

REFORMA ESTRUCTURAL EN TORRE DE NORIAS PARA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO

STRUCTURAL REFORM IN NORIAS' TOWER FOR PET FOOD PRODUCTION PLANT

Fernando D. Alles^a

^aTrabajo Final Carrera de Especialización en Ingeniería Estructural, Universidad Nacional de Rosario, Pellegrini 250, 2000 Rosario, Argentina, alles.fernando@gmail.com.ar

Palabras clave: Reforma Estructural, Estructura Metálica, Modelación Estructural.

Resumen. El presente trabajo se centra en la reforma de una estructura metálica, alojada en un complejo que produce alimento para mascotas, en la provincia de Santa Fe, Argentina. El objetivo de este proyecto consiste en realizar una serie de modificaciones a una construcción metálica que sirve de sustento para los conductos de alimentación a cuatro silos que almacenan cereales. Para lograr este objetivo, se utilizan herramientas computacionales, de manera de representar el fenómeno físico al cual se somete la estructura constantemente, y a partir de allí establecer un conjunto de medidas destinadas a mejorar su comportamiento mecánico. Las herramientas computacionales utilizadas son la modelación con software de elementos finitos, y quedan planteados algunos métodos numéricos y procesamientos de señales para la determinación de las características dinámicas de la estructura.

Keywords: Structural Reformation, Steel Structure, Structural Modeling.

Abstract. This paper focuses on the reformation of a Steel structure. The structure helps to produce pet food. It is located in Santa Fe, Argentina. The scope of this Project is to make a series of modifications to a steel construction that serves as support to feed four silos that store cereals. To achieve this purpose we will use computational tools to represent the physical phenomenon on which the structure is subjected. We will use finite element models and there were projected numerical methods and signal processing in order to identify the dynamic response of the structure.

1 ALCANCE DEL TRABAJO

1.1 Necesidad de la Reforma Estructural.

Se trata de una estructura metálica, y brinda sustento a los conductos que alimentan a los silos que almacenan los cereales necesarios para la producción de alimento balanceado para mascotas. Dado el funcionamiento de los silos y las características del material granular, cuando se realiza el “desensilado” de estos recintos estancos, para evitar se produzcan explosiones, es necesario filtrar el polvo que surja de esta compleja tarea.

Los riesgos de explosiones están asociados principalmente al aumento de la temperatura interna de la masa del cereal producto de la fricción intergranular, sumado a la formación de gases potencialmente inflamables o explosivos (generados por la fermentación de la materia orgánica). No solo se instalarán filtros, además, se deberá prever el espacio para la colocación de sensores de nivel y termómetros para monitorear la temperatura del cereal en forma diaria. El segundo problema que reviste esta estructura es la falta de rigidez o la excesiva flexibilidad que posee frente a acciones dinámicas de viento, que la dejan prácticamente fuera de los límites de aceptación en cuanto a niveles mínimos de confort de sus ocupantes.



Figura 1: Estructura a Intervenir.

2 ALTERNATIVAS ANALIZADAS.

Como el problema tiene dos aristas fundamentales, se debe resolver por un lado proveer a la estructura existente de espacio para la colocación del instrumental faltante que hagan al correcto funcionamiento de los silos. Y en el otro sentido, de igual importancia, dotar a la estructura de una mayor rigidez frente a las acciones dinámicas de viento, para lograr el correcto nivel de confort de sus operarios.

2.1 Primera Alternativa.

Realizar una pasarela por debajo de la regla del pórtico existente. Es la primer alternativa estudiada, pero resulta en gran inversión económica en relación a los materiales a proveer. Por otro lado, aumenta de manera significativa la masa de la estructura y esto no resulta favorable frente a los efectos dinámicos que deben estudiarse. Al aumentar la masa, lógicamente aumenta el peso sobre sus fundaciones y la respuesta dinámica global, con lo cuál se deduce que no es una buena solución estructural, aunque sirva para solucionar el emplazamiento de equipos necesarios para el correcto funcionamiento de los silos.

