



Jornadas
XX GEOTÉCNICAS
XXIII ESTRUCTURALES

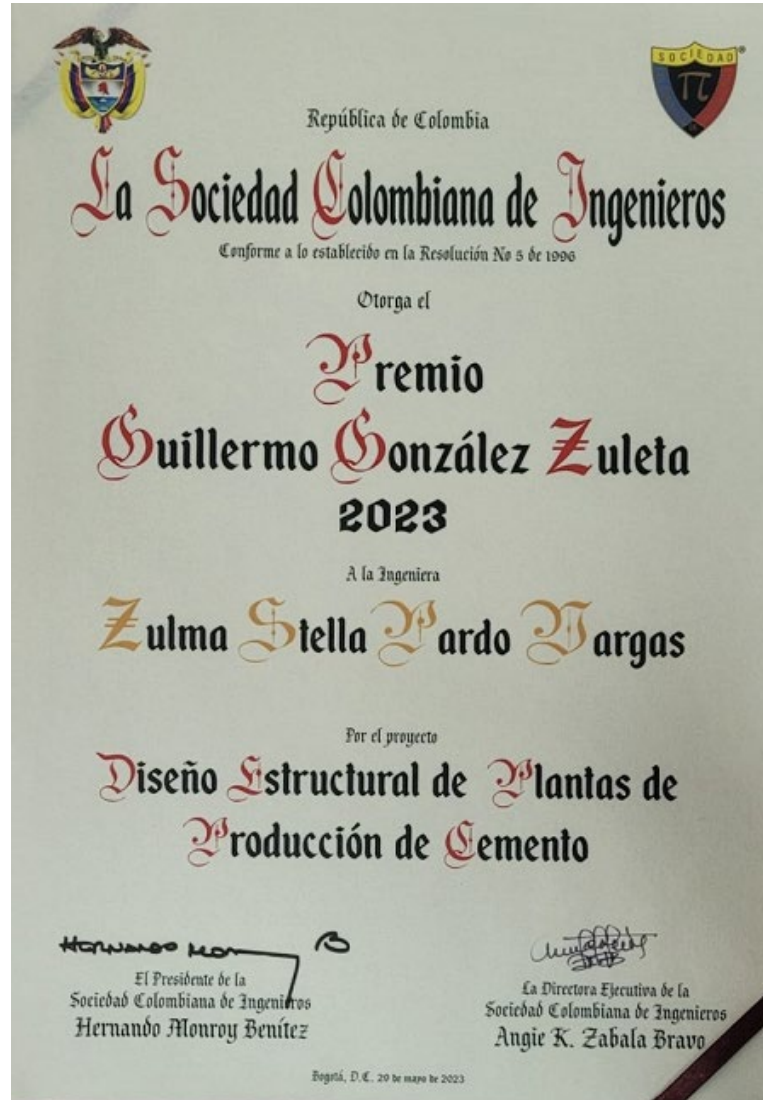
Infraestructura para plantas de cemento

Ing. Zulma Stella Pardo Vargas

**ZJ Ingenieros
Estructurales SAS**



¿Por qué un premio Guillermo González Zuleta a mi trabajo?



¿Qué tiene una planta de cemento?

- Trituración
- Materias Primas
- Molienda de harina
- Piro proceso (Torre precalentadora, horno y enfriador)
- Área preacondicionamiento y precalentamiento.
- Molienda de cemento.
- Empaque y despacho.

Trituración

- Edificio industrial para la trituradora.
- Rampas.
- Tolvas para trituración.
- Patios cubiertos o a silo abierto
- Bandas transportadoras

Materias primas

- Domos
- Bunkers
- Canales para bandas transportadoras
- Patios cubiertos o a silo abierto
- Bandas transportadoras
- Tolvas materias primas

Molienda de harina 1

- Cimentaciones para ventiladores
- Edificios para ciclones, ductos, bandas, tolvas
- Cimentaciones para chimeneas
- Cimentaciones para molinos
- Bandas transportadoras

Molienda de harina 2

- Estructuras para elevadores de cangilones
- Estructuras para sopladores y ventiladores.
- Silo de homogenización.

Piroproceso

- Edificio para la torre acondicionadora.
- Edificios para ciclones y ducteria del precalentamiento de la harina.
- Apoyos inicio del horno (=cámara de entrada).
- Cimentación y cubierta del horno. Puede ser vertical u horizontal. (edificio o cimentación)
- Edificio para la caperuza del horno.
- Cimentación del enfriador.
- Estructuras para la trituradora de Clinker.

Molienda de cemento

- Tolvas o silos materias primas de cemento.
- Bandas transportadoras.
- Estructuras para aerodeslizadores.
- Cimentación molinos.
- Cimentación elevadores de cangilones.
- Estructuras para separadores dinámicos.

Empaque y despacho

- Silos almacenamiento cemento.
- Bodega de despacho.
- Edificio de la empacadora.
- Cimentación elevadores de cangilones.
- Estructuras aerodeslizadores.

Normas



ACI CODE-313-16: Design Specification for Concrete Silos and Stacking Tubes for Storing Granular Materials and Commentary



ACI CODE-307-08: Code Requirements for Reinforced Concrete Chimneys (ACI 307-08) and Commentary

Normas

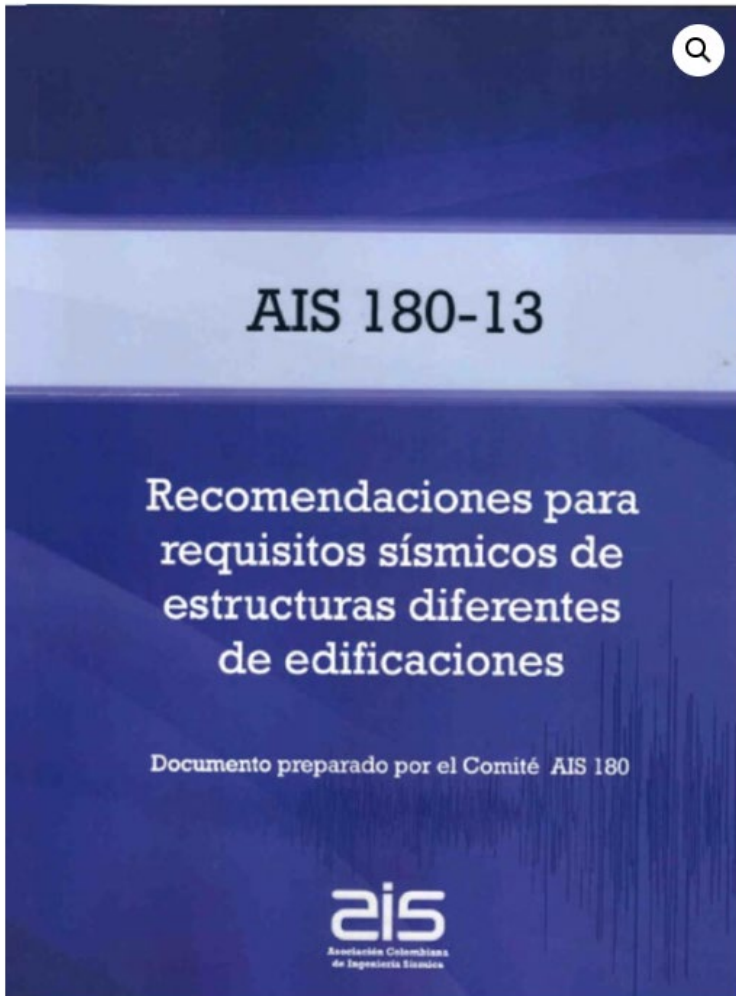


351.3R-04: Foundations for Dynamic Equipment
(Reapproved 2011)



