

## **ESTRUCTURA METÁLICA AMPLIACIÓN UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA (UADE). DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN PUENTE DE 85m ENTRE DOS EDIFICIO EXISTENTES.**

Darín, Gustavo; Ingeniero Civil, Estudio Darín & Asociados, Argentina.  
([estudiodarin@gmail.com](mailto:estudiodarin@gmail.com))

Ferrari, José; Ingeniero Civil, Estudio Darín & Asociados, Argentina.  
([estudiodarin@gmail.com](mailto:estudiodarin@gmail.com))

Gómez, José; Ingeniero Mecánico, Cinter SRL, Santa Fe, Argentina.  
([jose.gomez@cinter.com.ar](mailto:jose.gomez@cinter.com.ar))

Perez, Javier; Ingeniero Civil, Cinter SRL, Santa Fe, Argentina.  
([javier.perez@cinter.com.ar](mailto:javier.perez@cinter.com.ar))

Rigiardi, Ezequiel; Ingeniero Civil, Esp. En Ing. Estructural, Cinter SRL, Santa Fe, Argentina.  
([ezequiel.rigiardi@cinter.com.ar](mailto:ezequiel.rigiardi@cinter.com.ar))

### **RESUMEN**

La estructura formó parte de una ampliación de dos niveles sobre la azotea original de la actual Universidad Argentina de la Empresa (UADE) en CABA durante los años 2022 y 2023, realizada para crear nuevas aulas. Se proyectó una estructura de acero para minimizar las cargas permanentes, los tiempos de ejecución y salvar las luces propuestas en el diseño arquitectónico. De unos 85 m de largo por 15 m de ancho, y una altura de casi 8 m, con dos voladizos a cada lado de 10.00 y 12.50 m.

La solución estructural constó de pórticos transversales sobre apoyos de hormigón armado (nivel +26.61 m sobre calle Lima), siendo éstos columnas del nuevo bloque y tabiques reforzados en edificios existentes. Dos vigas reticuladas de toda la altura vincularon a estos tres edificios, con diagonales y montantes acordes al diseño arquitectónico. Se consideraron los esfuerzos por variaciones de temperatura y las resistencias al fuego de los elementos de acero, en particular de aquellos que quedaron a la vista. Otro desafío fue la necesidad de interrumpir la circulación de vehículos durante períodos muy limitados en el montaje.

Durante la etapa ejecutiva, se propuso el reemplazo parcial de perfiles laminados por secciones armadas soldadas equivalentes. Se fabricaron piezas con conexiones abulonadas que satisficieron criterios estructurales, estéticos y de capacidades máximas de equipamientos de izaje. Se estudió el comportamiento estructural en etapas parciales de montaje y de su posterior mantenimiento.

### **ABSTRACT**

*The structure was part of a two-level extension on the original roof of the current Universidad Argentina de la Empresa (UADE) in CABA during the years 2022 and 2023, carried out to create new classrooms. A steel structure was designed to minimize permanent loads, execution times, and to accommodate the proposed spans in the architectural design. With dimensions of approximately 85 m in length by 15 m in width, and a height of nearly 8 m, with cantilevers on each side of 10.00 and 12.50 m.*

Organiza:

*The structural solution consisted of transverse moment frames supported by reinforced concrete (level +26.61 m above Lima Street), with the central columns forming part of the new block and the end walls reinforced within existing buildings. Two trusses spanning the full height connected these three buildings, with diagonals and uprights in accordance with the architectural design. Consideration was given to the effects of temperature variations and the fire resistance of the steel elements, particularly those exposed. Another challenge was the need to temporarily interrupt vehicle traffic during assembly.*

*During the execution stage, the partial replacement of rolled profiles with welded built-up sections was proposed. Pieces with bolted connections were manufactured to meet structural, aesthetic, and maximum lifting equipment capacity criteria. The structural behavior was studied during partial assembly stages and subsequent maintenance.*

## INTRODUCCION

La estructura en cuestión, perteneciente a la Universidad Argentina de la Empresa, tiene lugar en la ciudad de Buenos Aires y formó parte de la ampliación sobre la azotea que se llevó a cabo con el objetivo de generar un nuevo espacio destinado a aulas que ronda unos 3800 m<sup>2</sup> de superficie cubierta.

