

NUEVO PUEBLO CULTURAL CIUDAD DE LA RIOJA. DESAFIOS ESTRUCTURALES DEL DISEÑO ARQUITECTONICO.

Apellido y Nombre: Velárdez Juan Ramón
Título Profesional: Ingeniero Civil
Lugar de Residencia: La Rioja – Capital
Email: juan_r_velardez@hotmail.com

Nombre y Apellido: Estudio Arq4 Arquitectos
Título Profesional: Arquitectos
Lugar de Residencia: La Rioja – Capital

RESUMEN

Este proyecto es una estructura única en su tipo en la Provincia de La Rioja. Su planteo morfológico - arquitectónico, presenta desafíos estructurales, tanto en el diseño y análisis, como en las técnicas y sistemas utilizados en la construcción del edificio.

Los principales desafíos de la propuesta arquitectónica se presentan en dos de los tres módulos del complejo: En primer lugar la zona en donde se ubican los cines: sobre una losa casetonada elíptica de 450 m², con voladizos perimetrales, que sirve de fundación para los siguientes cuatro niveles; en segundo lugar, en el módulo de ingreso a los cines sobresale una estructura de dos pisos de altura en voladizo de 8 metros, constituyéndose como única en una zona sísmica como la Ciudad de La Rioja.

Sobre esta propuesta arquitectónica, se estudiaron y diseñaron las soluciones ingenieriles en cuanto al análisis estructural (diseño y verificaciones), como las técnicas y sistemas constructivos desarrollados para la materialización de este proyecto.

ABSTRACT

This project is a unique kind of structure in the Province of La Rioja. It's a morphological-architectural planning that presents structural challenges in design, analysis, techniques and systems used in the construction of the building.

The main challenges of this architectural proposal are in two of the three modules of the complex. First, the movie-theaters location zone, above a ribbed elliptical slab of 450 m², with edge cantilevers, that will be the foundation for the next four levels. Second, in the entry module to the movie-theaters stands a two floor's high structure with an eight meter cantilever, constituting as unique in a seismic zone like La Rioja City.

About this architectural proposal, it's been studied and designed the engineering solutions for the structural analysis (design and verifications), as the constructive techniques and systems developed for the materialization of this project.

INTRODUCCION

En el presente trabajo se desarrollan los puntos de principal interés ingenieril del proyecto del Nuevo Pueblo Cultural de la Ciudad de La Rioja. Para un ordenamiento del trabajo, en primer lugar, se presentaran las ideas generales, para luego exponer los análisis realizados y las soluciones adoptadas.

SISTEMA Y MATERIALES UTILIZADOS

Dada la naturaleza, y las condicionantes arquitectónicas del proyecto, el mismo fue realizado con dos tipos de sistemas a saber: El tradicional, con estructuras de H° A°, y con un sistema liviano compuesto por paneles de poliestireno expandido (telgopor) reforzado en sus caras con mallas de acero de alta resistencia, teniendo como característica sobresaliente su peso final, alrededor de 120 kg/m, lo que hizo posible concretar, cumpliendo con la normativa vigente, el diseño propuestos por los Arquitectos, minimizando los cambios en el mismo.

CONCEPTO DE DISEÑO INGENIERIL

Dadas las premisas arquitectónicas se procedió a evaluar la estructura en forma general, para luego dar soluciones particulares, respetando las ideas morfológicas arquitectónicas originales en su totalidad.

DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

El complejo llamado Pueblo Cultural, puede dividirse claramente en tres módulos principales (Figura 1):

- 1) **Módulo elíptico:** En este edificio se desarrollan las actividades recreativas proyectadas: En PB se ubica el ingreso principal, con boleterías y zona de confitería, el acceso al nivel superior en donde se encuentran los cines. En este módulo se abordaron los siguientes problemas ingenieriles:
 - a. Cómo materializar la losa elíptica de PB, sirviendo además como fundación al cierre perimetral superior de los ambientes de los cines, apareciendo la misma en la línea del voladizo de la losa.
 - b. En los ambientes de los cines, era necesario un cierre perimetral de 12 m de altura, sin la posibilidad de aumentar el peso de ese cerramiento, dado que apoya sobre el voladizo de la losa elíptica. Sumando la necesidad de que el mismo tenga la rigidez necesaria dada la zona sísmica de la Ciudad.
- 2) **Módulo de acceso o manga:** Este edificio es el que le da al complejo su característica distintiva. Se materializa en un volumen prismático que une el modulo elíptico con el modulo posterior del complejo, cuyos últimos 8 m, se encuentran en voladizo. Esta zona además, es en doble altura, existiendo en un nivel, el acceso a los cines, y en el nivel superior se desarrollan las actividades de la radio municipal y sus dependencias. Los temas planteados son los siguientes:
 - a. Como materializar el vuelo de 8 m en doble altura de la estructura.
- 3) **Módulo posterior comercial:** Este modulo tiene planta baja más dos pisos superiores. Las actividades comerciales se desarrollan en la planta baja, mientras que los dos pisos superiores están reservados para actividades que realiza la Municipalidad, tales como sala de ensayo de la Orquesta Municipal, el archivo y una sala de Usos Múltiples en el ultimo piso.

Modulo 1: Cines en PA y acceso principal en PB



Figura 1

Modulo 2: Manga en voladizo para de acceso a los cines.

Modulo 3: Zona comercial y actividades culturales.

MODULO PRINCIPAL

La propuesta arquitectónica solicitaba de la estructura lo siguiente:

- Los muros de cerramiento de los cines, debían apoyar en el perímetro de la losa, exigiendo a la misma en un voladizo cuya longitud varia desde 0,60 m a la máxima de 2 metros.
- El cerramiento perimetral tiene que tener una altura libre de 12 m.

En base a estas condicionantes, se optó por lo siguiente:

- Se diseñó una losa casetonada con refuerzos en los voladizos, con pórticos formados por vigas placas y columnas circulares. (Figura 2)
- El cierre perimetral se concretara con paneles constructivos livianos (120 kg/m²), con anclajes perimetrales en la viga de borde de la losa casetonada central. (Figura 3).
- Dada la esbeltez de estos muros (18 cm en 12 metros de altura), se decidió incorporar rigidizadores verticales y anillos de cierre cada 3 m. (Figura 3, 4).

En la figura 5 se puede observar la ubicación de los anillos perimetrales del muro.