ACI PRC-351.3-18: Report on Foundations for
Dynamic Equipment

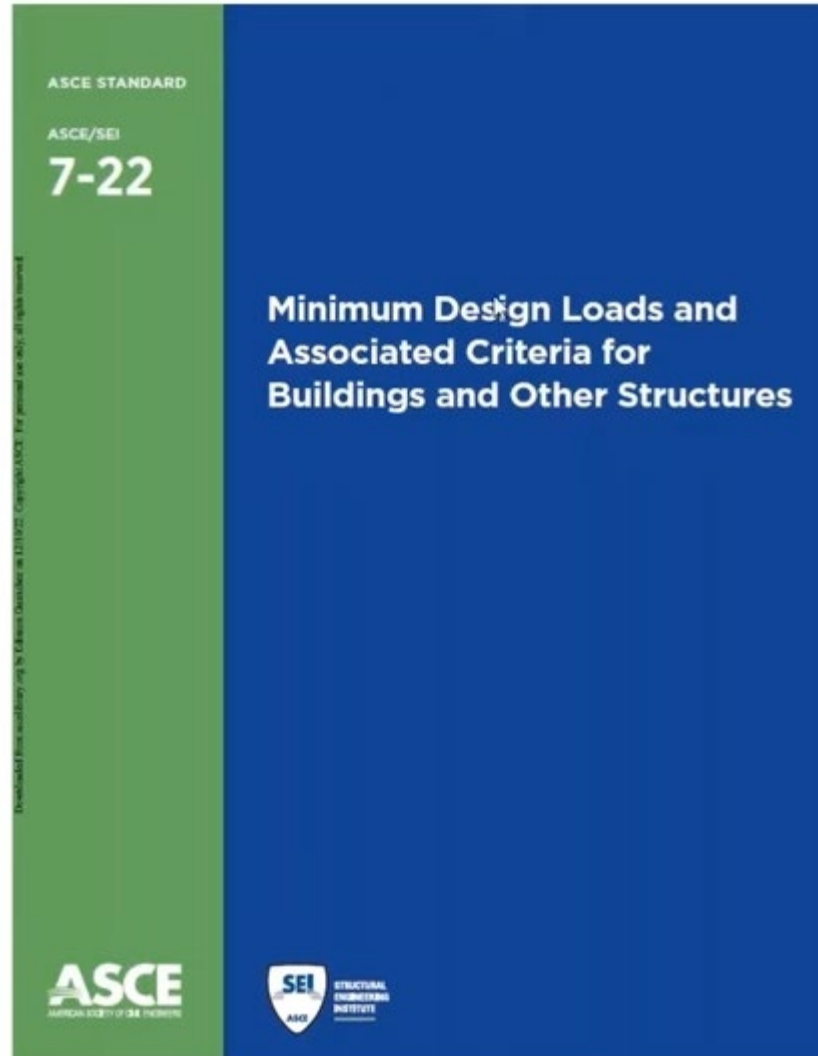
Normas



Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10

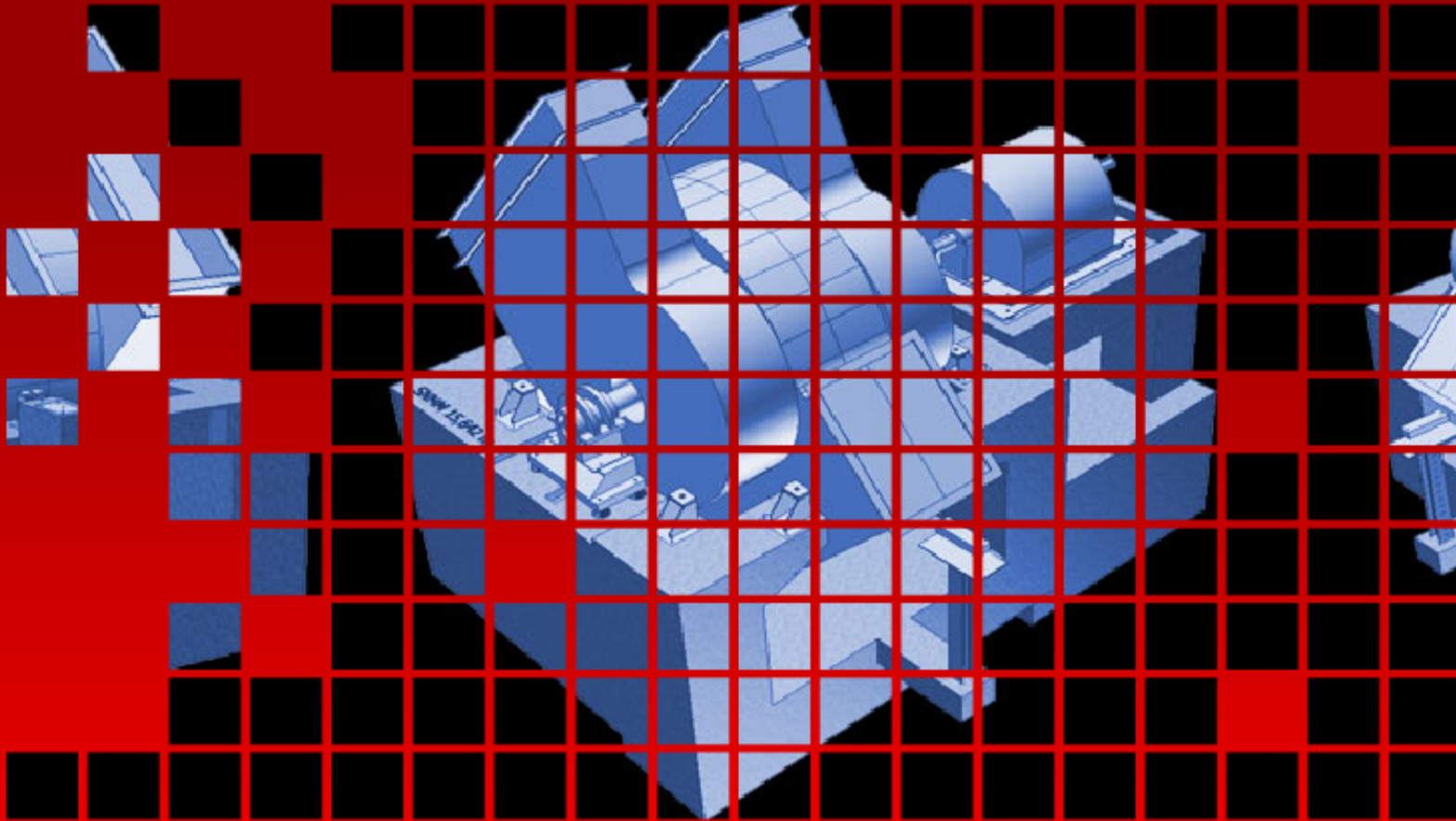


Normas



Referencia bibliográfica

**DISEÑO
DE CIMIENTOS
PARA EQUIPOS
DINÁMICOS
SEGÚN
ACI 351 - 3R - 04**



**Ebook: Diseño de cimientos para equipos dinámicos. Según ACI 351-3R-04.
Autora: Zulma S. Pardo V. ISBN: 978-958-44-7438-4**

¿Qué buscamos en un molino?

1.2.2.MOVIMIENTO FORZADO

1.2.2.1.CON UNA CARGA DINÁMICA EXTERNA

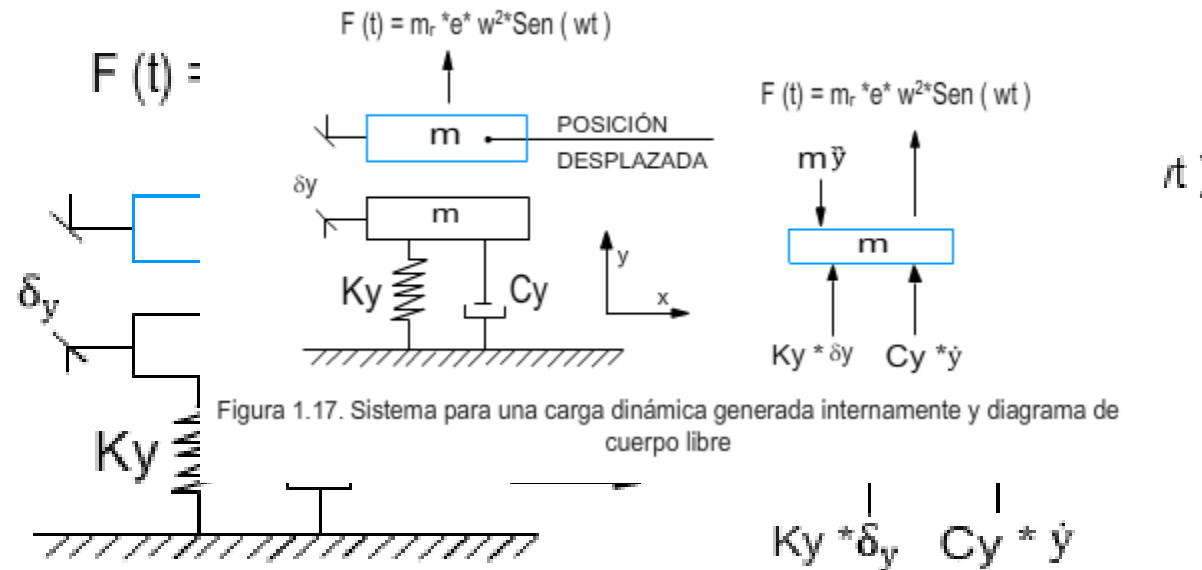


Figura 1.17. Sistema para una carga dinámica generada internamente y diagrama de cuerpo libre

Figura 1.14. Movimiento SDOF forzado amortiguado con una carga dinámica externa.
 Se incluye el diagrama de cuerpo libre

¿Qué buscamos en un molino?

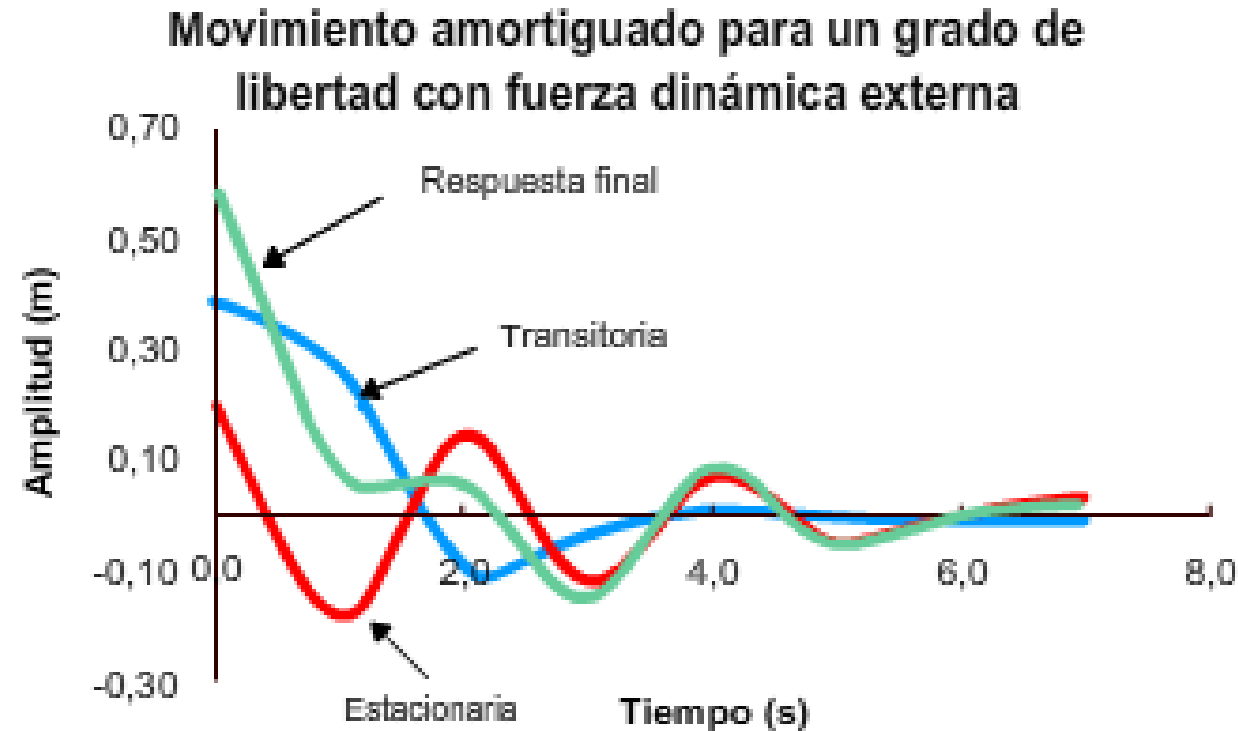


Figura 1.15. Movimiento forzado amortiguado SDOF excitado por una fuerza dinámica externa

¿Qué buscamos en un molino?