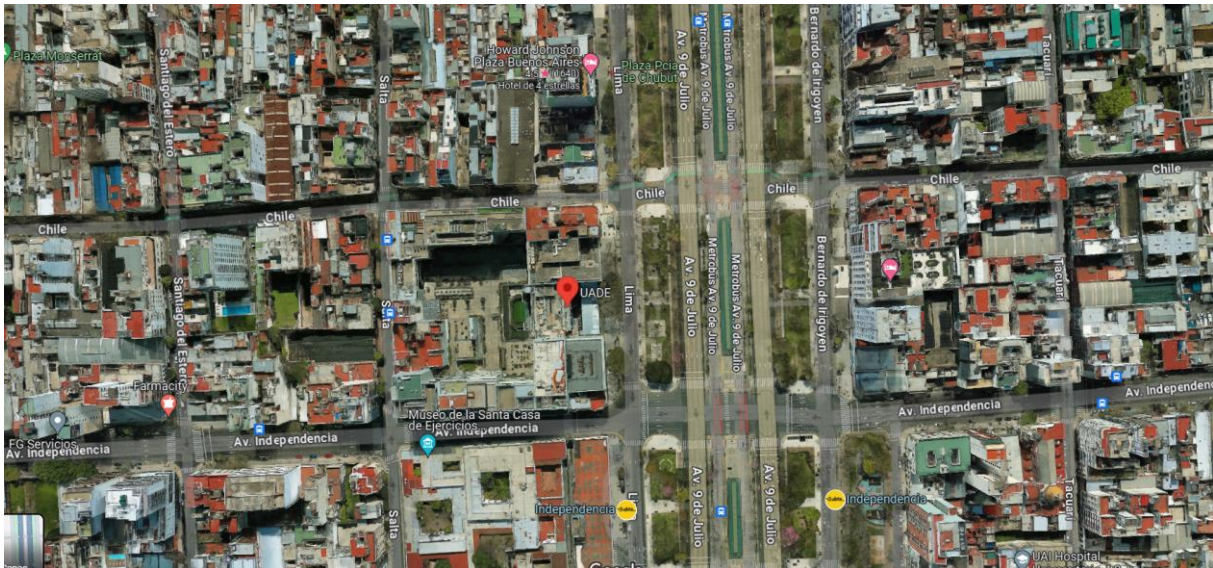
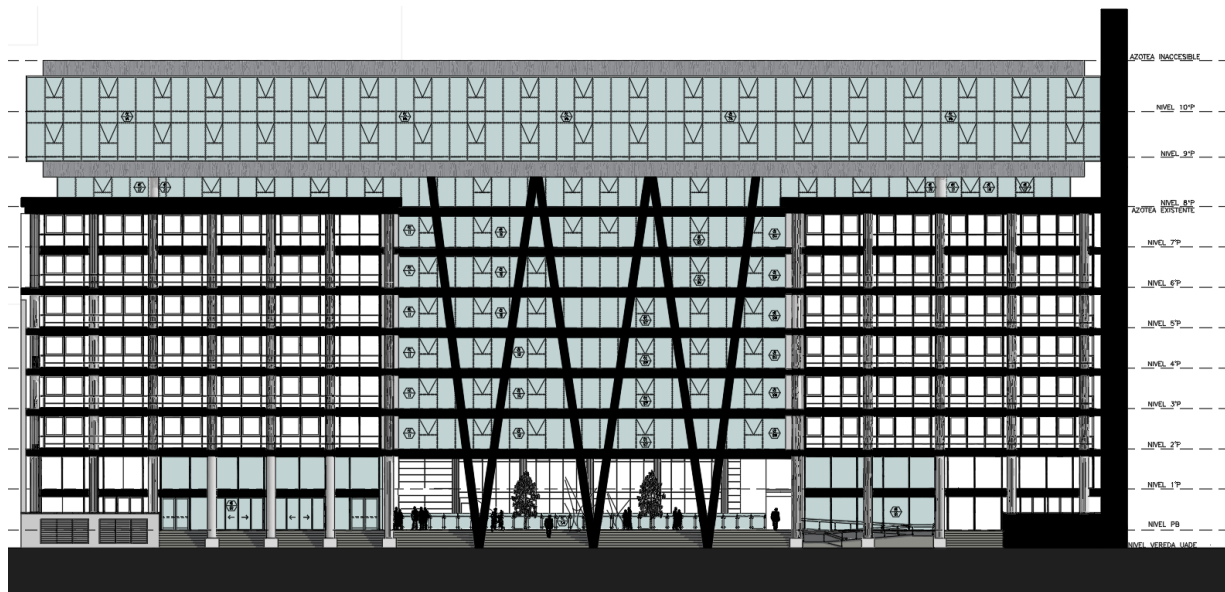


Figura 1. Ubicación general

Geoméricamente se lo puede describir como un gran puente metálico apoyado sobre columnas y tabiques de hormigón. Las dimensiones generales son de aproximadamente 85 m de largo por 15 m de ancho, con una altura de unos 8 m distribuidos en dos niveles de aulas, mientras que el nivel superior tiene su uso como azotea inaccesible.

Organiza:



*Figura 2. Vista del proyecto*

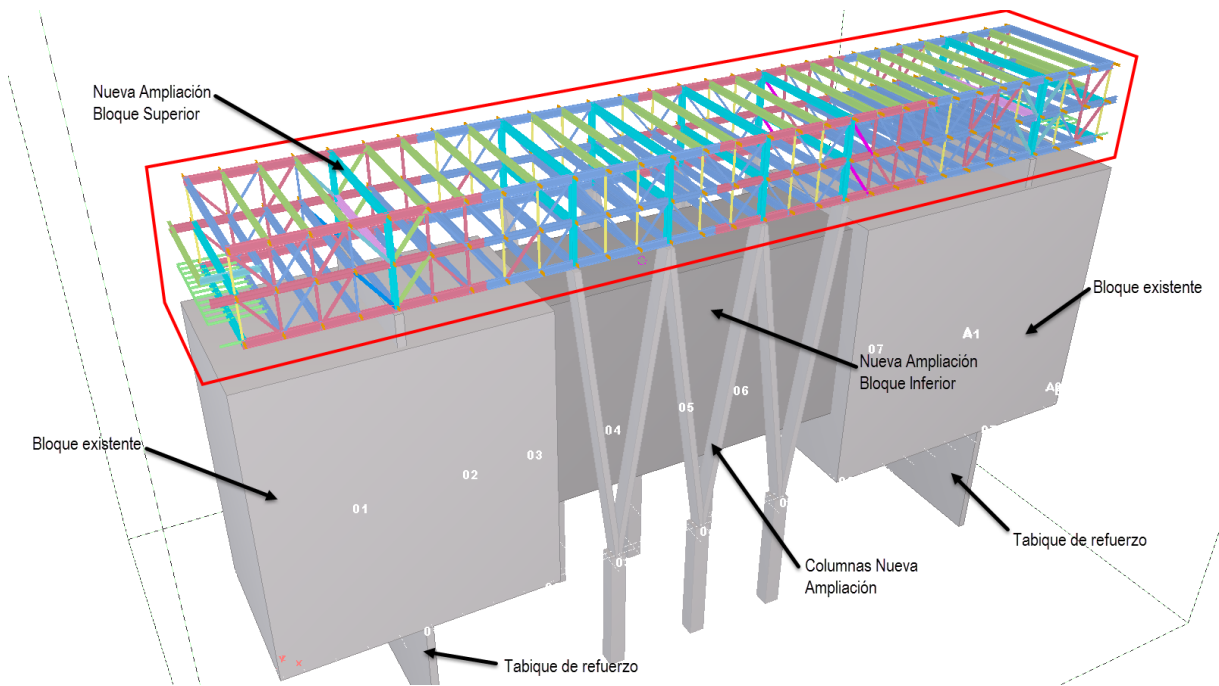
El presente trabajo se centra en la descripción del proceso para llevar a cabo la estructura de acero: desde su ingeniería, fabricación, hasta recomendaciones de montaje y mantenimiento. La estructura de acero original de pliego fue planteada, calculada y diseñada por el Estudio Darin y Asociados formando parte del grupo del Estudio Guitelman S.A. El proyecto de la estructura de hormigón fue realizado por el Estudio Guitelman S.A. En cuanto a la construcción de la estructura metálica, la misma fue llevada a cabo por Cinter S.R.L., mientras que todo lo referido a hormigón armado fue ejecutado por Constructora Sudamericana S.A.