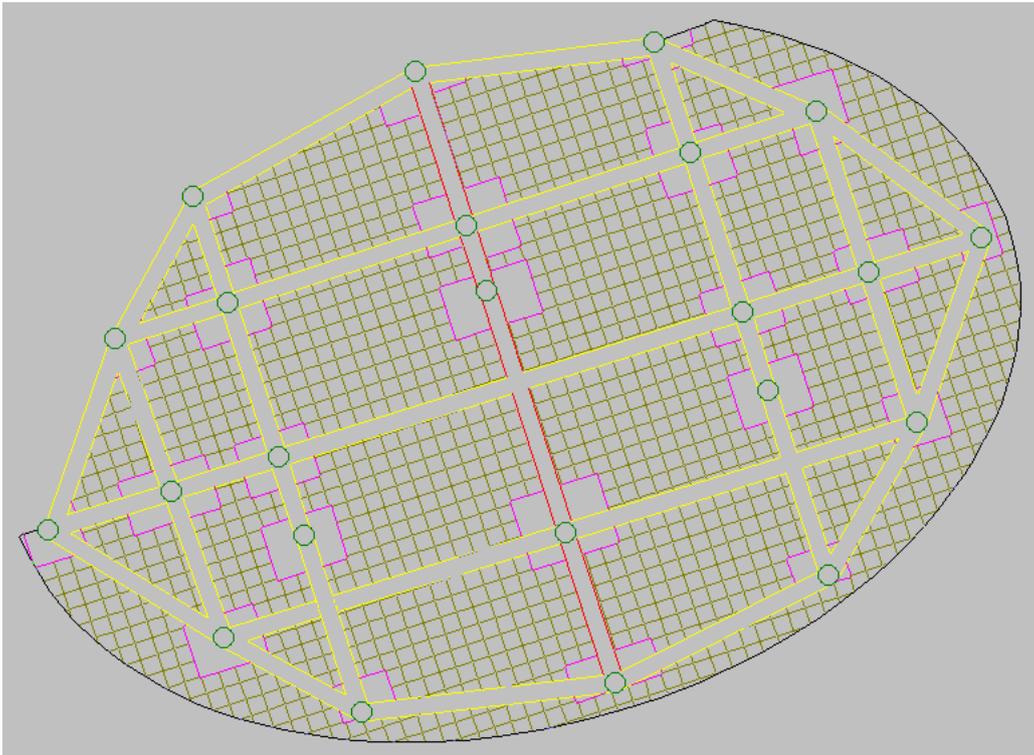


Figura 2

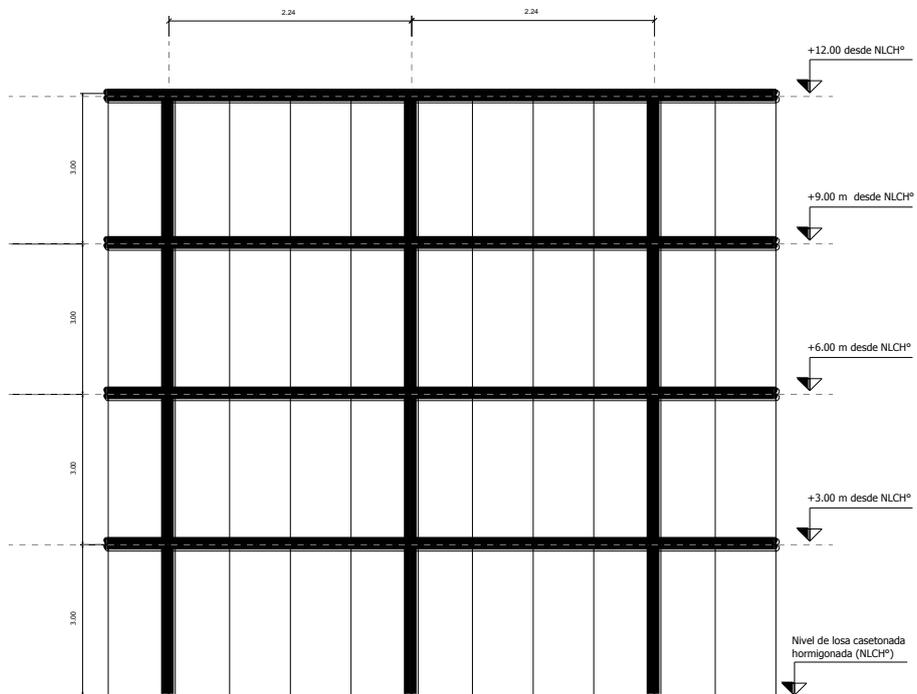


Figura 3

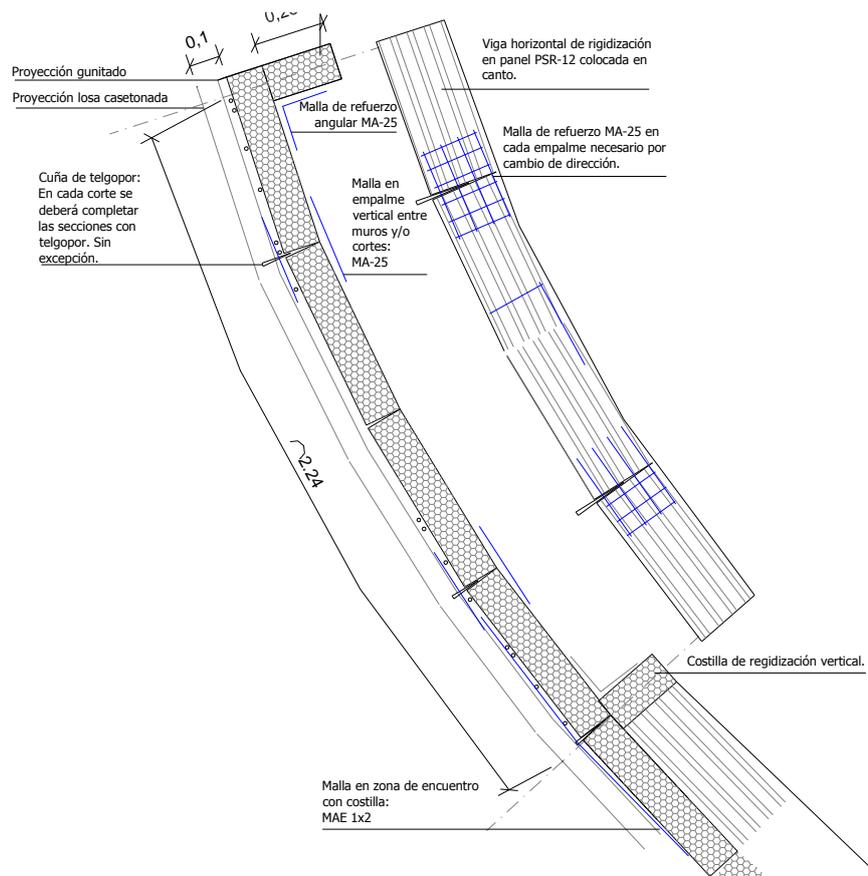


Figura 4

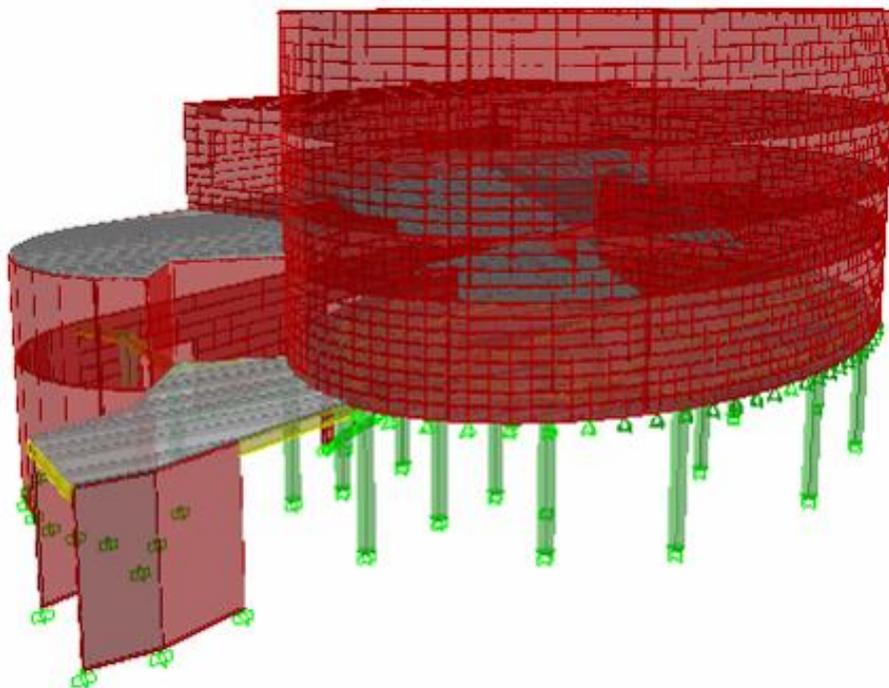


Figura 5

Con los estados de carga definidos, se procedió al diseño de la losa, obteniéndose los siguientes resultados:

- Los descenso producto de la combinación mas desfavorable

$$Q=g+p (1)$$

Resultaron como máximo valor 4,05 mm en un caso de máxima capacidad en los dos cines (Figura 6)

- Del caso hipotético en el que una sola sala este a máxima capacidad y la otra vacía, se observa que el pórtico central sufre la máxima torsión de la estructura. Se puede observar en la Figura 8, los diagramas de esfuerzos del pórtico central, en donde aparece la torsión en la viga de sección 30 cm x 50 cm.
- Las cuantías superiores demandadas varían entre 5 a 16 cm²/m. Esta cuantía se cubrió tanto con las perchas de los nervios, como con adicionales en todo el perímetro de la zona en voladizo (Figura 7)