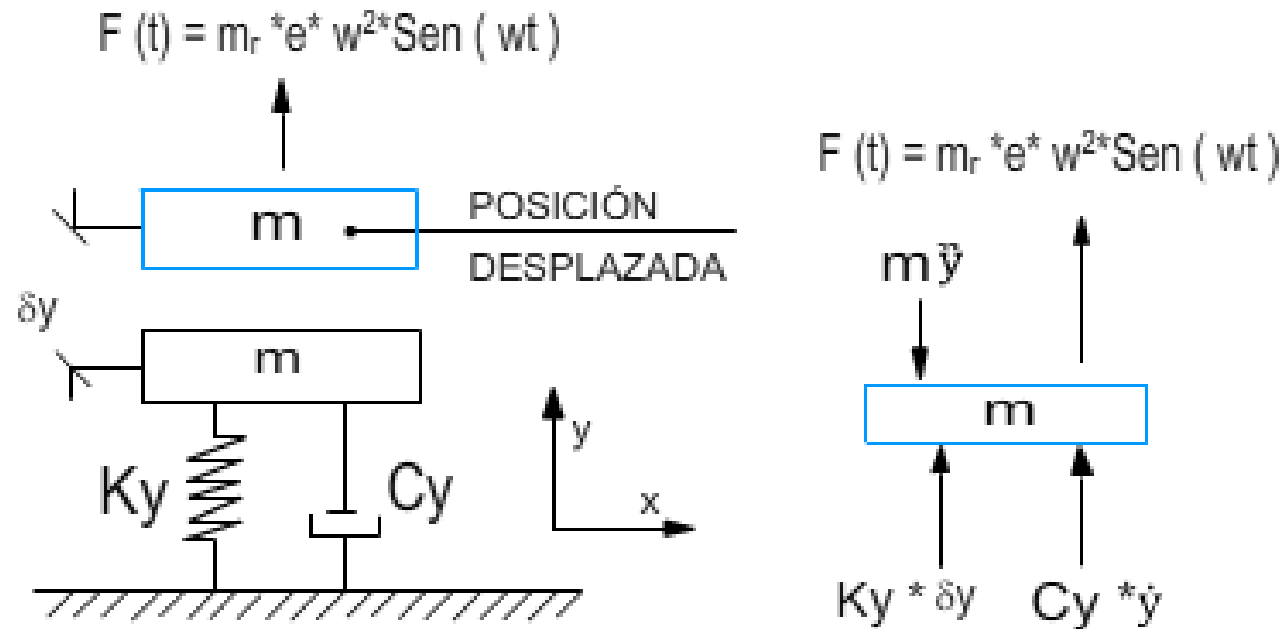


Figura 1.17. Sistema para una carga dinámica generada internamente y diagrama de cuerpo libre

¿Qué buscamos en un molino?

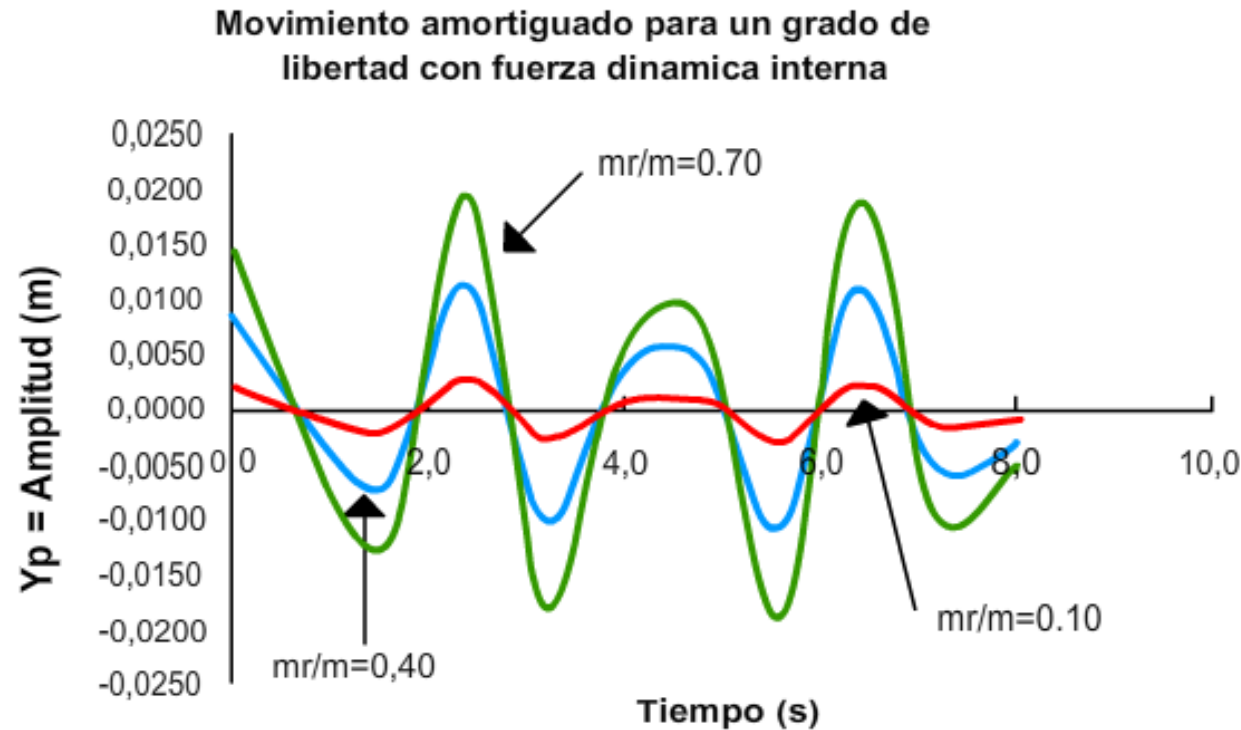
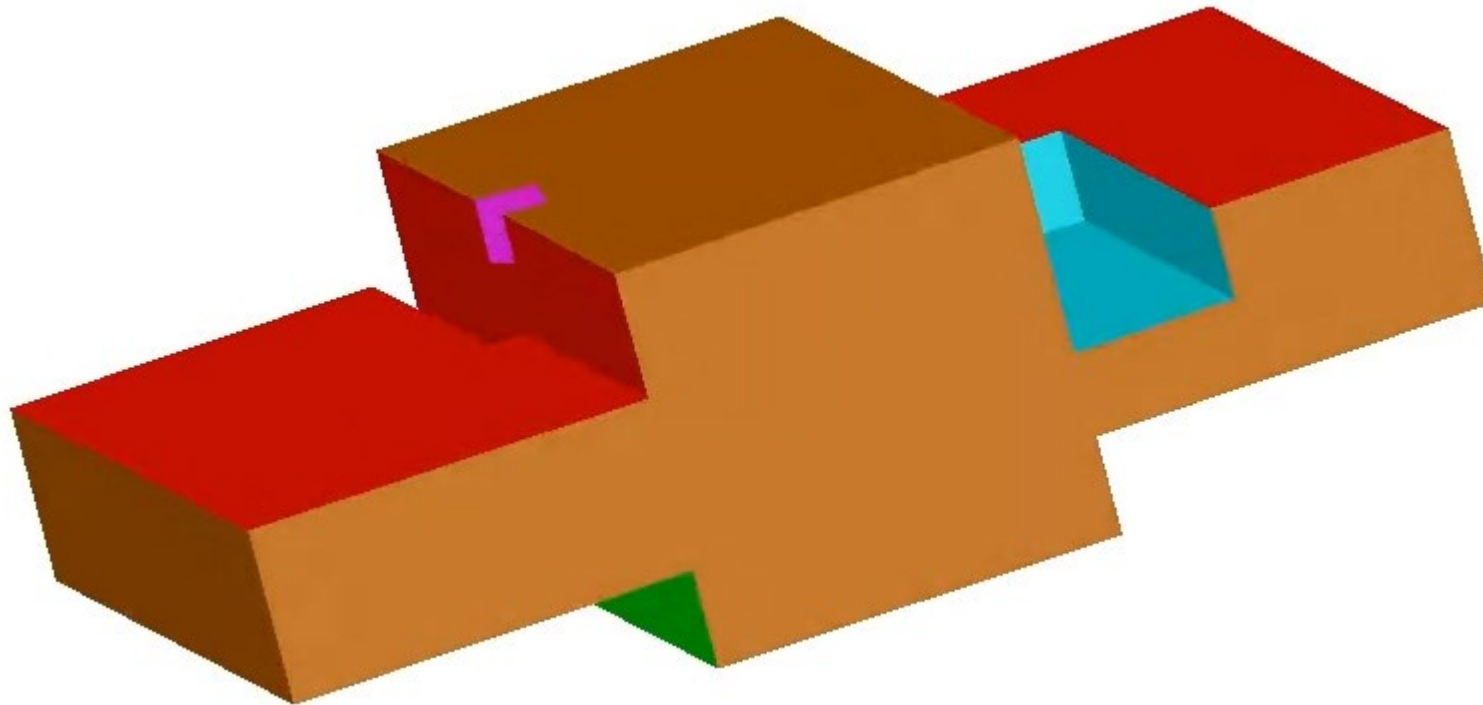


Figura 1.19. Variación de la amplitud dinámica en función de la relación de las masas.