Por tratarse de una estructura montada sobre 3 edificios, dos existentes y uno nuevo, se requirió de un relevamiento topográfico exhaustivo que llevó a la retroalimentación del modelo de ingeniería de detalle y en ciertos casos a ajustes de modelos de cálculo para redistribuir esfuerzos en zonas donde la limitación estaba dada por la capacidad de las estructuras de hormigón armado existentes y así evitar la necesidad de ejecución de refuerzos sobre éstas.

Adicionalmente en el diseño ejecutivo se consideró la planificación de las etapas constructivas que puedan ser restrictivas y determinantes y que no se limitan sólo al montaje propio de la estructura sino también a situaciones posteriores de mantenimiento.

Por las dimensiones de los elementos (vigas principales de hasta 8.00m de altura), la fabricación se realizó en piezas independientes que se ensamblan en obra mediante uniones abulonadas. Para asegurar la coincidencia geométrica en obra, dada la complejidad de los encuentros, previamente en fábrica se realizaron premontajes con los ajustes necesarios para evitar demoras e inconvenientes en el sitio.

Organiza:

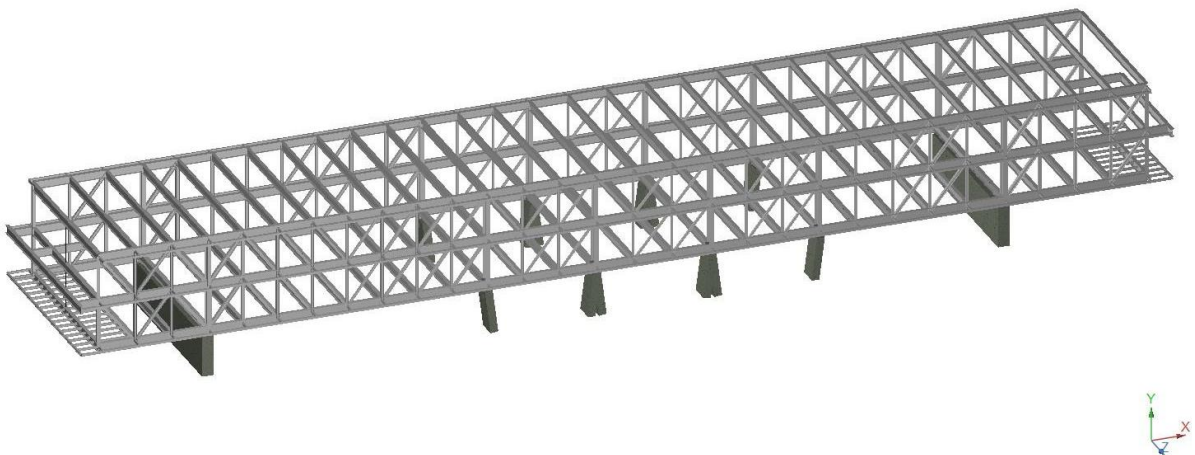


*Figura 3. Modelo tridimensional del proyecto*

## DESARROLLO DE LA INGENIERÍA

### Análisis estructural

El análisis de la estructura se realizó mediante software tridimensional trabajando en base a elementos finitos. En la etapa ejecutiva se utilizó un conjunto de programas: RAM Elements, RAM Connection e Idea Statica, estos últimos especialmente para analizar las conexiones. La tipología y forma de las mismas responden a requerimientos estéticos establecidos en el proyecto arquitectónico.



*Figura 4. Imágenes modelo de análisis en elementos finitos*

Organiza:

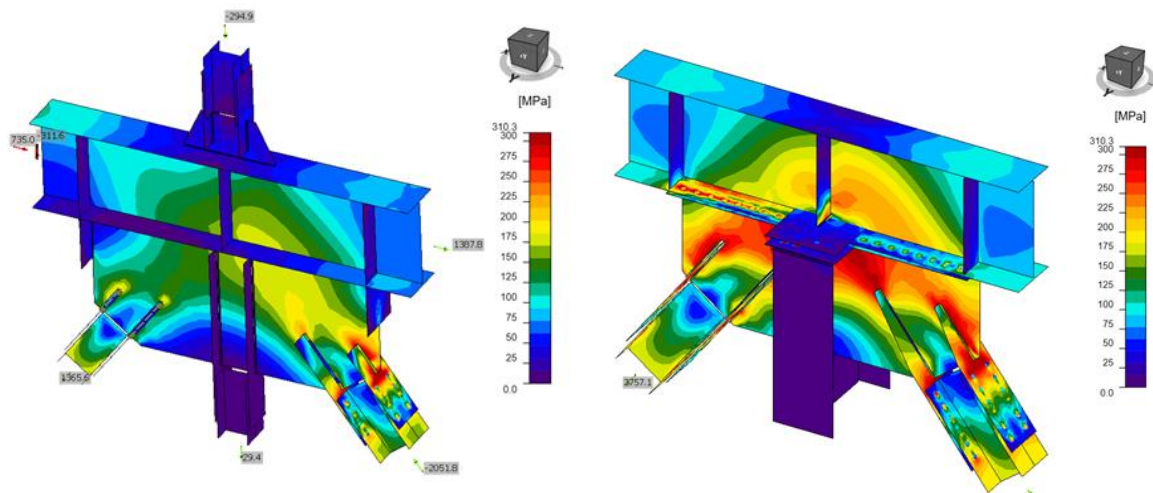


Figura 5. Ejemplo de conexiones analizadas mediante Idea Statica

Dentro de las cargas consideradas en este estudio se encuentran: el peso propio de los elementos junto con la losa de Steel Deck, la sobrecarga de uso, el viento y los efectos de la temperatura. Debido a que la magnitud de la sobrecarga era importante en comparación con el peso propio y por tratarse de una estructura hiperestática y con grandes voladizos, se debió estudiar la distribución de sobrecargas que generara los máximos esfuerzos en los elementos resistentes. Para ello se aplicó la alternancia de cargas mediante el ingreso de catorce combinaciones de posibles ubicaciones de sobrecargas a lo largo de esta estructura.

Teniendo en cuenta la naturaleza de la obra en la que el puente de acero apoyaba sobre una superestructura de hormigón, uno de los principales objetivos del análisis fue adecuar la estructura metálica, modificando las configuraciones de los apoyos para mejorar el comportamiento y reducir la transferencia de esfuerzos a los edificios existentes.

De esta manera, se propuso un apoyo deslizante longitudinal sobre los tabiques de hormigón, permitiendo que dilate en forma libre, eliminando el corte en este sentido por efectos de temperatura. En consecuencia, a lo largo el puente queda “anclado” a la estructura de las columnas centrales.



