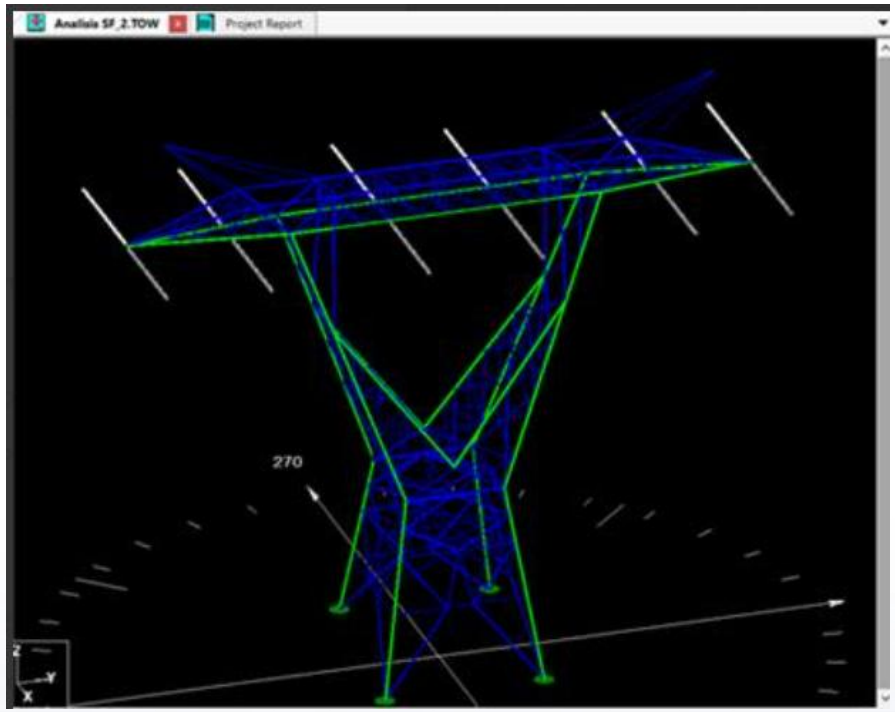
Porque

- ✓ Tengo condiciones diferentes desde diseño
- ✓ Casi nunca se hace diseño post construcción
- ✓ Se tienen condiciones ambientales cambiantes
- ✓ Porque tenemos una condición cambiante por el paso del tiempo

Se debe al final es analizar estado actual de la condición del activo, para poder tomar decisiones asertivas.

Diseño Vs Mantenimiento





No siempre el diseño es la realidad para mantenimiento, por diferentes factores como condiciones constructivas, ambientales, cambio de alineamientos entre otros

Como se ejecutaba antes: Elementos iniciales de estimación de condición de la estructura

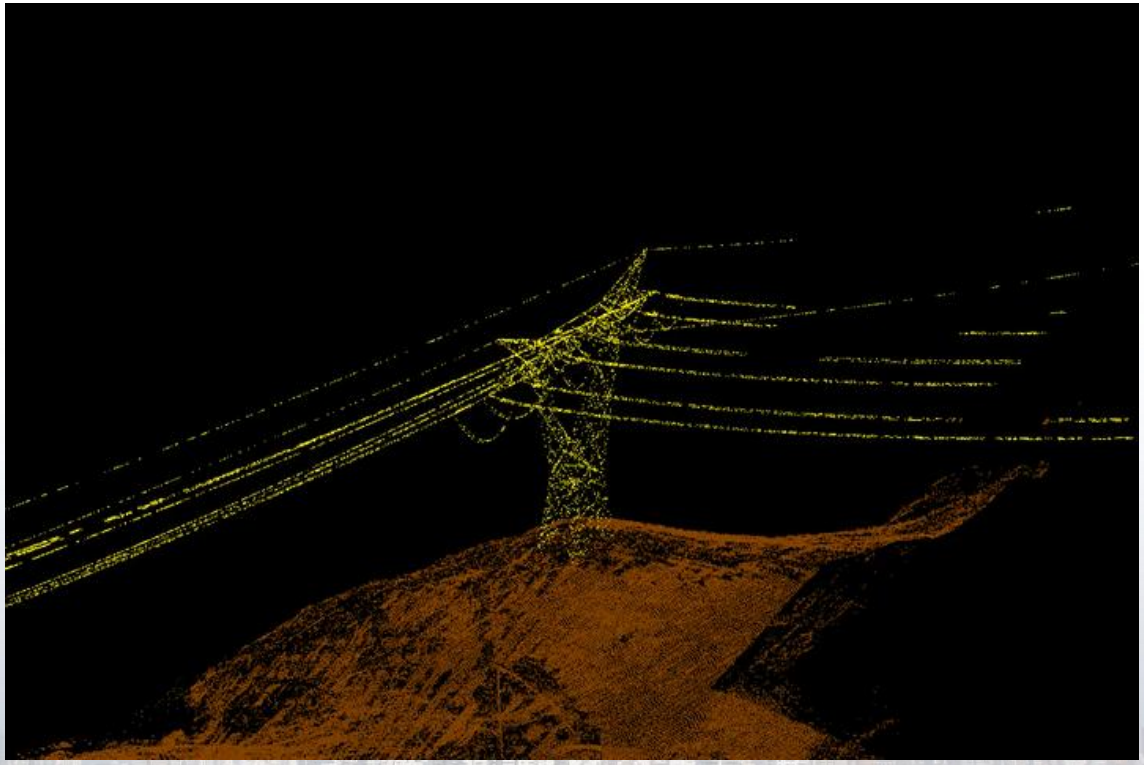
Inspección pedestre → Inspección estructural → Validación Geométrica → Análisis de causas → Diseño de soluciones → Implementación en campo

Digitalización

- Con la implementación de tecnologías, es posible realizar modelos tipo “gemelos digitales” y así evaluar de una manera acertada cual es la causa y como tomar decisiones rápidas
- Al realizar estas inspecciones de manera digital se puede evidenciar resultados de estado real, y así focalizar lo que requiere la contingencia o la condición y no llegar a prueba y error.