Anclaje de un molino vertical

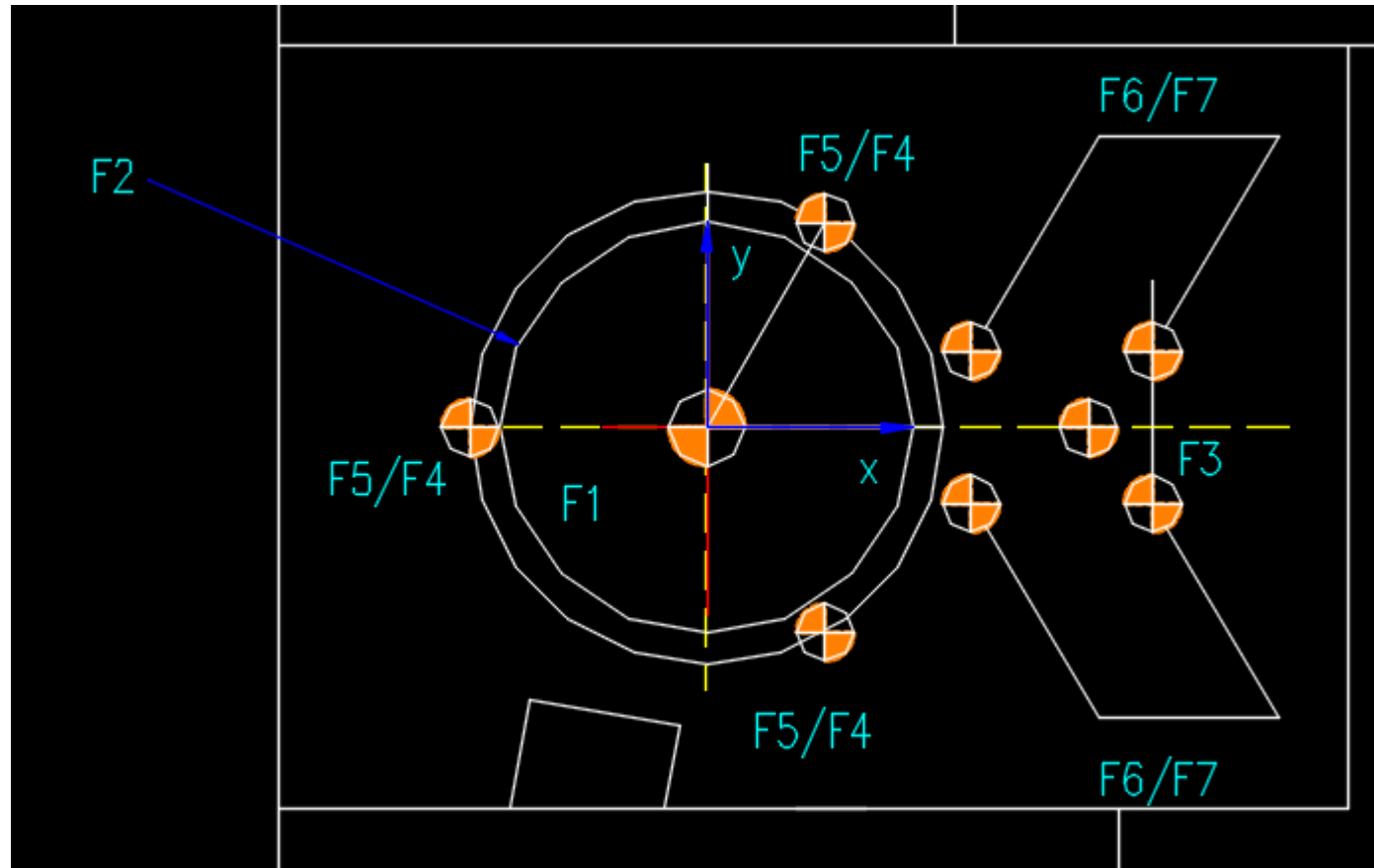


Geometría de un cimiento de molino



<http://www.zjltada.com/descargas/videos/molino.webm>

Geometría de un cimiento de molino



Cargas de un molino

No.	Fz (KN)	Fz (KN)	Fz (KN)	Fx (KN)	Mxx(KN.m)	Myy(KN.m)	Mzz(KN.m)
	ESTATICA	DINAMICA	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
F1	1991.00	4099.10	6090.10	-----	-----	-----	-----
F2	183.40	-----	183.40	-----	-----	-----	-----
F3	62.40	-----	62.40	-----	-----	-----	-----
F4	1593.00	477.90	2070.90	-----	3106.40	3106.40	-----
F5	-----	-----	-----	267.30	-----	-----	534.60
F6	-----	-----	-----	-----	63.60	-----	-----
F7	-----	-----	-----	-----	76.20	-----	-----

Anclaje en el cimiento



Del ebook: Diseño de cimientos para equipos dinámicos. Según ACI 351-3R-04.
Autora: Zulma S. Pardo V. ISBN: 978-958-44-7438-4

Un molino vertical

- Cimentación molino vertical.
- Instalación molino vertical.
- Volumen concreto: 600m³



Un molino horizontal



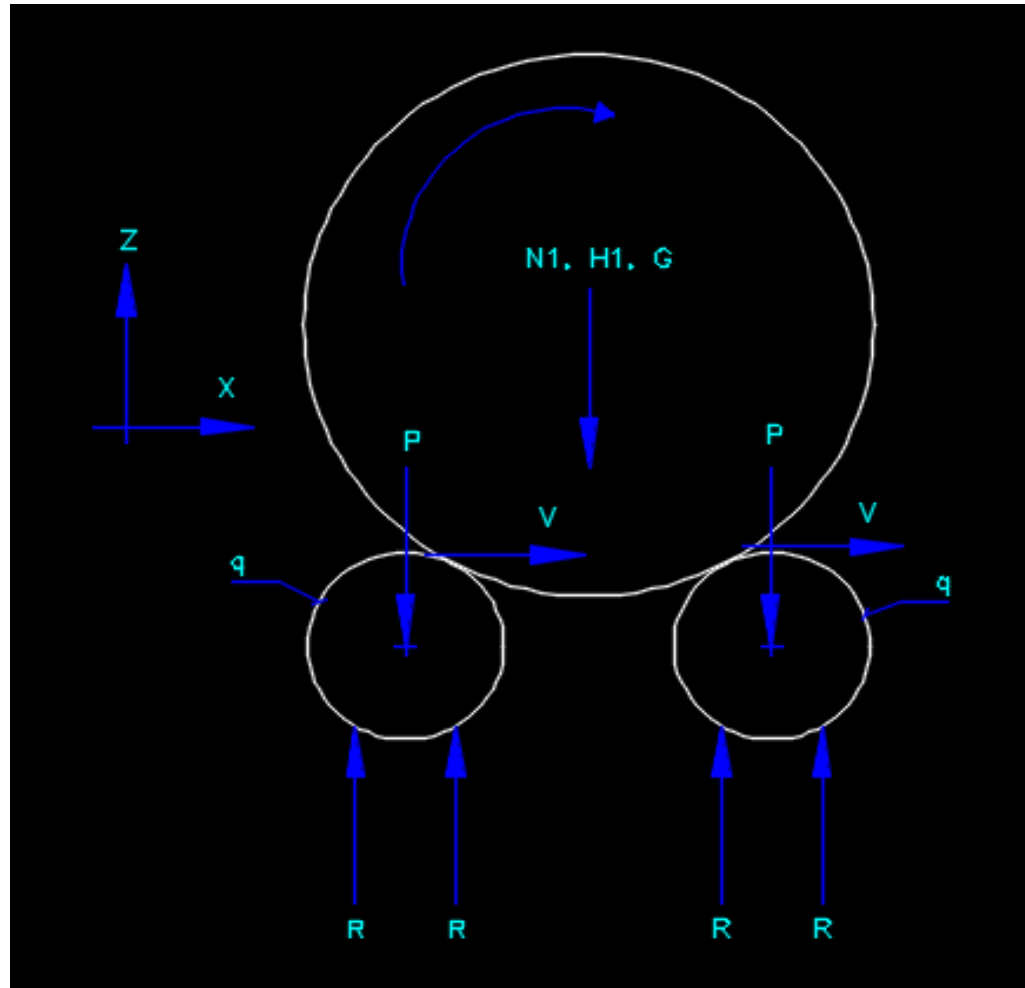
Fotografía ZJ Ingenieros Estructurales SAS

Equipos con amortiguamiento



Del ebook: Diseño de cimientos para equipos dinámicos. Según ACI 351-3R-04.
Autora: Zulma S. Pardo V. ISBN: 978-958-44-7438-4

Un horno horizontal



Un horno horizontal



Un apoyo horno horizontal

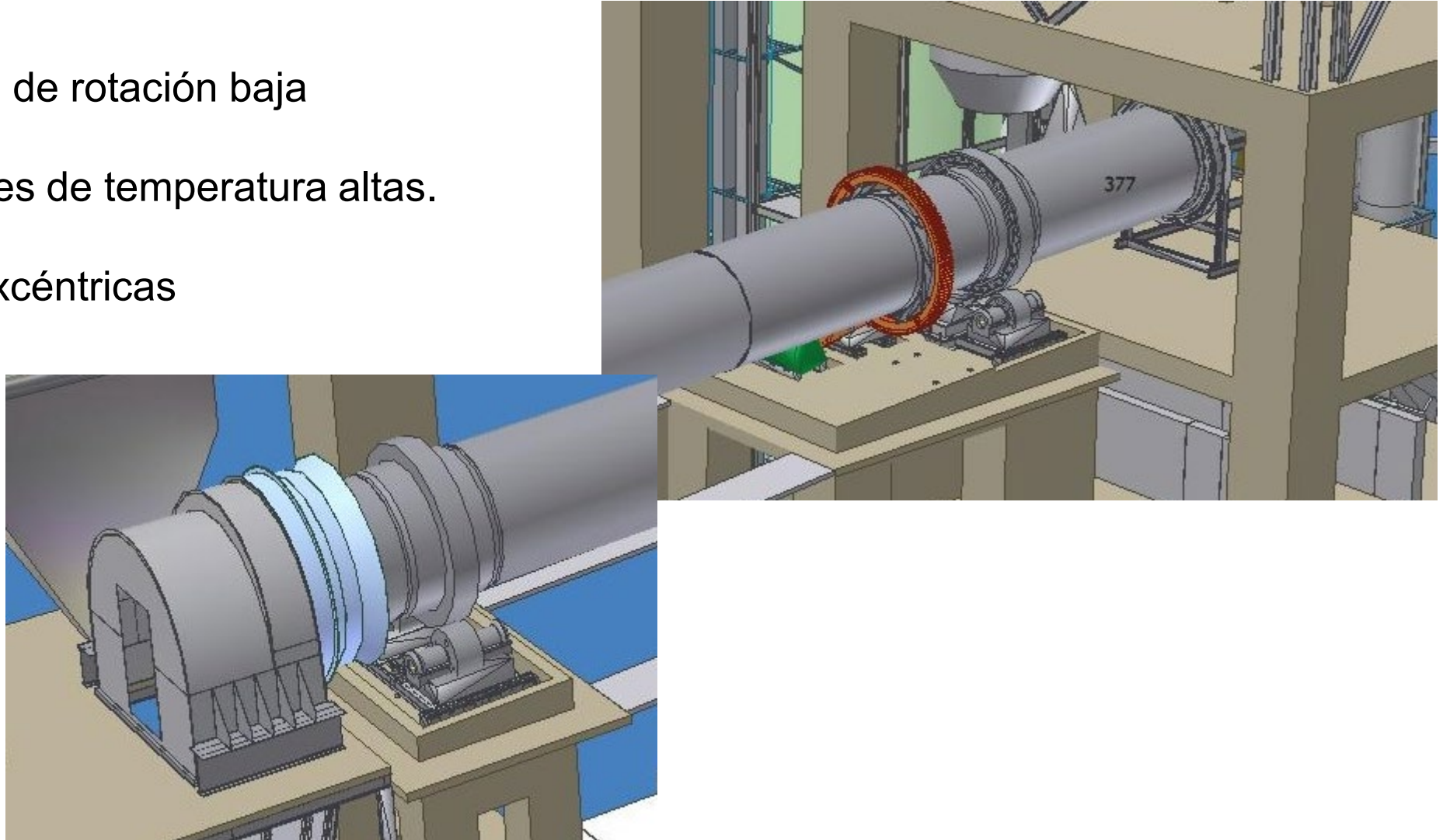


Horno y pasarelas



¿Qué problemas tiene un horno?

- Velocidad de rotación baja
- Variaciones de temperatura altas.
- Cargas excéntricas
- Golpeteo



Enfriador – Caperuza - Sopladores



¿Qué problemas tiene un enfriador?

- Variaciones en el movimiento
- Variaciones de temperatura altas.
- Cargas excéntricas
- Golpeteo

Silo de homogenización



Silo de homogenización



Silo de homogenización



¿Qué problemas tiene un silo de homo?

