SISTEMA MODULAR INDUSTRIALIZADO LIVIANO
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DE ALTURA

Abstract

El nuevo Sistema permite resolver, con un reducido número de piezas diferenciadas, edificios destinados a viviendas y hoteles de diversas tipologías y diseños, en un rango de tres a doce niveles de altura. Resulta ventajoso el desarrollo de Sistemas prefabricados livianos por cuanto no requieren traslados y montajes de componentes de gran peso y volumen.
Permite construir con menores costos y tiempos, entre otras ventajas, a las que suma la cualidad de hacer posible la construcción en el espacio aéreo de parcelas ocupadas sin clausurar el uso y las actividades que en ellas se desarrollan. Esta posibilidad fue validada con la ampliación en altura de una Clínica de día en la Ciudad de Buenos Aires, sin que la Institución debiera interrumpir la atención de pacientes durante la ejecución de la obra. Esta singularidad puede atenuar la creciente falta de suelo en las ciudades a nivel global; también ofrece una solución a la extrema dificultad que representa para la urbanización de asentamientos y regeneración de áreas urbanas degradadas la necesidad de erradicar a sus pobladores para poder ejecutar las obras.

Titular y director área Arquitectura: Arq. Osvaldo Rodriguez Sajeva.
Director área Estructura. Ing. Gustavo Darin.

El Sistema ha sido Premiado por la Sociedad Central de Arquitectos y el Instituto Argentino de Siderurgia/ Declarado de Interés estratégico por la Comisión de Asuntos Estratégicos y Prospectiva del Consejo Profesional de Ingeniería Civil de la R. A. / Obtuvo el Premio Innovar Emprendimientos e Inventos, el Gran Premio Innovar y Medalla de la OMPI, otorgados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.
Cuenta con Patentes de Invención concedidas en distintos países.

A. Contexto

- **Demanda y productividad**

La población mundial en los próximos 30 años, según proyecciones de Naciones Unidas, sumará casi 2000 millones de personas. El planeta pasaría de 8000 millones a 10000 millones de habitantes.
Publicaciones del Foro Económico Mundial advierten sobre la lentitud de los cambios en la industria de la construcción que la diferencia de otros sectores, como la agricultura y la producción fabril, cuya productividad se ha ido transformando con el tiempo, ejemplificando que entre 1947 y 2010, la productividad fabril estadounidense alcanzó un 760% de crecimiento acumulado en términos reales (descontando la inflación), contra apenas el 6% en el caso de la construcción.




- **Sustentabilidad**

Organizaciones como ONU, BID y OCDE, recomiendan restringir drásticamente la expansión de la huella urbana de las ciudades que se genera con el crecimiento ilimitado de áreas residenciales de baja densidad. Este modelo de crecimiento genera severos y comprobados impactos negativos ambientales, sociales y económicos. Si la construcción del astronómico número de viviendas que serán necesarias en el futuro cercano se produce en base a la expansión descontrolada de la huella urbana, donde proliferen viviendas individuales y edificios de baja altura, significará arrasar con territorios semirurales, vitales para la producción y abastecimiento de alimentos frescos a las ciudades y provisión a ellas de aire sin contaminar. También provocará un aumento exponencial del transporte automotor y de la severa contaminación que produce, entre otros problemas.




Tampoco es sustentable la proliferación de edificios de gran altura o rascacielos por su excesivo consumo de energía, entre otras razones. La Agenda 2030 de Naciones Unidas para el desarrollo sustentable de ciudades, incluye entre sus objetivos el crecimiento con áreas intraurbanas densificadas, inclusivas, amigables con el peatón, con drástica reducción del transporte automotor y suficientes espacios verdes. Estos objetivos están en consonancia con la denominada "Ciudad de los 15 minutos", una tendencia creciente en grandes ciudades del mundo.
La tipología de viviendas acorde con este modelo es la de edificios verticales de altura.