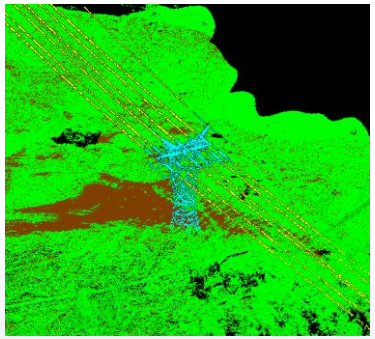
Como se hace ahora: Recolección de información

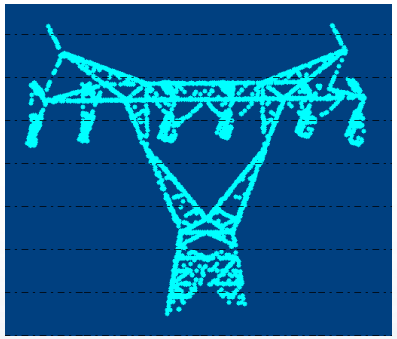
Levantamiento de data digital → Procesamiento de información de datos → Validación de modelo digital → Analizar las causas

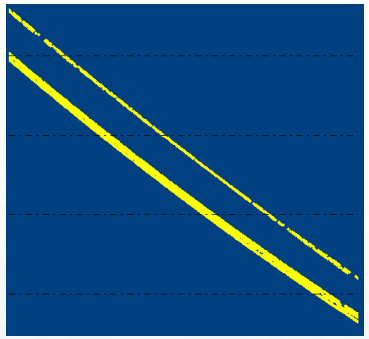


Parámetros De Entrada – caso práctico

Información LiDAR, nubes de puntos → Geometría de la línea, torres, aisladores, conductores → Catenaria de conductores y guardas o fibras → Características teóricas técnicas, tipo de conductor. → Parámetros meteorológicos



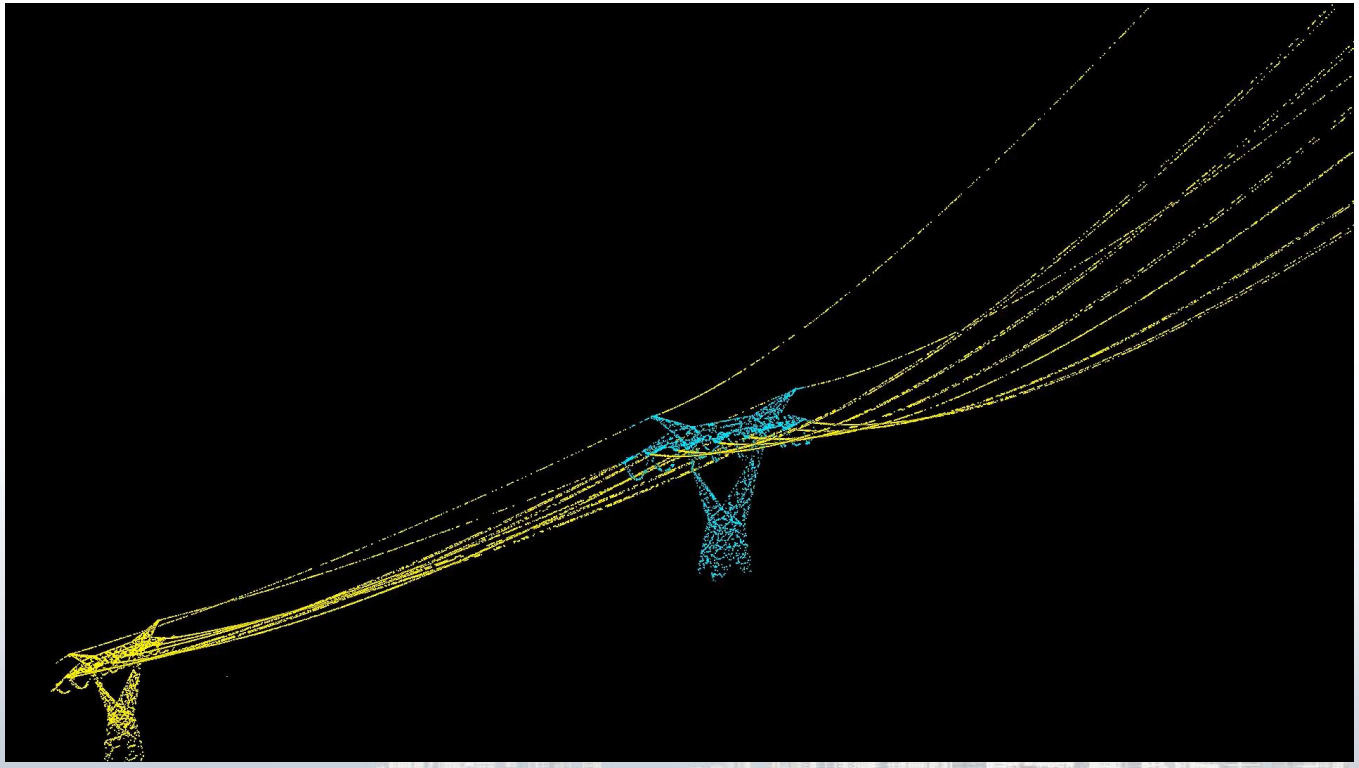




IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

Datos LiDAR

Los datos LiDAR representan la condición de la línea en el momento del levantamiento.