- Flujo del material asimétrico
- Flujo súbito.
- Cargas excéntricas
- Golpeteo
- Cavernas
- Impacto
- Fricción

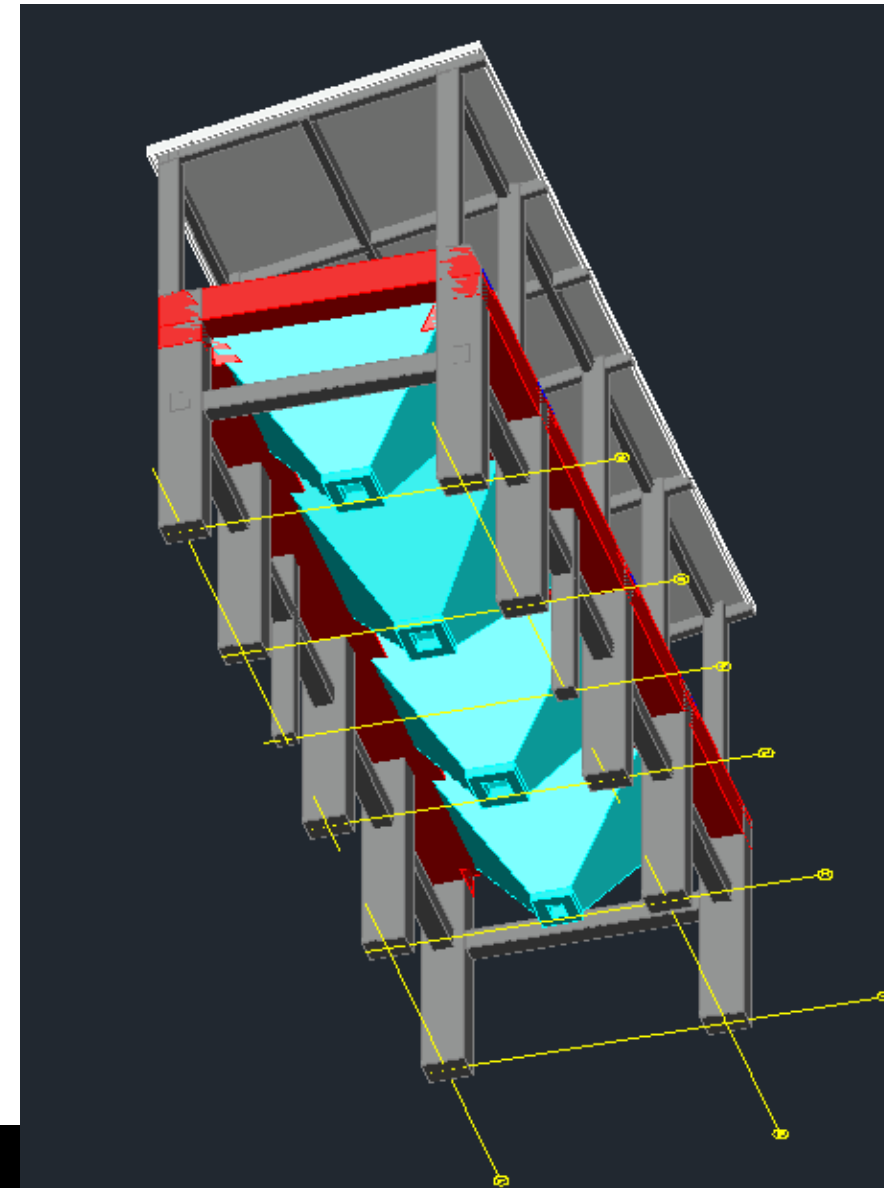
Tolvas



Fotografía ZJ Ingenieros Estructurales SAS

¿Qué problemas tiene una tolva?

- Flujo del material asimétrico
- Flujo súbito.
- Cargas excéntricas
- “chuzado y golpes”
- Impacto
- Fricción
- Masa húmeda, cambio densidad del material



Edificio de carbón en otras latitudes



Fotografía ZJ Ingenieros Estructurales SAS

¿Qué problemas tiene el edificio de carbón?

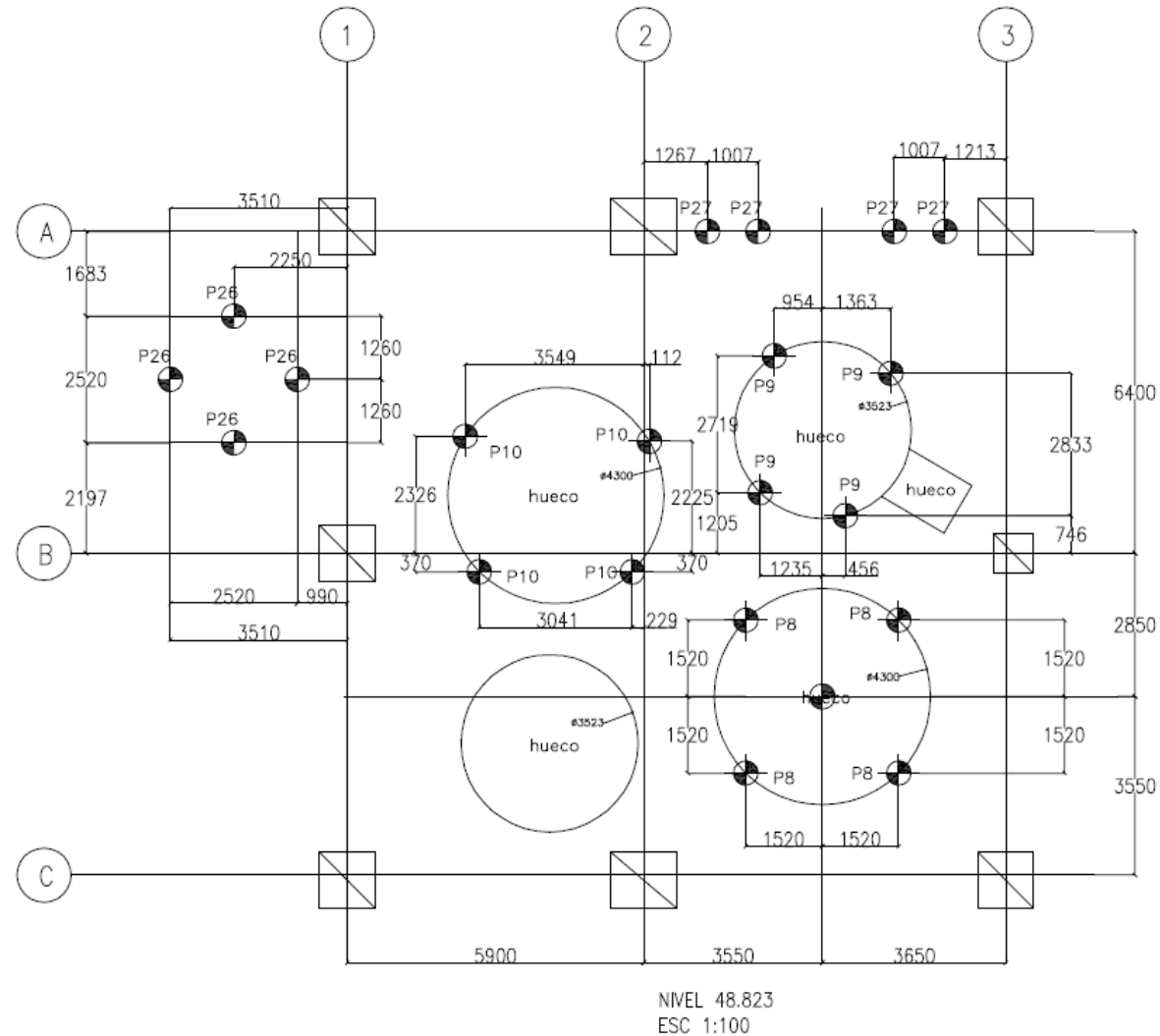
- Tiene un molino vertical u horizontal en el primer nivel.
- Tiene una tolva de carbón triturado
- Tiene un silo de carbón pulverizado.
- Tiene un filtro de mangas
- Impacto, explosión.
- Sismo, huracán e inundación.