- **Tecnología**

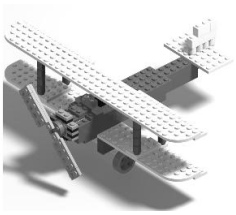
La tecnología dominante en la construcción de multifamiliares de altura es artesanal "in situ". La OIT lo califica como "Un trabajo de baja tecnología, sucio, difícil y peligroso". Es una de las industrias con mayor número de accidentes y víctimas fatales, y una de las más contaminantes.
En la actualidad, el proceso se encuentra altamente basado en el proyecto puntual, es decir, desarrollos específicos para los requerimientos del cliente, usando diseños concebidos desde cero y con muy poco grado de estandarización. A su vez existe una multitud de actores implicados en cada paso lo que puede derivar en importantes fricciones en las interfases. La construcción debe realizarse inclusive en entornos hostiles, con una gran parte de la mano de obra temporal y artesanal, y con uso limitado de herramientas digitales de un extremo a otro del proceso. Por contraposición, la construcción podría reflejar una gran parte de proyectos erigidos utilizando componentes modulares, elaborados mediante procesos con un alto grado de estandarización

que se puedan ensamblar de acuerdo con los requisitos del cliente. De modo que la cadena de valor esté más consolidada, tanto vertical como horizontalmente y la digitalización se encuentre a lo largo de todo el proceso. En términos generales, lo que se busca es pasar de un entorno productivo altamente complejo, fragmentado y con el foco en el proyecto…




…hacia uno que sea estandarizado, consolidado y con el foco puesto en el producto.





La raíz de la vigencia dominante de la construcción “in situ” se encuentra en el modelo estructural Trilito de columnas y travesaños en sus diversas variantes, que ha sido un protagonista excluyente a lo largo de la historia de la humanidad por su gran versatilidad.

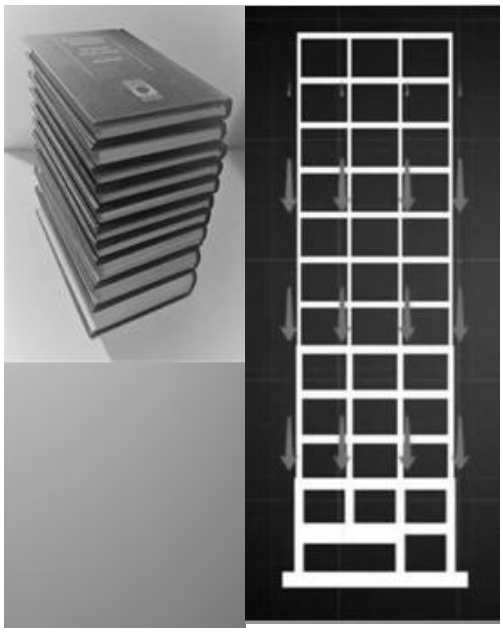








Este modelo de pórticos planos se asemeja a una pila de libros, cada nivel apoya en el que esta debajo. Como es sabido las columnas inferiores reciben mayores cargas que las superiores y a diferente solicitación corresponde diferente respuesta; las diferencias serán proporcionales a la altura del edificio. También serán diferentes las columnas de edificios con distinta cantidad de niveles, por caso, uno de cinco y otro de doce plantas; también los tabiques tendrán diferentes dimensiones según la sección de las columnas en que encajen, y para disponer en la planta baja locales que requieran superficies despejadas, serán necesarias diferentes vigas y paños de losa.
Un Sistema de prefabricación se basa en: modulación, producción en serie de un reducido número de componentes diferenciados estandarizados y, lo más importante, reglas de relación entre los componentes, lo cual está a la vista que es incompatible con el modelo Trilito para producir edificios de altura.



Esta inadecuación se puede parangonar con la limitación que enfrentó el modelo en la evolución de los grandes puentes del Siglo XIX por la necesidad de alcanzar cada vez mayores distancias entre apoyos. Esos límites fueron superados con nuevos tipos estructurales, alejados del principio de apilar materia comprimida, explotando la capacidad del acero para enfrentar esfuerzos de tracción.