Figura 6. Esquema de libre dilatación de la estructura en sentido longitudinal

Otro de los aspectos fundamentales a analizar se relacionaba con el montaje de la estructura y también con situaciones posteriores de mantenimiento, teniendo en

Organiza:

consideración que los apoyos de neopreno deben reemplazarse cada una determinada cantidad de años.

En cuanto al izaje de los elementos, se decidió hacerlo por piezas individuales, por lo que se debieron analizar las distintas etapas, planteando el uso de 6 torres provisionarias de apoyo que aseguren la estabilidad de la estructura en todo momento, hasta ir completando la viga reticulada.

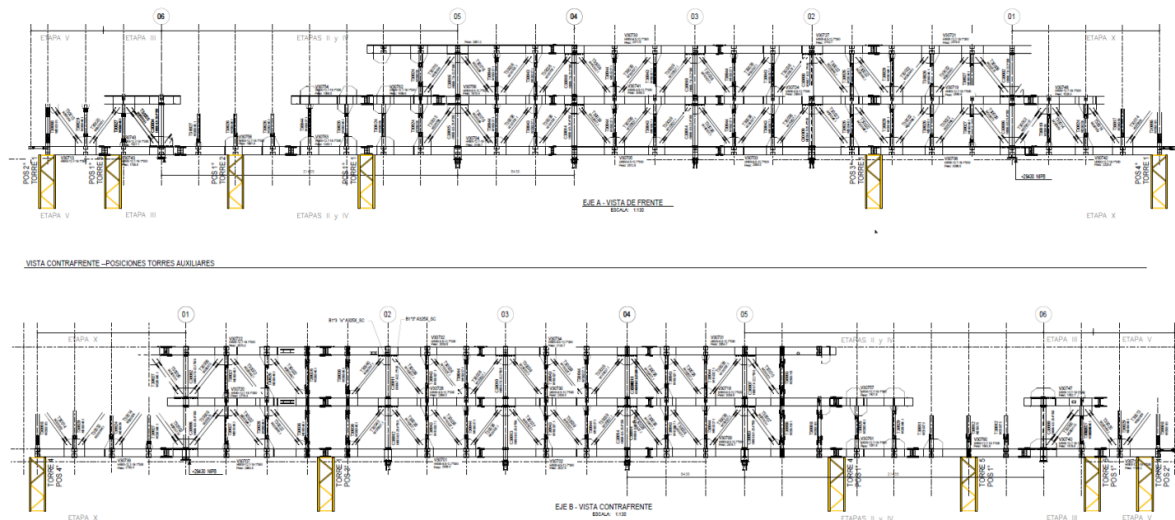


Figura 7. Esquema de ubicación de torres provisionarias

Para las tareas de mantenimiento y reemplazo de los apoyos elastoméricos se dejaron previstos espacios para colocar gatos hidráulicos que permitan levantar la estructura para trabajar en ella. Este procedimiento debe realizarse con una planificación tal que permita llevarlo a cabo en un período en donde el uso del puente metálico esté restringido, por lo que se consideró para las verificaciones de la estructura una reducción del 70% de la sobrecarga de servicio (0.30 Li).

### Definición de la tipología de los elementos estructurales

La estructura original de pliego fue planteada, calculada y diseñada por el Estudio Darín y Asociados formando parte del grupo del Estudio Guitelman S.A. Luego, en etapa ya ejecutiva, Cinter S.R.L. (como responsable de la estructura metálica dentro de la obra realizada por Constructora Sudamericana S.A.) realizó una alternativa del dicho proyecto en la cual se reemplazaron los perfiles laminados por secciones doble Te electrosoldados con calidad F-36. En todos los casos las secciones propuestas a adoptar se diseñaron de modo que sus dimensiones se mantengan aproximadas a las de la propuesta inicial para no interferir con cuestiones arquitectónicas ya definidas previamente, debido a que la arquitectura juega un papel preponderante particularmente en este proyecto.

Por la modalidad de montaje por elementos individuales establecida para esta obra, se tuvo que considerar en el diseño a los pesos máximos de las piezas dada la limitación de los equipos de izaje y su manipulación.

Organiza:

En cuanto al diseño estructural, en sentido longitudinal la estructura estaba compuesta por dos vigas reticuladas de toda la altura del edificio y todo su largo materializada con cordones doble Te electrosoldados y diagonales y montantes que respetaban la tipología de las secciones tipo W laminados del diseño original.

La estructura en sentido transversal fue planteada mediante 6 pórticos principales ubicados en coincidencia con los apoyos, siendo los 4 centrales los extremos superiores de las columnas de hormigón del nuevo bloque central y sus apoyos extremos los constituyen los refuerzos con tabiques sobre los edificios existentes.

Sobre estos casos extremos se utilizaron apoyos elastoméricos para garantizar un apoyo deslizante y “topes” (conectores de corte) en sentido transversal para transferir los esfuerzos transversales producto del viento hacia los tabiques. Todas las columnas están articuladas en sus apoyos.

Estos pórticos transversales contaban con tres niveles de vigas: Nivel 9, Nivel 10 y Azotea.