Edificio de torre precalentadora

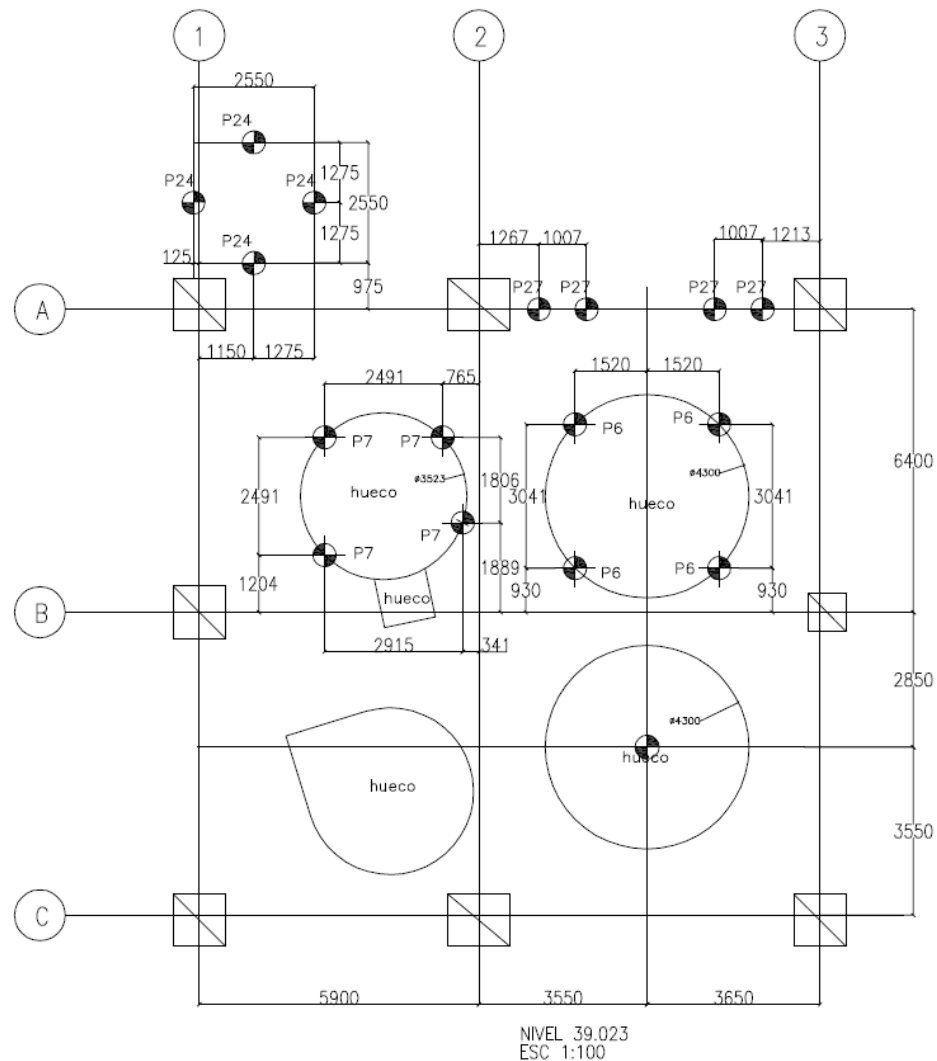


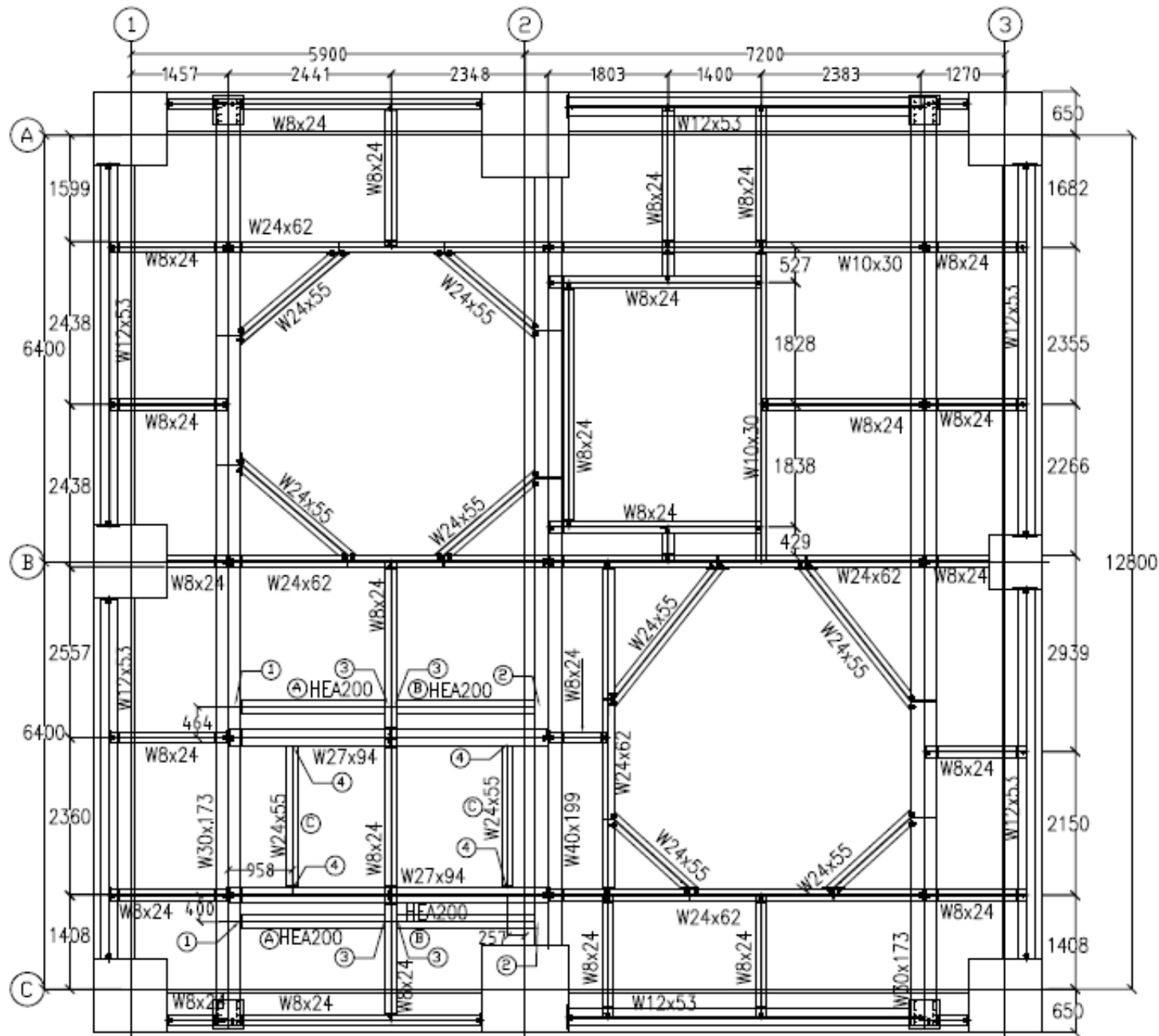
Fotografía ZJ Ingenieros
Estructurales SAS

Un entrepiso torre precalentadora



Un entrepiso torre precalentadora



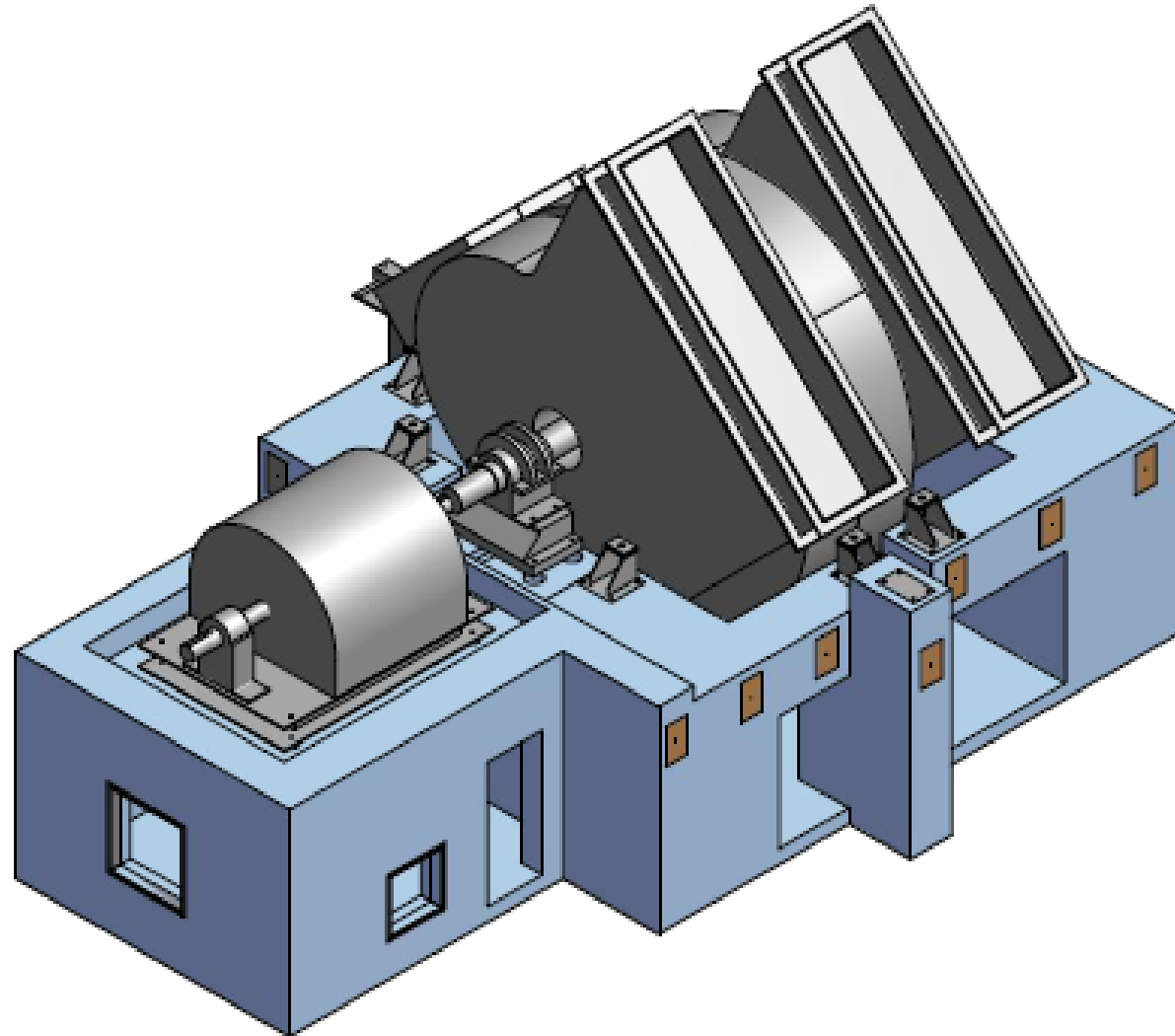


Un entrepiso torre precalentadora

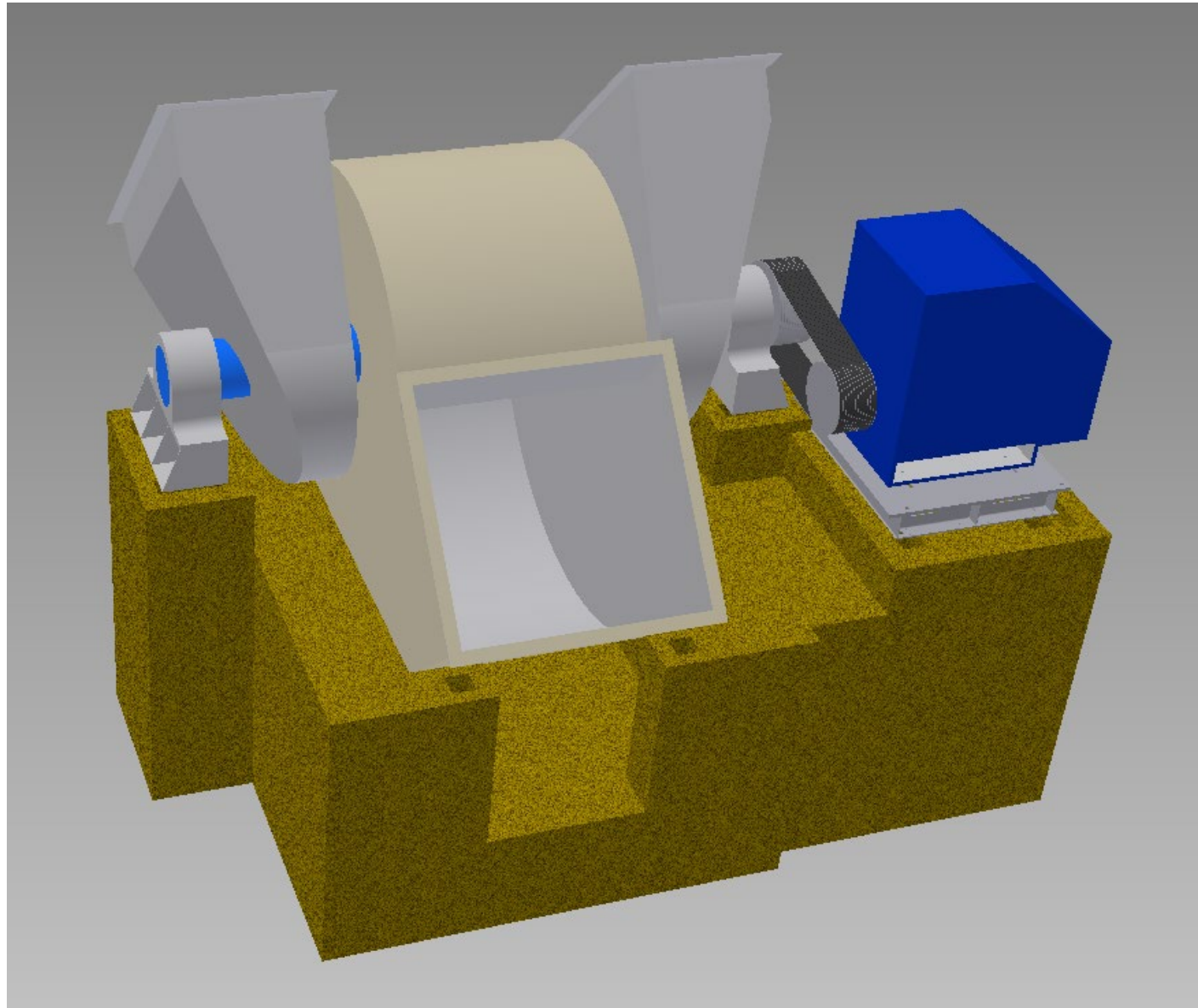
¿Qué problemas tiene la torre precalentadora?