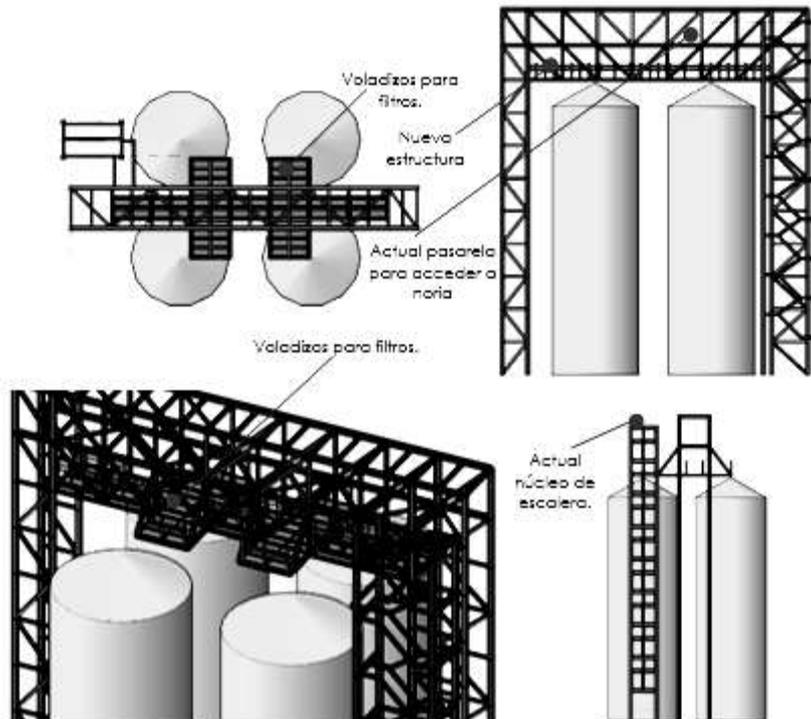


Figura 2. Primera alternativa de solución.

Propuesta de Solución 1.	
Cuadro Comparativo. Ventajas - Desventajas.	
Ventajas.	Desventajas.
Espacios amplios de circulación.	Se adicionan cargas y superficie de exposición al viento a considerar.
Estructuralmente no se introducen grandes cambios, la estructura resultante mantiene el carácter reticular.	Difícil ejecución. Estructuras provisionarias por tiempo prolongado.
	Los filtros y sensores quedan muy lejos del lugar de servicio.
Conclusión.	
No cumple con los requisitos de funcionamiento de la planta. Se debe replantear la estructura.	

Tabla 1: Resumen alternativa 1.

2.2 Segunda Alternativa.

Se analiza, la posibilidad de desplazar el puente hacia abajo, mediante un estudiado proyecto de desvinculación del citado puente existente. Se adjuntan algunas imágenes que ilustren el procedimiento. De esta manera se logra una mayor cercanía entre la estructura y los silos, y por consiguiente el instrumental a instalar y una menor altura que puede traer aparejados efectos positivos en la frecuencia natural de vibración de la estructura.



Figura 2: Segunda alternativa de solución.

El análisis de la viabilidad de la adopción de esta solución estructural, se resume en la Tabla 2: Resumen de alternativa 2.

Propuesta de Solución 2.	
Cuadro Comparativo. Ventajas – Desventajas.	
Ventajas.	Desventajas.
No hay que realizar estructuras complejas.	Uso de grúas. El complejo evita al máximo su utilización. Queda para casos excepcionales.
No se suma peso a la estructura. Se reduce la altura máxima de la estructura, lo cual resulta favorable frente a acciones de viento.	Se debería desarmar el tripper de carga.
	Ingeniería de montaje de cargas con dos grúas. Complejidad del movimiento de cargas de este tipo, sumado a la altura y a las acciones de viento.
Solución más económica que las anteriores.	Dificultad de emplazamiento de las grúas dentro del complejo.
Conclusión	
Solución aceptable. Quedaría resolver la ingeniería de movimiento de cargas.	

Tabla 2: Resumen alternativa 2.