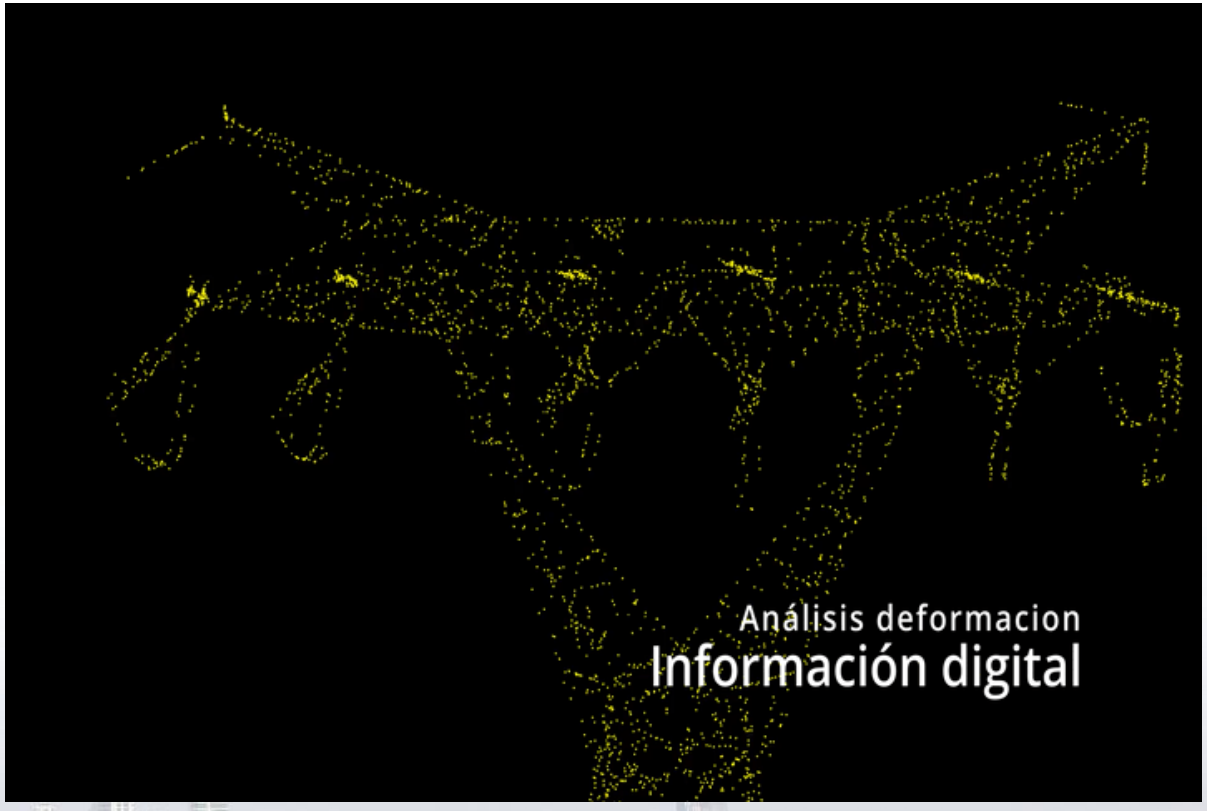
Que requiero para el modelo

- Características de los conductores
- Características de los guardas
- Cuanto esta en diseño tensionado
- Parámetros meteorológicos
- Características y tipo de estructura
- Tensionado de los conductores
  - Teórico y real

Inspección Digital Estructuras

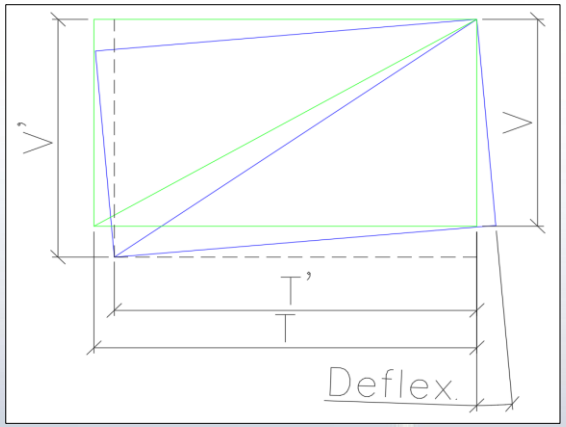
Con esta metodología busco

- Verificar los desplazamientos verticales en las caras transversales y longitudinales, para lograr la reparación.
- Simulo la condición actual de cargas para su reparación
- Vigilo constantemente el estado mientras la toma de decisión antes de su reparación.
- Reviso las variables, clasifica los atributos y se calcula la carga de la estructura y su utilización.
- Adicional, debes vigilar la condición para poder tomar decisiones de como se hace la reparación durante la maniobra en campo (linieros, equipos, faseos, remplazos de angulos)