- Cargas importantes asimétricas.
- Pisos asimétricos en cargas y alturas de entrepiso.
- Diferencial de temperatura en todos los niveles.
- Arranca el horno con un carga importante.
- Algunas veces se incluye una subestación eléctrica en este edificio.
- Es una torre alta.

Ventiladores



Ventiladores



Cimiento de un ventilador



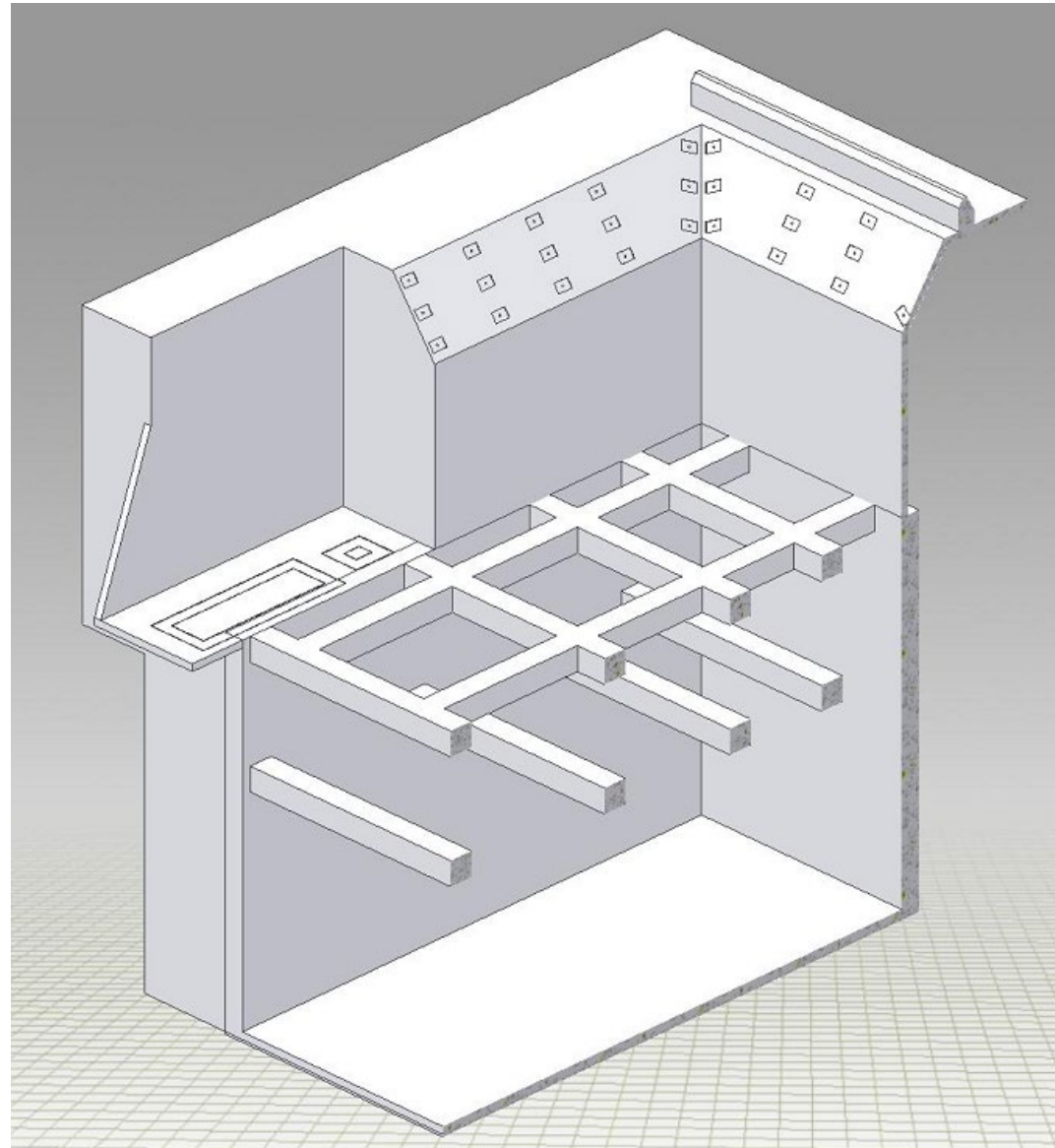
Cimiento de un ventilador



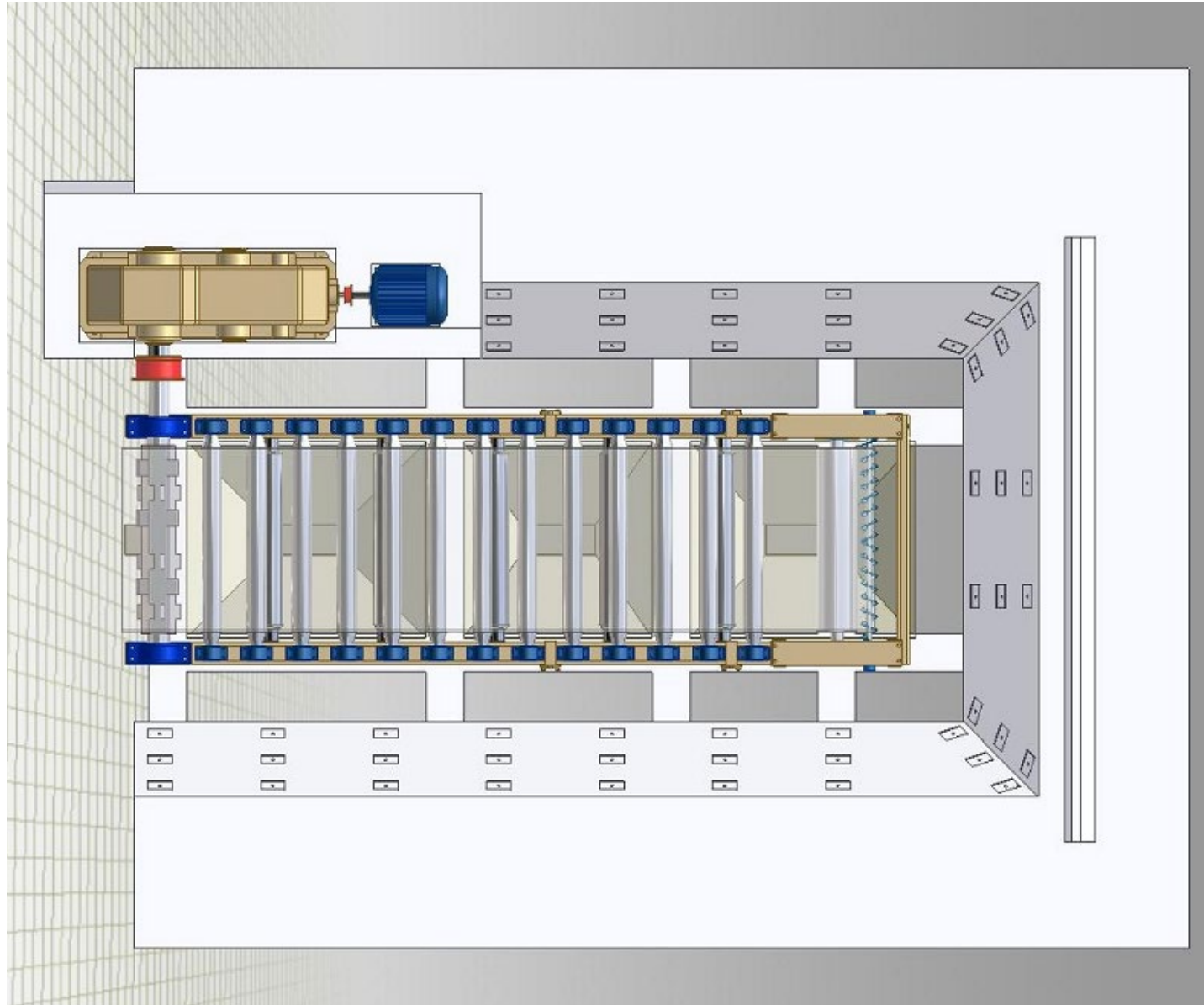
¿Qué problemas tienen los ventiladores?

- Cargas asimétricas.
- Asimetría del cimiento por fuera del terreno.
- Anclajes de diferentes configuraciones, tamaños y localizaciones.
- Algunos requieren masa equilibrante.
- Algunos vienen con amortiguadores en ciertos sectores.