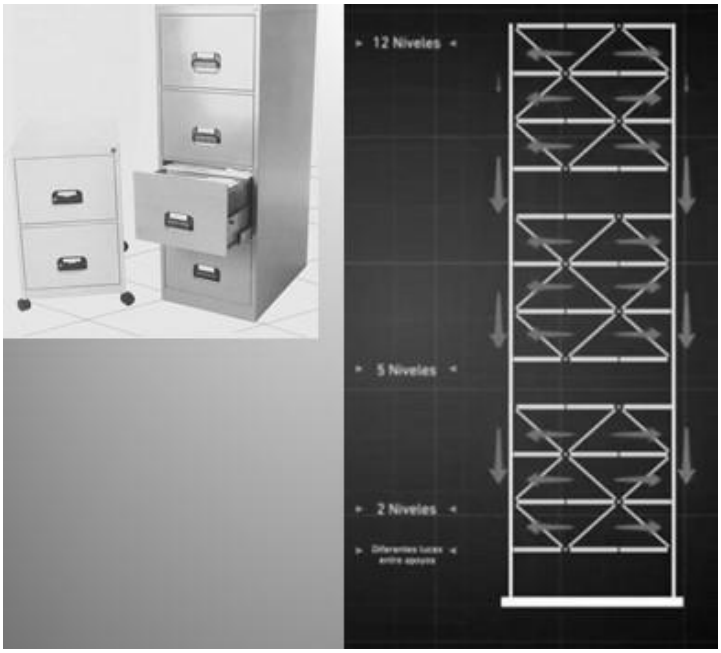




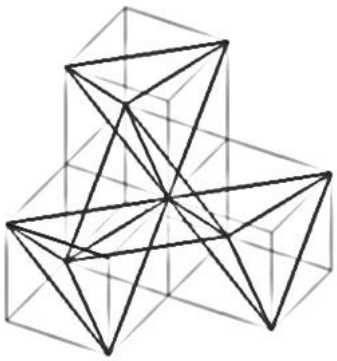
B. Sistema Modular Industrializado Liviano

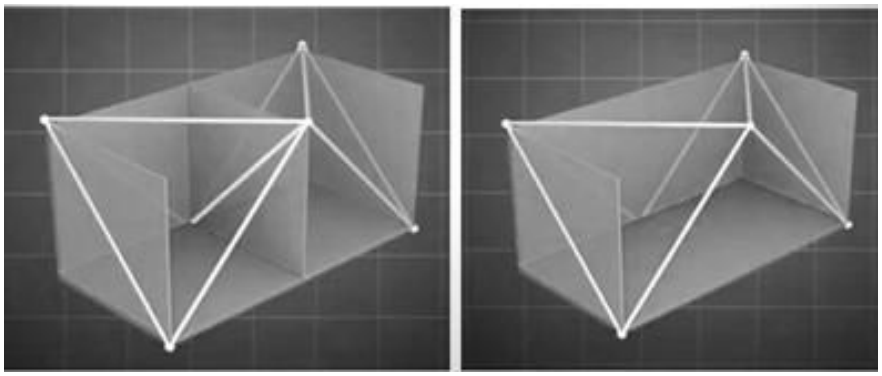
La prefabricación modular liviana ofrece la ventaja de evitar costosos traslados y montajes de componentes de gran peso y volumen, sobre todo en zonas de difícil acceso.
El Sistema tiene su raíz en un nuevo modelo estructural conformado por la yuxtaposición vertical de estereoestructuras de dos capas. A diferencia del Trilito, en vez de semejarse a una pila de libros es similar a las cajoneras, en las cuales no importa cuántos cajones sean, ni si un cajón está ubicado más arriba o más abajo son

todos iguales, porque apoyan en los bordes y no uno sobre otro. De modo similar, los “cajones estructurales” de dos o tres niveles son independientes separados entre sí por un nivel; los componentes son standard en toda la altura.