Determinación criterios y escalas de valoración

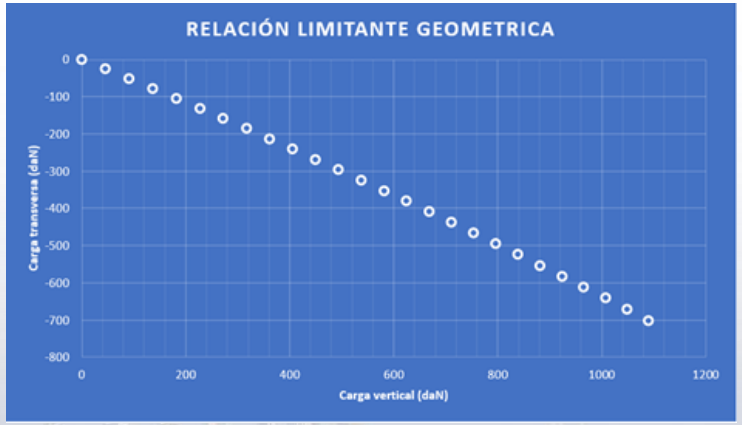
La Metodología: El análisis de desviación vertical en la torre, se puede hacer una relación de cambio entre las cargas transversal y longitudinal, con la carga vertical (ecuaciones 1 y 2). Después de revisar a través de combinaciones de carga, se simula ejemplo: para un ángulo de desviación vertical de 5° la carga vertical aumenta en un 14%



$$V' = \sin\beta * T - \sin\beta * \tan\beta * V + V \quad [1]$$
$$V' = \sin\beta * L - \sin\beta * \tan\beta * V + V \quad [2]$$

Donde:

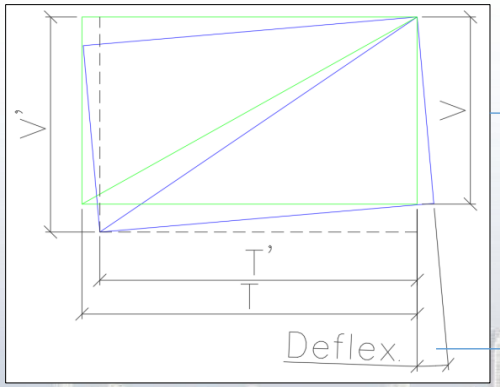
β = ángulo de desviación vertical
T = Carga de diseño transversal
L = Carga de diseño longitudinal
V = Carga de diseño vertical
V' = Carga resultante vertical



Determinación criterios y escalas de valoración

- Con las cargas verticales calculadas se observan casos con porcentajes de uso mecánico mayores a 98%.
- Se observa que con un ángulo de desviación vertical mayor a 2 grados se comprometen mecánicamente los brazos de las estructuras de transmisión.