Alimentadores, bandas Transportadoras y Aeros



Alimentadores, bandas Transportadoras y Aeros

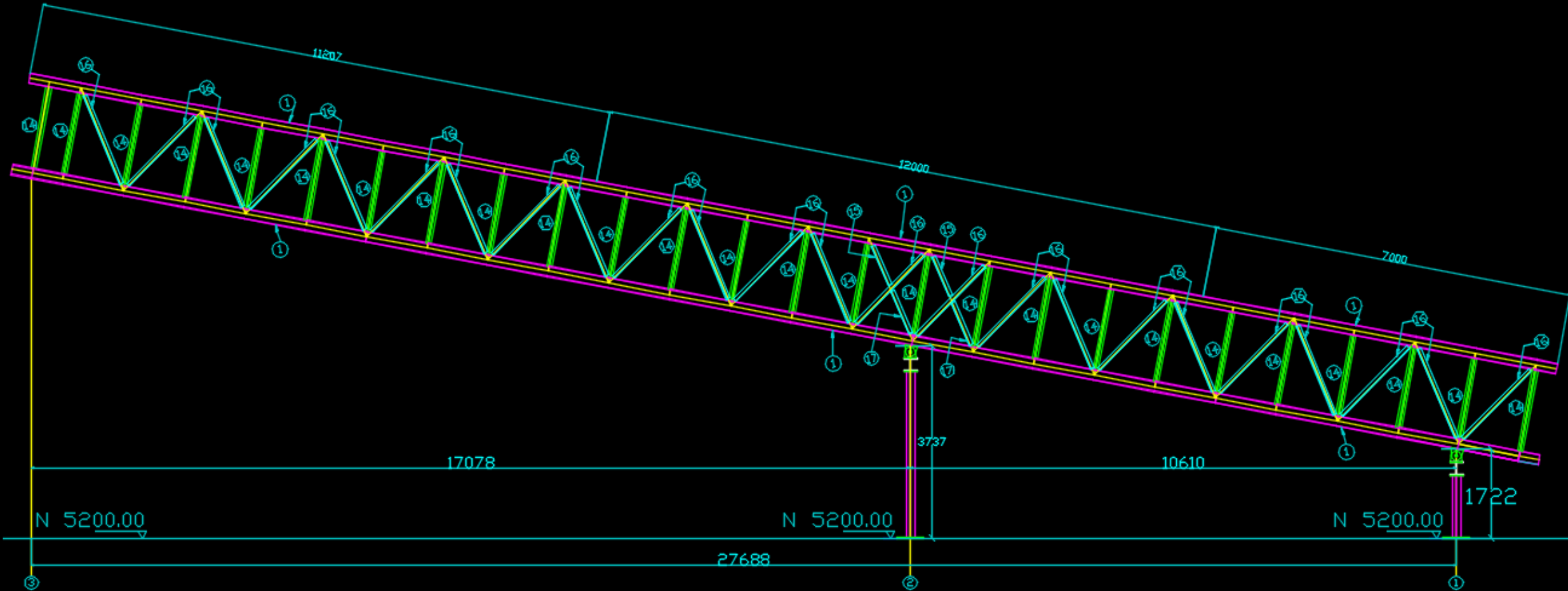


Alimentadores, bandas Transportadoras y Aeros

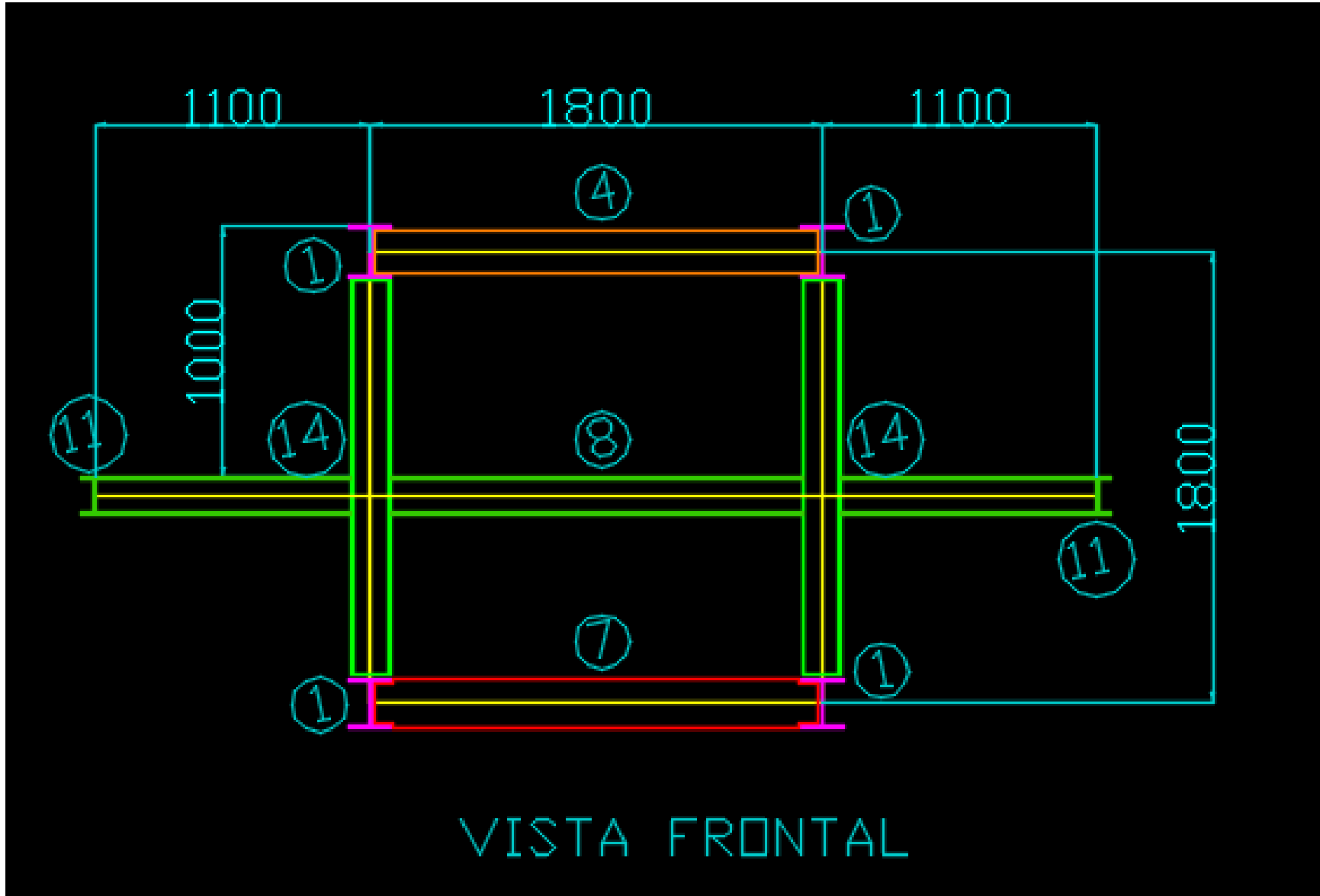


Fotografía ZJ Ingenieros Estructurales SAS

Alimentadores, bandas Transportadoras y Aeros



Alimentadores, bandas Transportadoras y Aeros



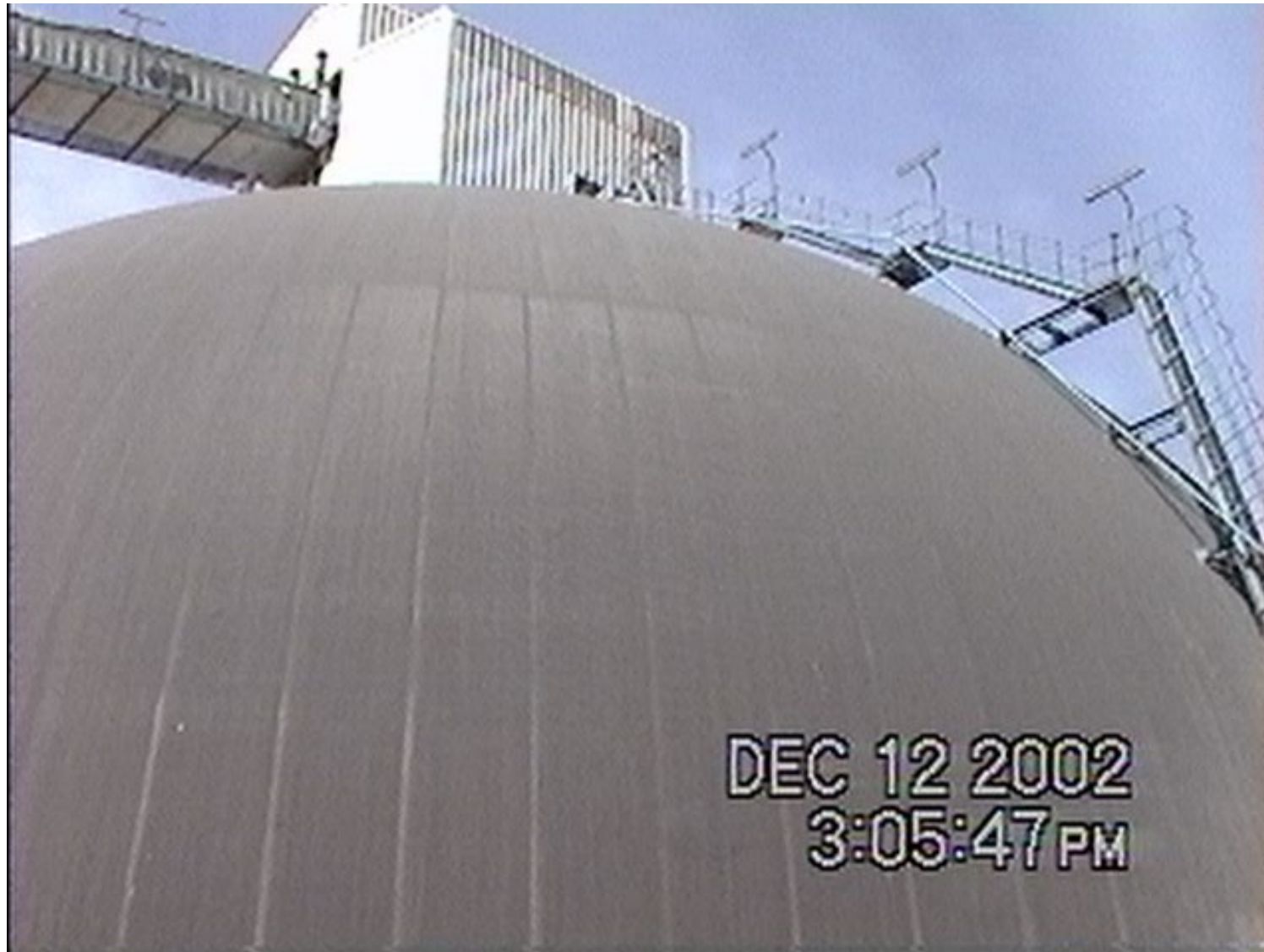
¿Qué problemas tienen los alimentadores, aeros y las bandas?

- Cargas asimétricas.
- Cambio de densidad del material o del material mismo.
- Comportamiento de fluido y material pulverulento.
- Puede ser abierta o cerrada, con pasarelas asimétricas.
- La longitud, la velocidad de transporte, frenado.
- El impacto de la caída de material y el peso de cada alimentación.

Estructuras neumáticas - Domos



Estructuras neumáticas - Domos



Problemas con las estructuras neumáticas - Domos

- Cargas asimétricas.
- Concentración de humos.
- Control explosión.
- Transportadores y/o sistemas de mezcla en el interior.
- Control en la construcción.

¿Qué no se le puede olvidar revisar?

- Etapa de montaje
- Etapa de pruebas o instalación.
- Etapa operación normal.
- Etapa operación anormal.





¡GRACIAS!

¿Alguna pregunta?

Lo importante es nunca dejar
de hacerse preguntas.

Albert Einstein