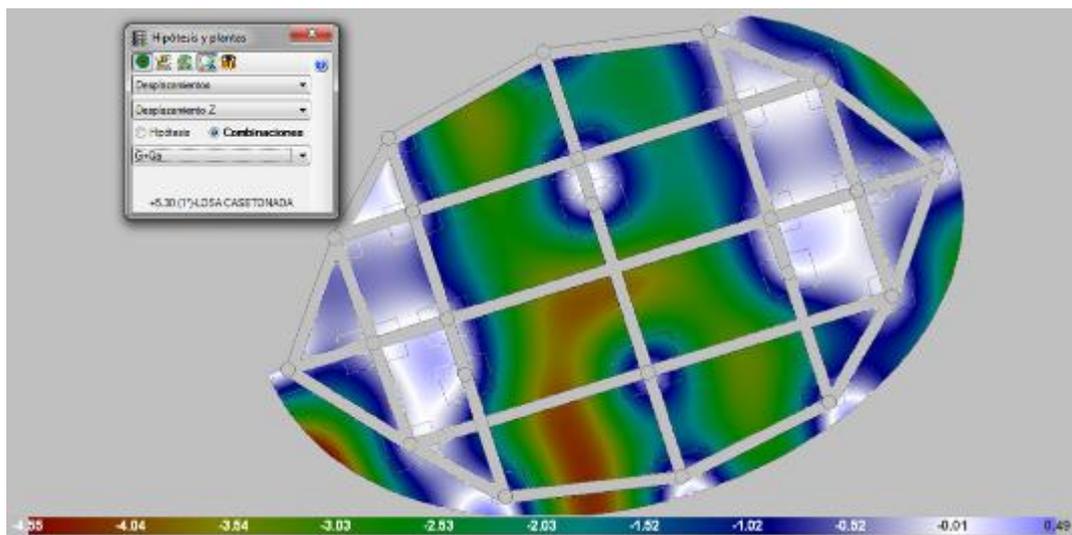


Figura 6

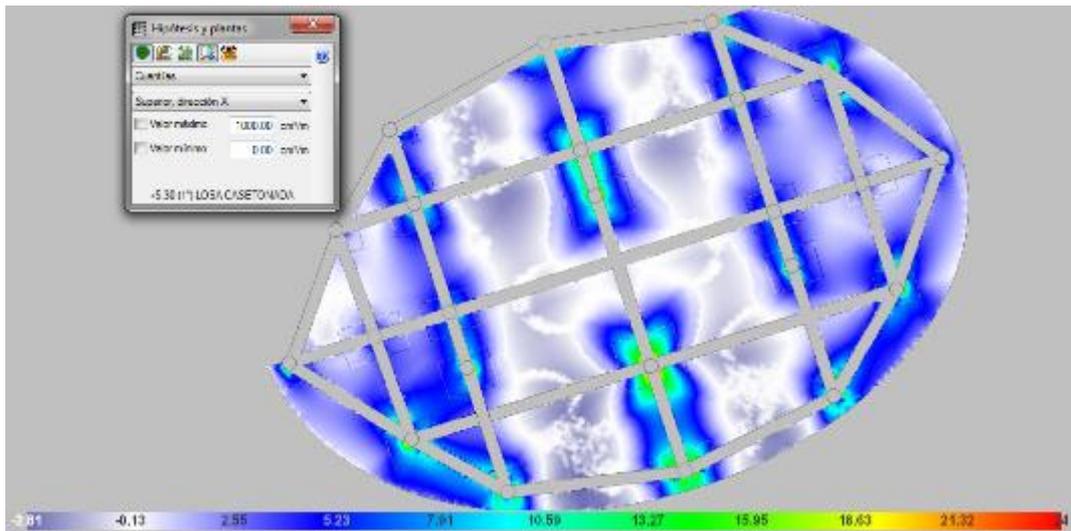


Figura 7

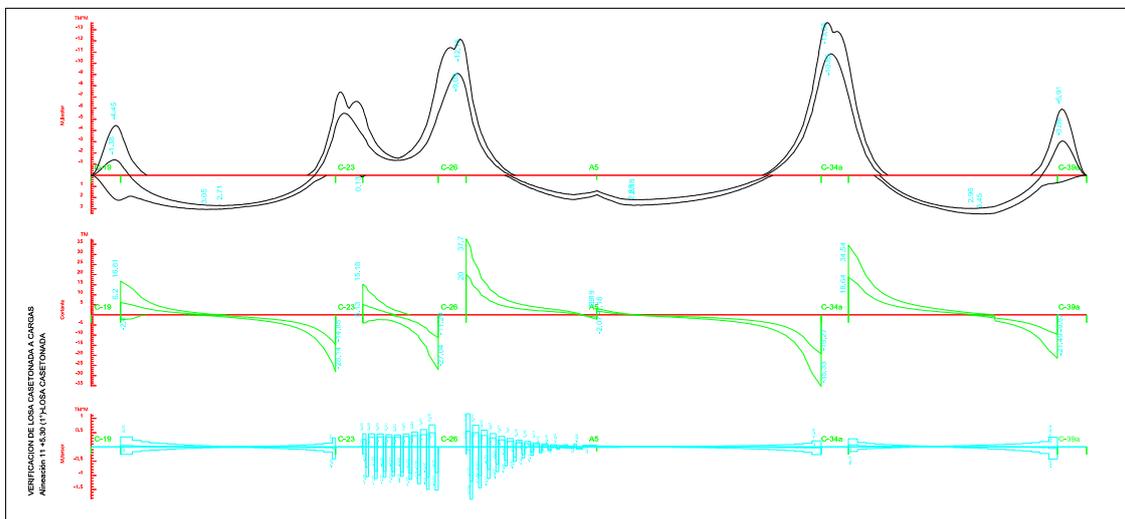


Figura 8

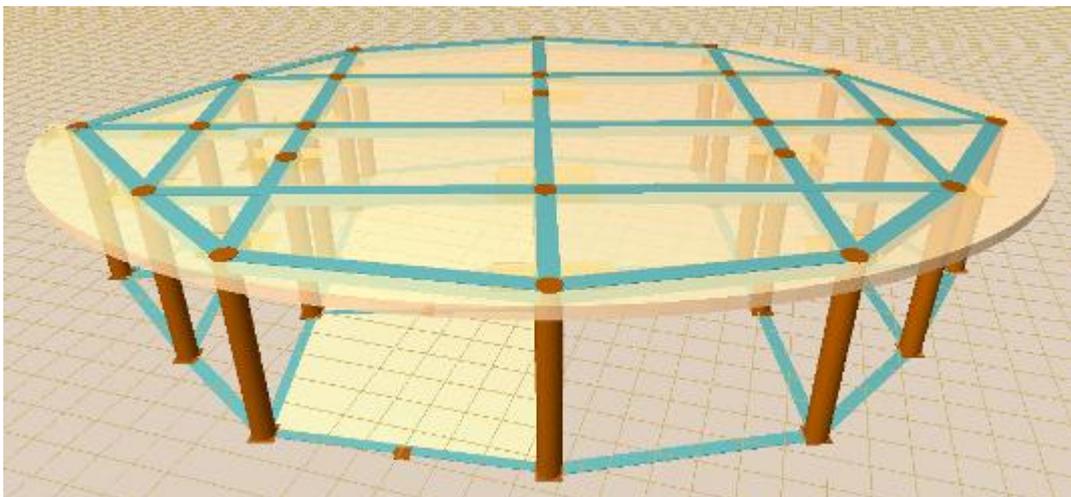


Figura 9

CONSTRUCCION Y CARACTERISTICAS

La losa central se construyo con hormigón H-21. En figura 10 se puede observar la densidad de armadura, la zona de voladizo, así como la viga de borde y la viga del pórtico anterior al mismo.



Figura 10

En figura 11 se puede observar uno de los ábacos centrales de la losa y su armado.



Figura 11

En figura 12 se observa un ábaco de borde de la losa y la viga placa que converge en él. Asimismo se puede visualizar el aumento por macizado a los bordes de la viga del pórtico.



Figura 12

MODULO DE ACCESO O MANGA

El modulo de acceso a los cines o manga, fue el principal desafío estructural de la obra. Bajo esta situación, los requerimientos eran los siguientes:

- 1) La manga termina en un voladizo asimétrico, generando de un lado un vuelo de 3 metros, y del otro un vuelo de 8 metros (Figura 13).
- 2) La altura de la manga es de 8 metros, el equivalente a dos pisos de 4 metros que están en voladizo (Figura 14).
- 3) Dado que es la zona de acceso a los cines, los valores de los estados de carga por la naturaleza del uso, son máximos (500 kg/m^2)