Cambio en la carga vertical

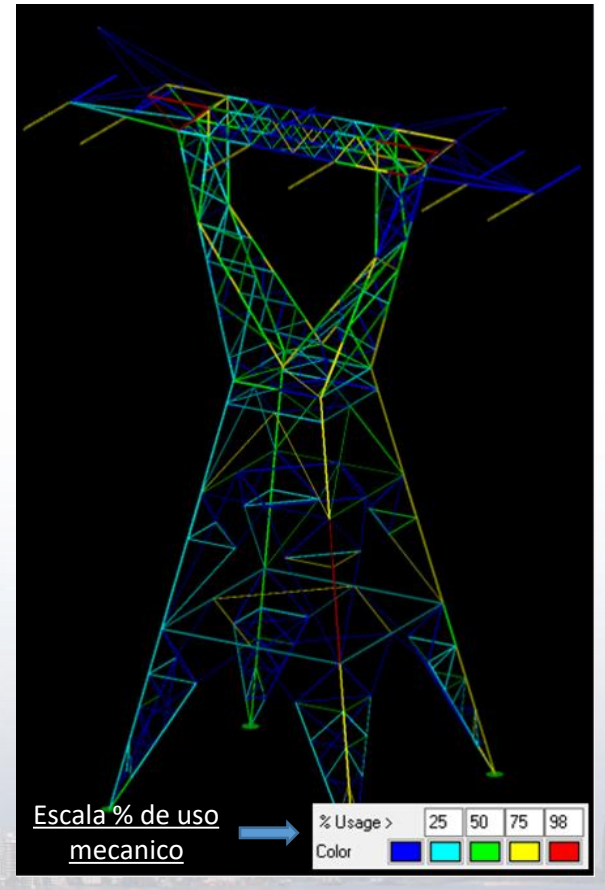


Carga vertical

Deflexión vertical torre

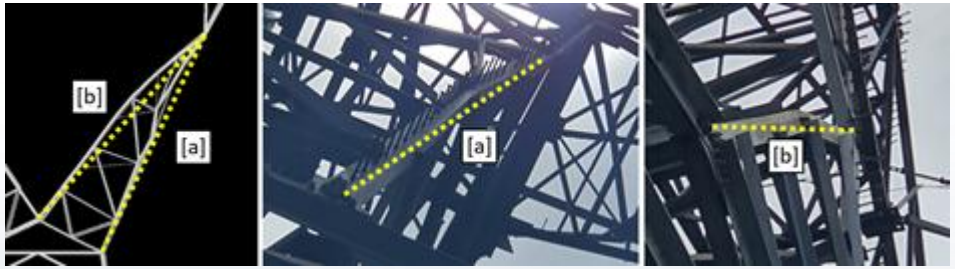
Valoración de esfuerzo sobre la torre

Desviación de 5%

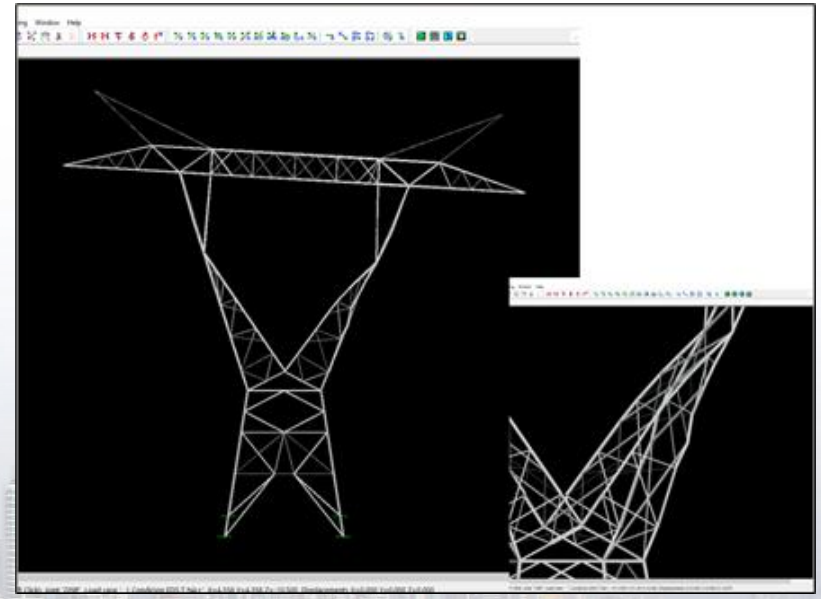


Cargas de la torre

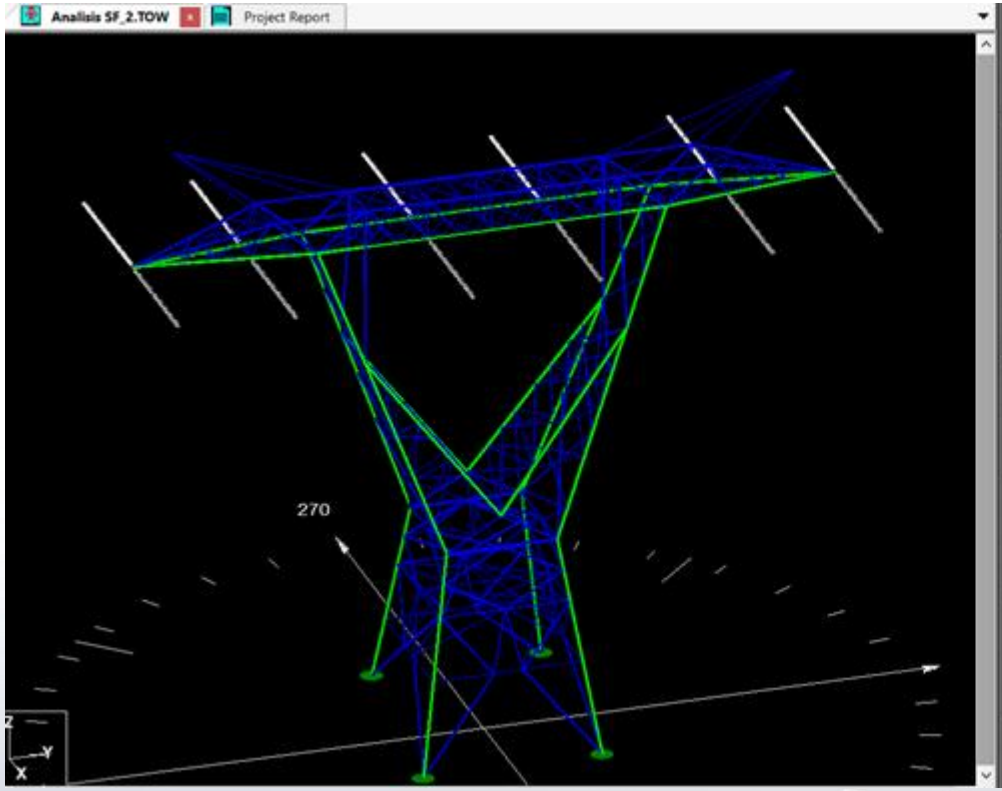
- Como resultado se encontró que al aplicar en la torre la carga correspondiente a la condición del levantamiento LiDAR se genera una deformación similar en la estructura a la que presenta la torre actualmente.



Condición	Tension diseño* (daN)	Tensión actual* (daN)	Aumento de tensión (%)
EDS	2303	4579	199%
Viento max de rafaga	2834	5588	197%
Viento max promedio	2520	5319	211%