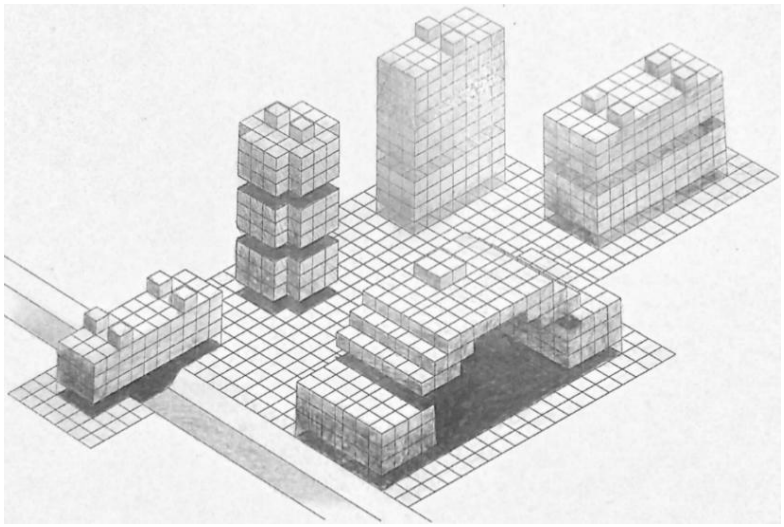


El Sistema tiene módulo dual; el módulo tetraédrico de la estereoestructura contiene un módulo hexaédrico de habitación. La simbiosis entre ambos poliedros, aparentemente incompatibles, se produce porque las barras diagonales del tetraedro son coincidentes con las diagonales de las caras del hexaedro. La yuxtaposición vertical de estereoestructuras permite la supresión selectiva de algunas de las barras diagonales, porque la carga de la barra eliminada es absorbida por las adyacentes, con lo cual se pueden suprimir caras verticales del hexaedro (paredes coincidentes con diagonales eliminadas) y así configurar espacios mayores al módulo para diseñar los distintos espacios de una vivienda, circulaciones, etc.



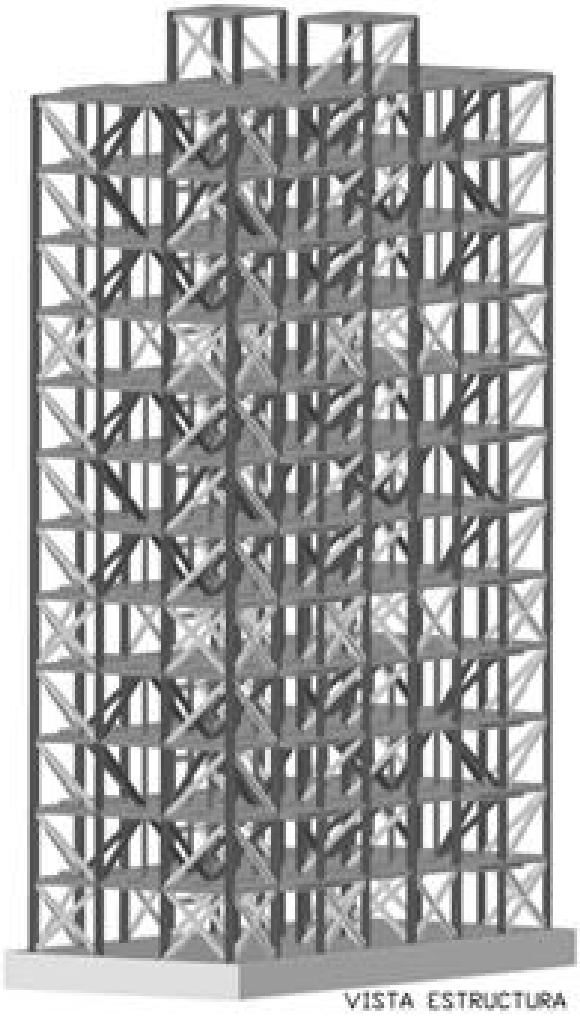


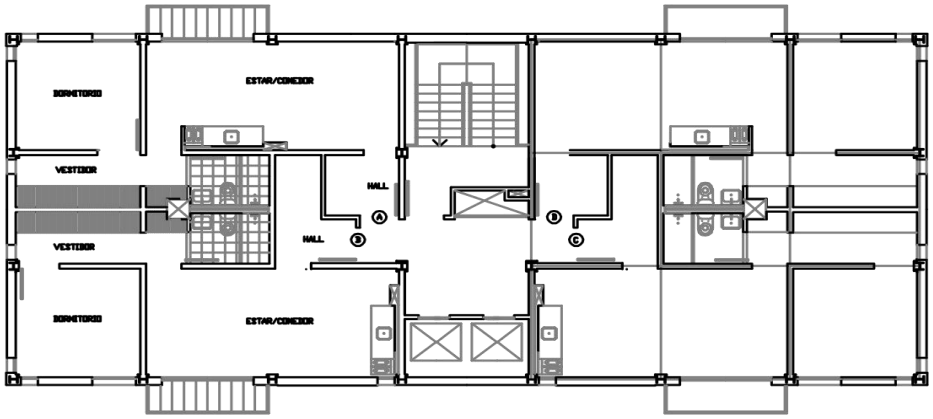
El Sistema ofrece gran flexibilidad de diseño para resolver diversas escalas y tipologías edilicias, y distintas plantas funcionales con un reducido número de piezas diferenciadas standard. Pueden diseñarse, entre otros, edificios puente, bloques horizontales o verticales, volúmenes escalonados, voladizos, etc.
No requiere tabiques de hormigón para responder a fuerzas horizontales de viento severo y sismo.