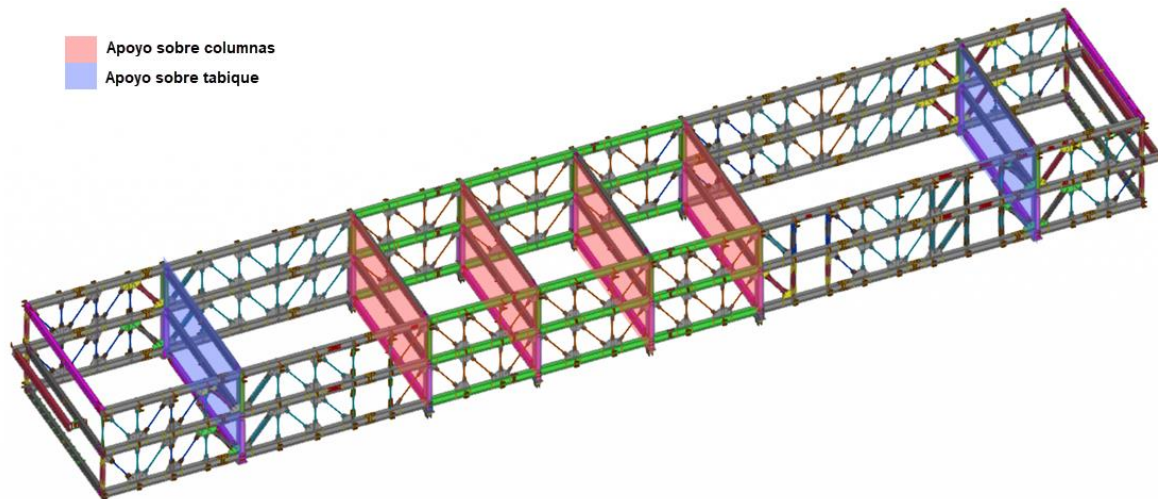


Figura 8. Vistas 3D Estructura Principal Propuesta

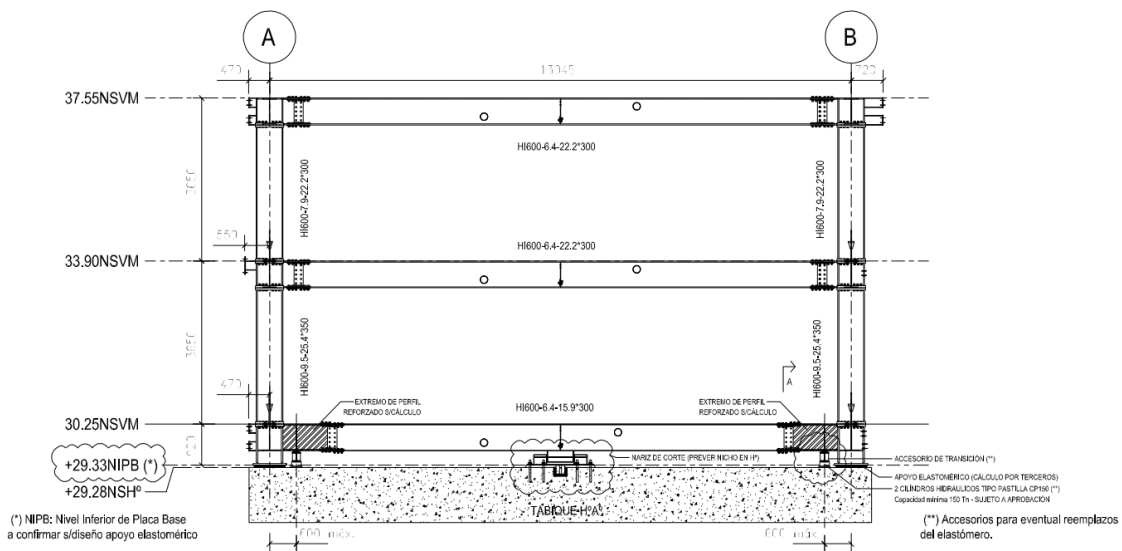
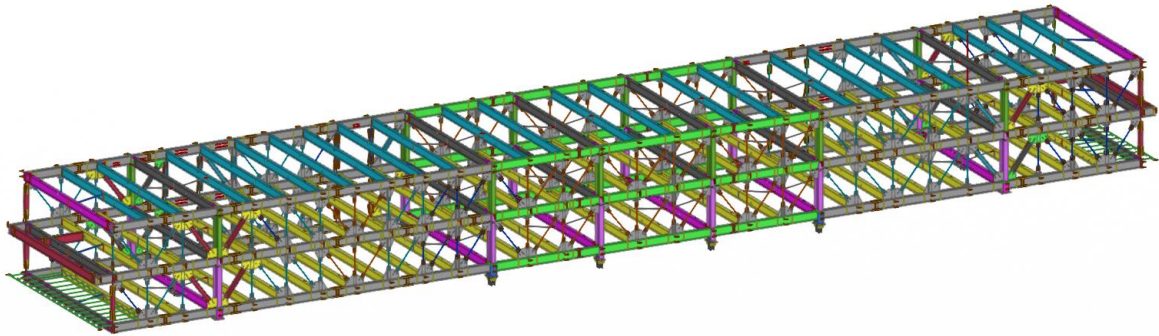


Figura 9. Vista pórticos transversales extremos con apoyo deslizante y conector de corte

Organiza:

Además, transversalmente se colocaron vigas de piso separadas hasta 3 m entre sí, que dan apoyo a las losas de steel deck de 76 mm calibre 20 con una capa de hormigón H-25 de 50 mm sobre cresta. Toda la estructura transversal se realizó con una alternativa de perfiles tipo Doble Te electrosoldados.



*Figura 10. Vistas 3D Estructura Completa Propuesta*

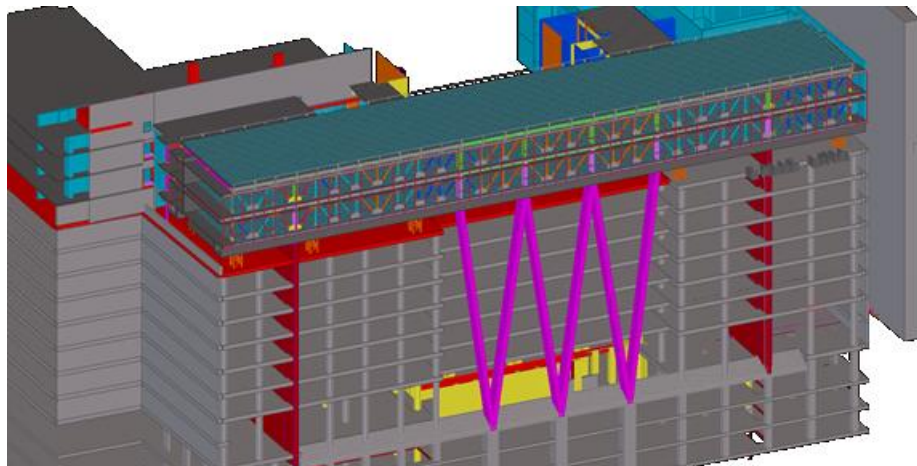
Con el fin de arriostrar contra el pandeo lateral torsional a las vigas transversales (de 12.80 m de longitud), se fijó el Steel Deck a la misma mediante puntos de soldadura y ciertos sectores con conectores tipo Nelson de modo que se garantice el arriostramiento efectivo del ala superior de dichas vigas con el Steel Deck. Otra finalidad de dicha vinculación fue la de generar un diafragma rígido en toda la superficie, el cual garantiza la transmisión de las cargas horizontales hacia los pórticos transversales.