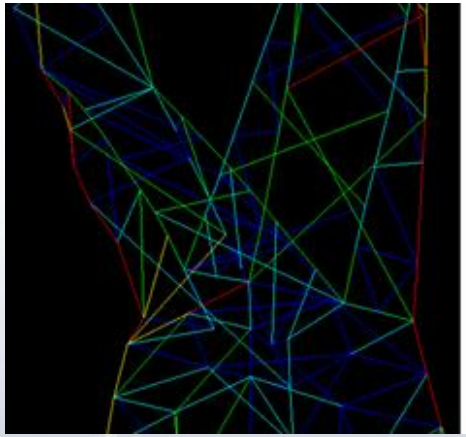
Hasta que se llega la Gemelo Digital

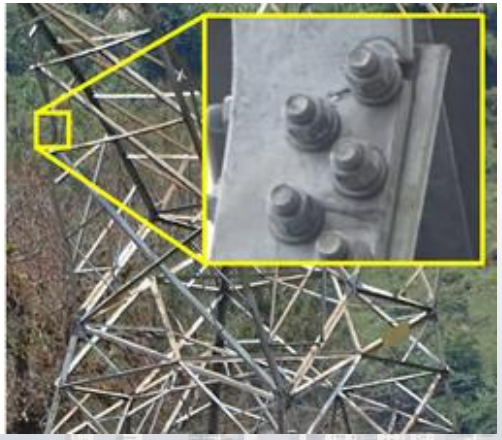


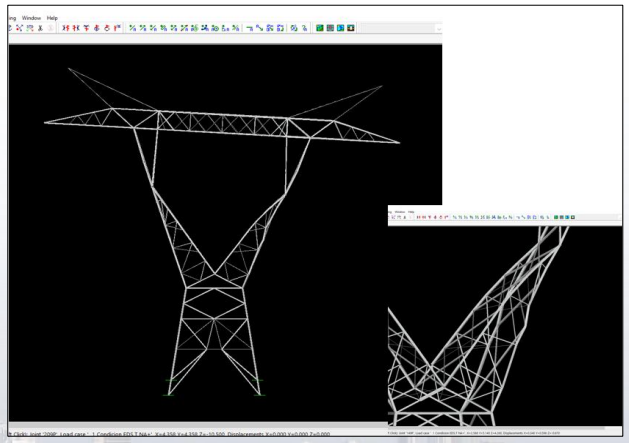
Hipótesis De Causa Raíz

Se considera que la causa raíz de las deformaciones en la estructura es la sobretensión en los cables de fase en condiciones de trabajo.