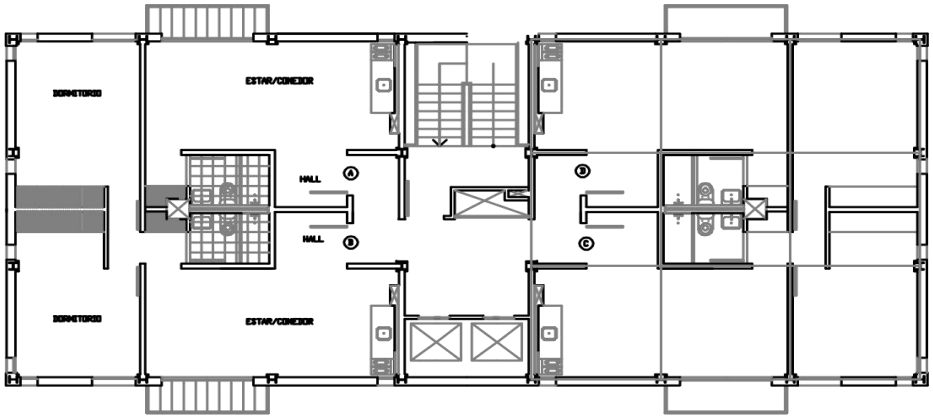
Se muestra a título ilustrativo un ejemplo de edificio multifamiliar de altura. El diseño, que admite innumerables variantes, no difiere formal y funcionalmente de los estándares habituales del mercado de viviendas y hotelería.



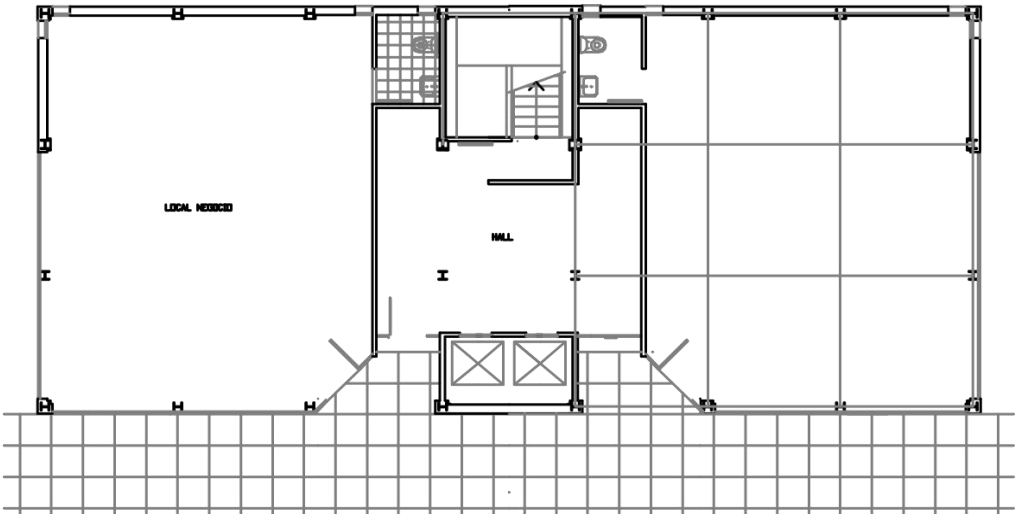




PLANTA TIPO



PLANTA PISOS 4-8



La nueva tecnología permite construir sobre parcelas ocupadas por edificios de baja altura, estacionamientos, etc. sin interrumpir el uso y las actividades que en ellas se desarrollan para poder ejecutar las obras. Esta singularidad abre la posibilidad de atenuar la creciente falta de suelo en las ciudades a nivel global, y puede significar el desarrollo de un nuevo mercado inmobiliario.