Si bien se presenta como una alternativa viable, queda resolver dos cuestiones fundamentales, la primera la disposición del instrumental necesario, y segundo analizar las vibraciones producidas en la estructura por efectos dinámico de viento, que si bien se verían reducidas al reducir su altura, seguramente no será suficiente para lograr estándares de confort de sus ocupantes.

2.3 Tercera Alternativa.

Se plantea solucionar el problema con dos estructuras que se vinculen a la estructura original. Esto permite, en principio, mayor libertad de ubicación de filtros, sensores y escotillas ya que se deben atender a dos silos por estructura nueva. Esto resuelve el primer problema que es la ubicación del instrumental necesario para el funcionamiento de los silos. El segundo problema, relacionado con la excesiva flexibilidad, se analizará mediante herramientas de modelado,

dotando de una adecuada rigidez global a la estructura. El análisis se resume en la Tabla 3: Resumen alternativa 3.

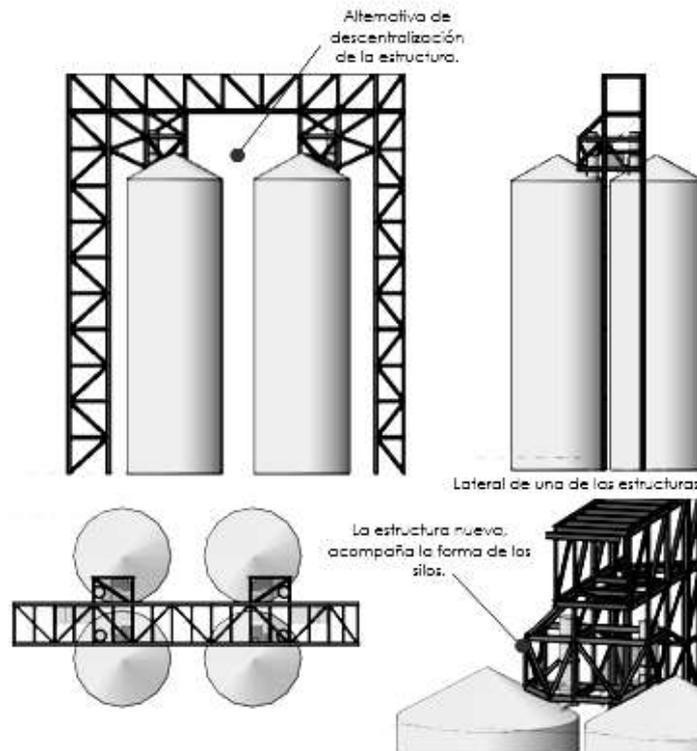


Figura 3. Tercera alternativa de solución.

Propuesta de Solución 3.	
Cuadro Comparativo. Ventajas – Desventajas.	
Ventajas	Desventajas
Se atiende a dos silos por estructura.	Dos estructuras. Encarece el proyecto.
Se realiza una rigidización global de la estructura,	Mayor complejidad por cada estructura.
Se cumple con los requisitos especificados.	Resultan estructuras diferentes, por las asimetrías en la ubicación de silos.
Conclusión	
Si bien la solución no es económica, ni optima; es la única que cumple con los requisitos necesarios para el correcto funcionamiento de los silos y garantizar las condiciones de confort de sus ocupantes.	

Tabla 3: Resumen alternativa 3.

3 MODELACIÓN ESTRUCTURAL.

3.1 Modelos Preliminares.

Se plantearon tres modelos, cada uno de los cuales tiene una unión estructural determinada. Se tienen entonces: Modelo de Uniones Tipo I, Modelo de Uniones Tipo II y Modelo de Uniones Tipo III. Para un rápido entendimiento, se adjuntan imágenes donde se ilustran las características de las tipologías anteriormente detalladas

