

ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y COMPARACIÓN DE LAS LÁMINAS DEL RESTAURANTE LOS MANANTIALES Y DEL RESTAURANTE DEL OCEANOGRÁFICO EN VALENCIA

STRUCTURAL ANALYSIS AND COMPARISON OF THE SHEETS OF THE LOS MANANTIALES RESTAURANT AND THE OCEANOGRAPHIC RESTAURANT IN VALENCIA

Quiteria Angulo Ibáñez¹, Luis Almenar Fernández²

Department of Architectural Construction / PhD in Architecture / Universitat Politècnica de València¹; Architect / U.P.V.²

INTRODUCCIÓN

Mediante el software de cálculo SAP2000 [CSI Spain · Licencia UPV] se ha llevado a cabo el análisis estructural de las láminas de hormigón armado que cubren el restaurante de Los Manantiales ubicado en Xochimilco (México) y el restaurante del Oceanográfico de Valencia. Dos láminas diseñadas por Félix Candela Outerío (Arquitecto 1910-1997) que comparten similitudes formales, a la vez que presentan diferencias constructivas, lo que supone comportamientos estructurales diferentes. Posteriormente, se han realizado las comprobaciones de seguridad atendiendo a las normativas españolas y se han comparado los resultados de ambas estructuras. INTRODUCTION Using SAP2000 calculation software [CSI Spain - Student Licence UPV], a structural analysis has been carried out of the reinforced concrete sheets that cover the Los Manantiales restaurant in Xochimilco (México) and the Oceanográfico restaurant in Valencia. These two sheets designed by Félix Candela Outerío (Architect 1910-1997) share formal similarities, but at the same time present constructive differences, which implies different structural behaviors. Subsequently, safety checks were carried out in accordance with Spanish regulations and the results of both structures were compared.



Imagen 1. Restaurante Los Manantiales | Image 1. Los Manantiales Restaurant / Imagen 2. Oceanográfico | Image 2. Oceanographic Restaurant
[Fuente: www.plataformaarquitectura.cl]

LOS CASCARONES DE ESTUDIO

La lámina de Los Manantiales fue construida en 1967 en Xochimilco, CDMX. Se compone por la intersección de cuatro hipar seccionados frontalmente por un plano de 60°, obteniendo una cubierta que se asemeja a un nenúfar de 8 lóbulos. Además, Candela consiguió el borde libre, es decir, cada lóbulo transmite las cargas por dos de sus tres aristas, quedando el borde frontal libre de vigas de refuerzo, lo que supone mayor ligereza. La lámina presenta un espesor general de 4 cm, que aumenta hasta los 12 cm en los nervios de unión. Por otro lado, la lámina del Oceanográfico surge a raíz de un homenaje a Candela, quien, a principios de 1990, fue invitado a Valencia para construir dos cascarones en el Parque del Oceanográfico. Una de las estructuras cubriría el restaurante y se decidió que fuera una reproducción de la lámina anterior. Félix Candela murió en 1997, así que el proyecto quedó en manos de dos ingenieros civiles de la UPV, quienes realizaron la obra actual, también conocida como JC Hypar, la cual presenta algunas diferencias constructivas y estructurales respecto a la original.