Esta posibilidad fue validada con la ampliación de una Clínica de día en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Se construyeron dos pisos sobre lo existente y un entrepiso sobre planta baja sin suspender la atención de pacientes para la ejecución de la obra. Vale aclarar que el Sistema tiene su mejor rendimiento en edificios de perímetro libre.



Existente



Proyectado

La institución sólo interrumpía las actividades durante una semana al año para vacaciones. En ese lapso se ejecutaron las bases de las cuatro columnas del Proyecto, con luces de 13.50 mts., el bajo recorrido de ascensor, la conexión a cloaca y los desagües pluviales.

Ejemplo de ejecución de Base: Excavación, armadura, hormigonado, rellenado, recomposición de piso y puesta nuevamente en uso del local.



El montaje del primer y segundo tramo de las columnas se ejecutó durante cuatro fines de semana.



A continuación, se ejecutaron los trabajos en los pisos altos hasta su finalización en días laborables y horarios acostumbrados.

Montaje de estructura metálica. Ejecución de losas,instalaciones, cerramientos verticales y terminaciones.

Los perfiles estructurales y paneles de cerramiento corresponden a una versión superada del Sistema**.**









Terminados los trabajos en los dos niveles de la ampliación, las actividades se trasladaron a esas plantas altas; luego se ejecutó el entrepiso sobre planta baja y finalmente las terminaciones en este nivel. A partir de lo cual la Clínica comenzó a funcionar a plena capacidad.





Intervenciones urbanas

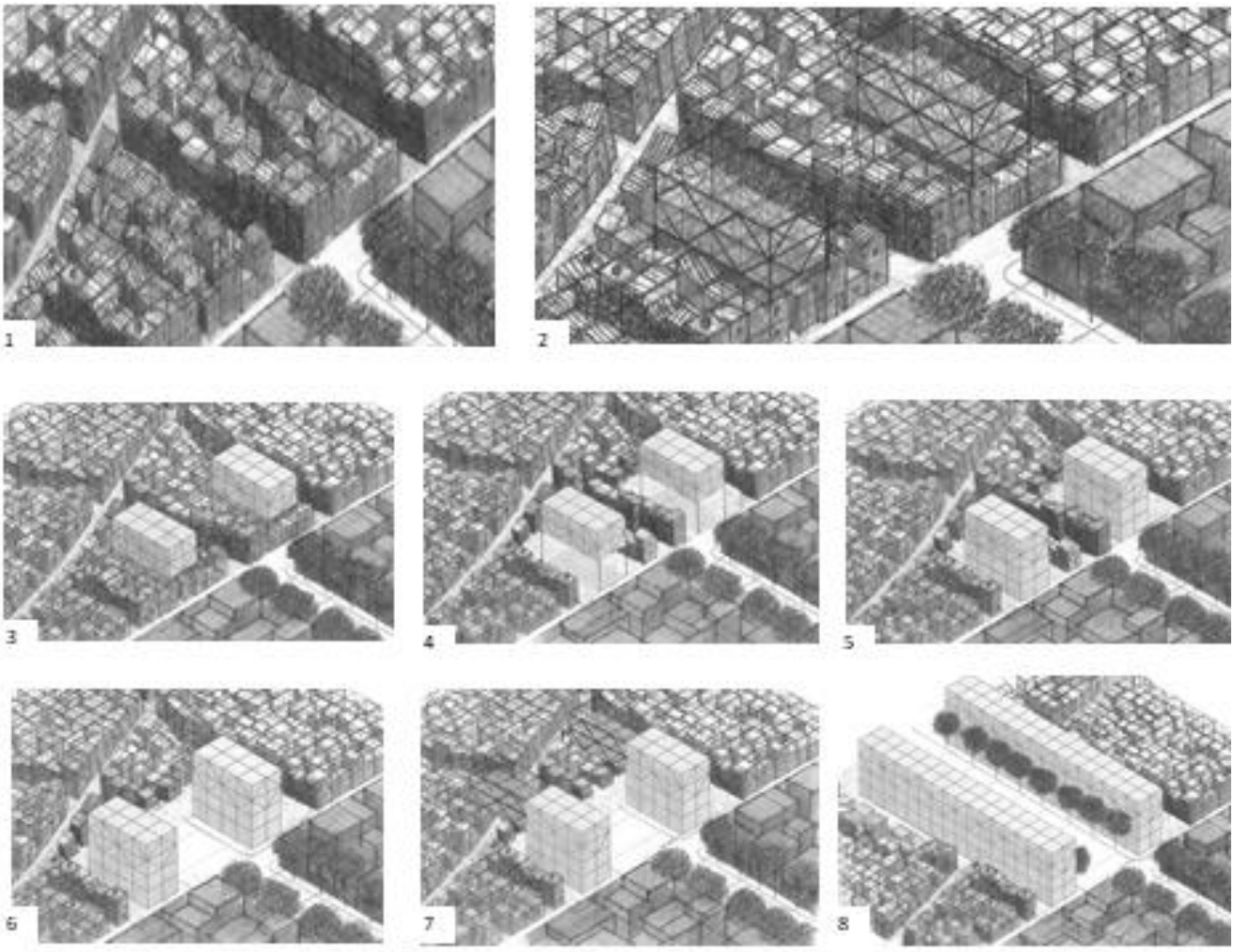
La urbanización de asentamientos requiere la erradicación de sus pobladores para poder ejecutar las obras, lo cual es generalmente inviable. Con el Sistema es posible la construcción de viviendas, apertura de calles, tendido de redes de servicios, etc. sin erradicar a los pobladores, utilizando el mismo método probado en la ampliación descripta de la Clínica.