Resultados de las simulaciones para la validación de la causa raíz

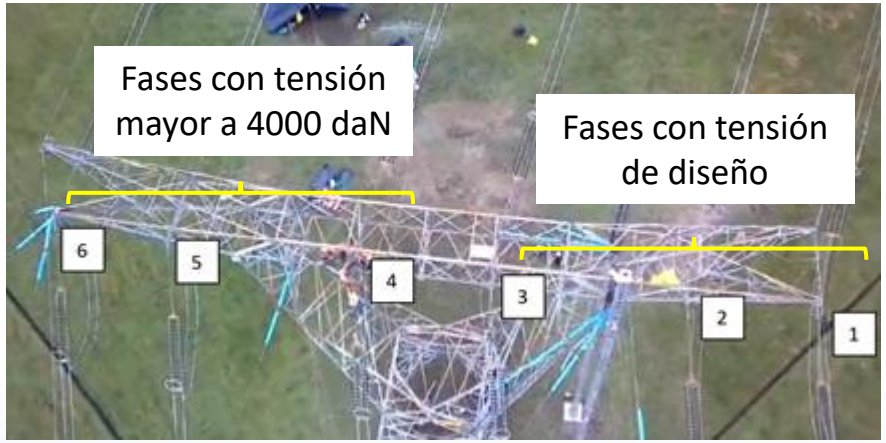




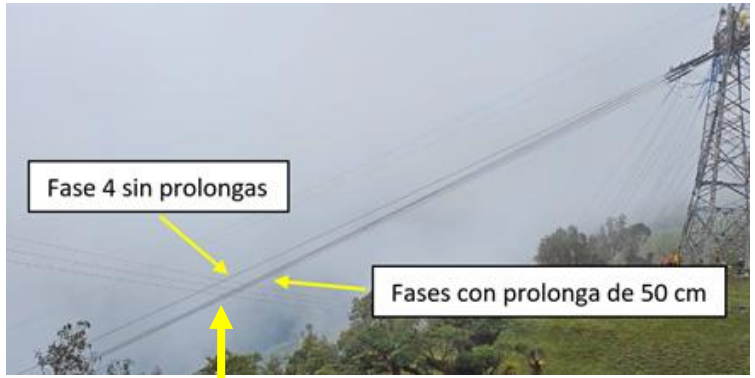


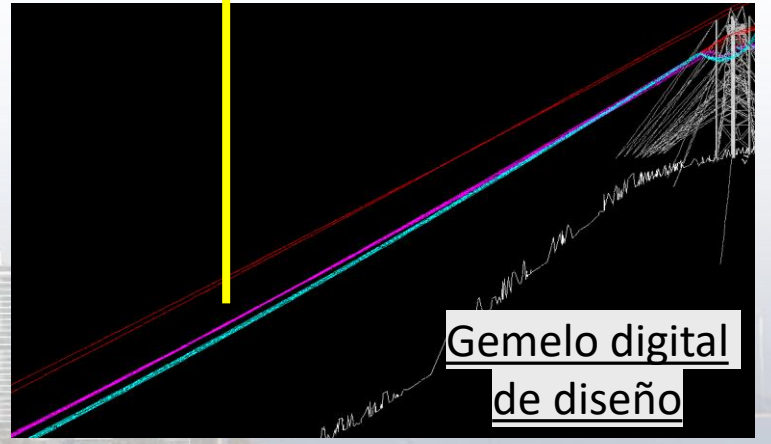
Sobretensión De Los Conductores De Fase

Detalle de cargas de fases



Modelo del planta perfil

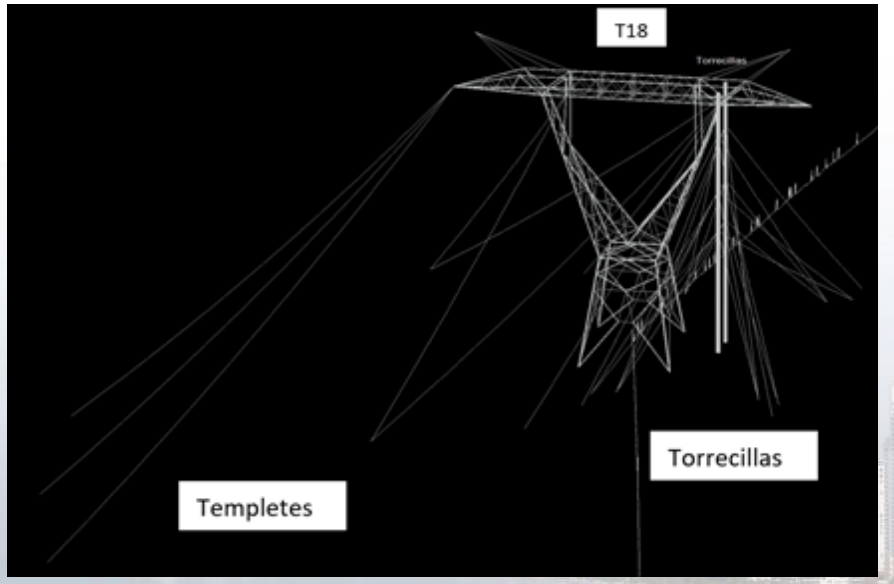




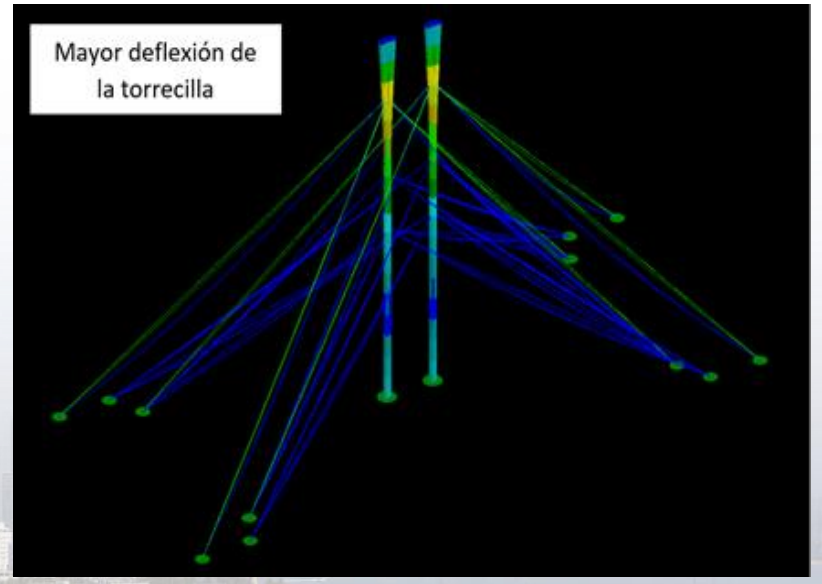
Implementación Soluciones inmediatas

Configuración de templetes y torrecillas para compensar las cargas, en especial en el costado que presenta la deformación.

Uso de torrecillas de emergencia en costado afectado



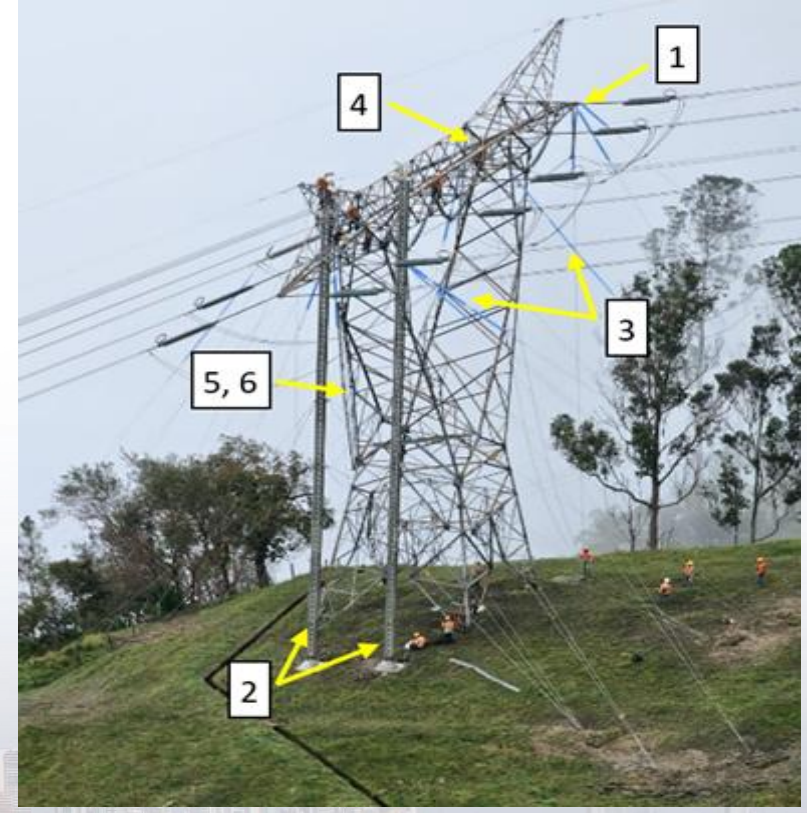
Comprobación mecánica de las torrecillas