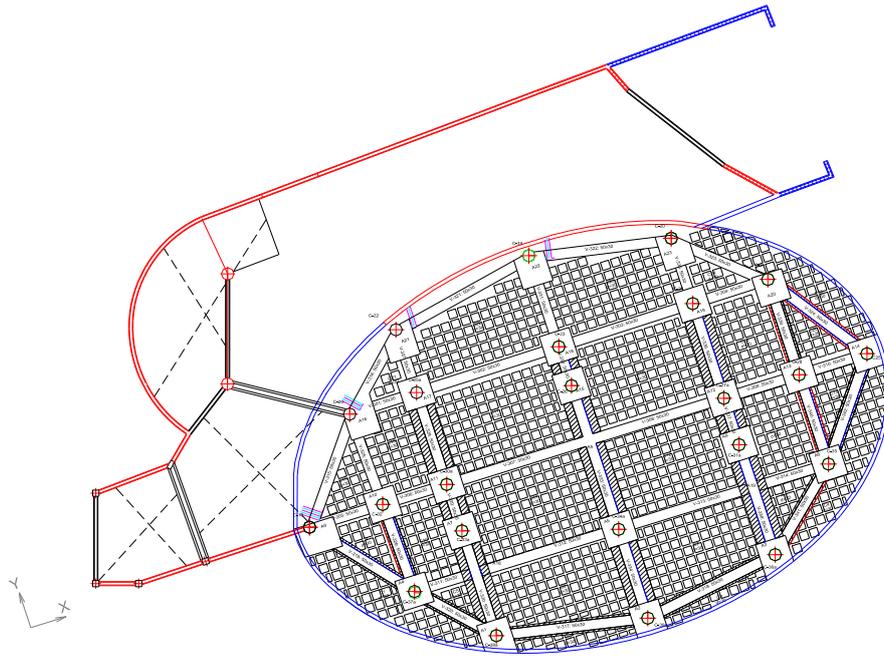


Figura 13

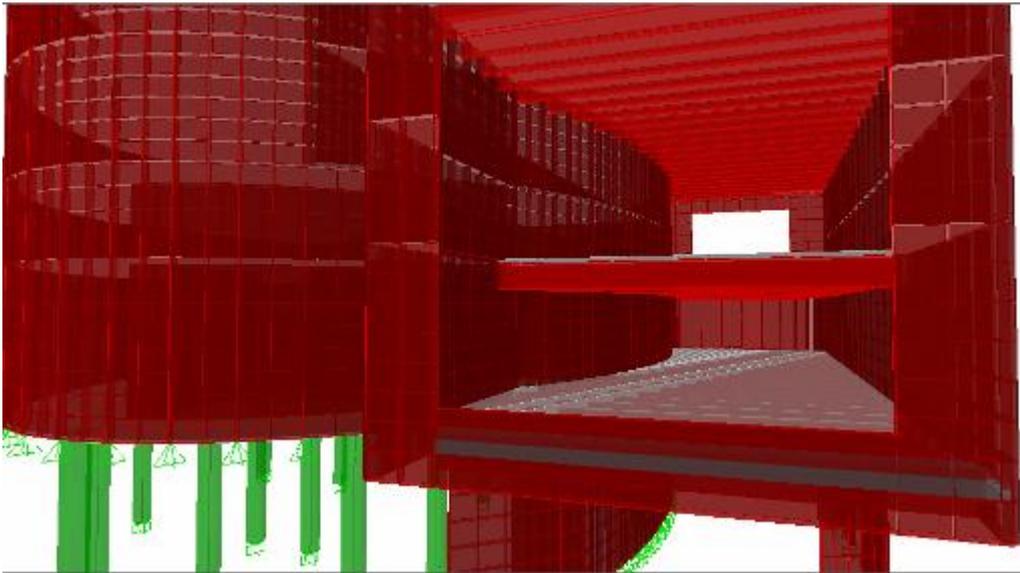


Figura 14

El resultado de estas demandas generaron las siguientes premisas:

- La estructura debía ser realizada en elementos tipo tabique, descartándose los pórticos.
- El peso de la estructura debía ser bajo y la resistencia alta.

En base a esto, sumándose a consideraciones de tipo económicas, se optó por realizar toda la estructura de la manga, en tabiques livianos.

Realizando el análisis estructural, se concluyo que la estructura debía tener estas características:

- El muro mayor debía tener continuidad estructural, con la menor cantidad de aberturas posibles (Figura 15).
- Dada la esbeltez de estos tabiques (18 cm en 8 m de altura), se debía rigidizar a los mismos mediante elementos verticales y horizontales (Figura 16).
- Obtenidos los datos del análisis estructural, al descartarse la construcción de tabiques de hormigón armado tradicional, se descarto la inclusión de elementos tipos tensores en la zona del voladizo (Figura 17)
- No podía realizarse un cierre superior con cubierta liviana, como era el requerimiento económico. Por lo que se opto por un cierre tipo diafragma.