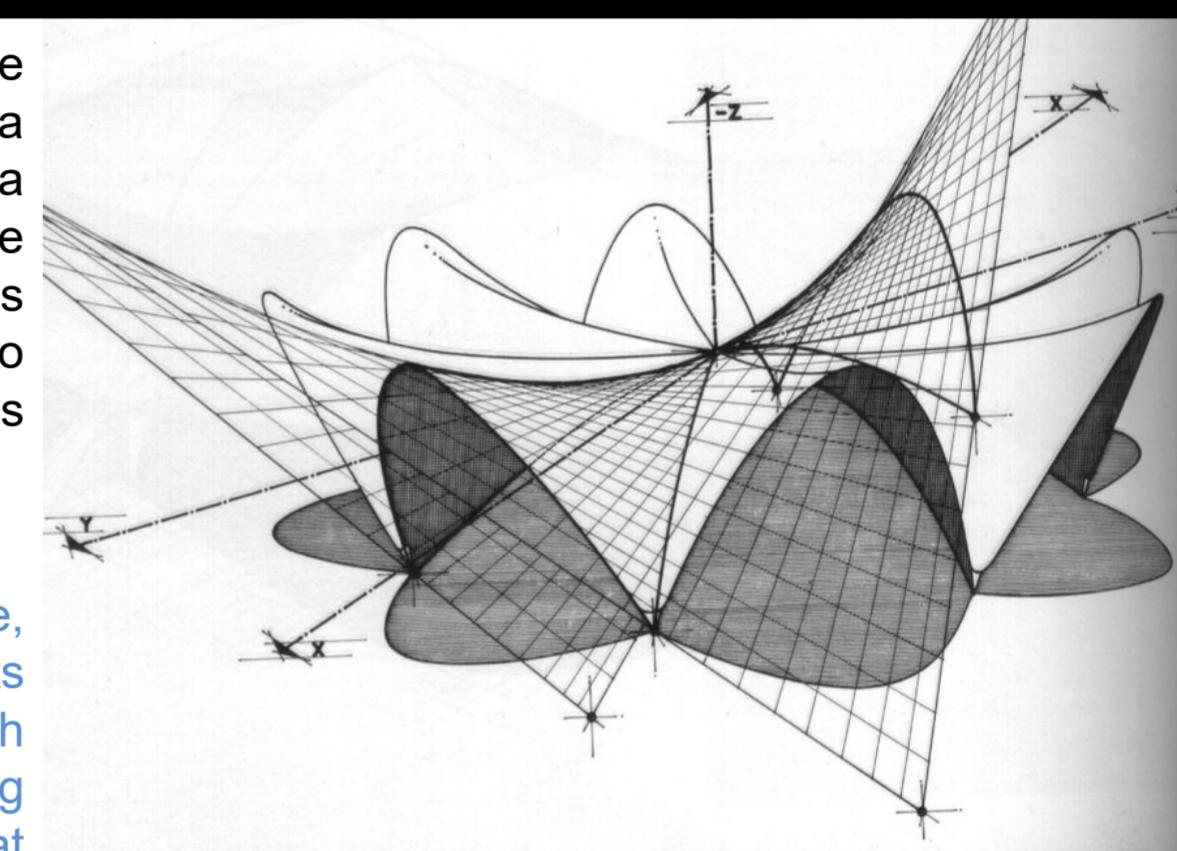


Imagen 3. Lámina Hypar | Image 3. Hypar sheet
[Fuente: Las Estructuras de Candela, Colin Faber | Resource: The structures of Candela, Colin Faber]

THE STUDY SHELLS

The sheet of Los Manantiales was built in 1967 in Xochimilco, CDMX. It is composed by the intersection of four hypar sectioned frontally by a 60° plane, obtaining a roof that resembles a water lily with 8 lobes. In addition, Candela achieved a free edge, i.e., each lobe transmits the loads through two of its three edges, leaving the front edge free of reinforcement beams, which means greater lightness. The sheet has a general thickness of 4 cm, which increases to 12 cm at the connecting ribs. On the other hand, the Oceanographic sheet arose as a result of a tribute to Candela, who, at the beginning of 1990, was invited to Valencia to build two shells in the Oceanographic Park. One of the structures was to cover the restaurant and it was decided that it should be a reproduction of the previous sheet. Félix Candela died in 1997, so the project was left in the hands of two civil engineers from the UPV, who carried out the current work, also known as JC Hypar, which has some constructive and structural differences with respect to the original.