imagen indicativa

Proceso de ejecución



1.Relevamiento físico y social del área a urbanizar. Proyecto. Programación técnico-social de la obra.

2. Ejecución de fundaciones, estructura de los niveles superiores sobre lo existente y acometida de servicios.

3. Terminación de niveles altos. Entrega de las unidades a los habitantes de viviendas existentes.

4. Demolición de viviendas existentes.

5. Construccion de viviendas de los niveles inferiores.

6. Entrega de las unidades a los habitantes de las viviendas existentes ubicadas sobre la traza de la nueva calle. Demolición de dichas viviendas. Ejecución de calzada y aceras.

7. Inicio de nuevo tramo de avance con la misma secuencia.

8. Terminación de la primera cuadra de la calle, equipamiento urbano y arbolado.

C. Componentes tipo del Sistema

La ejecución de la obra de ampliación de la Clínica permitió validar el nuevo Modelo estructural, desarrollar la optimización del Sistema y del método de montaje de la estructura, que fue probado con la construcción de un prototipo conteniendo las piezas, posiciones y uniones del Mecano, verificando una tolerancia de fabricación y montaje de 3 mm.

- **Estructura**

✓ Columnas y vigas: Perfiles laminados serie W
✓ Diagonales: Tubo estructural
✓ Tensores y Puntales: Tubo estructural
✓ Nudos de Unión: Chapas soldadas
✓ Losas: Admiten distintas soluciones.



- **Cerramientos**

✓ Paneles interiores y exteriores: Admiten distintas soluciones.

✓ Tabique sanitario tipo de baño y de cocina: Cada uno de ellos consta de tres partes, a) panel conteniendo las instalaciones b) caja suspendida de la losa de piso con los desagües y c) pleno vertical.

D. Producción

Por ser un Sistema de prefabricación liviana, no requiere equipo pesado para el montaje.

E. PRINCIPALES VENTAJAS

- ✓ **Cuidado del medio ambiente**
  - Uso de materiales no contaminantes y reciclables. Menor consumo de energía y de agua.
  - Drástica reducción de residuos.

- ✓ **Economía.**
  Menores costos directos, indirectos y financieros por economía de escala, drástica reducción de mano de obra calificada y menor tiempo de obra.

- ✓ **Productividad.**
  - Fabricación simultánea de componentes estructurales y no estructurales.
  - Simplicidad y rapidez de montaje.
  - Drástica reducción de imprevistos.

- ✓ **Mayor calidad**
  - Doble control (en taller y en obra).
  - Tolerancias milimétricas de fabricación y montaje.

- ✓ **Trabajo seguro**
  - Rotunda reducción de trabajos en obra, menor exposición a riesgos.