## Ingeniería de detalle

Finalizada la etapa de dimensionamiento, más allá de los lógicos ajustes e iteraciones en función de las soluciones constructivas, se inició el proceso de ingeniería de detalle, donde, mediante software especializado, se tradujo la maqueta de cálculo directamente en una maqueta tridimensional de elementos sólidos, a la que se le aplicaron los conceptos ideales de uniones y detalles pensados durante el cálculo. Esta maqueta se convirtió en una base de datos completa de la obra, donde cada pieza adquirió una entidad espacial, un nombre, sus características físicas (peso, largo, ubicación espacial, calidad, terminación) así como su situación en el tiempo (en proceso de emisión, o fabricación, envío, o en colocación en obra). A su vez mediante la misma se realizaron los cómputos de materiales, bulonería, pinturas, etc., permitiendo la formulación de reportes detallados, planos de fabricación y de montaje.

El traslado de toda la información de diseño desde el software de elementos finitos utilizado (RAM Elements) y el software para el detallamiento (Tekla Structures) se realizó mediante un archivo de intercambio neutro de extensión .sdn (Steel detail neutral file)

Organiza:

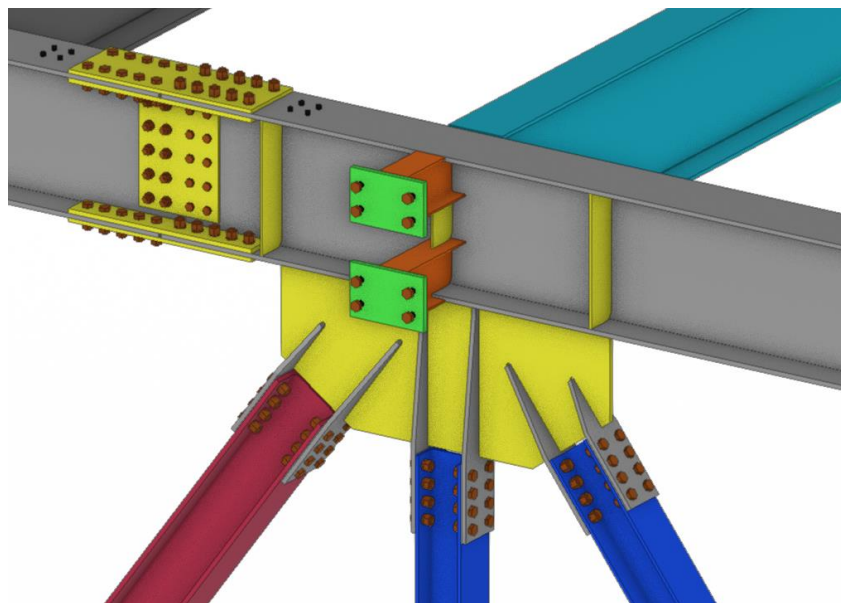


*Figura 11. Vista de modelo BIM para el desarrollo de la ingeniería de detalle*

El traspaso de información entre maqueta de cálculo y maqueta de detalle, así como luego el traspaso a las máquinas de fabricación, se dio completamente en forma electrónica mediante archivos de control numérico, evitando o minimizando la intervención humana y los posibles errores que ello conlleva. En el proceso de detallamiento de la estructura se procedió al ingreso de los detalles de vinculación, la bulonería adecuada a los esfuerzos, los procesos de soldadura de taller necesarios, verificación de coincidencia de ejes o excentricidades admitidas, etc.

En este caso, debido a que la obra se montaba por elementos individuales, hubo que seccionar los distintos elementos creando piezas del tamaño y peso adecuados para poder ser maniobradas por la grúa. Esto requirió un trabajo en conjunto de las oficinas de Cálculo e Ingeniería.

En la Figura 11 se puede observar un nudo del reticulado del puente, realizado con el modelo tridimensional para detallamiento.



*Figura 12. Detalle de nudo reticulado. Modelo BIM para detallamiento.*

Organiza:

En el mismo modelo se incluían todos los elementos auxiliares para montaje y todo lo necesario para la terminación completa de la obra, como ser chapas, canaletas y plegados de cierre, tornillería menor, etc.

Luego se procedió a emitir planos de fabricación de la obra, los reportes de insumos, piezas y planos de montaje con las indicaciones necesarias para el “armado” de la obra.

Es importante destacar la importancia del trabajo coordinado con el equipo de proyectistas para facilitar y asegurar una solución estructural acorde con las funciones del proyecto y con los ideales estéticos. En este caso en particular, se trabajó en varias propuestas que se fueron puliendo hasta lograr los objetivos mencionados, logrando la satisfacción final de ambas partes.

## **FABRICACIÓN**

La fabricación de la obra se desarrolló en la ciudad de Santa Fe. Como se mencionó, la transferencia de información electrónica entre maqueta y equipos de fábrica acompañan a los clásicos planos de fabricación, asegurando la correcta interpretación de geometría y materiales.

Todos los elementos de esta estructura se fabricaron en el taller y se entregaron a la obra de manera individual, en longitudes de hasta 14 m que permitían un fácil transporte. Los empalmes entre tramos principales se realizaron mediante bulones y cubrejuntas.

Por requerimiento del proyecto se proyectaron las uniones principales de cubrejuntas como “slip critical” (deslizamiento crítico), donde la superficie de la conexión se preparó especialmente con pintura epoxi rico en zinc, que asegura la transferencia de esfuerzos por fricción.

Los cordones de las vigas reticuladas eran perfiles doble T de 600 mm de canto y 300 mm de ancho de alas. Los espesores de ala y alma variaban según los esfuerzos normales que solicitaban al reticulado. El armado de estos perfiles se realiza en una máquina especial de armado de perfiles que suelda de forma simultánea ambos cordones de soldadura que conectan el alma con cada ala. La soldadura se realiza mediante un procedimiento de arco sumergido y bajo estrictos controles de seguridad. La misma máquina tiene la capacidad de ajustar las deformaciones en las alas que se generan por el aporte de calor debido al proceso de soldeo.

Para el caso de las vigas reticuladas, que se componían de cordones de sección doble T y diagonales y montantes en base a perfiles laminados, al igual que el resto de los elementos se fabricaron por partes en el taller y se enviaron a la obra de manera individual. Sin embargo, debido a la complejidad del trabajo y para evitar inconvenientes y detección de errores una vez ubicados en obra, se realizó un pre montaje en fábrica. De esta manera, se fueron armando los distintos tramos de reticulados y corroborando la correcta fabricación de todos los elementos componentes.