EVALUACIÓN DE LAS ACCIONES

Para el cálculo de la lámina de Xochimilco se han evaluado las cargas permanentes, compuestas por peso propio (definido por SAP2000) y cargas muertas, con un valor de 0,1 kN/m² para las instalaciones luminosas. En cuanto a las acciones variables, se establece una sobrecarga por mantenimiento de 1,0 kN/m², una carga de nieve de 0,2 kN/m² y una acción del viento que comporta presiones y succiones horizontales de 0,94 kN/m² y 0,40 kN/m², respectivamente, y succiones verticales en el voladizo frontal de 3,35 kN/m² y en el resto de 1,21 kN/m². Finalizando con las acciones accidentales, se ha estudiado el sismo mediante el espectro elástico de respuesta, definiendo una aceleración básica en función de la gravedad de ab/g = 0,177. Respecto a la lámina del Oceanográfico, las acciones permanentes se componen únicamente por el peso propio, ya que no soporta ningún tipo de instalación. Las acciones variables se definen por una sobrecarga para mantenimiento de 1,0 kN/m², una carga de nieve de 0,24 kN/m² y una acción del viento definida por presiones y succiones horizontales de 0,74 kN/m² y 0,32 kN/m², respectivamente, y succiones frontales verticales de 2,64 kN/m² y en el resto de 0,95 kN/m². El sismo se ha estudiado mediante el mismo método, definiendo un valor ab/g de 0,06.

EVALUATION OF THE ACTIONS

For the calculation of the Xochimilco sheet, permanent loads have been evaluated, consisting of self-weight (defined by SAP2000) and dead loads, with a value of 0.1 kN/m² for the lighting installations. As for the variable actions, a maintenance overload of 1.0 kN/m², a snow load of 0.2 kN/m² and a wind action that involves horizontal pressures and suction of 0.94 kN/m² and 0.40 kN/m², respectively, and vertical suction in the front cantilever of 3.35 kN/m² and 1.21 kN/m² in the rest of the sheet. To finish with the accidental actions, the earthquake has been studied by means of the elastic response spectrum, defining a basic acceleration as a function of gravity of ab/g = 0.177. With regard to the Oceanographic sheet, the permanent actions are made up solely of its own weight, as it does not support any type of installation. The variable actions are defined by a maintenance overload of 1.0 kN/m², a snow load of 0.24 kN/m² and a wind action defined by horizontal pressures and suction of 0.74 kN/m² and 0.32 kN/m², respectively, and vertical frontal suction of 2.64 kN/m² and 0.95 kN/m² in the rest. The earthquake has been studied using the same method, defining an ab/g value of 0.06.

COMPROBACIÓN DE ESTADOS LÍMITE

La evaluación de seguridad de las dos estructuras se lleva a cabo atendiendo a las exigencias definidas en la norma española: CTE y EHE-08.

En primer lugar, mediante la comprobación de los Estados Límite de Servicio (ELS), comenzando por las flechas mediante la combinación cuasipermanente y multiplicadas por 3 para considerar las deformaciones diferidas, y continuando con los desplomes laterales mediante la combinación característica más restrictiva.