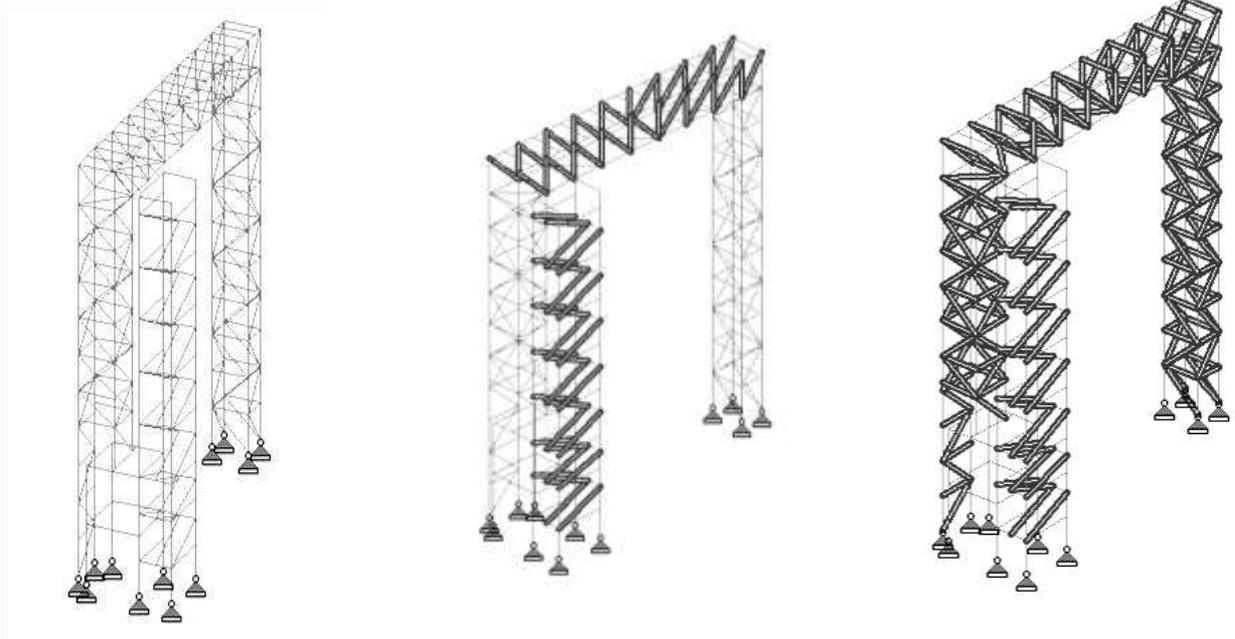


Figura 4. Alternativas de Uniones Modeladas. De izq. a der.: Unión Tipo I, Unión Tipo II, Unión Tipo III.

Los modelos de la figura 4, presentan diferentes tipos de vinculación en las barras resaltadas, que surgen de un relevamiento de la estructura.

3.2 Modelo Definitivo.

Se realizó una prueba de carga estática en la estructura, pero ninguno de los modelos anteriores representaba fidedignamente el comportamiento físico de la misma. Con lo cual se procede a realizar el proyecto de rigidización global de la estructura. Se rigidizó toda la estructura, incorporando sus fundaciones al modelo, teniendo en cuenta una aproximación al comportamiento de interacción suelo estructura, y se obtuvo un modelo cuyas deformaciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la reglamentación CIRSO 301 – 2005.

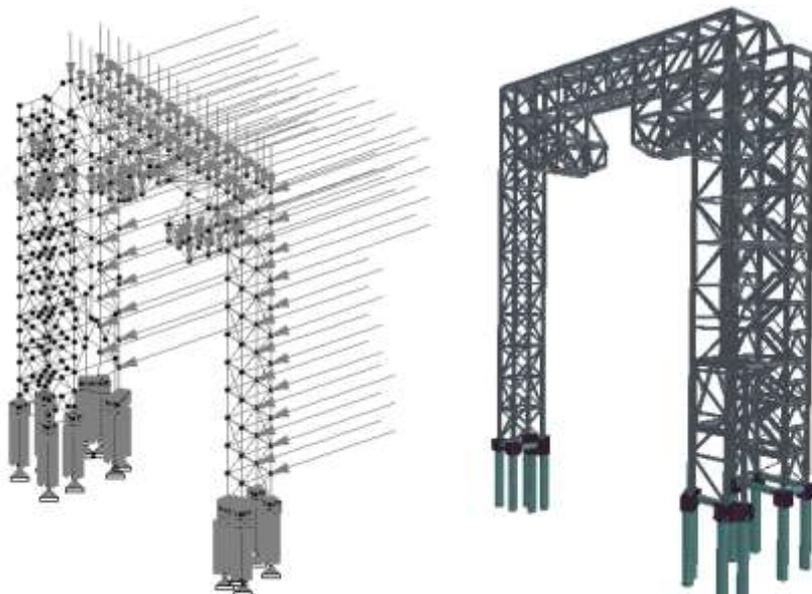


Figura 5. Modelo definitivo.