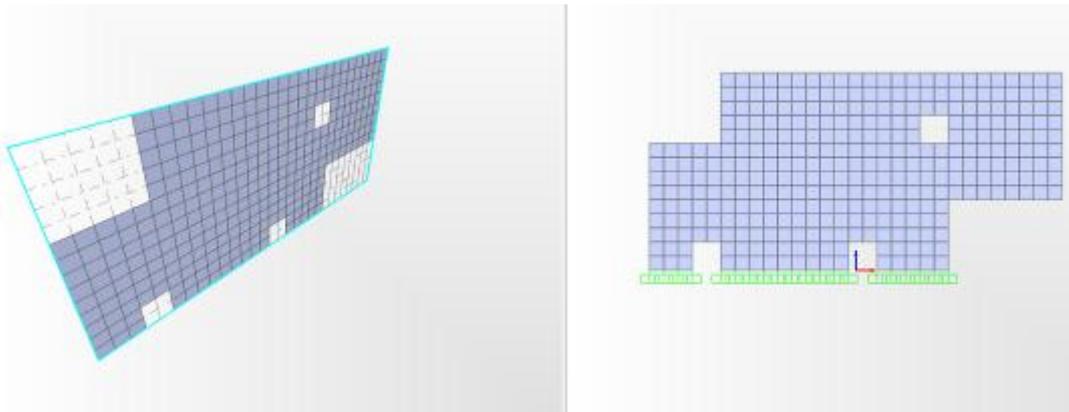


Figura 15

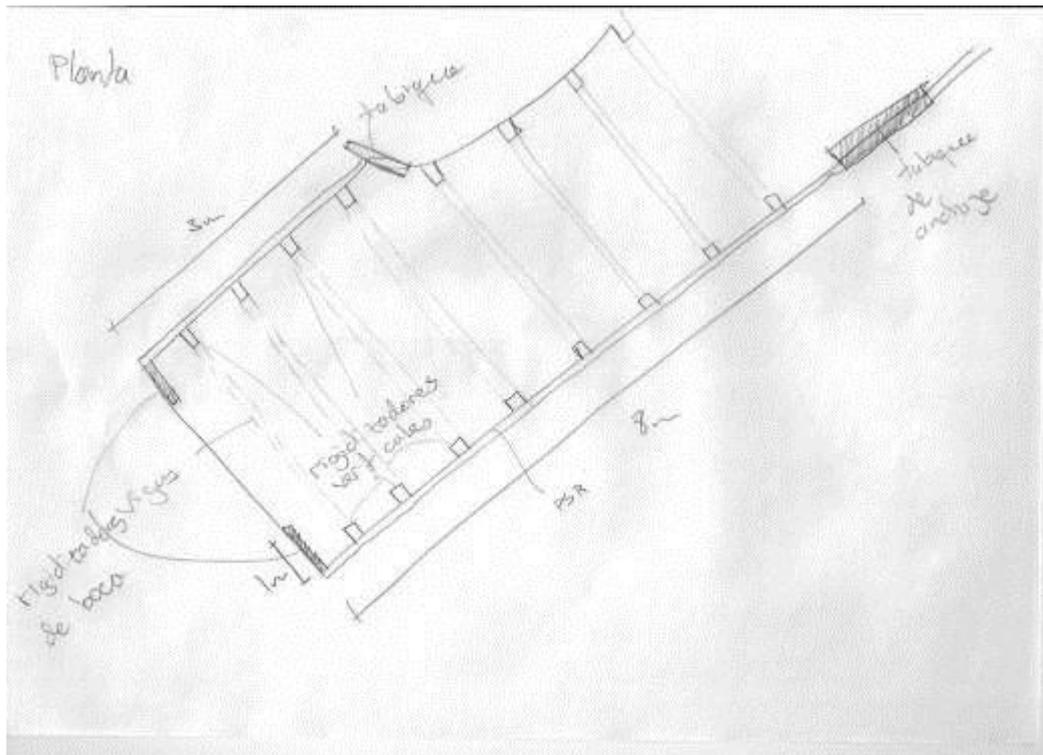


Figura 16

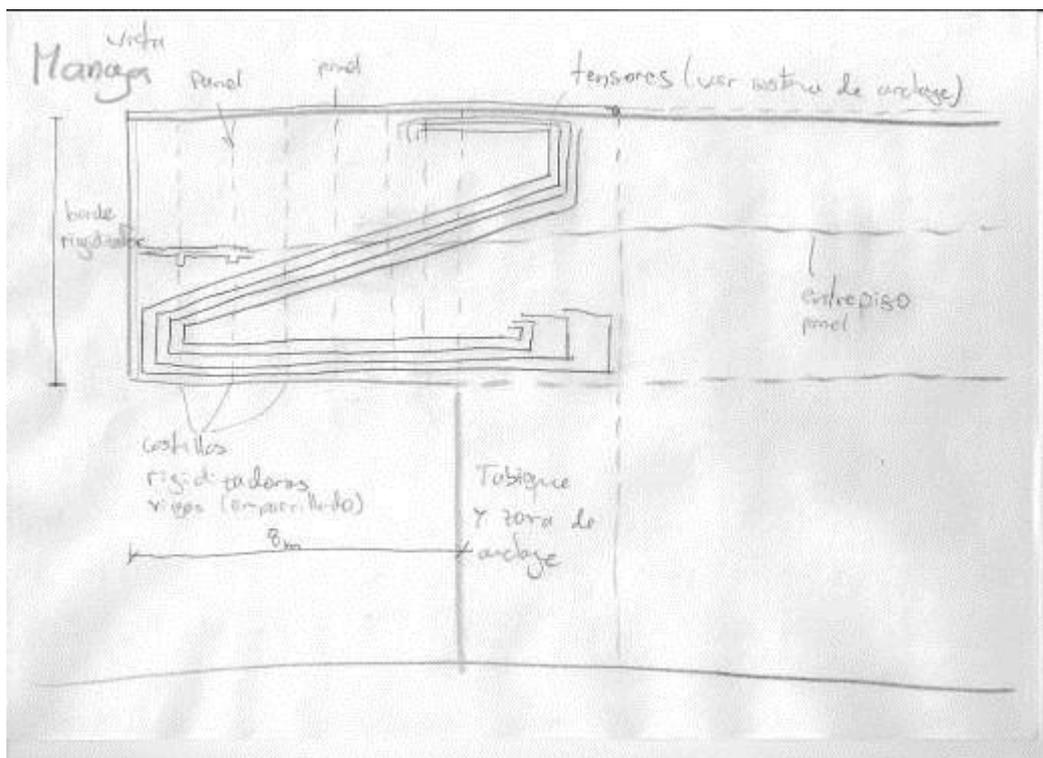


Figura 17

CRITERIOS PARA EL ANALISIS ESTRUCTURAL

La complejidad de la obra hizo que el análisis estructural sea exhaustivo. Es así que se optó por realizar tres modelos de análisis:

- 1) Un modelo tridimensional y completo de la estructura (Figura 18), incluido el módulo elíptico de los cines, obteniéndose los datos globales de deformación y estados tensionales de los tabiques. Así como las posibles interacciones y transmisiones de carga entre ambas.

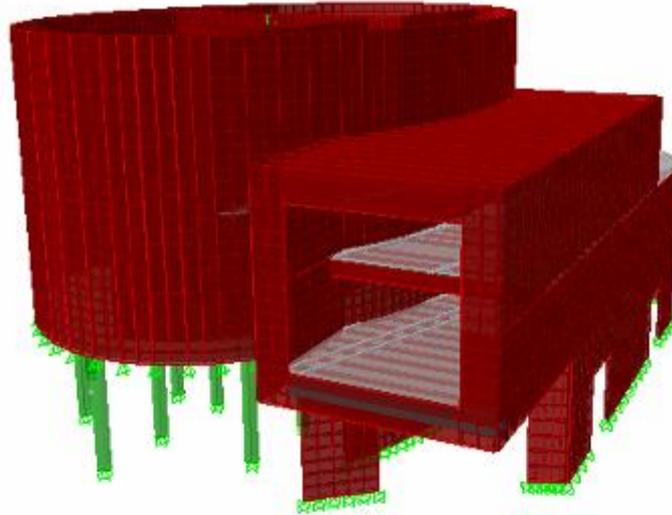


Figura 18

- 2) Un modelo tridimensional parcial de la estructura de la manga (Figura 19 y 20).