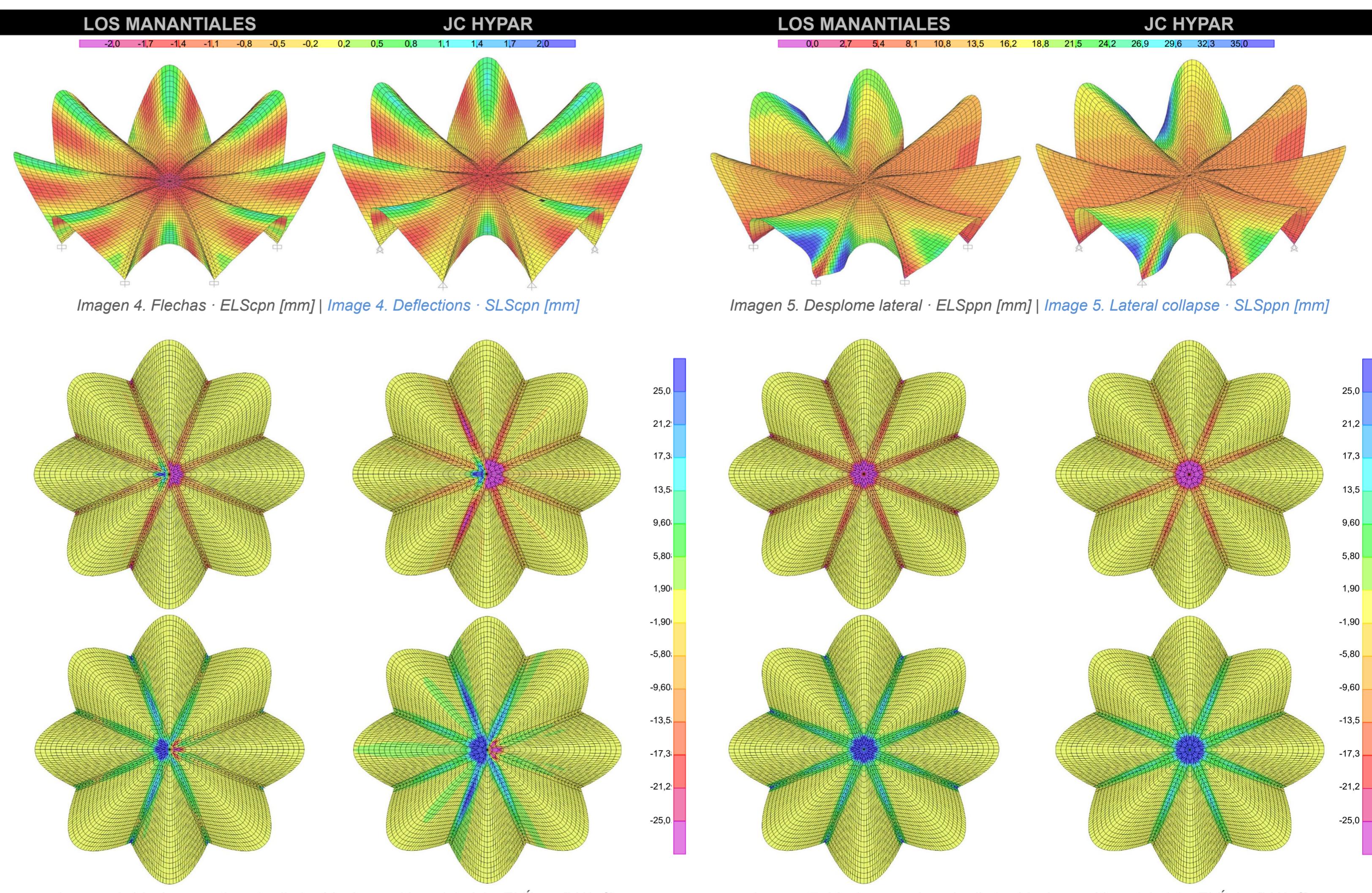
En segundo lugar, se comprueban los Estados Límite Últimos (ELU), se estudian los momentos máximos positivos y negativos mediante las combinaciones permanente y sísmica, habiendo definido los momentos admisibles con ayuda de la normativa y según los materiales, espesores y armaduras de cada lámina.

LIMIT STATUS CHECK

The safety assessment of the two structures is carried out in accordance with the requirements defined in the Spanish standard: CTE and EHE-08.

Firstly, by checking the Serviceability Limit States (SLS), starting with the deflections by means of the quasi-permanent combination and multiplied by 3 to consider the deferred deformations, and continuing with the lateral collapses by means of the most restrictive characteristic combination.

Secondly, the Ultimate Limit States (ELU) are checked, the maximum positive and negative moments are studied by means of the permanent and seismic combinations, having defined the admissible moments with the help of the regulations and according to the materials, thicknesses and reinforcement of each sheet.



CONCLUSIONES

El análisis estructural de ambas láminas permite conocer el comportamiento y la respuesta frente a las acciones y cargas aplicadas, y con las exigencias de las normativas actualmente vigentes se aprecia que no cumplirían todas las comprobaciones, lo cual podría responder a algunas de las patologías que sufren actualmente, principalmente la lámina de Los Manantiales, la cual, tras el sismo sucedido en México en 2017, quedó parcialmente deformada.

CONCLUSIONS

The structural analysis of both sheets provides information on their behavior and response to the actions and loads applied, and with the requirements of the regulations currently in force, it can be seen that they do not comply with all the checks, which could be the cause of some of the pathologies they are currently suffering, especially the Los Manantiales sheet, which was partially deformed after the earthquake in Mexico in 2017.