4 RESULTADOS.

La modelación arrojó resultados de deformaciones compatibles con el destino de la estructura. El punto de mayor deformación bajo cargas de servicio de la estructura fue de 54 mm, teniendo en cuenta que la estructura supera los 34 metros de altura.

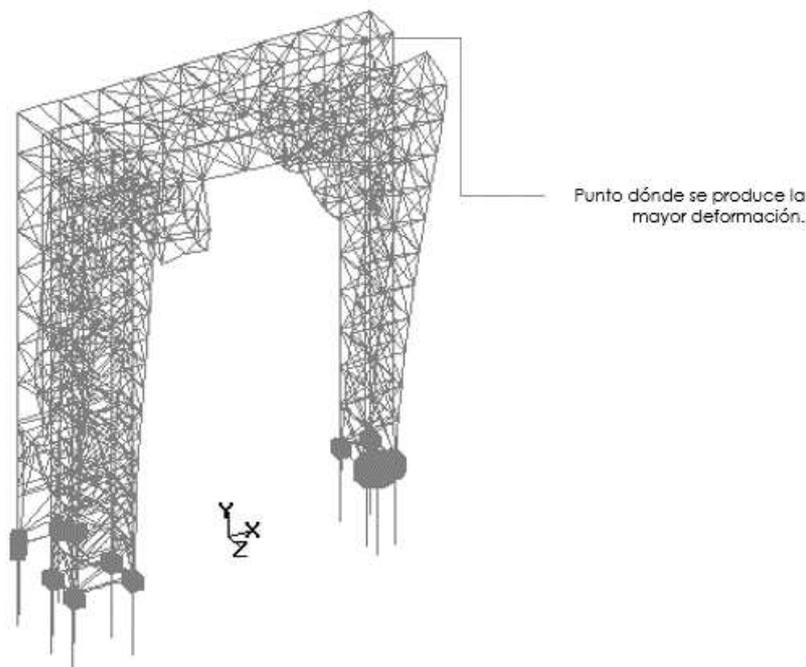


Figura 6: Deformación máxima.

5 CONCLUSIONES

El proceso de modificación estructural tenía dos etapas simultáneas, por un lado resolver las cuestiones tendientes al funcionamiento de los silos, pero sin dejar de tenerlas en cuenta en el comportamiento global de la estructura. Es decir, es un proceso iterativo que a medida que se lograban avances en lo que respecta a la instalación del equipamiento necesario, inmediatamente se procedía a verificar si el comportamiento estructural permitía fijar esa modificación. Se logró una estructura que cumpliera con los requisitos, que puede ser perfectible. Queda pendiente el análisis dinámico de la estructura original. No se logró dar con las deformaciones, ni características mecánicas reales de la misma. Quedando propuesto el procedimiento que se intentó realizar al principio del presente proyecto. El mismo consistía en la colocación de acelerómetros en puntos específicos de la estructura, y luego mediante excitaciones armónicas con masas rotantes, determinar características mecánicas como el amortiguamiento, frecuencia natural y características de rigidez, utilizando transformadas de Fourier y análisis numéricos de señales.

6 REFERENCIAS

- CIRSOC 101-2005. "Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y otras Estructuras"
- CIRSOC 102-2005. "Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones"
- CIRSOC 201-2005. "Proyecto, Cálculo y Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado"
- CIRSOC 301-2005. "Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios"

CIRSOC 305-2005. *“Recomendación para uniones estructurales con bulones de alta resistencia”*

Ramón Arguelles Álvarez. *La estructura metálica hoy. Tomo I y Tomo II*. 2004.

Journal of Numerical Methods, 32:2223–2241, 1995a.