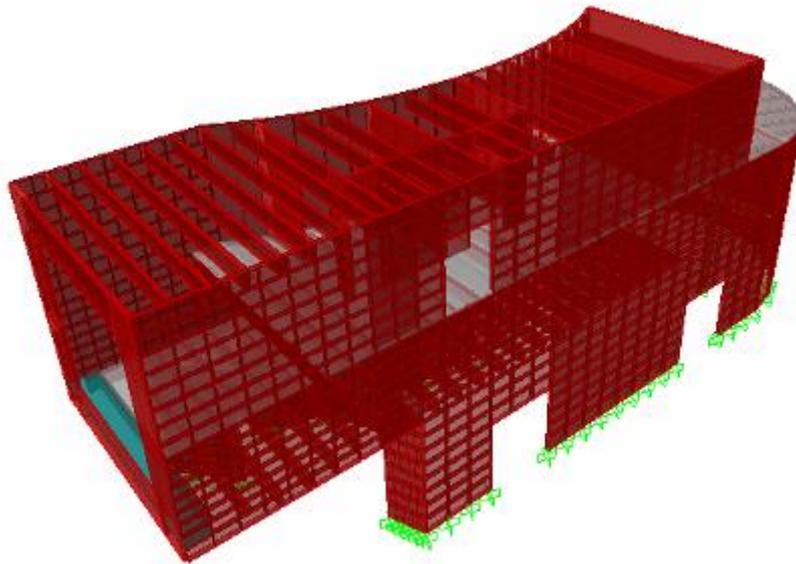


Figura 19

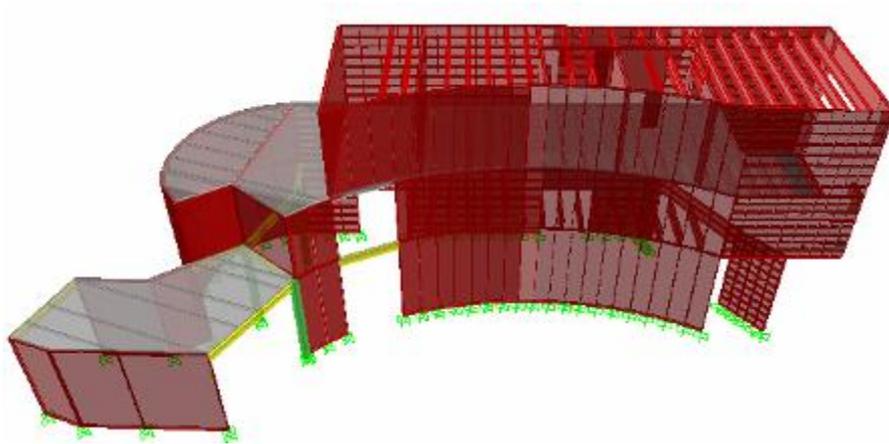


Figura 20

- 3) Un modelo bidimensional individual de cada elemento que la componen, considerándose en este último caso, las interacciones que surgían del análisis global (Figura 15 y 21).

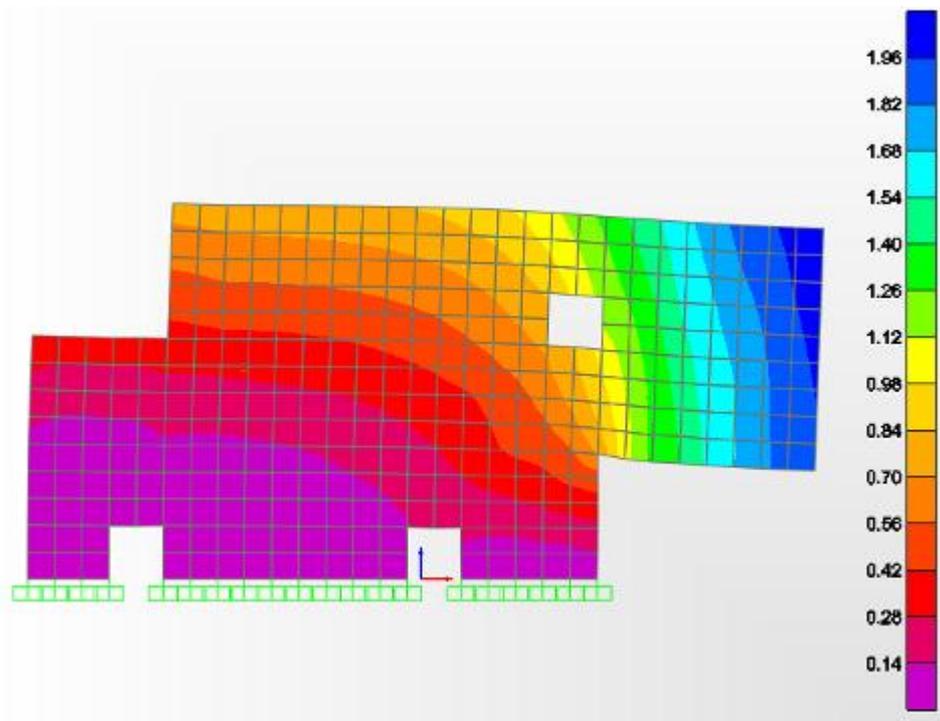


Figura 21

RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL

En la figura 21 se puede observar que el descenso vertical del muro mayor de la estructura, bajo las cargas permanentes más accidentales, es de casi 2 mm. Mientras que en la figura 22 se puede ver la deformada global bajo el mismo estado de cargas.

En este caso se puede mencionar lo siguiente:

- Se observa que el tabique principal desciende y se traslada horizontalmente.
- Aparece una deformación del plano del tabique producto de su esbeltez.
- De estas observaciones surgieron las correcciones propuestas tales como la rigidización vertical del tabique, para minimizar el efecto mencionado.

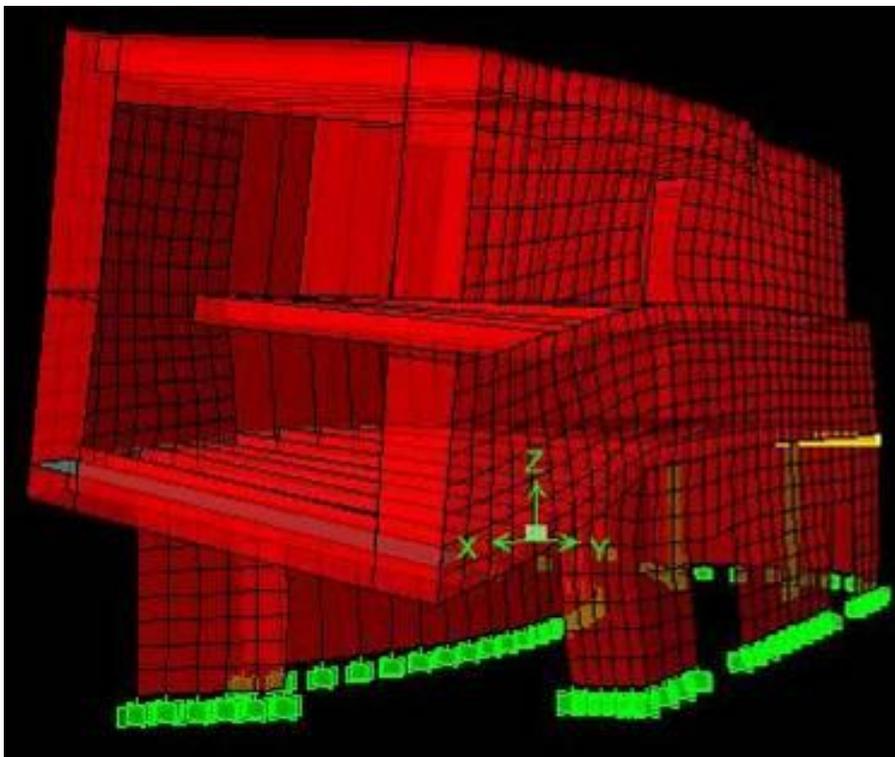


Figura 22

EFEECTO DEL SISMO

Para la consideración del fenómeno sísmico en la estructura, se ha seguido lo establecido en la Norma Argentina CIRSOC 103, haciéndolo en un análisis tridimensional.

En la figura 23 se puede observar la deformada global de la estructura, considerando la acción del módulo de cines. En este caso en particular, se muestra la envolvente y se puede observar un efecto de torsión o rotación de la manga en voladizo. La aparición de dicho fenómeno hizo replantear los siguientes puntos:

- La rigidización vertical que se recomendaba en el muro mayor, no era suficiente. Por lo que se dispuso un sistema de rigidización horizontal continuo en todo el muro.
- En la boca de la manga, se dispuso un marco de rigidizador (Figura 24)
- Es en este punto en donde se descarto la posibilidad de una cubierta metálica superior.

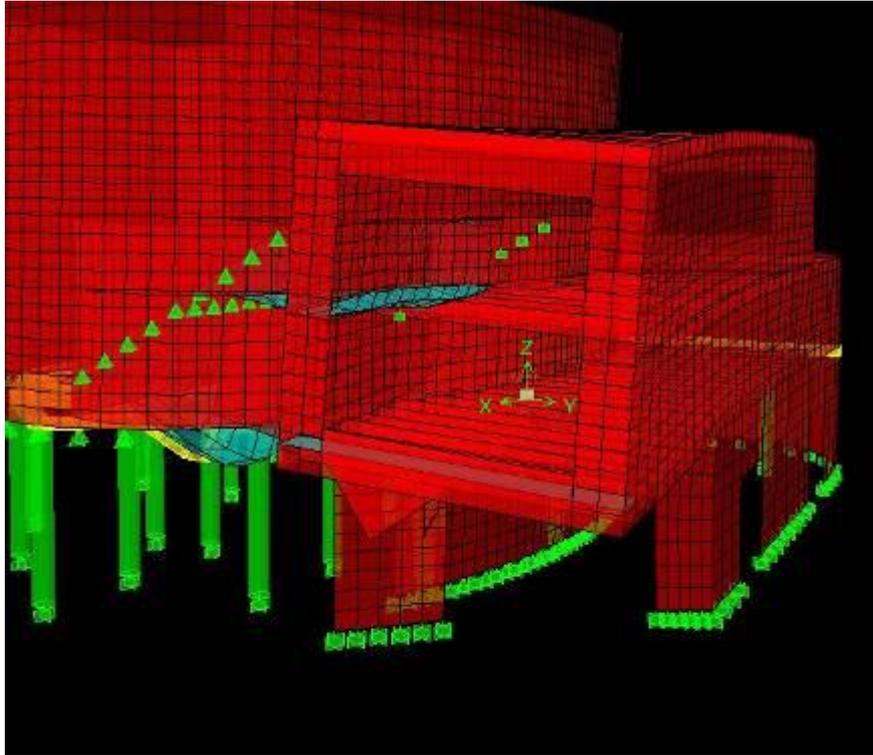


Figura 23

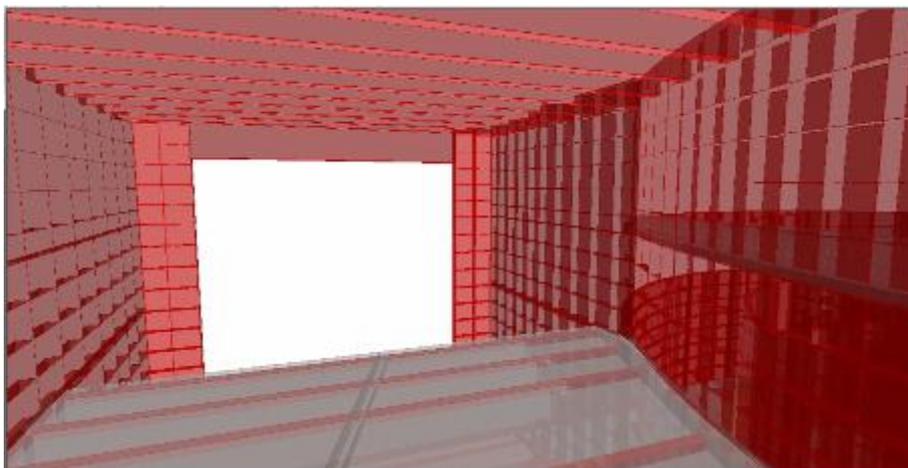


Figura 24