En cuanto a la protección superficial de las piezas, aquellas que quedaban ocultas por el cerramiento (cielorraso o cerramientos laterales) se enviaron a obra sin pintar,

Organiza:

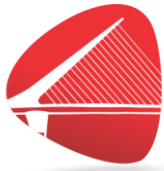
y una vez allí se les aplicó una protección cementicia definitiva. A las diagonales y montantes de las vigas reticuladas longitudinales se les aplicó en fábrica un primer para luego colocar la pintura intumescente en obra que era su acabado definitivo y quedaba expuesto desde el interior.

En las Figuras 12 y 13 se observa un tramo de viga prearmada en fábrica y en la Figura 14 una conexión slip critical.

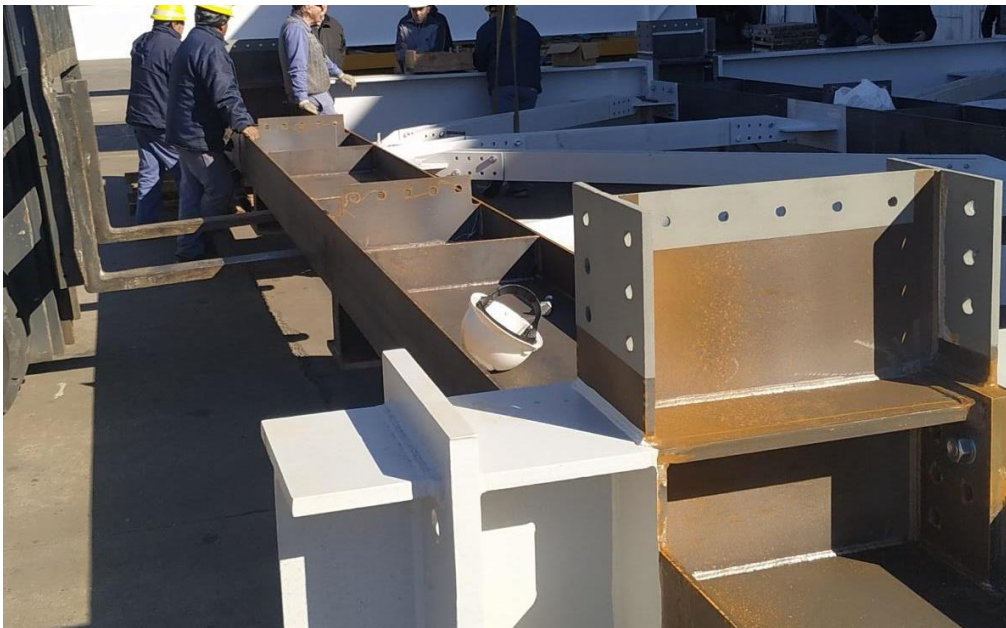


*Figura 13. Pre montaje de viga reticulada en fábrica*

Organiza:



*Figura 14. Pre montaje de viga reticulada*



*Figura 15. Tratamiento de superficie para conexión slip critical*

Organiza:

## LOGÍSTICA

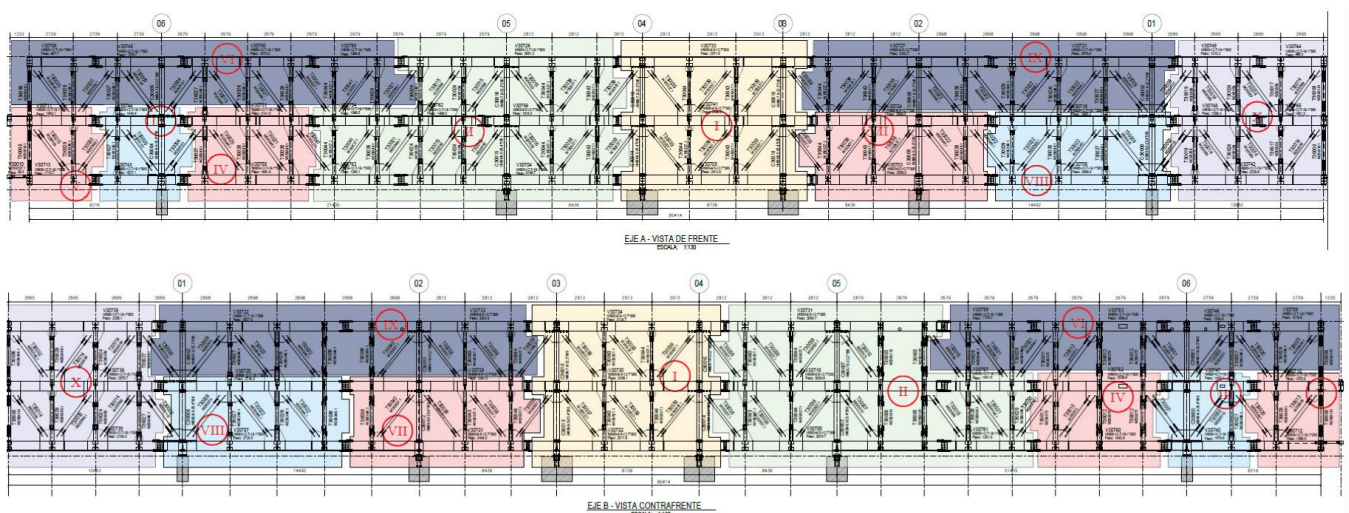
Considerando que la estructura debía montarse en un espacio muy reducido, dentro del centro de la ciudad de Buenos Aires, se debieron tener en cuenta algunos aspectos importantes a la hora de coordinar la fabricación y el envío de las piezas a obra.

- Por encontrarse dentro de una zona muy transitada, el ingreso de semirremolques se permitía solo en horario nocturno, de 22 a 02 hs.
- Debido al escaso lugar de acopio, las piezas a suministrar debían cubrir como máximo 7 días de montaje. Las prioridades se establecían en función de la secuencia de montaje planteada, de manera de asegurar la presencia de los elementos necesarios para cada etapa.
- Los camiones descargaban la estructura en la vereda, y se subía hasta la terraza final de acopio mediante la grúa torre.

## MONTAJE

Si bien el montaje no formó parte de las incumbencias de Cinter en este proyecto, se ocupó el rol de supervisión que incluía entre sus tareas: realizar un seguimiento de los avances, controlar correcta ubicación y ajuste de bulones, proponer alternativas de resolución a desvíos detectados y acercar recomendaciones generales para asegurar la estabilidad del conjunto en todas las etapas.