Actividades De Campo

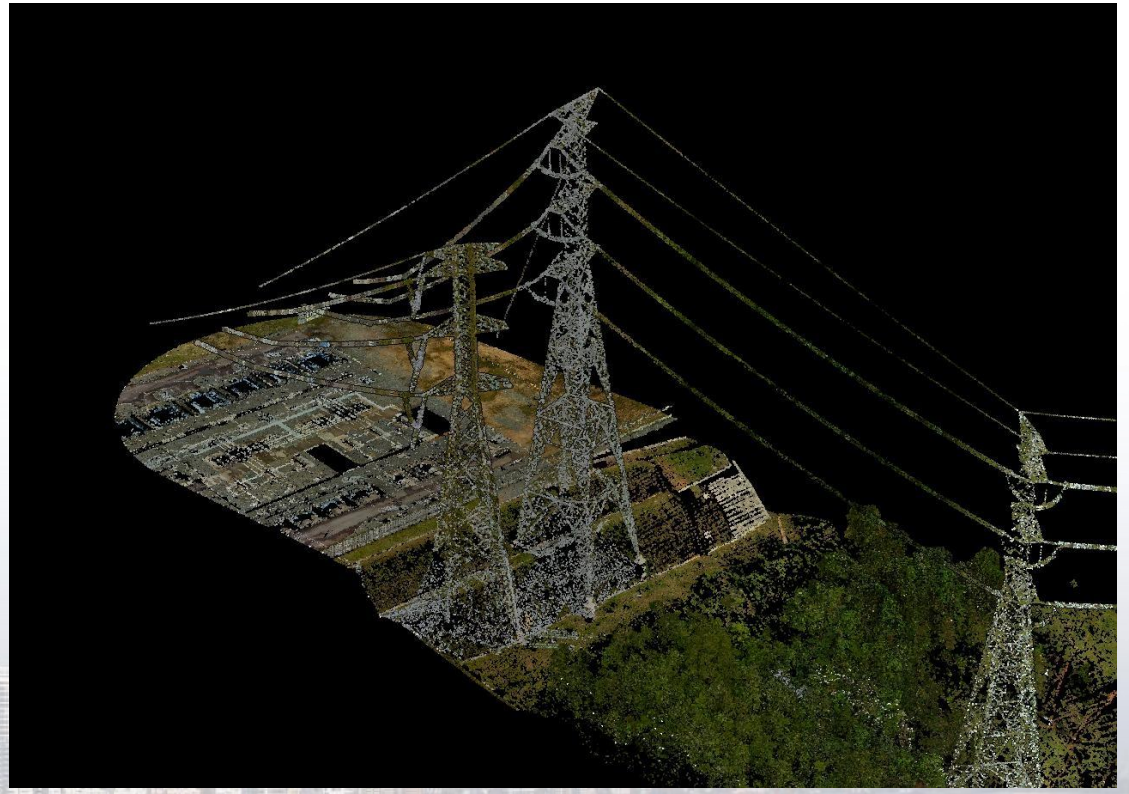
1. Instalación de los vientos en el brazo izquierdo de la torre
2. Instalación de las torrecillas con sus vientos, incluye la carga con diferenciales de las torrecillas para liberar carga en el montante de la pata D
3. Instalación del total de vientos en la torre
4. Instalación de prolongas en las fases
5. Instalación de las plumas para “enyesar” los montantes del delta en las patas C y D
6. Cambio de montante de delta de la pata D

Resumen gráfico actividades ejecutadas en campo



Que mas decisiones puedo tomar

- Puedo verificar síntomas de corrosión o deformación.
- Caracterizaciones geotécnicas – estado desde la estabilidad de taludes para las torres.
- Identificación de averías
  - Silviculturales
  - Cruces
  - Distancias de seguridad
  - Invasión de servidumbre
- Vida útil de los componentes
  - Herrajes
  - Aisladores
  - Estructura
  - Conductores
  - Guardas – fibra
  - Cimentación



Conclusiones

- Aunque actualmente **se realizan análisis de causa** frente a los hallazgos detectados en las estructuras, es fundamental avanzar hacia la **construcción de metodologías** sólidas que se definan **criterios y valoración de criticidad** para una **toma de decisiones** más efectiva. Esto implica no solo establecer parámetros de evaluación claros, sino también **integrar herramientas digitales** adecuadas que permitan estructurar los componentes necesarios para una digitalización completa del proceso de mantenimiento.
- Contar con una **metodología estructurada**, junto con la correcta identificación de los criterios representativos para el análisis, permitirá la formulación de modelos de hipótesis que simulen el comportamiento de la infraestructura ante diferentes escenarios. Esto nos llevará a:
  - **Reducir fallas** en campo durante las maniobras operativas.
  - **Disminuir los accidentes** derivados de improvisaciones o desviaciones durante la ejecución de los trabajos.
  - **Optimizar los costos** asociados a las reparaciones, reduciendo tiempos, riesgos y mejorando el desempeño del mantenimiento.

Conclusiones

- Consolidar los aprendizajes obtenidos mediante **hipótesis validadas e históricos de datos**, se podrán establecer **rangos de criticidad confiables** para ejecutar mantenimientos por condición. Esto permitirá:
  - Anticiparse a las fallas.
  - Tomar decisiones en el momento oportuno.
  - Minimizar el impacto sobre el sistema eléctrico durante desconexiones o intervenciones.
- Reducción de incidentes frente a temas de SST por trabajos de relojeria desde el mantenimiento

De esta forma, avanzamos inteligentemente hacia un modelo de Mantenimiento 4.0, donde la información, la tecnología y juicio de expertos mantenedores se integran para fortalecer la confiabilidad, seguridad y eficiencia en las estructuras de las líneas de Transmisión

Gracias