El izaje de la estructura, que totalizaba unas 360 toneladas, fue llevado a cabo por un tercero en la modalidad pieza por pieza. En el procedimiento realizado se definieron las distintas etapas de montaje de cada cara de la viga longitudinal, conectando con los elementos transversales a medida que se iba avanzando. (Figura 15)



*Figura 16. Secuencia de montaje planteada*

Las piezas se acopiaron sobre la losa de la terraza existente, por lo que el espacio disponible era reducido. Por este motivo se realizaron planos de acopio para cada etapa.

Organiza:

El montaje se realizó directamente desde nivel de acopio hasta la posición final, utilizando una grúa torre Jaso J90L SR2 como principal medio de izaje. La capacidad máxima de la misma era de 2000 kg a 45 mts.

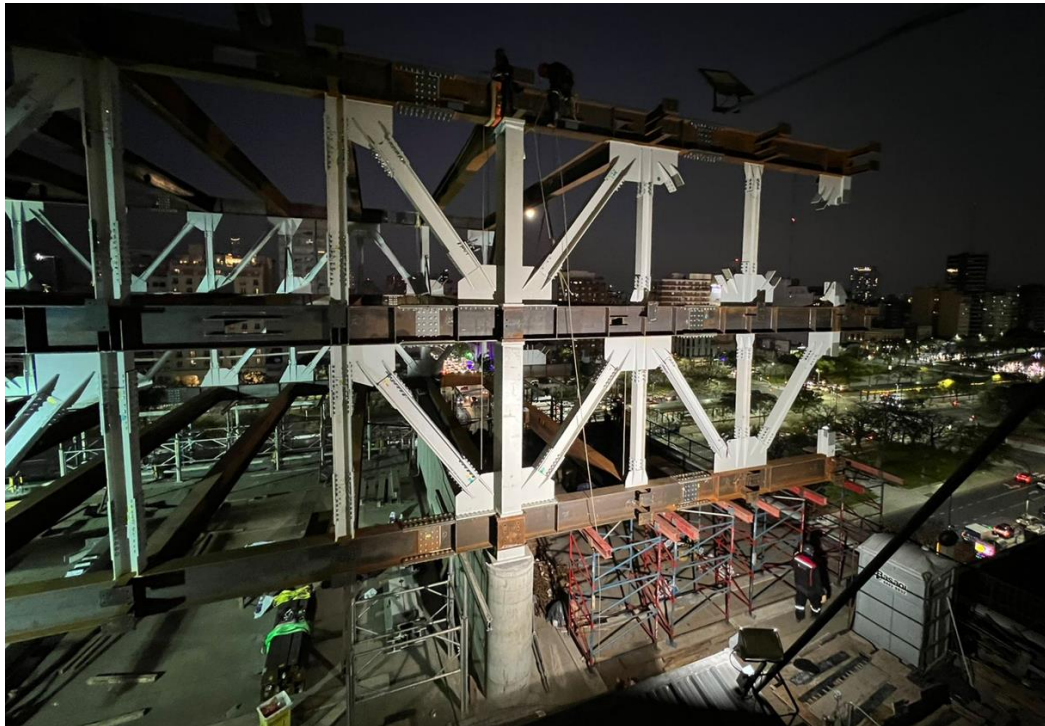
Durante todo el proceso se contó con la presencia de un topógrafo para controlar y verificar los niveles y aplomado en las distintas etapas provisionarias.

Debido a que las piezas se limitaron en tamaño para no exceder la capacidad de la grúa, se generaron etapas provisionarias donde fue necesario emplear torres de carga como elementos auxiliares que aseguren la estabilidad del conjunto. Las mismas se apoyaron en la losa del 8vo piso existente.

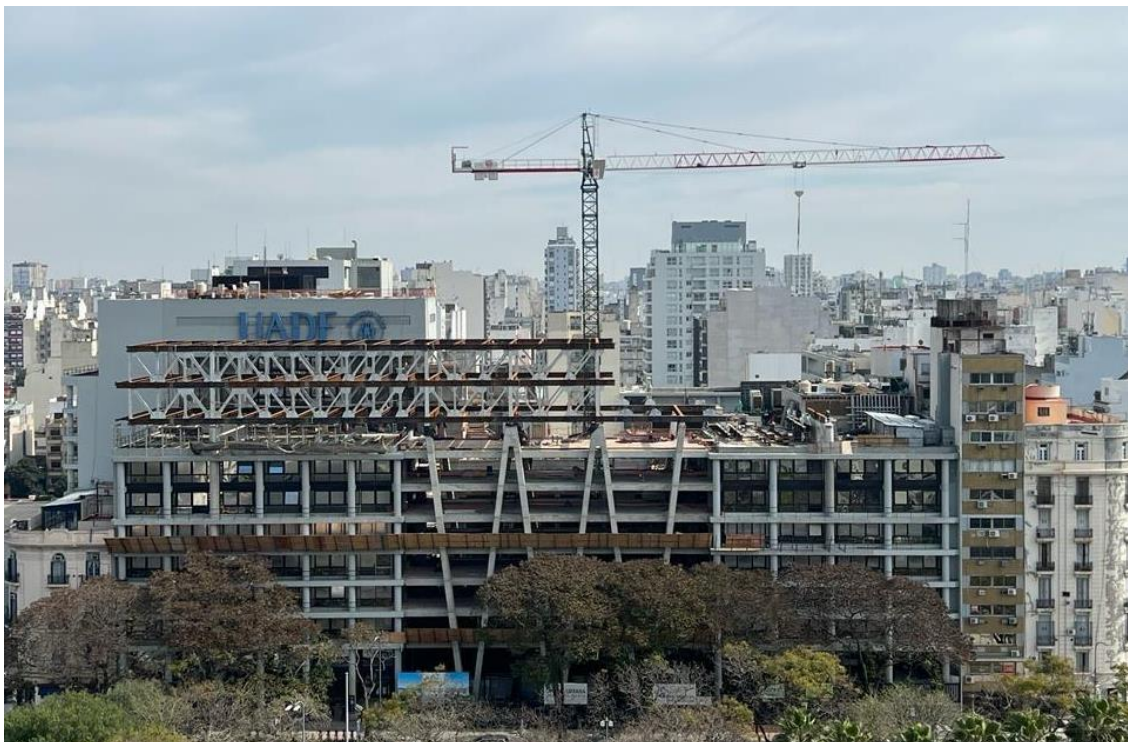


*Figura 17. Montaje*

Organiza:



*Figura 18. Montaje*



*Figura 19. Montaje*

Organiza: