



Codesarrollo de **Componentes**

NOVIEMBRE 2025



Índice

Introducción

- Componentes del grupo codesarrollo	3
- Objetivos del estudio	4
- Caso de estudio: EPTS	5
- Estructura del estudio	7
- Grados de industrialización	8

Verticales

- Estructuras	9
- Envolvertes	12
- Instalaciones	33

Estudio comparativo

- Cronograma	59
- Presupuesto	64
- Prestaciones	68
- Conclusiones	70



Componentes del grupo codesarrollo

VERTICAL ESTRUCTURAS



INGENNUE

011h

Molins

Moldtech



COORDINADOR Y
AUTOR PROYECTO



VERTICAL ENVOLVENTES



Ruiz
—Larrea



KNAUF



Molins



VERTICAL INSTALACIONES



Oaliaxis



+GF+ uponor



Panasonic



VERTICAL INTEGRADORES

.paee



acr



Bilba.

011h

INGENNUE



PROMOTORES



CULMIA



KRONOS
HOMES



metrovacesa



Objetivos del estudio

El objetivo principal del grupo de Codesarrollo de Elementos Industrializados es **hacer una comparativa entre la ejecución de un proyecto en construcción tradicional y construcción industrializada, analizando el proceso de esta, el grado al que se podría llegar y sus ventajas asociadas.**

Desde el verano de 2010 hasta 2024, el déficit de vivienda en España ha superado las 740.000 unidades, reflejo de una significativa ineficiencia estructural del sector de la construcción. Esta situación se agrava con una escasez crítica de mano de obra calificada –que afecta a más del 50% de las empresas– y una preocupante falta de relevo generacional, donde la población joven apenas representa el 10,3% de las personas ocupadas, frente al 8,6% de mayores de 60 años. A ello se suma que el 41% de los proyectos superan tanto presupuestos como plazos previstos, mientras la inversión en I+D no alcanza ni el 1% del PIB. Además, el sector es responsable del 37% de las emisiones globales de CO₂.

En este contexto, y con la vivienda situada como la principal preocupación ciudadana según la primera encuesta del CIS de 2025 –su nivel más alto desde 2008–, se vuelve pertinente explorar alternativas más eficientes, sostenibles y escalables a la forma de construir actual. Este estudio comparativo entre construcción tradicional e industrializada pretende, por tanto, analizar objetivamente y con una metodología basada en datos las ventajas de esta última como respuesta necesaria a los desafíos actuales del sector.

El estudio consta de tres líneas principales de trabajo, fundamentales a la hora de poder analizar las ventajas competitivas que puede ofrecer la industrialización al sector de la construcción: **comparativa de tiempos de ejecución, de costes de construcción y de prestaciones constructivas.** Con ello, el objetivo es demostrar tres premisas:

La industrialización...

- **ahorra plazos de ejecución**
- **es competitiva económicamente**
- **mejora la calidad constructiva**



Caso de estudio:

EPTS

Este estudio se realiza en torno a un caso concreto, una versión del **EPTS: Edificio Piloto Tecnológico Sostenible**. Este edificio, proyectado previamente en un grupo de trabajo del Clúster de la Edificación, está diseñado con una geometría que permite la adopción de distintos sistemas constructivos industrializados. Ya en sus fases iniciales, defendía cuatro valores fundamentales: certeza de presupuesto, mejora de sostenibilidad, optimización del mantenimiento y mejora del plazo de ejecución.

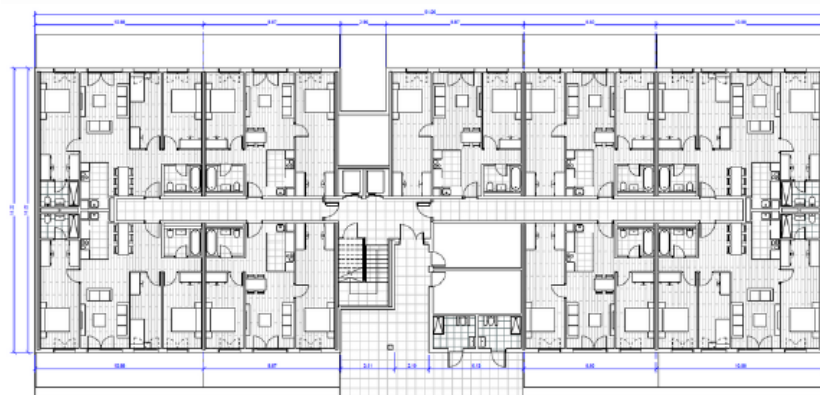
El proyecto responde tanto a criterios técnicos como a necesidades del mercado, siendo un producto con el que los promotores se pueden sentir identificados, siendo competitivo, eficiente y alineado con las tendencias actuales, con el objetivo de esclarecer cómo la industrialización (en distintos grados), aplicada desde el diseño, puede generar soluciones más sostenibles y rentables.

Para el estudio, se considera el edificio ubicado en Madrid, zona climática D3. Cuenta con 65 viviendas, de distintas tipologías de 1 dormitorio (2), 2 dormitorios (35) o 3 dormitorios (28), distribuidas en planta baja más cinco y ático. Cuenta además con dos plantas más bajo rasante para albergar el espacio de aparcamiento.

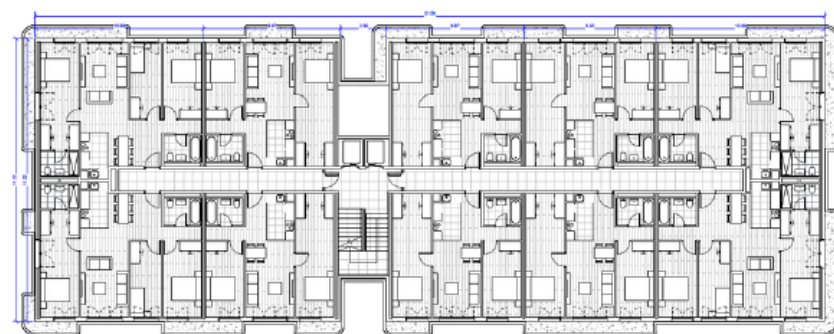
Estudio previo

En una fase inicial se planteó realizar el estudio en torno a un proyecto real y ejecutado, facilitado en este caso por Kronos Homes ("The Cube", en Tarragona), pero se corroboró la premisa de que la industrialización debe integrarse desde el inicio del proyecto debido a la alta dificultad de adaptar ciertas soluciones industrializadas a la geometría y planteamiento de un proyecto ya ejecutado en construcción tradicional (o de un proyecto definido y desarrollado para ejecutar), no pudiendo aprovechar todas las Codesarrollos de componentes industrializados

ventajas y potencial de ciertos sistemas industrializados estudiados debido a los condicionantes de implantación o geometría propios del proyecto, llegando incluso a resultar en desventaja frente a la solución tradicional.



Planta baja



Planta tipo



Edificio EPTS. Plantas. Fuente: CIP ARQUITECTOS.



TIPOLOGÍAS ESQUEMA
PLANTA BAJA

Tipologías



TIPOLOGÍAS ESQUEMA
PLANTA TIPO

Tipologías



TIPOLOGÍAS ESQUEMA
PLANTA ÁTICO

Tipologías



TIPOLOGÍAS	
Tipo vivienda	Recuento
1D.1	2
2D.1	30
2D.2	5
3D.1	20
3D.2	4
3D.3	4
	65



Estructura del estudio

La estructura del estudio desarrollado responde a la organización en distintas verticales dedicadas a distintos aspectos del proceso constructivo industrializado como estructura, envolvente e instalaciones.

En el apartado de estructuras se estudian éstas como un sistema unificado constituido por la propia estructura y la envolvente al ser dos aspectos indisolubles para asegurar el correcto desempeño de la misma. En lo concerniente a envolventes, el estudio se enfoca en un análisis comparativo entre las fachadas industrializadas 2D con una estructura convencional que no precisan andamios para su completa colocación y la forma habitual de construcción de fachadas mediante técnicas tradicionales. En cuanto a lo que se refiere a instalaciones industrializadas, se muestran los avances en la industrialización de estos elementos.

Se lleva a cabo una descripción de cada una de las soluciones, cronogramas, presupuestos, análisis de prestaciones y un apoyo gráfico explicativo. Todos estos resultados se integrarán para obtener comparativas que faciliten la toma de decisiones, así como conclusiones en el mismo sentido.

APOYO GRÁFICO EXPLICATIVO

Tabla 1. Estructura del estudio

Estructura industrializada	Envolvente Industrializada	Instalaciones Industrializadas
Estructura y envolventes como sistema unificado	Estructura tradicional de elementos de fachadas 2D	Avances en industrialización de elementos
CRONOGRAMA		
PRESUPUESTO		
PRESTACIONES		



Grados de industrialización

Utilizando el sistema de clasificación impulsado desde el Clúster de la Edificación, que plantea una clasificación de sistemas constructivos en función de la proporción de componentes industrializados en el sistema (es decir: **coste componentes industrializados/PEM**), se ordenan las distintas variables constructivas planteadas en la estructura del estudio según el siguiente esquema de grados:

- **Grado 0:** construcción tradicional también denominada convencional.
- **Grado 1:** sistemas constructivos tradicionales en los que se implementan mejoras para la optimización de procesos y digitalización.
- **Grado 2 (5-15% PEM):** sistemas constructivos en los que se plantea una estructura convencional y componentes industrializados como baños industrializados o cerramientos industrializados o conjuntos de componentes de baja cuantía económica en el PEM.
- **Grado 3 (15-25% PEM):** sistemas constructivos en los que se plantea una estructura convencional y componentes industrializados como baños industrializados y cerramientos industrializados.
- **Grado 4 (25-35% PEM):** sistemas constructivos industrializados en los que se plantea una estructura realizada con componentes industrializados y cerramientos industrializados.
- **Grado 5 (35-50% PEM):** sistemas constructivos industrializados en los que se plantea una estructura realizada con componentes industrializados, cerramientos industrializados e instalaciones y baños industrializados.
- **Grado 6 (>50% PEM):** sistemas constructivos industrializados constituidos por componentes volumétricos o 3D.

Nota importante: Lo que está incluido en cada grado mencionado arriba es una

mera sugerencia basada en la constatación de muchos casos. Sin embargo, lo que marca el grado es el peso de los componentes industrializados en el PEM con independencia de cuáles son esos componentes – [ver entregable correspondiente AQUÍ](#).

Tabla 2. Grados de industrialización

CASO	GRADO	ESTRUCTURA	ENVOLVENTE	INSTALACIONES
0	0	Tradicional	Tradicional	Tradicional
1	5	CLT	CLT + SATE	Baños, patinillos, contadores, clima
2	5	Hormigón prefabricado	Hormigón prefabricado	Baños, patinillos, contadores, clima
3.1	4	Tradicional	Steel frame (versión 1)	Baños, patinillos, contadores, clima
3.2	4	Tradicional	Steel frame (versión 2)	Baños, patinillos, contadores, clima
3.3	4	Tradicional	Entramado de madera	Baños, patinillos, contadores, clima
3.4	4	Tradicional	Hormigón prefabricado	Baños, patinillos, contadores, clima



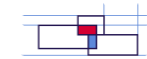
Estructuras: Sistemas

Análisis de distintos sistemas constructivos industrializados considerados para el caso de estudio, analizando los distintos condicionantes que puedan esclarecer la idoneidad de utilizar uno u otro:

Tabla 3. Sistemas estructurales industrializados y condiciones

Titular del sistema	SEI	XILONOR (Finsa)	MAN NI GREEN TECH	ICONKRETE	PREINCO	MOLINS	011h
Modelo	El Structural System – sistema SEI®	Xilonor (Grupo Finsa)	SISTEMA DELIFT A	Sistema PANELES VERTICAL ES®	Sistema de paneles portantes de hormigón armado	Sistema Industrializado Prefabricado de Hormigón MOLINS	Integrador de sistemas industrializados
Material	Hormigón	Madera	Acero	Hormigón	Hormigón	Hormigón	Mixto: madera hormigón acero
Distancia máxima entre vanos	8 metros	8.5 metros	6 metros	Entre 8 y 12 según espesor de la placa alveolar	Según forjado utilizado	12.5 metros	Según forjado utilizado
Altura máxima pisos	Sin limitación	18 pisos	4 pisos	4 pisos + ático retranqueado	Sin limitación	Sin limitación	Sin limitación
¿Dispone de DAP de instalación?	No	No	No	No	No	SI	No es sistema propio
¿Dispone de ETA del sistema?	Si	Si	No (en proceso)	No	No	No	No es sistema propio
Velocidad de montaje	1000 m2/semana con equipo de 3 personas	1200 m2/semana	35-45m2 día equipo	500 m2/semana con equipo de	Depende de la modulación	450 m2/semana por equipo (2-	Depende de la modulación del proyecto

				3 personas	ón del proyecto	3 equipos/o bra	
Reducción de tiempos vs tradicional	50%	50%	50%	35%	50%	25%-30%	30-50%
Estimación del coste	Pendiente	Pendiente	Pendie nte	Pendiente	Depende de la ubicació n	Pendiente	Pendiente
¿Existe distancia límite de fábrica al lugar de ejecución?	300 km	No hay	No hay	300 km	En principio no. A mayor distancia, mayor será el coste.	No	En principio no. A mayor distancia, mayor será el coste.
¿Qué ubicaciones pueden enviarse desde España?	Navarra, País Vasco, La Rioja, Aragón, parte este de Castilla y León, Madrid, Castilla la Mancha, Zona de Sevilla y Málaga, y Barcelona / Valencia, Castellón.	Península completa, islas (Canarias y Baleares) así como Ceuta y Melilla. Posibilidad de transporte internacional a cualquier punto geográfico.	Se puede enviar tanto nacional como internacionalmente	Toda España, aunque por distancia, preferiblemente en Madrid, Castilla La Mancha, Castilla León y Extremadura	Toda la península	Todo el territorio Nacional	Todo el territorio Nacional
¿Permite una deconstrucción para futuro desmantelamiento sin demolición?	De la estructura si, con el edificio terminado se complica.	Si	Si	No	No	Si, siempre que se considere en el diseño	Si, siempre que se considere en el diseño
¿Cuál es la huella de carbono de la solución?	Pendiente	Cada m3 de material, entre 0,8 y 1 Tn NEGATIVA. La estructura puede llegar a reducir entre 240 y 300 kg.CO	Pendie nte	Depende de la tipología de edificación	No está calculada	En proceso, según metodología GCCA	Depende de la tipología de edificación que se acometa.



Estructuras: Sistemas

Sistema de hormigón prefabricado

El sistema Molins Precast Solutions se basa en estructuras industrializadas de hormigón prefabricado, una solución constructiva flexible conformada de manera integral en altura desde sótanos hasta áticos mediante paneles portantes de fachada con aislamiento, paneles interiores, pilares, forjados, balcones y escaleras. Estos elementos se fabrican en planta con control de calidad, se transportan y se ensamblan en obra, reduciendo tiempos de ejecución y optimizando recursos. Todos ellos unidos de manera hiperestática entre sí y con los forjados alveolares, o con prelosas más su capa de compresión.

La propuesta permite un diseño integral y preciso, garantizando alta resistencia estructural, eficiencia energética y acabados arquitectónicos. Con ello se obtiene un proceso constructivo más rápido, seguro y sostenible frente a la edificación tradicional.



PANEL PORTANTE DE FACHADA CON AISLAMIENTO INCORPORADO - ACABADO ARQUITECTÓNICO
PANEL ARRIOSTRANTE DE FACHADA CON AISLAMIENTO INCORPORADO - ACABADO ARQUITECTÓNICO
PANEL PORTANTE INTERIOR
VIGAS PASILLO
PANEL DE NÚCLEO
PRELOSA ARRIOSTALADA
FORJADO PLACA ALVEOLAR

Esquema estructural hormigón prefabricado. Fuente: Molins

Sistema CLT

El sistema 011h se basa en construcción industrializada de bajo carbono mediante elementos prefabricados de madera, principalmente paneles de CLT. Su propuesta incluye la fachada estructural de CLT con aislamiento, junto con paneles interiores arriostrados y núcleos de hormigón cuando se requiere.

Gracias a la fabricación mecanizada en planta, se asegura precisión, reducción de residuos y rapidez de montaje en obra, logrando edificios más sostenibles, escalables y eficientes frente a la construcción tradicional. En este caso, cuenta con estructura pilar y viga GL24, fachada estructural CLT y núcleos de escalera de hormigón armado.





Esquema estructural CLT. Fuente: 011h

Estructuras: Conclusiones

Dos conclusiones fundamentales a la hora de considerar una solución de estructura industrializada:

→ **Considerar la industrialización de la estructura desde el INICIO del proyecto**

→ **Realizar una comparativa holística de costes, teniendo en cuenta la suma de costes directos + costes indirectos**

Además, se añaden unas recomendaciones a la hora de diseñar para estructura industrializada, que no son generalizables, pero sí a tener en cuenta:

→ Es muy importante **asegurar la continuidad en la transmisión vertical de cargas hasta cota de cimentación** a través de los elementos prefabricados portantes que emplee cada sistema (pilares, muros medianeros, paneles portantes de fachada, etc.).

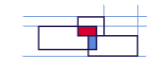
→ **Definir la orientación de escaleras y patinillos acorde a la estructura.** La dirección de la dimensión larga de escaleras y patinillos debe intentar encajar de Codesarrollos de componentes industrializados

forma que pueda ser la misma que la dirección en que se tiene previsto forjar.

→ Intentar **no superar un número máximo de 8 plantas s/rasante**. La normativa DB-SI en vigor establece una altura máxima de evacuación de 28,00 m. Para el caso de edificaciones con una altura s/rasante superior a 28,00 m, será necesario incrementar el espesor de los elementos prefabricados de hormigón que forman parte del sistema constructivo para cumplir con la normativa DB-SI. Ello genera unos sobrecostes que no son nada despreciables en la estructura industrializada de hormigón.

→ Las luces óptimas entre apoyos de forjado deben estar **comprendidas entre los 7,00 y los 8,00 m**.

→ Abstenerse de realizar estudios de encaje de sistemas estructurales industrializados en proyectos que no lo tuvieran en cuenta desde el inicio. En estructuras, más que para ningún otro apartado del edificio, raramente es posible trasladar los beneficios del sistema industrializado a un proyecto tradicional. Esto suele redundar en una dedicación de esfuerzos infructífera y que refuerza la creencia del promotor de que dicho sistema es "más caro".



Envolventes: Introducción

El objetivo del estudio de envolventes es analizar, valorar y comprender los beneficios que presentan las soluciones de envoltorio industrializada con respecto a soluciones más convencionales, tanto desde el punto de vista económico como desde una perspectiva más amplia e incluyendo, además, aspectos cualitativos.

En el análisis planteado se presentan diferentes soluciones de fachada industrializada atendiendo a su tipología constructiva:

- **Subestructura metálica**
- **Subestructura madera (entramado)**
- **Hormigón prefabricado**

A diferencia de los sistemas completos que se estudian en otras verticales, las soluciones se plantean sin ningún tipo de función estructural y/o de arriostramiento, apoyada o colgada sobre una estructura convencional de hormigón armado. La idea del estudio es abordar otras casuísticas de proyecto en las que se compaginan sistemas convencional y de industrialización (rehabilitación energética, proyectos con un grado de industrialización inferior, etc.), que se han denominado como sistemas híbridos.

En el estudio no se han considerado otras soluciones de envoltorio más complejas (cerramientos translúcidos, etc.) o de cubierta, **priorizando aquellas que suponen una alternativa a las que se emplean de forma mayoritaria en las edificaciones residenciales** de vivienda plurifamiliar y que tienen mayor impacto en plazo, costes y medios auxiliares; además de ser soluciones que presentan un grado de industrialización más avanzado en el mercado.

En este sentido y adicionalmente, se define una solución de fachada más convencional con un revestimiento térmico exterior tipo SATE, cumpliendo con los requisitos definidos, que sirve como base para realizar comparativas entre ésta y las soluciones industrializadas propuestas.

Envolventes: requerimientos técnicos y prestaciones

De cara a establecer los objetivos comunes y que las prestaciones de todas las soluciones propuestas sean lo más similares posibles desde el punto de vista técnico, se han establecido en el estudio una serie de requerimientos de uso, técnicos, operativos y desde el punto de vista de la sostenibilidad que se recogen en la siguiente tabla y que sirven de referencia o hipótesis de partida para la definición de los sistemas:

Tabla 4. Requerimientos y prestaciones establecidas para las soluciones objeto de estudio.

REQUERIMIENTOS DE USO Y PERSONALIZACIÓN (CLIENTE)	
INSTALACIONES	Podrán existir instalaciones en cara interior de fachadas o trasdosado
ACABADOS EXTERIORES	Opcionalidades (personalización)
	Industrialización / prefabricación -> Los acabados deberán ser industrializables (foco en piezas vs. acabados en base a morteros)
TRADOSADOS	Se incluye trasdosado en las soluciones (mejora posventa y agilidad en la resolución de ejecución de instalaciones y seguridad frente a riesgo de incendio)



REQUERIMIENTOS OPERATIVOS	
MEDIOS AUXILIARES	MEDIOS AUXILIARES
LOGÍSTICA	LOGÍSTICA
PLAZOS	PLAZOS

REQUERIMIENTOS DE SOSTENIBILIDAD	
AGUA	ACV de cada solución y benchmark uso de recursos de agua (m ³ /m ²) de fachada y repercusión por m ² de superficie construida.
CIRCULARIDAD	Desmontabilidad, reciclaje, etc.
DESCARBONIZACIÓN	
MATERIALES SALUDABLES	ACV de cada solución y benchmark GWP (kgCO ₂ eq/m ²) de fachada y repercusión por m ² de superficie construida.

REQUERIMIENTOS TÉCNICOS		
DB-HR	Ruido exterior	Ld=65~70 dB
	Nivel límite	D2m,nT,Atr=37dB
	Parte ciega (hipótesis de partida) 50% superficie	Rw+Ctr>45 dBA
	Ventana (hipótesis de partida) 50% superficie	Rw+Ctr>37 dBA
	Metodología	Ensayo referencia + simulación
DB-SI	Envolvente viviendas	EI-60

DB-HS	Sectorización	EI-90 (altura evacuación H>15m)
	Reacción al fuego (exterior)	min. B-s3,d0
	Reacción al fuego (interior)	min. A2-s3,d0
	Zona eólica	A
	Grado de aspereza del entorno	IV - Urbano
DB-HE	Z. Pluviométrica	IV
	Velocidad	V2
	Grado de impermeabilidad	G.I = 3
DB-SE AE	Soluciones DB-HS	R1+B1+C1 ó R1+C2
	Limitación de condensaciones	Comprobación por proyecto
	Zona climática	D
DB-SE AE	Transmitancia	Um ≤ 0,23 W/m ² K*
	Viento (estimación)	Wd<1,0 kN/m ² (valor orientativo)
	Acciones sobre barandillas	0,8kN/m

*Se propone para la ubicación del edificio (Madrid) el valor de transmitancia descrito en la tabla, pese a ser más restrictivo que el orientativo para uso residencial privado según el Anejo E. Este valor representa un nivel de aislamiento térmico que mejora en confort interior y reduce la demanda energética, acercándose a los estándares Passivhaus sin comprometer la viabilidad constructiva.

Envolventes: Fachada tradicional

Solución de fachada compuesta por una hoja exterior de cerramiento de ½ pie de ladrillo sobre la que se aplica un sistema SATE de aislamiento térmico EPS por el exterior y un trasdosado interior autoportante, también con aislamiento térmico, acabado al interior con doble placa de yeso laminado.

- Core:

- Fábrica de ½ pie de ladrillo perforado perforado 22,5X11,5 X 9 cm., sentados con mortero M-5, con juntas de 1 cm. de espesor;
- Aislamiento térmico por el exterior de fachadas, a base de placas rígidas de poliestireno expandido (EPS) de 60mm de espesor, fijado al paramento mediante mortero adhesivo, ancladas mecánicamente con espigas de 100 mm, armado con malla;
- Enfoscado exterior maestreado y acabado raspado con mortero hidrófugo GP CSIII W1 de 1,5 cm. de espesor;
- Enfoscado a buena vista sin maestrear, aplicado con llana, con mortero CSIII-W1 de cemento CEM II/B-P 32,5 N y arena de río M-5 en interior de cámaras de aire.

- Trasdoso:

- Autoportante de 78 mm de espesor total, formado por estructura metálica de perfiles de chapa de acero galvanizado Z140, a base de canales de 48/30/0,55mm y montantes de 48/35/0,6 mm modulados cada 400 mm;
- 50 mm de lana mineral (vidrio) $\lambda=0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$;
- Placa cartón yeso cortafuego DF de 15 mm;
- Placa cartón yeso cortafuego DF de 15 mm.

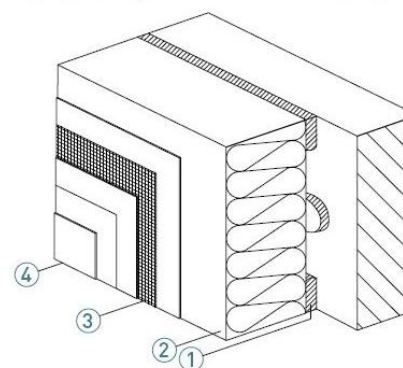


Tabla 5. Características de la fachada tradicional o convencional

CARACTERÍSTICAS GENERALES (valores orientativos)	SOLUCIÓN CONVENCIONAL O TRADICIONAL		
	Core	Trasdosado autoportante	TOTAL
Componentes	- ½ pie LP - 60mm de EPS - enfoscado exterior mortero hidrófugo - enfoscado interior	- canal y montantes 48/35/0,6 c/ 400mm - 50mm de LM - 2 placas cortafuego DF 15mm	-
Peso Estimado	174 kg/m ²	20 kg/m ²	194 kg/m ²
Espesor Total del Sistema (mm)	226 mm	78-80 mm	306 mm
Resistencia Térmica (Rt) (3)	2,02 m ² K/W	1,47 m ² K/W	3,49 m ² K/W
Transmitancia térmica (U), incluyendo Rse y Rsi (3)	-	-	0,27 W/m ² K
Aislamiento Acústico (3)	-	-	Ra = 47 dB (3) RAtr (sin datos)
Reacción al fuego exterior	-	-	B-s1,d0 (Cumple requisito B-s3,d0)
Reacción al fuego interior	-	-	-
Resistencia al Fuego	-	-	-

Impacto Ambiental (GWP) (A1-A3)	70 kgCO ₂ eq/m ² (3)	13 kgCO ₂ eq/m ² (1)	83 kgCO ₂ eq/m ² (1)(3)
---------------------------------	--	--	---

(1) Valores de indicador de impacto de calentamiento global (GWP) según ACV basado en Declaraciones Ambientales de Producto aportadas por Knauf Ibérica, sólo válido para sistemas con componentes Knauf.
 (2) Valores de aislamiento acústico, reacción al fuego y resistencia al fuego según ensayos realizados por Knauf Ibérica. Sólo válidos para sistemas con componentes Knauf.
 (3) Valores orientativos.



1. Fijación
2. Aislamiento
3. Capa base de armadura (mortero de armadura + malla de fibra de vidrio)
4. Capa de acabado
5. Accesorios (no representados en el gráfico)

Esquema básico de un sistema SATE. Fuente: IDEA. Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios



Envolventes: Fachada industrializada subestructura metálica

Se definen dos alternativas para solución de fachada con subestructura metálica.

SOLUCIÓN 1: PLACA CEMENTICIA, SUBESTRUCTURA METÁLICA Y TRASDOSADO INTERIOR

Solución de fachada formada por una subestructura metálica exterior de acero galvanizado en cuya cara exterior se atornilla una placa cementicia, y que aloja aislamiento térmico en la subestructura. Se completa con un trasdosado autoportante de yeso laminado interior con aislamiento térmico.

- Core:
 - Estructura metálica exterior de acero galvanizado Z450 a base de canales (elementos horizontales) de 100x40x0,7 mm y montantes (elementos verticales) de 100x50x1 mm, modulados cada 600 mm con disposición Simple N.
 - Aislamiento de lana mineral de 100 mm de espesor $\lambda=0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$; incluida en el alma.
 - Barrera de agua resistente al agua y al viento y permeable al vapor de agua.
 - Separación entre la hoja exterior e interior de 40 mm de espesor, que incluye lana mineral de 50 mm de espesor $\lambda=0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.
 - Placa cementicia de 2400 x 1200 mm y 12,5 mm de espesor atornillada.
- Trasdoso:
 - Autoportante de 78 mm de espesor total, formado por estructura metálica de perfiles de chapa de acero galvanizado Z140, a base de canales de 48/30/0,55mm y montantes de 48/35/0,6 mm modulados cada 400 mm.

- 50mm de lana mineral (vidrio) $\lambda=0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.
- Placa de yeso laminado cortafuego DF de 15 mm.
- Barrera de vapor (opcional en función del acabado exterior y de la zona climática.)
- Placa de yeso laminado cortafuego DF de 15mm.

Tabla 6. Características de la solución 1 de la fachada con subestructura metálica

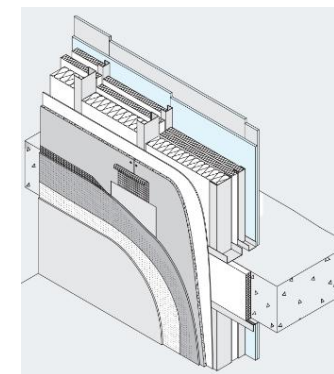
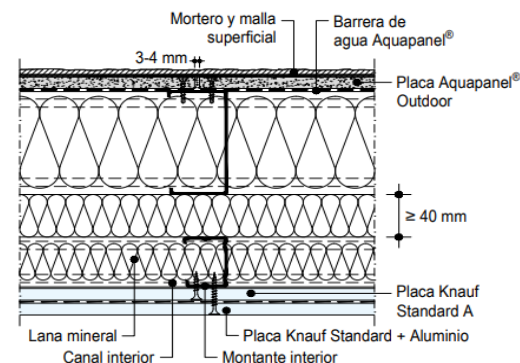
CARACTERÍSTICAS GENERALES (valores orientativos)	SOLUCIÓN 1 INDUSTRIALIZADA CON SUBESTRUCTURA METÁLICA		
	Core	Trasdoso autoportante	TOTAL
Componentes	- 50mm de LM $\lambda=0,035\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ - estructura acero galvanizado canales 100x40x0,7 mm y montantes 100x50x1mm c/600 mm - barrera de agua - placa cementicia 12,5 mm	- canal y montantes 48/35/0,6 c/ 400mm - 50mm de LM $\lambda=0,035\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ - placa cortafuego DF 15mm - barrera de vapor (opcional) - placa cortafuego DF 15mm	-
Peso Estimado	34 kg/m ²	20 kg/m ²	54 kg/m ²
Espesor Total del Sistema (mm)	150 mm	78 mm	228 mm
Resistencia Térmica (Rt) (2)	3,08 m ² K/W (Core)	1,47 m ² K/W	4,55 m ² K/W
Transmitancia térmica (U), incluyendo Rse y Rsi (2)	-	-	0,22 W/m ² K
Aislamiento Acústico (2)	-	-	Rw (C;Ctr) = 64 (-2;-8) dB Ratr = 56 dBA
Reacción al fuego exterior (2)	-	-	B-s1,d0 (Cumple requisito B-s1,d0)
Reacción al fuego interior (2)	-	-	A2-s1,d0 (Cumple requisito A2-s3,d0)



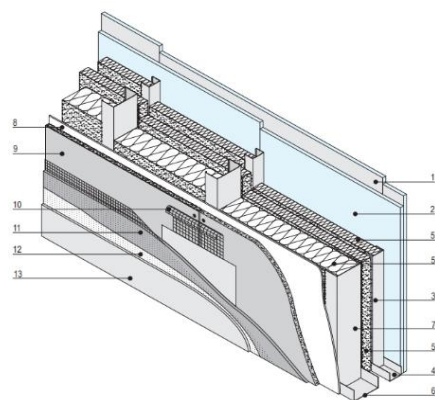
Resistencia al Fuego (2)	-	-	EI-60 (EN 13501) (mejorable a EI-90)
Impacto Ambiental (GWP) (A1-A3) (1)	32 kgCO ₂ eq/m ² *	13 kgCO ₂ eq/m ²	45 kgCO ₂ eq/m ² *
Impacto Ambiental (GWP) (TOTAL) (1)	37 kgCO ₂ eq/m ² *	10 kgCO ₂ eq/m ²	47 kgCO ₂ eq/m ² *
Referencias comerciales de solución completa o componentes (ejemplos)	KNAUF insulation, MAPEI, URSA		

(1) Valores de indicador de impacto de calentamiento global (GWP) según ACV basado en Declaraciones Ambientales de Producto aportadas por Knauf Ibérica, sólo válido para sistemas con componentes Knauf.

(2) Valores de aislamiento acústico, reacción al fuego y resistencia al fuego según ensayos realizados por Knauf Ibérica. Sólo válidos para sistemas con componentes Knauf.



Ejemplo de la solución 1 de fachada industrializada con subestructura metálica. Imágenes facilitadas por Knauf Ibérica.



Legenda

1- Placa Knauf Standard A + AL	4- Canal exterior	7- Placa Aquapanel® Outdoor
2- Placa Knauf Standard A	5- Lana mineral	8- Tratamiento de juntas
3- Montante exterior Knauf EX	6- Barrera de agua Aquapanel®	9- Sistema de fachada ventilada





SOLUCIÓN 2: PANEL SATE, SUBESTRUCTURA METÁLICA Y TRASDOSADO INTERIOR

Solución de fachada formada por un panel SATE exterior y placa de fibroyeso, aislamiento térmico alojado en subestructura de acero galvanizado y trasdosado interior con aislamiento térmico.

- Core:
 - Panel SATE 60 mm formado por 12,5 mm de fibrocemento, 60 mm XPS $\lambda=0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ y 12 mm fibroyeso.
 - Perfil LSF (acero galvanizado) ZH89 de 89 mm de sección y 1,2 mm de espesor.
 - Lana mineral $\lambda=0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ de 10 mm alojada en estructura LSF.;
 - Placa de fibroyeso de 12,5 mm y placa ignífuga DF de 15 mm.
- Trasdoso:
 - Autoportante de 78 mm de espesor total, formado por estructura metálica de perfiles de chapa de acero galvanizado Z140, a base de canales de 48/30/0,55 mm y montantes de 48/35/0,6 mm modulados cada 400 mm.
 - 50mm de lana mineral (vidrio) $\lambda=0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.
 - Placa de yeso laminado cortafuego DF de 15 mm.
 - Barrera de vapor (opcional en función del acabado exterior y de la zona climática.)
 - Placa de yeso laminado cortafuego DF de 15 mm.
 - Barrera de vapor (opcional en función del acabado exterior y de la zona climática.)
 - Placa de yeso laminado cortafuego DF de 15 mm.

Tabla 7. Características de la solución 2 de la fachada con subestructura metálica

CARACTERÍSTICAS GENERALES (valores orientativos)	SOLUCIÓN 2 INDUSTRIALIZADA CON SUBESTRUCTURA METÁLICA		
	Core	Trasdoso autoportante	TOTAL
Componentes	- panel SATE (12,5mm fibrocemento 12 mm +60mm XPS + 12 mm fibroyeso) - perfil LSF ZH89 de 89 mm*1,2 mm - LM 100mm $\lambda=0,035\text{W/(m}\cdot\text{K)}$ - fibroyeso 12,5 mm - placa cortafuego DF 15mm	- canal y montantes 48/35/0,6 c/ 400mm - 50mm de LM $\lambda=0,035\text{W/(m}\cdot\text{K)}$ - placa cortafuego DF 15mm - barrera de vapor (opcional) - placa cortafuego DF 15mm	-
Peso Estimado	70 kg/m ²	20 kg/m ²	90 kg/m ²
Espesor Total del Sistema (mm)	78 mm	166 mm	244 mm
Resistencia Térmica (Rt) (3)	-	-	-
Transmitancia térmica (U), incluyendo Rse y Rsi (3)	-	-	0,21 W/m ² K
Aislamiento Acústico (3)	-	-	Ra > 49dB RAtr (sin datos)
Reacción al fuego exterior (3)	-	-	B-s1,d0
Reacción al fuego interior (3)	-	-	B-s1,d0
Resistencia al Fuego (3)	-	-	EI90
Impacto Ambiental (GWP) (A1-A3) (1)	-	13 kgCO ₂ eq/m ² (1)	-
Impacto Ambiental (GWP) (TOTAL) (2)	-	10 kgCO ₂ eq/m ² (1)	-



Referencias comerciales de solución completa o componentes (ejemplos)

ZERO Housing, THERMOCHIP, MAPEI

- (1) Valores de indicador de impacto de calentamiento global (GWP) según ACV basado en Declaraciones Ambientales de Producto aportadas por Knauf Ibérica, sólo válido para sistemas con componentes Knauf.
- (2) Valores de aislamiento acústico, reacción al fuego y resistencia al fuego según ensayos realizados por Knauf Ibérica. Sólo válidos para sistemas con componentes Knauf.
- (3) Valores orientativos.



Ejemplo de fachada industrializada con subestructura metálica. Imágenes facilitadas por Knauf.

Sección constructiva ejemplo de fachada industrializada con subestructura metálica (sin trasdosado).

Descripción facilitada por Zero Housing.

Envolventes: Fachada industrializada entramado de madera

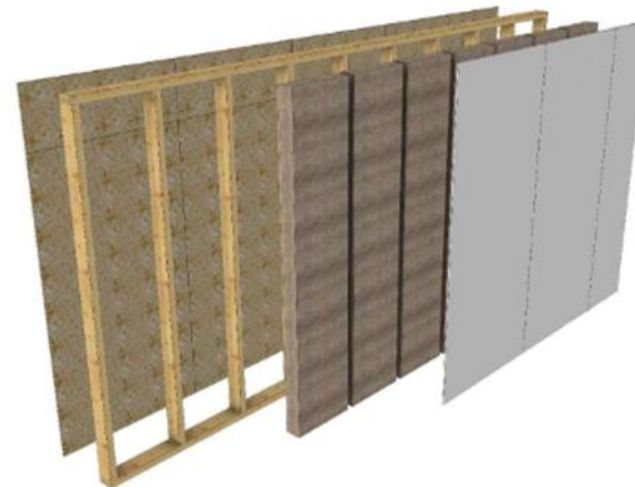
Sistema de fachada compuesta por panel autoportante prefabricado de entramado ligero de madera, trasdosado autoportante de yeso laminado hacia el interior y revestimiento exterior. La solución admite instalación colgada de forjado y apoyada en forjado, así como diferentes opciones de revestimiento.

- Core:

- Panel entramado ligero de madera formado por durmiente superior e inferior y montantes verticales con un interje de 600mm de madera KVH 60x140.
- Placa exterior de cemento y malla de fibra en ambas caras de 12,5 mm.
- Barrera de agua (opcional en función del acabado exterior.)
- Lana mineral $\lambda=0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ de 140 mm alojada en estructura.
- Tablero interior OSB 18 mm.
- Cámara de aire no ventilada 20 mm.
- 3 opciones de revestimiento:
 - a) Revestimiento continuo con malla sobre aislamiento adhesivado a placa exterior del core y fijado mecánicamente a montantes de madera;
 - b) Revestimiento continuo con malla sobre placa exterior del core (necesario añadir una barrera de agua entre la placa exterior del panel prefabricado y su estructura interior de madera);
 - c) Aplacado compuesto por capa impermeable sobre placa exterior del core; subestructura fijada mecánicamente a los montantes de madera; y acabado fijado o adhesivado a la subestructura,

- Trasdoso:

- Autoportante de 78 mm de espesor total, formado por estructura interior de entramado de acero galvanizado a base de canal y montantes 48/35/0,6 modulados cada 400mm.
- 50mm de lana mineral (vidrio) $\lambda=0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.
- Placa cartón yeso cortafuego DF de 15mm.
- Lámina de aluminio (opcional en función del acabado exterior y de la zona climática.)
- Placa cartón yeso cortafuego DF de 15mm.



3D conceptual del sistema de fachada de entramado ligero de madera. Imagen facilitada por 011H.

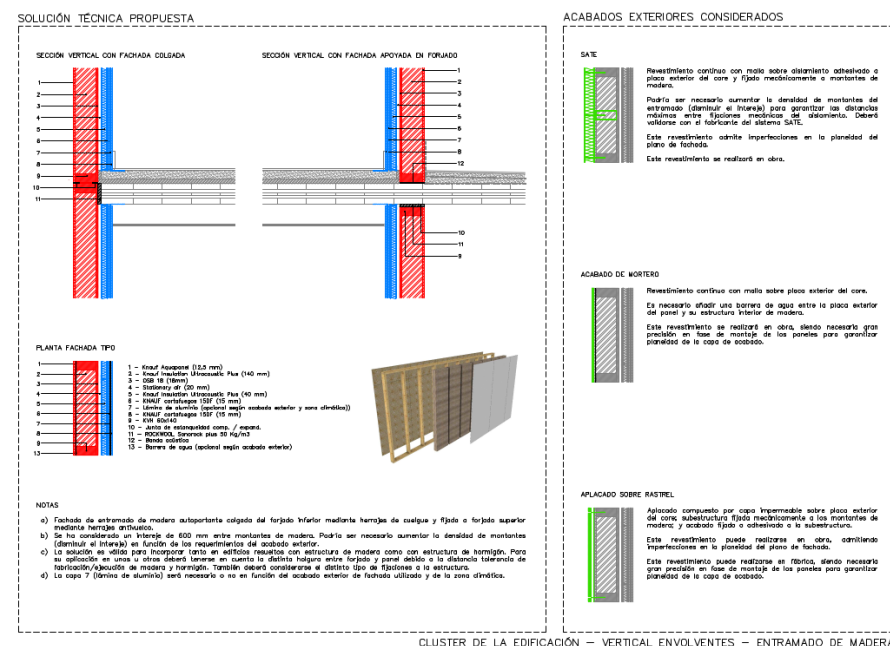


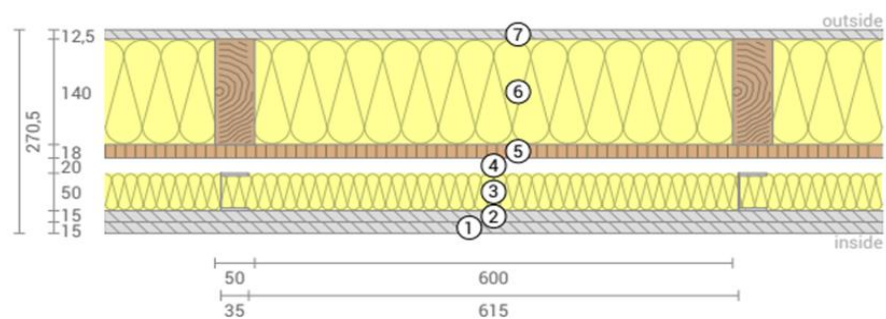
Tabla 8. Características de la fachada industrializada con entramado de madera

CARACTERÍSTICAS GENERALES (valores orientativos)	SOLUCIÓN INDUSTRIALIZADA CON ENTRAMADO DE MADERA		
	Core	Trasdosado autoportante	TOTAL
Componentes	- placa de cemento (12,5 mm) - barrera de agua (opcional) - entramado ligero madera KVH 60x140 - 140mm LM $\lambda=0,037W/(m \cdot K)$ - OSB (18 mm) - cámara aire no ventilada (20 mm)	- canal y montantes 48/35/0,6 c/ 400mm - 50mm de LM $\lambda=0,037W/(m \cdot K)$ - placa ignifuga DF 15mm - lámina de aluminio (opcional) - placa ignifuga DF 15mm	-
Peso Estimado	45 kg/m ²	20 kg/m ²	65 kg/m ² + variable
Espesor Total del Sistema (mm)	190 mm	78mm	268 mm
Resistencia Térmica (Rt)	3,75 m ² K/W	1,42 m ² K/W	5,17 m ² K/W
Transmitancia térmica (U), incluyendo Rse y Rsi	-	-	0,2 W/m ² K
Aislamiento Acústico (3)	-	-	R _{Atr} = 46 dBA R _a = 52 dB
Reacción al fuego exterior (3)	-	-	Cumple requisito B-s1,d0
Reacción al fuego interior (3)	-	-	A2-s1,d0 (Cumple requisito A2-s3,d0)
Resistencia al Fuego (3)	-	-	EI-60 (EN 13501)

Impacto Ambiental (GWP) (A1-A3)	28 kgCO ₂ eq/m ² (3)	13 kgCO ₂ eq/m ² (1)	41 kgCO ₂ eq/m ² (1)(3)
mpacto Ambiental (GWP) (TOTAL) (1)	30 kgCO ₂ eq/m ² (3)	10 kgCO ₂ eq/m ² (1)	40 kgCO ₂ eq/m ² (1)(3)
Referencias comerciales de solución completa o componentes (ejemplos)	011H, KNAUF insulation, MAPEI, URSA		

- 1) Valores de indicador de impacto de calentamiento global (GWP) según ACV basado en Declaraciones Ambientales de Producto aportadas por Knauf Ibérica, sólo válido para sistemas con componentes Knauf.
- (2) Valores de aislamiento acústico, reacción al fuego y resistencia al fuego según ensayos realizados por Knauf Ibérica. Sólo válidos para sistemas con componentes Knauf.
- (3) Valores orientativos.





Fachada ejemplo de entramado ligero de madera, con terminación de placa cementicia. Descripción e imagen facilitada por 011H y por KNAUF insulation.



Envolventes: Fachada industrializada hormigón prefabricado

Fachada no ventilada de hormigón prefabricado compuesta por un panel de acabado arquitectónico con aislamiento y un trasdosado al interior.

- Core:
 - Panel macizo de 10 a 12cm de espesor, acabado en hormigón blanco arquitectónico.
 - 50mm lana mineral (vidrio) $\lambda=0,032W/(m \cdot K)$; fijada con adhesivo.
- Trasdoso:
 - Panel Autoportante de 78mm de espesor total, estructura metálica de perfiles de chapa de acero galvanizado Z140, a base de canales de 48/30/0,55mm y montantes de 48/35/0,6mm modulados cada 400mm.
 - 50 mm de lana mineral de lana mineral (vidrio) $\lambda=0,032W/(m \cdot K)$.
 - Placa de cartón yeso cortafuego DF de 15mm.
 - Barrera de vapor (opcional en función del acabado exterior y de la zona climática).
 - Placa de cartón yeso cortafuego DF de 15mm.

Tabla 9. Características de la fachada industrializada con hormigón prefabricado

CARACTERÍSTICAS GENERALES (valores orientativos)	SOLUCIÓN INDUSTRIALIZADA CON HORMIGÓN PREFABRICADO		
	Core	Trasdoso autoportante	TOTAL
Componentes	- panel macizo 10-12 cm, hormigón blanco arquitectónico. - 50mm LM $\lambda=0,032W/(m \cdot K)$	- canal y montantes 48/35/0,6 c/ 400mm - 50mm de LM $\lambda=0,032W/(m \cdot K)$ - placa cortafuego DF 15mm - barrera de vapor (opcional) - placa cortafuego DF 15mm	-
Peso Estimado	251 kg/m ²	20 kg/m ²	271 kg/m ²
Espesor Total del Sistema (mm)	150 mm	78 mm	230 mm
Resistencia Térmica (Rt) (3)	0,057 m ² K/W	3,1 m ² K/W	3,21 m ² K/W
Transmitancia térmica (U), incluyendo Rse y Rsi) (3)	-	-	0,29 W/m ² K
Aislamiento Acústico) (3)	-	-	Ra=58 dBA RAtr (sin datos)
Reacción al fuego exterior	-	-	-

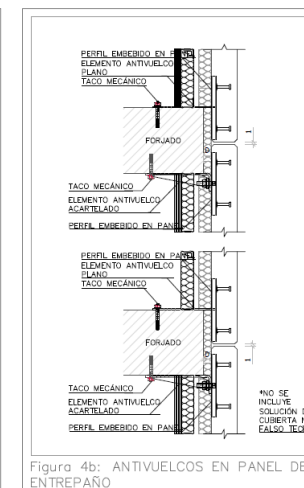
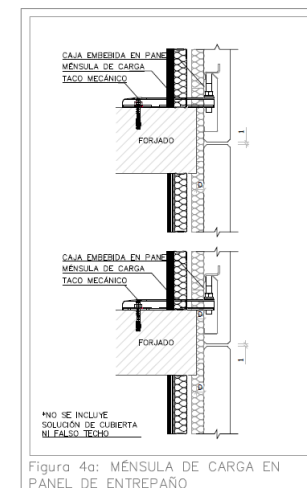


Reacción al fuego interior	-	-	-
Resistencia al Fuego	-	-	-
Impacto Ambiental (GWP) (A1-A3)	144 kgCO ₂ eq/m ² (3)	13 kgCO ₂ eq/m ² (1)	157 kgCO ₂ eq/m ² (1)
Impacto Ambiental (GWP) (TOTAL)	176 kgCO ₂ eq/m ² (3)	10 kgCO ₂ eq/m ² (1)	186 kgCO ₂ eq/m ² (1)
Referencias comerciales de solución completa o componentes (ejemplos)	MOLINS, URSA, KNAUF insulation, MAPEI		

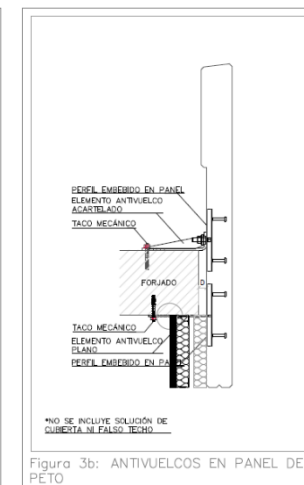
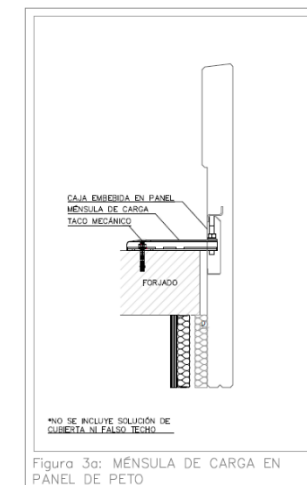
(1) Valores de indicador de impacto de calentamiento global (GWP) según ACV basado en Declaraciones Ambientales de Producto aportadas por Knauf Ibérica, sólo válido para sistemas con componentes Knauf.

(3) Valores orientativos.

SECCIÓN TIPO PANEL DE ENTREPAÑO



SECCIÓN TIPO PANEL DE PETO



Solución de fachada industrializada de hormigón facilitada por Molins, sobre la que se incluye el trasdosado.



Envolventes: Proceso constructivo

Tabla 10. Proceso constructivo de los diferentes tipos de soluciones analizadas en el caso de estudio

CARACTERÍSTICAS GENERALES	SOLUCIÓN CONVENCIONAL	SOLUCIONES INDUSTRIALIZADAS		
		SUBESTRUCTURA METÁLICA (1 y 2)	ENTRAMADO MADERA	PREFABRICADO HORMIGÓN
01. Montaje de andamios	01	-	-	-
02. Suministro de 11 tipos de material de obra y distribución por planta	02	-	-	-
03. Colocación hoja exterior de ladrillo	03	-	-	-
04. Instalación SATE	04	-	-	-
05. Subestructura trasdosado	05	05	05	05
06. Instalaciones	06	06	06	06
07. Colocación del aislamiento interior	07	07	07	07
08. Colocación de placa de yeso laminado	08	08	08	08
09. Pasteado interior	09	09	09	09
10. Carpintería exterior	10	10	10	10
11. Acabado exterior	11	-	-	-
12. Desmontaje de andamios	12	-	-	-

13. Colocación y nivelación de anclajes sobre forjado	-	13	13	13
14. Suministro e instalación de los módulos de fachada	-	14	14	14
15. Sellado de juntas y colocación de placas interiores entre módulos	-	15	15	15
16. Pasteado interior	-	-	-	-

Detalle del proceso constructivo de cada una de las soluciones analizadas sobre el caso de estudio.



Envolventes:

Análisis comparativo de las soluciones

Adicionalmente, se han establecido los siguientes criterios comunes a todas las soluciones de fachada industrializada:

- Tanto por posventa, como por solventar de una manera más ágil aspectos desde el punto de seguridad frente a incendios y ejecución de instalaciones, se incluye trasdosado en todas las soluciones analizadas. Dicho trasdosado se dimensiona y define para cada solución según los requerimientos técnicos objetivo y la composición de la hoja del principal del cerramiento.
- Aunque se presentan soluciones que admiten diferentes acabados, se selecciona para el estudio de plazos y costes aquellas que prescinden de medios auxiliares (andamiaje), con el objetivo de no crear la necesidad de disponer de ellos en la obra si no fuese necesario.
- Muchas de las soluciones industrializadas pueden incorporar las carpinterías montadas de taller. En el caso de estudio no se ha incluido este aspecto, para abordar una casuística más general.
- En el análisis de costes no se ha incluido el Beneficio Industrial y Gastos Generales, ya que es un aspecto variable y un porcentaje, sería el mismo y se repercutiría en todos los casos.

Tabla 11. Análisis comparativo de las soluciones de envoltente estudiadas

CARACTERÍSTICAS GENERALES	Tradicional	Subestructura metálica (1)	Subestructura metálica (2)	Entramado de madera	Hormigón prefabricado
Peso Estimado	194 kg/m ²	54 kg/m ²	90 kg/m	65 kg/m ² + variable (hoja exterior)	271 kg/m ²
Espesor Total del Sistema (mm)	306 mm	228 mm	244 mm	268 mm	230 mm
Resistencia Térmica (Rt)	3,49 m ² K/W	4,55 m ² K/W	-	5,17 m ² K/W	3,21 m ² K/W
Transmitancia térmica (U), incluyendo Rse y Rsi	0,27 W/m ² K	0,22 W/m ² K	0,21 W/m ² K	0,20 W/m ² K	0,29 W/m ² K
Aislamiento Acústico	Ra = 47 dB (3) RAtr (sin datos)	Rw (C;Ctr) = 64 (-2;-8) dB RAtr = 56 dBA	Ra > 49dB RAtr (sin datos)	RAtr = 46 dBA Ra = 52 dB	Ra = 49dB RAtr (sin datos)
Reacción al fuego exterior	-	B-s1,d0 (Cumple requisito B-s1,d0)	B-s1,d0	B-s1,d0 (Cumple requisito B-s1,d0)	-
Reacción al fuego interior	-	A2-s1,d0 (Cumple requisito A2-s3,d0)	B-s1,d0	A2-s1,d0 (Cumple requisito A2-s3,d0)	-
Resistencia al Fuego	-	EI-60 (EN 13501) (mejorable a EI-90)	EI90	EI-60 (EN 13501)	-
Impacto Ambiental (GWP) (A1-A3)	83 kgCO ₂ eq/m ²	45 kgCO ₂ eq/m ²	-	41 kgCO ₂ eq/m ²	157 kgCO ₂ eq/m ²
Impacto Ambiental (GWP) (TOTAL)	93 kgCO ₂ eq/m ² *	47 kgCO ₂ eq/m ² *	-	40 kgCO ₂ eq/m ²	186,9 kgCO ₂ eq/m ²

VENTAJAS



Se explican a continuación las principales ventajas que ofrecen los sistemas industrializados en comparación con las soluciones convencionales que se han analizado en el caso de estudio.

Tabla 12. Comparativa de las principales ventajas

PRINCIPALES VENTAJAS	SOLUCIÓN CONVENCIONAL O TRADICIONAL	SOLUCIONES INDUSTRIALIZADAS	VENTAJAS SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS VS CONVENCIONAL
Proceso	Cerramiento	Acabado exterior Cerramiento exterior e interior (opcional) Carpintería exterior (opcional) Preinstalaciones (opcional)	Mayor parte de los procesos en taller
Tiempo de montaje	+ personal - rendimiento	- personal + rendimiento	Mayor parte de los procesos en taller
Eficiencia energética	++	+++	Mayor parte de los procesos en taller
Sostenibilidad	++	+++	Mayor parte de los procesos en taller
Andamiaje	Si	No, instalación desde el interior	Mayor parte de los procesos en taller
Interlocutores	4 OFICIOS Acabado exterior Fábrica ladrillo Revestimiento interior Carpintería exterior	Menos interlocutores	Menor trabajo de coordinación
Acopios y residuos en obra	+++ Zonas de acopios Contenedores	+	Menos acopios y residuos en obra

PRINCIPALES VENTAJAS	SOLUCIÓN CONVENCIONAL O TRADICIONAL	SOLUCIONES INDUSTRIALIZADAS	VENTAJAS SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS VS CONVENCIONAL
Esbeltez	+ espesor	- espesor	Reducción espesor / incremento sup. útil
Ligereza	-	Montaje con grúa-torre	Utilización de medios ya dispuestos en obra
Versatilidad	Sólo en revestimientos	En todos sus componentes	Más versatilidad
Certidumbre financiera	Depende de la volatilidad del mercado	Sin sobrecostos Reducción de costes financieros	Sin sobrecostos Reducción de costes financieros
Riesgos laborales	Mayor incidencia de accidentes	Entorno de trabajo controlado (Fábrica)	Reducción de accidentes laborales
Recuperación inversión	Mayor plazo	Menor plazo	Reducción del plazo de retorno de la inversión

Tabla 13. Ventajas en la calidad que aportan los sistemas



SOLUCIONES INDUSTRIALIZADAS		
SUBEST. METÁLICA	ENTRAMADO MADERA	PREFABRICADO HORMIGÓN
Reducción del tiempo de montaje	Reducción del tiempo de montaje	Reducción del tiempo de montaje
Mejora en la transmitancia térmica	Mejora en la transmitancia térmica	Mejora en la transmitancia térmica
Reducción del consumo de agua	Reducción del consumo de agua	Reducción del consumo de agua
Reducción de las emisiones de CO2	Reducción de las emisiones de CO2	Reducción de las emisiones de CO2
No necesita andamiajes		
Un único interlocutor para toda la hoja completa de fachada		
Sin acopios ni residuos en obra		
Ganancia superficie útil		
Reducción de peso	Reducción de peso	Reducción de peso
Mejora de la estanqueidad	Mejora de la estanqueidad	Mejora de la estanqueidad
Precisión de ejecución	Precisión de ejecución	Precisión de ejecución
Postventa	Postventa	Postventa
Transporte	Transporte	Transporte
Pruebas y ensayos de materiales (en fábrica)	Pruebas y ensayos de materiales (en fábrica)	Pruebas y ensayos de materiales (en fábrica)
CE desde fábrica	CE desde fábrica	CE desde fábrica

CRONOGRAMA COMPARATIVO

CERRAMIENTO FACHADA TRADICIONAL VS FACHADA INDUSTRIALIZADA

PLAZOS

Tabla 14. Comparativa de rendimientos de las diferentes soluciones

PLAZOS	SOLUCIÓN CONVENCIONAL	SOLUCIONES INDUSTRIALIZADAS		
		SUBEST. METÁLICA (1 y 2)	ENTRAMADO MADERA	PREFABRICADO HORMIGÓN
Rendimiento	- 1 equipo de 2 personas (Satebrick): 60 m2/día - 1 equipo de 3 personas (SATE): 350 m2/mes - Andamio: 250 m2/día - Enfoscado exterior: 60 m2/día	- 1 equipo de 5 personas, aprox. 250 m2 equipo/día	- 2 equipos de 3 personas, aprox. 250 m2/día	- 2 equipos de 3 personas, aprox. 90 m2/día equipo: 180 m2
Andamio	250 m2/día	No	No	No
Trasdosado (LM+PYL)	Sí			
	+ Enfoscado int 60 m2/día	Sí	Sí	Sí
Prearco, vierteaguas y recercado	Sí	Sí	Sí	Sí



Se presenta a continuación el cronograma comparativo de la ejecución de la fachada. Se puntualiza que no representa la obra completa, sino únicamente la fachada.

Los ahorros de plazo que tienen las soluciones industrializadas a nivel de obra completa serían mayores, ya que permiten el solape de otros trabajos.





COSTES

En el análisis de coste comparativo se han incluido, además de los costes directos, los costes indirectos y otros aspectos en los que se producen ahorros desde el punto de vista económico gracias a la industrialización:

- Alquiler medios auxiliares (andamio, elementos de elevación, etc.)
- Contenedores de RCD's
- Personal (peones de limpieza, personal de la constructora, etc.)
- Gastos financieros
- Consumos (agua y electricidad)
- Instalaciones provisionales

Para mejorar su comprensión, se han expuesto a nivel de costes directos la diferencia de coste de las soluciones industrializadas frente a la tradicional; y en relación a costes indirectos el porcentaje que representan sobre el coste directo de la solución.

Tabla 15. Ahorros que se producen por la reducción de plazos (% del coste directo)

AHORROS % que representa sobre el coste directo de la solución**	SOLUCIÓN CONVENCIONAL	SOLUCIONES INDUSTRIALIZADAS				
			STEEL FRAME (1)	STEEL FRAME (2)	ENTRAMADO MADERA	PREFABRICADO HORMIGÓN
En gastos financieros	-	-6%	-5%	-5%	-5%	-0,5%
En consumos (agua / electri.)	-	-0.7%	-0.6%	-0,6%	-0.6%	-0.5%
En instalaciones provisionales	-	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%

**Costes directos estimativos aproximación de cada solución, sin incluir medios auxiliares.

Tabla 16. Porcentaje de representación de costes directos sobre cada solución

COSTES DIRECTOS	SOLUCIÓN CONVENCIONAL	SOLUCIONES INDUSTRIALIZADAS			
		STEEL FRAME (1)	STEEL FRAME (2)	ENTRAMADO MADERA	PREFABRICADO HORMIGÓN
COSTE DIRECTO	-	+63,5%	+45,7%	+58,2%	+20%

Tabla 17. % de representación de algunos costes indirectos sobre cada solución

COSTES INDIRECTOS % que representa sobre el coste directo de la solución*	SOLUCIÓN CONVENCIONAL	SOLUCIONES INDUSTRIALIZADAS			
		STEEL FRAME (1)	STEEL FRAME (2)	ENTRAMADO MADERA	PREFABRICADO HORMIGÓN
Alquiler andamio	8%	-	-	-	-
Contenedor de RCD's	2%	0,3-0,4%	0,3%	0.3%	0.5%
Peón limpieza	3%	0,6%	0,6%	0.6%	0.8%
Elementos de elevación	2%	0,8-0,9%	0,8%	0.8%	1%
Personal constructora	9%	2-3%	2%	2%	2%
Seguridad y salud en obra	4%	0,5-0,6%	0,5%	0.5%	1%
Autogrúa montaje fachada	-	-	-	-	12%
Plataforma elevadora sellado paneles	-	-	-	-	3%



Envolventes: Conclusiones

Las principales conclusiones derivadas del análisis son las siguientes:

- La implantación de soluciones de fachada industrializada supone una reducción de costes indirectos, de medio auxiliares y plazos con respecto a sistemas convencionales o tradicionales.
- A mayor volumen de obra, los costes de las soluciones industrializadas se equiparan con los de la tradicional.
- Para que la comparación de ahorros con soluciones convencionales sea justa, es necesario no sólo contemplar los ahorros indirectos, sino considerar los indirectos y otros aspectos (tiempo de ejecución, personal, consumos, etc.).
- Es necesario considerar la industrialización de la envolvente desde las fases iniciales o anteproyecto, para maximizar sus beneficios.
- Afrontar un proyecto desde la industrialización requiere un cambio en el proceso proyectual. Las tecnologías BIM son una herramienta necesaria como soporte.
- Aunque no existen cifras de cálculo, se constata a través de la experiencia una mejora en la postventa.
- Las soluciones de fachada industrializada:
 - Proporcionan mayor calidad y precisión en la ejecución.
 - Proporcionan un mayor grado de seguridad en obra y reducen el tiempo de montaje y no precisan de andamio para su instalación (si no lo requieren tampoco el acabado seleccionado u otras partidas a ejecutar).
- Reducen las emisiones de CO₂ y mejoran la eficiencia energética, en favor de la sostenibilidad. Reducen también el impacto ambiental en el entorno de la obra (ruido, suciedad, etc.), así como los residuos en obra, los acopios en obra, la mano de obra. los recursos necesarios.

Para realizar una comparación justa entre las soluciones de envolvente industrializada y es necesario tener en cuenta diferentes aspectos, muchos de ellos cualitativos o de cuantificación indirecta, así como la certidumbre en plazos y costes que ofrecen considerando la escasez de mano de obra actual. **A mayor grado de industrialización, los beneficios se incrementan.**

Tabla 18. Conclusiones y ventajas en envolventes entre construcción tradicional e industrializada

ANÁLISIS DEL PROYECTO EPTS	PROCESOS INDUSTRIALIZADOS	CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL	COMPARATIVA
Todo incluido (gran parte del proceso)	Acabado exterior Cerramiento ext. e int. Carpintería exterior Preinstalaciones	Cerramiento	Totalmente acabada
Tiempo de montaje	Menos personal Más rendimiento	15 m ² /día Equipo de 5 personas	Entre -60% y -95% de tiempo de montaje
Alta eficiencia energética	Aprox. 0,22 W7m ² K	0,31 W7m ² K	30% mejora transmitancia térmica
Sostenibilidad	Aprox. 9,35 m ³ <50 kgCO ₂ equivalente excepto en caso de elementos de panel arquitectónico	26,32 m ³ 93 kgCO ₂ equivalente	-65% consumo de agua -50% consumo CO ₂
Sin andamiajes	Instalación desde el interior	Con andamios	Sin andamiaje
Menos interlocutores	Menos interlocutores	4 Oficios: Acabado exterior. Fábrica ladrillo Revestimiento interior. Carpintería exterior	Menos trabajo de coordinación



Menos acopios y residuos en obra	Menos acopios y residuos en obra	Zona de acopios Contenedores de obra	Menos zonas de acopios y residuos
Esbeltez	Aprox. 228-268 mm espesor	306 mm espesor	Aprox. +10% y +14% superficie útil
Ligereza	Montaje con grúa-torre	190 kg/m ²	Se utiliza grúa de obra
Versatilidad	En todos los componentes	Sólo en revestimientos	Versatilidad de todos sus componentes
Certidumbre financiera	Sin sobrecostos Reducción de costes financieros	Se depende de la volatilidad del mercado	Sin sobrecostos
Reducción de riesgos laborales	FÁBRICA: Entorno controlado de trabajo	Sector con mayor incidencia de accidentes y mortalidad	Reducción de accidentes laborales
Recuperación de la inversión	Menos meses para recuperar la inversión	Más meses para recuperar la inversión	Inversor recupera antes la inversión



Instalaciones: Introducción

La industrialización de instalaciones constituye uno de los ámbitos con mayor potencial de mejora en el proceso constructivo, pese a que su grado de adopción aún es limitado en comparación con otros elementos constructivos del edificio. Tradicionalmente, la ejecución de instalaciones en obra ha implicado una elevada coordinación entre gremios, tiempos de montaje prolongados y una alta dependencia de las condiciones del emplazamiento, lo que repercute en plazos, costes y calidad final.

En este estudio, se analizan distintas soluciones industrializadas aplicadas a elementos clave como armarios de contadores, patinillos, armarios de electricidad y telecomunicaciones y baños con sus sistemas complementarios. Todas estas soluciones (alguna con un enfoque pionero que se está desarrollando como test sobre este proyecto) comparten una filosofía común: la fabricación en entorno controlado, la integración previa de componentes y el montaje en obra con procesos rápidos, precisos y seguros.

El análisis realizado muestra que la industrialización en instalaciones no solo optimiza plazos y reduce costes indirectos, sino que también mejora la trazabilidad, la calidad de ejecución y el aprovechamiento del espacio, contribuyendo de forma decisiva a la sostenibilidad y a la eficiencia global del proyecto.



Instalaciones: Armario industrializado de contadores

La centralización de contadores de agua en los edificios constituye una pieza clave en la calidad y trazabilidad de las instalaciones de suministro.

En un entorno de edificación industrializada, Valladares Ingeniería, Luzimeca y S&P han desarrollado un armario prefabricado de contadores que se fabrica íntegramente en taller y se instala en obra como un módulo completo.

En un momento en el que el sector de la edificación reclama eficiencia y trazabilidad, esta propuesta representa un cambio de paradigma en la forma de ejecutar instalaciones hidráulicas.

Esta propuesta responde a las exigencias de calidad, seguridad y control necesarias en proyectos residenciales modernos.

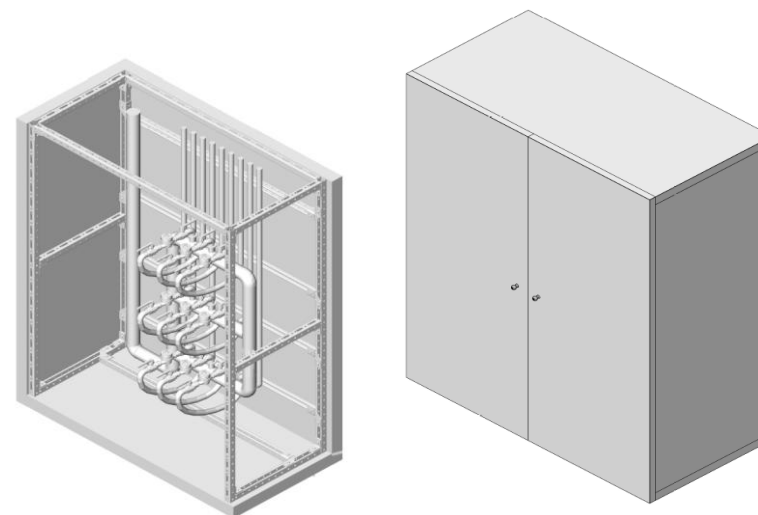
Frente a la centralización tradicional, donde los equipos de medida se montan in situ, este sistema prefabricado permite planificar la instalación con antelación y coordinarla con precisión. Al ensamblarse en taller bajo estrictos controles de calidad, se garantiza el cumplimiento de la normativa desde el origen del proceso. Además, la trazabilidad de cada componente queda registrada durante el montaje, lo que facilita auditorías y certificaciones. De esta manera la propuesta se alinea con los objetivos de eficiencia constructiva y trazabilidad global exigidos por los promotores inmobiliarios y las compañías suministradoras.

Razón de ser

En el proceso tradicional de centralización de contadores, los trabajos se realizan en el edificio durante etapas finales de la obra. Esto genera interferencias con otros gremios (construcción, acabados, electricidad, etc.) y riesgos de retrasos. A menudo surgen imprevistos: falta de espacio, ajustes

Codesarrollos de componentes industrializados

en sitio o retoques para subsanar errores. La ausencia de un control continuo dificulta la trazabilidad y puede comprometer la calidad final. Además, adaptar cada proyecto a las dimensiones y requerimientos de la suministradora (EPAL, CYII u otras) exige flexibilidad de diseño.



Esquema prototipo de armario industrializado de contadores.



Descripción de la solución

El nuevo armario industrializado de contadores resuelve estos retos mediante la prefabricación. Como idea genérica, se puede presentar esta centralización en un armario cerrado metálico de unas dimensiones 1,67 x 0,73 x 2,0 m, peso ~300 kg) .

Para el proyecto que nos atañe, y al disponer de un espacio ad-hoc con unas dimensiones adecuadas, se opta por una solución de batería sobre una estructura autoportante, sin cerramientos.

Para un total de 65 viviendas y Servicios Comunes, se ha optado por dos baterías, de 21 y 45, en donde podríamos incluir el contador de ACS.

Según la normativa de CYII, debemos tener unas dimensiones mínimas de:

Tabla 19. Unidades y dimensiones en el EPTS

CONTADORES	DIMENSIONES NECESARIAS (alto x fondo x alto)
PORTAL (45 uds)	2460 x 650 x 1800 mm
PORTAL (21 uds)	1500 x 650 x 1800 mm
ACS (1 ud)	900 x 650 x 1800 mm

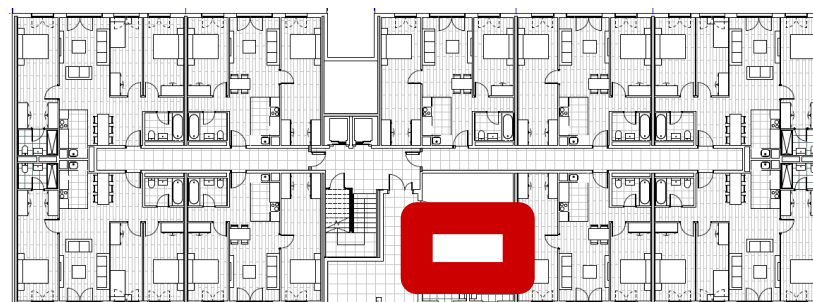
Implantación en el caso de estudio

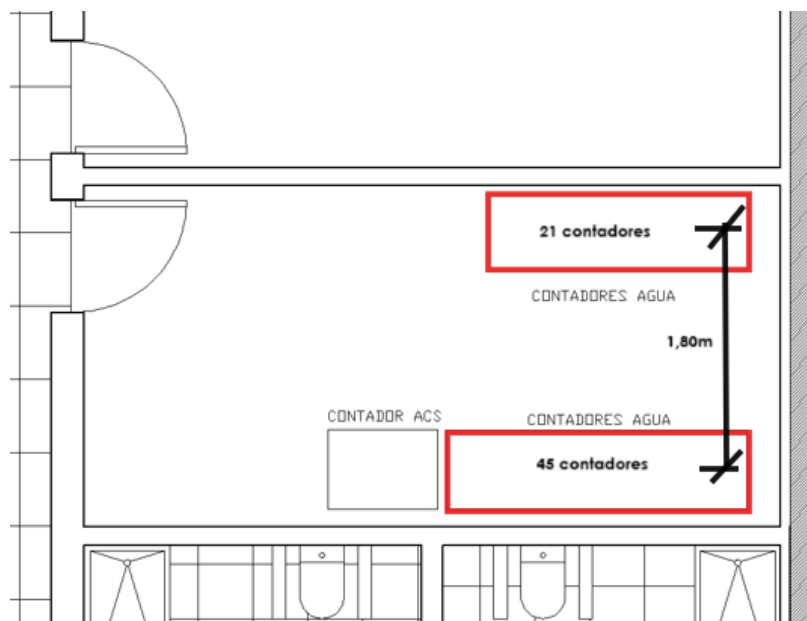
Implantación prevista en espacio en Planta Baja, junto al portal. La configuración del cuarto permite un replanteo eficaz, sin consumir más espacio del previsto, garantizando y respetando las dimensiones eficaces

que cumplen estrictamente con la normativa de aplicación. En este caso con la normativa de CYII.

Se proponen dos diseños diferentes para cada batería, contando con el contador de ACS en línea o perpendicularmente. En este caso presentamos la batería de 45 contadores adosando contador de ACS en línea, como se recoge en el dibujo.

Este armario se monta por completo en taller, donde se verifican premontajes, estanqueidades, conexiones y acabados (incluidas puertas, pintura, etc.). Una vez acabado, se transporta a obra listo para instalar, reduciendo al mínimo las actividades relacionadas con la contabilización de consumos de agua en el edificio.





Disposición de armario industrializado de contadores en cuarto técnico de planta baja (EPTS).

Validación Técnica

Esta solución se ha presentado de manera preliminar al CYII que ha acogido la idea de una manera muy positiva. Nos ha propuesto ligeras modificaciones que ya fueron incluidas en el diseño y estamos preparando un documento de especificaciones técnicas para que puedan tener la aceptación por parte de la Compañía y así simplificar su inclusión en los proyectos por tener su validación previa.

Cabe indicar que dicho modelo dispone de la aceptación por parte de la Compañía suministradora de agua de LISBOA, EPAL.

Beneficios

→ **Control de calidad garantizado:** Al montarse en taller, cada elemento se inspecciona antes del envío. Se realizan pruebas de estanqueidad (a 1,5 veces la presión de servicio), verificación de dimensiones y ensayos de funcionamiento. Esto elimina corregir in situ defectos tras la instalación.

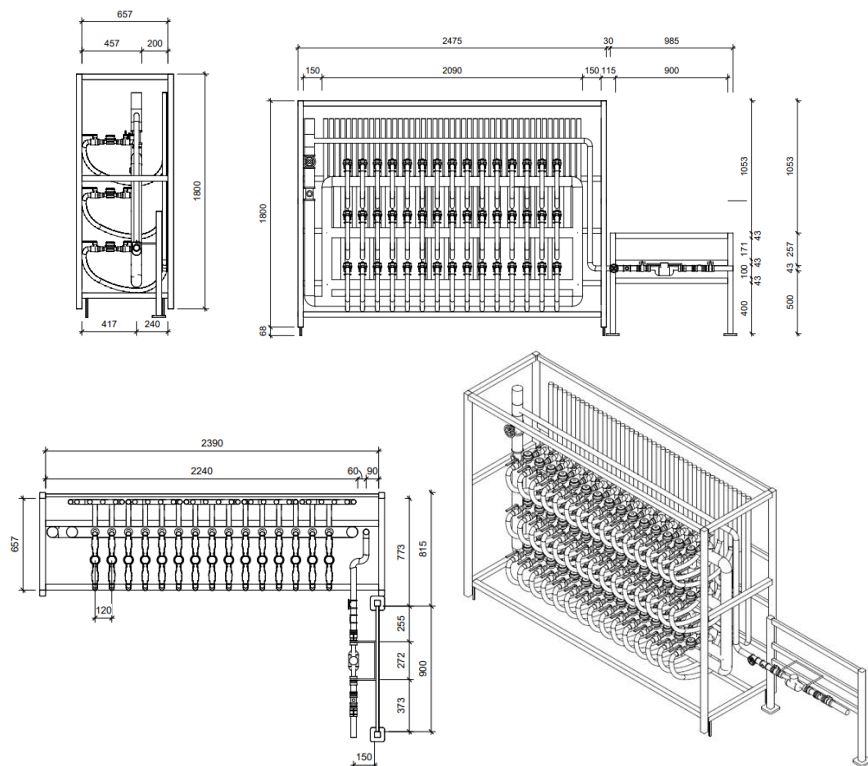
→ **Coordinación optimizada:** La instalación en obra se programa según la fase de construcción, evitando interferencias con acabados o trabajos civiles. El módulo llega premontado y se fija rápidamente, con dedicación mínima de operarios en el edificio.

→ **Eficiencia en plazos:** Se estima que el montaje industrializado requiere 2 días en taller y 1 día en obra para un panel completo. En comparación, la instalación convencional puede alargarse por imprevistos, demoras en suministros o la coordinación de distintos contratistas.

→ **Trazabilidad completa:** Cada componente (válvulas, manómetros, contadores) queda asociado al proyecto desde el montaje. Esto facilita el seguimiento documental y el cumplimiento de normativas (EPAL, CYII, etc.) desde el inicio.

→ **Versatilidad de aplicación:** Aunque diseñado para contadores de agua, el sistema modular puede adaptarse fácilmente a otros servicios (contadores eléctricos o de gas), ofreciendo un producto multipropósito para futuros desarrollos.

→ **Estandarización de procesos:** Con un modelo estandarizado, los proyectos ganan en previsibilidad de costes y materiales. Las reformas o ampliaciones se realizan mediante piezas premontadas, lo que alinea la iniciativa con los actuales objetivos de industrialización en la construcción.



Esquema y dimensiones de armario industrializado de contadores.

En función del agente involucrado:

Para promotores y arquitectos:

- Garantiza cumplimiento normativo desde el diseño.
- Permite definir el espacio de instalaciones desde la fase de proyecto.
- Facilita certificaciones y auditorías con documentación trazable.

Para constructoras:

- Ahorra tiempo en obra: sólo requiere un día de instalación por batería.
- Minimiza interferencias con otros trabajos (no hay obra húmeda ni albañilería).
- Reduce riesgos y errores derivados del montaje manual in situ.

Para suministradoras:

- Facilita la homologación de un modelo estándar.
- Mejora el acceso para mantenimiento, sustitución o lectura.
- Evita instalaciones fuera de normativa.

En todos los casos se puede realizar una solución adaptable y escalable al tipo de promoción que se desee.

Tabla 20. Comparativa entre solución tradicional e industrializada

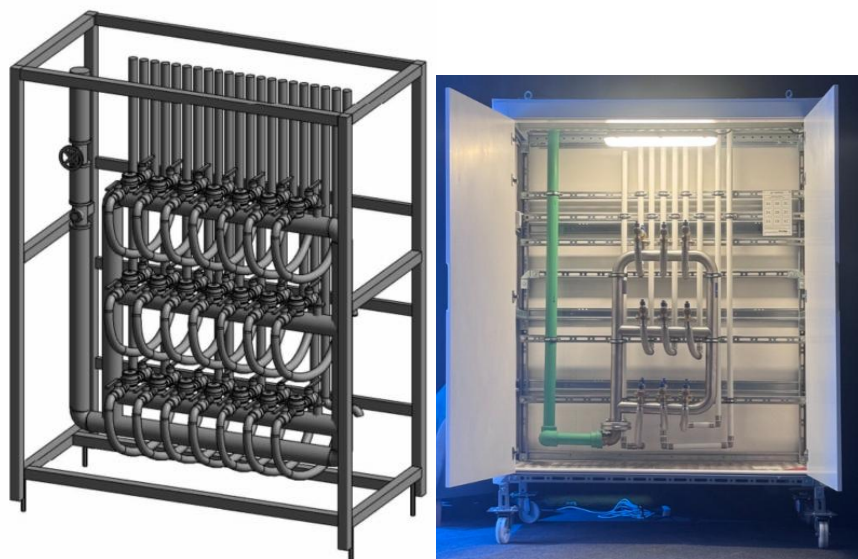
Aspecto	Centralización Tradicional	Centralización Prefabricada
Tiempo en obra	Variable, con posibles retrasos e imprevistos. 3 semanas	Fijo y reducido (p.ej. 7 días: 5 en taller + 2 en obra)
Desviaciones y ajustes	Necesarios (reajustes, retoques en sitio)	Cero en obra (todos los ajustes hechos en taller)
Interferencia con obra	Alta (coordina con albañiles, etc.)	Nula (llega el armario completo; solo fijar)
Coste	14.000€	14.634€ (por transporte a obra)

La diferencia de coste derivada por el transporte a obra de la batería industrializada puede suponer un 5% del valor total, aunque la comodidad

del montaje en un entorno industrial podría compensar en cierta manera este sobrecoste.

Conclusiones

La propuesta de industrializar la centralización de contadores de agua en bloques de viviendas es una iniciativa sólida y coherente con las tendencias del sector hacia la calidad y eficiencia constructiva. Al presentar una solución modular avalada por normativa (EPAL, CYII) y fabricada con criterios industriales, se satisface la demanda de promotores, arquitectos y constructoras por procesos más fiables y controlados. Este enfoque innovador reduce incertidumbres en la obra, mejora la seguridad de las instalaciones y contribuye a una edificación más sostenible y trazable. En definitiva, supone una mejora competitiva para cualquier proyecto inmobiliario que apueste por la excelencia en sus infraestructuras de servicio.



Prototipo de armario industrializado de contadores presentado en REBUILD 2025. Fuente: Luzimeca.



Instalaciones: Armarios industrializados

El objetivo de este grupo de trabajo es definir una propuesta y valoración de una pared técnica, que contenga el control de las instalaciones de una vivienda. Compuesta por elementos premontados, industrializada y lista para su instalación a la entrada de la vivienda.

Razón de ser

Además de los beneficios que supone industrializar las diferentes partes/componentes de una vivienda, la presente propuesta permite:

- centralizar la localización de los cuadros y armarios de control de las instalaciones.
- optimizar la mano de obra necesaria
- reducir los tiempos de ejecución
- planificar el material necesario.

Esto hace posible que en fase conceptual se ajuste...

- el diseño a las necesidades reales del proyecto.

Esto hace posible que en fase de montaje se puedan unificar tareas de control sobre...

- el proceso de instalación.
- pruebas de funcionamiento.
- acabado final.

Esto hace posible que en fase de instalación se puedan unificar tareas de..

- el proceso de instalación.

Esto hace posible que durante y después de la fase de puesta en marcha exista...

- un único punto de control y gestión de las instalaciones en el interior de la vivienda.

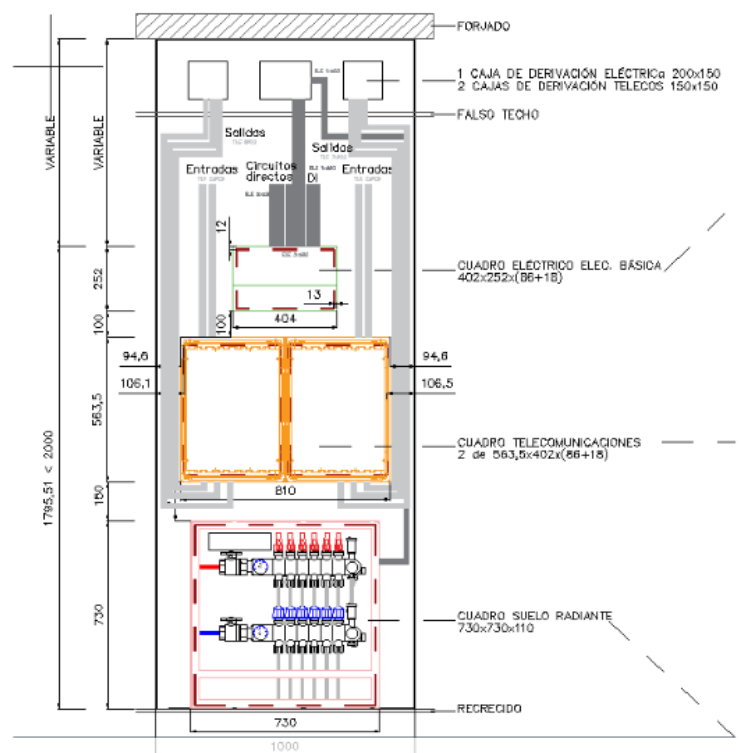
- mejora estética.
- menor grado de intrusión en labores de mantenimiento.

Descripción de la solución

La pared técnica, estará formada por estructura de madera y/o perfilera tipo pladur, completada en su cara posterior con panel de yeso y en su cara anterior por panel de yeso cajado donde se ubicarán los siguientes cuadros y armarios:

- cuadro eléctrico de la vivienda
- cuadro de telecomunicaciones
- armario de la instalación de climatización por suelo radiante

Estos a su vez contendrán en su interior los elementos necesarios, descritos en proyecto, premontados y cableados por el fabricante.



Coste

Pared técnica correspondiente a vivienda de 90-100 m²:

- incluye componentes descritos y ensamblaje.
- no incluye transporte, ni acabado final.

Coste a promotor, valoración a fecha de junio de 2025.

Tabla 21. Coste a promotor del armario industrializado propuesto

ELECTRICIDAD	ELEMENTO	COST E	MEDICIÓN	TOTAL
	Cuadro eléctrico	252,22 €	1 u	252,22 €
	Tubo flexible corrugado DN50	3,51 €	1,50 m	5,27 €
	Tubo flexible corrugado DN25	2,17 €	4,50 m	9,75 €
	Tubo flexible corrugado DN20	2,06 €	9,00 m	18,50 €
	Caja de derivación 250 x 200	11,50 €	1 u	11,50 €
	Toma de corriente	48,33 €	3 u	145,00 €
	Total			442,24 €
TELECOMUNICACIONES	ELEMENTO	COST E	MEDICIÓN	TOTAL
	Cuadro telecomos	96,67 €	1 u	96,67 €
	Tubo flexible corrugado DN25	2,17 €	8,00 m	17,33 €
	Tubo flexible corrugado DN20	2,06 €	32,00 m	65,78 €
	Toma configurable	17,11 €	1 u	17,11 €
	Total			196,89 €
SUELO RADIANTE	ELEMENTO	COST E	MEDICIÓN	TOTAL



	Colectores completos UNE-EN1264: Control inalámbrico Toma de corriente Caja metálica completa 700x730x 80	919,2 0 €	1 u	919,20 €
	Total			919,20 €
SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA	ELEMENTO	COST E	MEDICIÓ N	TOTAL
	Tabique PYL e:130mm	45,00 €	3 m2	117,00 €
	Partida alzada de mano de obra	300,0 0 €	1 u	300,00 €
	Total			417,00 €
Total				1.975,3 3 €



Instalaciones: Patinillos industrializados

El objetivo de este grupo de trabajo es definir una propuesta y valoración de los patinillos industrializados de un edificio de viviendas, que contenga las instalaciones de ACS y climatización (distribución hidráulica, equilibrado hidráulico y contabilización de energía y ACS).

Razón de ser

Las instalaciones son el área con menor grado de industrialización en el conjunto de un edificio. Actualmente tan solo se dan pequeños premontajes o prefabricados de algunos componentes como son los contadores de energía o pequeños tramos de las instalaciones por la dificultad que conlleva su realización en espacio reducidos en obra.

La industrialización de patinillos proporciona una serie de ventajas:

Hace posible que en fase conceptual se ajuste el diseño a las necesidades reales del proyecto.

Además, hace posible que en fase de montaje se puedan unificar tareas de control sobre...

- el proceso de instalación.
- pruebas de funcionamiento.
- acabado final.

Hace posible que en fase de instalación se...

- unifiquen tareas en el proceso de instalación.
- mejore el proceso de control de calidad.
- optimice el calibrado y/o ajuste de los parámetros (caudal, presión, etc.)

Hace posible que a la finalización del proyecto...

Codesarrollos de componentes industrializados

- se reduzca el desperdicio/pérdida de material en obra.
- las incidencias por errores de montaje.
- el trasiego de material en obra.

Descripción de la solución

Los patinillos industrializados han de ser fácilmente replicables, adaptables y recuperables. Su transporte ha de ser sencillo y requerir únicamente medios auxiliares convencionales. Igualmente han de ser sencillos de desplazar, fijar y ensamblar tras la albañilería.

El proyecto se divide en 3 fases:

Propuesta conceptual de patinillo industrializado: Conocimiento compartido entre diversas tipologías de empresas.

Elaboración de prototipo. Cálculo de tiempos de ejecución: Valoración dificultades del proceso completo de diseño y construcción.

Instalación en obra. Valoración de costes completos: Análisis del proceso completo de transporte, instalación y puesta en marcha.

Fase 1. Propuesta conceptual de patinillo industrializado:

Los patinillos correspondientes a las instalaciones de ACS y Clima, se construirán sobre un bastidor metálico al que se fijarán las tuberías correspondientes, acorde a normativa y en función de los diámetros de proyecto según la altura de las viviendas. Cada patinillo dará servicio a una única altura de viviendas. La conexión entre patinillos se hará en obra.

Requisitos:

Con el fin de optimizar el proceso se considera conveniente unificar la



distribución de los cuartos húmedos de las viviendas en la misma vertical. De ese modo se podrá optimizar los espacios/huecos y los recorridos de los patinillos.

Es necesario que exista un registro en planta (de suelo a techo) para facilitar la instalación de cada uno de los módulos de las bajantes y su supervisión posteriormente.

Se hace especialmente necesario ampliar el espacio de los patinillos con el fin de dar cabida a la instalación de los módulos de contadores. Igualmente habrá de respetarse las dimensiones de los huecos de los patinillos y la planimetría de las paredes para facilitar la colocación de los módulos industrializados y su anclaje.

Dimensionamiento:

Para un proyecto de 6 alturas los diámetros de tubería según aplicación serán:

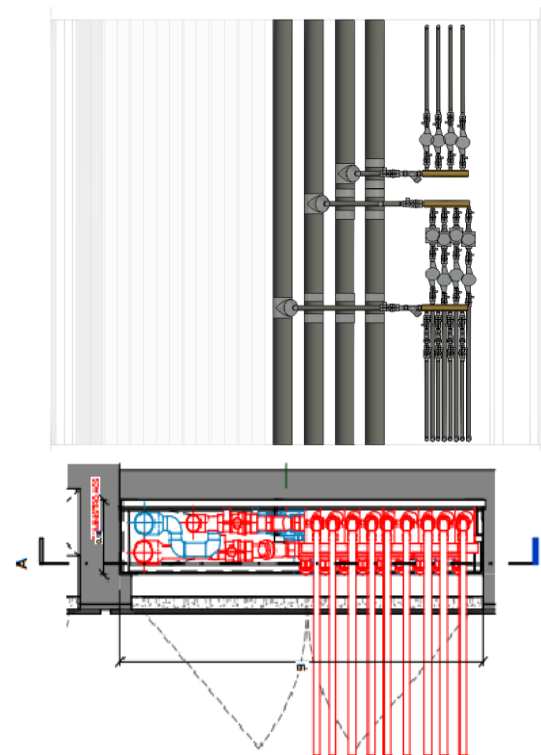
Agua fría: Desde Ø25mm hasta Ø50mm

ACS: Desde Ø40mm hasta Ø63mm

Retorno ACS: Desde Ø20mm hasta Ø40mm

Clima: Desde Ø63mm hasta Ø110mm

Su distribución será según el apartado diseño:



Esquema y dimensiones de propuesta de patinillo industrializado para ACS y calefacción.

A modo de resumen se puede desglosar el material empleado en este patinillo:

PATINILLO 4 VIVIENDAS

TUBERÍAS		ACCESORIOS DE TUBERÍA		
Diámetro	Longitud (m)	Familia	Tipo	Recuento
Impulsión calefacción		Impulsión calefacción		
20 mm	4.05		R74AY005	2
32 mm	0.56		R74AY006	1
110 mm	2.71		R259SX005	4



Retorno calefacción	
25 mm	5.79
32 mm	0.48
110 mm	2.60
Impulsión ACS	
20 mm	4.19
32 mm	0.20
110 mm	2.49
Retorno ACS	
110mm	2.51

	R259X006-3	1
	13mm	1
Retorno calefacción		
Contador agua		2
Contador energía		2
	R259SX005	6
	R259X006-3	1
	13mm	1
Impulsión ACS		
Contador agua		2
	R74AY006	1
	R259SX005	4
	R259X006-3	1
	13mm	1



Esquema de patinillo para 4 viviendas.

PATINILLO 2 VIVIENDAS

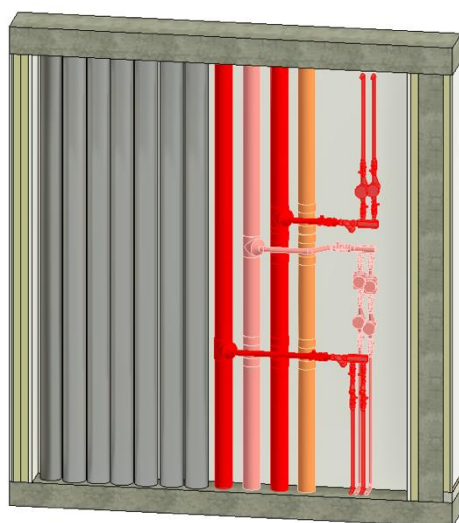
TUBERÍAS	
Diámetro	Longitud (m)
Impulsión calefacción	
20 mm	4.05
32 mm	0.56
110 mm	2.71
Retorno calefacción	
25 mm	5.79
32 mm	0.48
110 mm	2.60

ACCESORIOS DE TUBERÍA		
Familia	Tipo	Recuento
Impulsión calefacción		
	R74AY005	2
	R74AY006	1
	R259SX005	4
	R259X006-3	1
	13mm	1
Retorno calefacción		
Contador agua		2



Impulsión ACS	
20 mm	4.19
32 mm	0.20
110 mm	2.49
Retorno ACS	
110mm	2.51

Contador energía		2
	R259SX005	6
	R259X006-3	1
	13mm	1
Impulsión ACS		
Contador agua		2
	R74AY006	1
	R259SX005	4
	R259X006-3	1
	13mm	1



Esquema de patinillo para 2 viviendas.

Instalaciones: Baños industrializados

El baño industrializado constituye, entre las soluciones analizadas en este estudio, la más consolidada y ampliamente probada en obra, con numerosos proyectos ejecutados que avalan su fiabilidad. Se produce como un módulo integral que incorpora estructura, instalaciones, revestimientos y equipamiento, fabricado en un entorno controlado que asegura altos estándares de calidad, precisión y uniformidad en todos los acabados.

Razón de ser

En un sector donde los plazos apremian, los costes deben controlarse al detalle y la calidad es un valor no negociable, cada componente del edificio cuenta. Los baños industrializados, representan una solución inteligente, moderna y cada vez más utilizada en proyectos residenciales, hoteleros, hospitalarios y de obra nueva en general.

Para promotores, arquitectos y constructoras, entender las ventajas de esta solución puede suponer una mejora real en rentabilidad, eficiencia y satisfacción del cliente final.

Descripción de la solución

Un baño industrializado es un módulo completo de baño (estructura, instalaciones, revestimientos, sanitarios y accesorios) fabricado de forma integral en taller bajo condiciones controladas. **Llega a la obra completamente terminado, listo para ser conectado a las instalaciones generales del edificio.**



En la actualidad la solución de baños industrializados se ha extendido de tal manera que es una realidad de presente. A fin de avanzar en las soluciones, se ha intentado dirigir los trabajos a mejorar materiales en lo relativo a la huella de carbono, a plantear la instalación de equipos de ahorro de energía y a proponer que los baños vengan equipados con el sistema de ventilación.

Implantación en el caso de estudio

El edificio en sí consta de 93 baños para las 65 viviendas, con los mismos componentes, por lo que permite fácilmente la industrialización.

Se parte de un “precio unidad tipo” de 5.550 € cada baño con calidades normales de marcas reconocidas aplicadas ahora mismo en proyectos BTR de fabricantes de referencia (Lignum Tech, Los Mellizos). El revestimiento interior será de gres porcelánico. El precio contempla elementos de ahorro de agua como las griferías y materiales con ciclo de vida con bajo impacto ambiental.

Los trabajos en “baños tradicionales” son muy difíciles de cuantificar pues no se hacen de una sola vez, sino que se van superponiendo con otros trabajos de la obra e implican múltiples gremios como electricistas, fontaneros, albañiles, etc. Además, dependerá del número de personas trabajando en el proceso, pero aproximadamente se trataría de unas 15 semanas y posteriores revisiones.

De esta manera, se puede establecer:

- Tiempo de producción baño húmedo (morteros): 16 baños /semana.
Total producción: 5,8 semanas.
- Tiempo de producción baño seco: 25 baños / semana.
Total producción: 3,72 semanas.

Dado que a estos tiempos hay que sumarles acoples en la instalación, un baño húmedo tardaría aproximadamente 7 semanas y un baño seco unas 5

semanas, con lo que los ahorros en duración de obra son notables: 54% en baños húmedos, y 67% en baños secos.

Coste

Nº Baños	Precio (Unidad)	Precio (Total)
93	5.550 €/ud	516.150 €

Cerramientos: Yeso laminado reciclado

Objetivo

Incorporar placas de yeso laminado con prestaciones para zonas húmedas con elevado contenido en material reciclado.

Conclusiones

Se han analizado las tipologías de placas de yeso laminado disponibles en el mercado y se han identificado productos con un elevado contenido de material reciclado, en torno al 28%. Tras evaluar sus características técnicas, se observa que no cumplen con los requisitos exigidos para las placas destinadas a zonas húmedas (baños), las cuales deben presentar, entre otras propiedades, una absorción superficial de agua con designación H1, conforme a la norma de fabricación EN-520. Por este motivo, dichos productos se consideran no aptos para su aplicación en baños industrializados, manteniéndose el uso de placas convencionales que sí cumplen con los requisitos establecidos para estas zonas y cuyo contenido de material reciclado puede alcanzar hasta un 4,5%.

Revestimientos alternativos

Objetivo



Incorporar materiales de acabado para baños industrializados que aporten mayor facilidad y rapidez de instalación, ligereza y reducción de residuos en obra.

Conclusiones

- Los sistemas cerámicos de instalación en seco presentan un alto potencial, pero actualmente no están lo suficientemente desarrollados o disponibles en el mercado para su implementación inmediata en baños prefabricados.
- Se identifican los materiales SPC como una alternativa viable y madura, con ventajas en instalación, mantenimiento y resistencia a la humedad.
- Se recomienda continuar explorando materiales compuestos y laminados de alta resistencia (como HPL, PVC espumado o paneles WPC) que permitan instalación en seco, buena respuesta en ambientes húmedos y variedad estética.
- La implementación de estos sistemas puede contribuir significativamente a la industrialización del proceso, reduciendo tiempos de montaje, residuos y peso estructural además de que muchos de ellos están fabricados con materiales reciclables o de bajo impacto ambiental.

Información obtenida

Se ha realizado una búsqueda de sistemas de instalación alternativos para revestimientos cerámicos. Se han identificado diversos sistemas cerámicos innovadores de instalación en seco para revestimientos y pavimentos (imantados, clipados), pero debido a la falta de madurez de los sistemas y tras plantearlo en una reunión de grupo, en estos momentos se decide descartar esta vía y buscar materiales alternativos.

Se ha realizado una búsqueda de materiales SPC, que consisten en un sistema de instalación mediante machihembrado y se instala en seco con

botes de sika tanto para suelo como para pared y con formatos que llegan a 2,60m de altura.

Se han identificado otros materiales alternativos como:

Paneles de HPL (High Pressure Laminate): resistentes al agua, impactos y productos químicos, con instalación en seco mediante adhesivos o fijaciones mecánicas.

Paneles de PVC espumado o WPC (Wood Plastic Composite): ligeros, impermeables y con acabados decorativos variados, adecuados para ambientes húmedos.

Revestimientos vinílicos autoadhesivos o en laminas: de fácil instalación, bajo coste y buena resistencia superficial, aunque con menor durabilidad en comparación con otros sistemas.



Características técnicas



- Impermeabilidad total: No absorben agua, lo que los hace ideales para zonas húmedas.
- Alta resistencia al impacto y al desgaste: Gracias a su capa superior protectora.
- Estabilidad dimensional: No se deforman con cambios de temperatura o humedad.
- Instalación en seco: Se colocan mediante sistema de clic (machihembrado) o adhesivo estructural, sin necesidad de lechada ni mortero.
- Formato versátil: Disponibles en lamas o paneles de gran formato (hasta 2,60 m de altura).
- Fácil mantenimiento: Superficie lisa, antibacteriana y fácil de limpiar.
- Variedad estética: Acabados que imitan mármol, madera, piedra, cemento, etc.

Ventajas para baños prefabricados

- Reducción de tiempos de instalación: Hasta 3-5 veces más rápido que sistemas tradicionales.
- Menor generación de residuos: No requiere cortes húmedos ni materiales de obra.
- Ligereza: Aporta menor carga estructural al módulo prefabricado.
- Sostenibilidad: Libre de formaldehído y sustancias tóxicas; algunos modelos son reciclables.
- Reparabilidad: En caso de daño, se puede sustituir una pieza sin desmontar todo el revestimiento.

Productor pasivo ACS

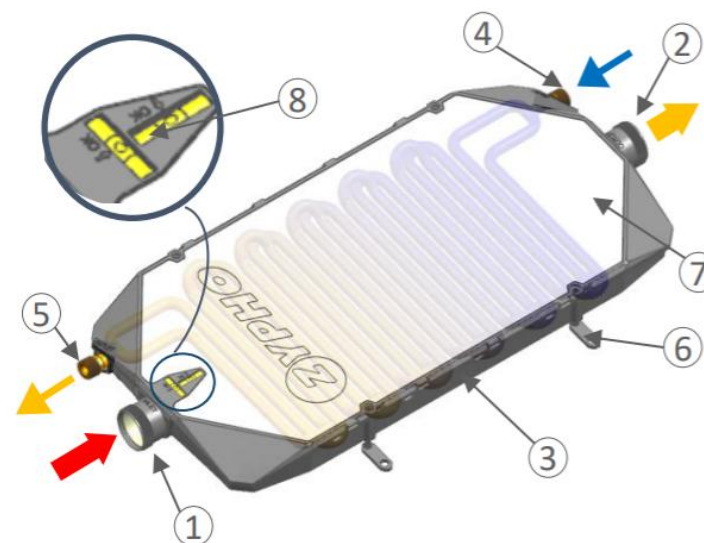
Instalación propuesta:

Recuperador de calor de aguas residuales para elevar temperatura de AFS, SLIM 50.

Funcionamiento del sistema:

- Recupera el calor del agua residual (37°C) de la ducha para elevar la temperatura del AFS (14°C), obteniendo agua "agua templada sanitaria" (22/24°C) requiriendo, en el mezclador del grifo de la ducha, una menor cantidad de ACS. Se reduce la demanda de ACS y por lo tanto se obtiene un considerable ahorro de energía.
- Agua fría sanitaria, de la red de suministro.
- Agua templada sanitaria, producida en el Zypho.
- Agua caliente sanitaria, del productor de ACS.

Elementos del sistema:

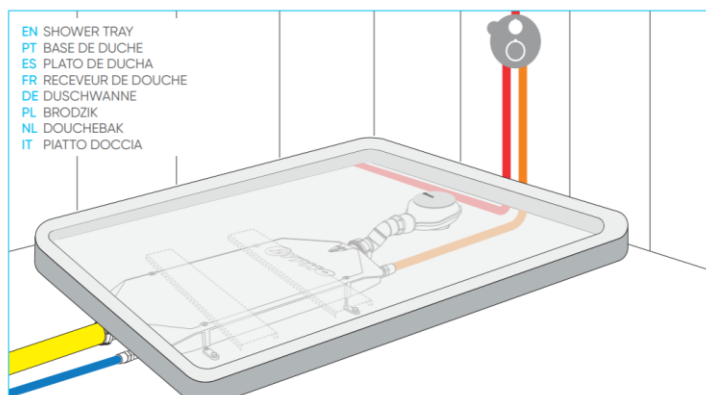


Productor pasivo de ACS Zypho Fuente: Aliaxis



No.	Elemento	Descripción	Material	Tipo	Cantidad
1	Entrada de aguas residuales	Ø40 hembra	ABS	encolar	1
2	Salida de aguas residuales				1
3	Cuerpo	-	PP	-	1
4	Entrada de agua fría	1/2"	Latón	Conector de rosca	1
5	Salida de agua caliente				1
6	Pies	Ajuste M6	Acero / PP	-	4
7	Placa de refuerzo	mi = 1,2 mm	Acero inoxidable	-	1
8	Nivel de ajuste	Ajustado a la pendiente	-	-	2

El elemento Zypho Slim50 se integrará en el baño industrializado bajo el plato de ducha conforme a las instrucciones de montaje.



Ventajas de instalación en fábrica:

Calidad de fábrica; no dependencia de la ejecución en obra, perfectamente instalado bajo la ducha, sin posibles problemas de replanteo en ejecución in situ.

Menor tiempo de ejecución.

Perfecta conexión de todos los elementos.

Sin necesidad de conexiones en obra.

Cronograma:

No habrá influencia más que la ligada a la facilidad de montaje en un entorno industrial.

Coste:

Sistema totalmente instalado (PEM) 675 €

Ahorro estimado:

Ahorro	Coste energético	Consumo de energía	Energía ahorrada	CO2 ahorrado
201 €	269 €	2512 kWh	1877 kWh	43 %

Este sistema, además de un ahorro de coste directo en la factura de la energía, al disminuir la demanda de ACS, nos permite el ahorro de costes en otros elementos de producción de ACS procedentes de energías renovables.

Ventilación mecánica controlada (VMC)

Instalación de ventilación propuesta:

Sistema de simple flujo higrorregulable individualizado

Funcionamiento del sistema:

El grupo extractor es de caudal variable y este es capaz de extraer más o menos caudal en función de la humedad relativa de los cuartos húmedo en donde se alojan las bocas de extracción



Las bocas de extracción, alojadas en cuartos húmedos, poseen una pequeña membrana de nilón que se estira o se contrae con las variaciones de humedad relativa, permitiendo así, a través de la apertura y cierre progresivo de una clapeta mecánica que poseen, una mayor o menor extracción de aire viciado.

Elementos del sistema:

- Entradas de aire: ubicadas en estancias secas (dormitorio principal, secundarios, salón, etc.)
- Bocas de extracción: ubicada en cuartos húmedos (cocina, baño principal, baño secundario, aseo, etc.)
- Grupo de extracción: ubicado en el techo técnico del baño industrializado
- Red de ventilación:
 - conducto semirrígido para la red interior de la vivienda (incluyendo la conexión entre grupo extractor y boca de extracción en baño industrializado)
 - conducto termoplástico (sección rectangular o circular) para la parte de la descarga del aire viciado al exterior que transcurrirá entre el grupo y el patinillo previsto que guía el conducto hasta la cubierta del edificio
- Accesorios de montaje: elementos rígidos necesarios para realizar el conexionado entre grupo y conductos semirrígidos y entre conductos semirrígido y bocas de extracción.

Integración en el baño industrializado:

Los elementos del sistema que se integrarán desde fábrica en el módulo de baño industrializado son los siguientes:

- Grupo de extracción, este elemento se dispondrá en el falso techo del baño industrializado. Es importante remarcar que ha de ser registrable.

- Boca de extracción.
- Conducto semirrígido.
- Elementos rígidos necesarios para realizar el conexionado entre grupo y conducto semirrígido y entre conducto semirrígido y boca de extracción.

Ventajas de integrar la ventilación desde fábrica

Calidad de fábrica → no dependencia de la ejecución en obra

Tiempo de montaje en obra reducido → menos necesidad de mano de obra → solución al problema de la escasez

Reducción de la incertidumbre de la obra para acometer las instalaciones de ventilación → el baño avanza en fábrica

Adaptación sencilla entre la parte que viene de fábrica y la parte que se encuentra en la obra

Ubicación del equipo y boca en fábrica → fiel a proyecto

Optimización de la instalación: conductos semirrígidos que aseguran la sección de paso y minimizan la pérdida de carga de la red

Cronograma:

No habrá influencia más que la ligada a la facilidad de montaje en un entorno industrial.

Coste incluyendo equipos montados:

BAÑO CON VENTILADOR: 450 €

BAÑO SIN VENTILADOR: 125 €

Propuesta de mejora:



Llegado el caso se podría estudiar la posibilidad de plantear una instalación de doble flujo con recuperación de calor, en este caso, duplicaríamos la red de ventilación con respecto al simple flujo, al existir red de impulsión de aire limpio en estancias secas.

Ventajas del doble flujo vs al simple flujo:

- Salubridad → aire filtrado
- Confort → aire atemperado (recuperación)
- Eficiencia energética → sin pérdidas energéticas ni necesidad de abrir ventanas

Integración en el baño industrializado:

Los elementos del sistema que se integrarán desde fábrica en el módulo de baño industrializado son los siguientes:

- Recuperador de calor, este elemento se dispondrá en el falso techo o en la pared técnica del baño industrializado. Es importante remarcar que ha de ser registrable
- Boca de extracción
- Conducto semirrígido
- Elementos necesarios rígidos de conexionado entre recuperador y conducto semirrígido y entre conducto semirrígido y bocas de extracción

COSTE incluyendo equipos montados:

BAÑO CON RECUPERADOR DE CALOR: 2.850 €

BAÑO SIN VENTILADOR: 125 €

Tabla 24. Presupuesto total de obra de baño industrializado con VMC simple o doble flujo

Baño industrializado (total obra)

Industrialización	516.150 €
Productor	62.775 €

VMC simple flujo	32.750 €
TOTAL CON VMC SIMPLE FLUJO	611.675 €

VMC doble flujo	188.750 €
TOTAL CON VMC DOBLE FLUJO	767.675 €



Equipos de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor (VMC). Fuente: Siber, Soler & Palau.

Tabla 25. Presupuesto unidad de baño industrializado con VMC simple o doble flujo

Baño industrializado - VMC Simple Flujo (ud)		
Industrialización	5.550 €	
Productor pasivo ACS	675 €	
BAÑO	PRINCIPAL	SECUNDARIO



VMC simple flujo	450 €	125 €
TOTAL (ud)	6.675 €	6.350 €

Baño industrializado - VMC Doble Flujo (ud)		
Industrialización	5.550 €	
Productor pasivo ACS	675 €	
BAÑO	PRINCIPAL	SECUNDARIO
VMC doble flujo	2.850 €	125 €
TOTAL (ud)	9.075 €	6.350 €



Instalaciones:

Producción de climatización y ACS

En el contexto actual de transición energética y descarbonización, las instalaciones de climatización y producción de ACS mediante bombas de calor representan una solución clave para mejorar la eficiencia energética de los edificios residenciales.

Razón de ser

Entre las principales necesidades de introducir la tecnología de Bombas de Calor en viviendas para la climatización y producción de ACS, se resumen las siguientes:

- **Eficiencia energética:** Las bombas de calor son uno de los sistemas más eficientes disponibles, ya que aprovechan la energía del entorno (aire, agua o tierra) para generar calor o frío. Esto permite reducir significativamente el consumo energético frente a sistemas convencionales.
- **Reducción de emisiones:** Al utilizar energía renovable y eléctrica, las bombas de calor contribuyen a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, ayudando a cumplir con los objetivos climáticos establecidos por la UE y el PNIEC (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima).
- **Cumplimiento normativo:** El Código Técnico de la Edificación (CTE) y el RITE promueven el uso de tecnologías sostenibles y de alta eficiencia. Las bombas de calor permiten cumplir con los requisitos de demanda energética mínima y de uso de energías renovables para ACS.
- **Confort térmico y acústico:** Estos sistemas ofrecen una climatización estable y silenciosa, mejorando la calidad de vida de los residentes durante todo el año.
- **Versatilidad y ahorro económico:** Una única instalación puede cubrir calefacción, refrigeración y ACS, lo que simplifica el diseño y mantenimiento del sistema. Además, el ahorro en consumo energético se traduce en una reducción de costes operativos a medio y largo plazo.
- **Valor añadido al inmueble:** La incorporación de tecnologías eficientes y sostenibles aumenta el valor del edificio, mejora su calificación energética y lo hace más atractivo para compradores e inquilinos.



Para la selección de los equipos para el sistema de A.C.S. se han considerado los siguientes datos:

Datos A.C.S.	
Provincia:	Madrid
Municipio:	Madrid
Temp. media de la red [°C]:	13
Temp. min. de la red [°C]:	8

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 45°C	Por:	N.º Usuarios
Viviendas	60	persona	221

N.º de usuarios (de punta)	221				
Simultaneidad	75	%			
Periodo de punta	60	min			
Temperatura del acumulador final, Tp	55	°C	Volumen de punta	9945	l
Temperatura de servicio (elegida), Tu	45	°C	Volumen de servicio diario	13260	l
Temperatura media del agua fría, Te	13	°C	Diferencial de temperatura	32	°C

Valores de cálculo				
Volumen del depósito		l		5000
Potencia del equipo de apoyo		kW		52,14
Caudal Continuo ⁽¹⁾		l/h		1405
		l/min		23,4
		l/s		0,39
Volumen ACS en los primeros ⁽²⁾	10	min	l	6457
Volumen ACS en los primeros ⁽²⁾	30	min	l	6902
Volumen ACS en los primeros ⁽²⁾	60	min	l	7569
Volumen ACS en los primeros ⁽²⁾	120	min	l	8904
Volumen ACS en los primeros ⁽²⁾	180	min	l	10239
Tiempo de recalentamiento Tu		h		3,6
Tiempo de recalentamiento Tp		h		4,7

Notas:

- Los valores presentados son estimaciones teóricas, que pueden sufrir variaciones, en función de las características reales de la instalación en cuestión.
- Se han considerado 5% de pérdidas térmicas por el aislamiento o las superficies del equipo.



Descripción de la solución

Cálculo de necesidades de ACS:

Tipología de viviendas: 28 viviendas de 3D + 35 viviendas de 2D + 2 viviendas 1D

Necesidades para la selección de equipo Potencia de aerotermia: 60 kW

Acumuladores: 2 depósitos de 2.500 litros

Depósito de inercia: 200 litros

Cálculo de demanda de Climatización:

Necesidades de climatización:

- Potencia Calefacción: 200kW
- Potencia Refrigeración: 172 kW

Emisores baja Tª:

Suelo Radiante Calor y Frío

Demanda de climatización:

2 Viv 1 dor → 40 m² = 80 m²

35 Viv 2 dor → 60 m² = 2.100 m²

28 Viv 3 dor → 80 m² = 2.240 m²

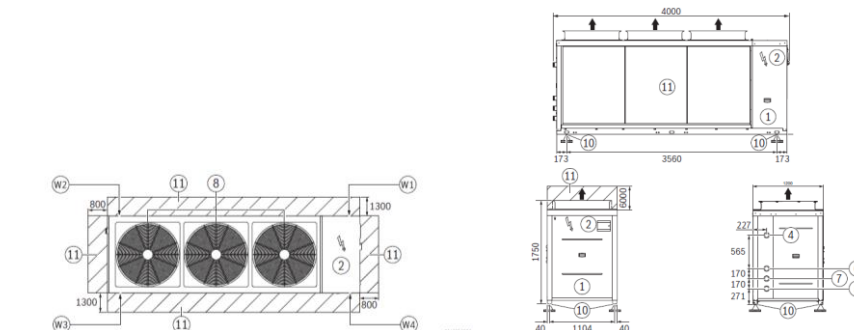
- Potencia en Calefacción 1: 4,420 m² * 50 w/m² * 0,9 = 199 kW
- Potencia en Refrigeración 2: 4,420 m² * 45 w/m² * 0,9 = 172 kW

Calor 50 w/m² y simultaneidad del 90%

Frío 45 w/m² y simultaneidad del 90%

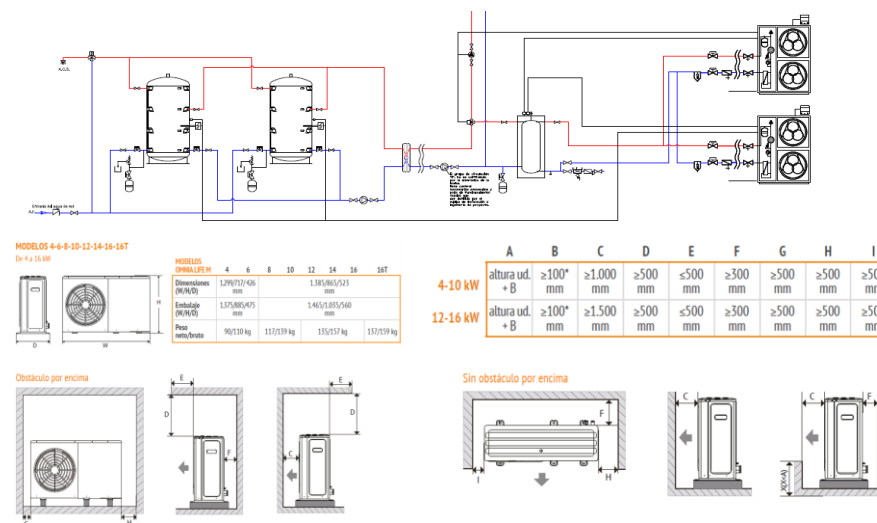
Solución Centralizada Producción Climatización vs Producción ACS

Para la producción de climatización se proponen dos BdC de 100 kW cada una, que requieren de un espacio en cubierta de unos 25 m² (incluyendo espacios de mantenimiento), de un peso total de 2500 kg.



Espacios mantenimiento y operación equipos aerotermia. Fuente: BOSCH.

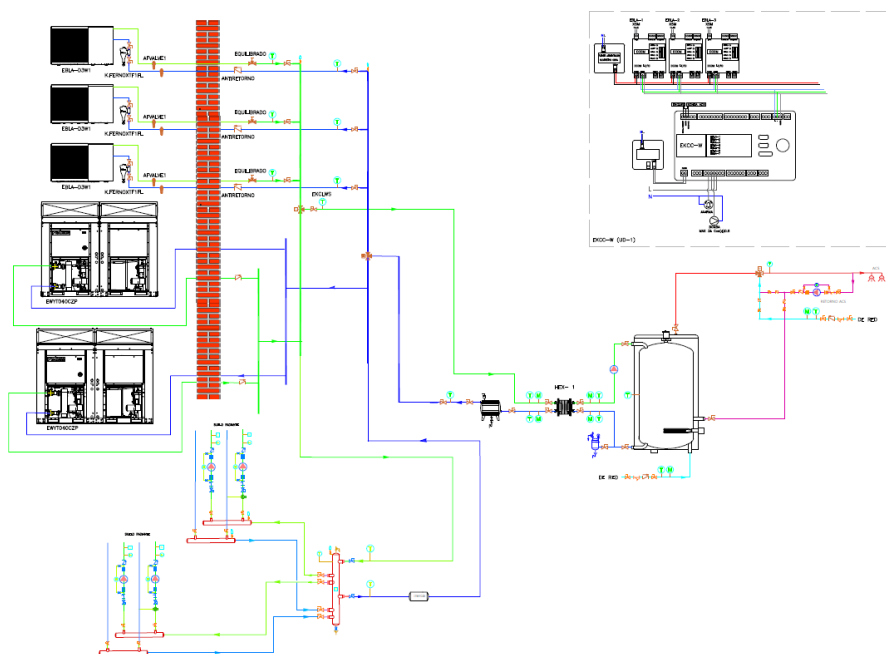
Para la producción de ACS se barajan dos opciones, una primera con dos unidades monobloc de 30 KW y una segunda de 4 equipos de 16 kW.



Espacios mantenimiento y operación equipos aerotermia. Fuente: FERROLI.



El espacio mínimo en cubierta para ambas opciones es de unos 18 m² y el peso de cada solución aporta a la estructura es de 636 kg.



Esquema principio solución centralizada. Fuente: DAIKIN.

Propuesta de industrialización de la hidráulica

Debido a los pesos, dimensiones de las Bombas de Calor, y necesidades de aportación de aire, y que de por sí ya son productos sumamente industrializados (ya vienen preparados para conexión ida/retorno a la instalación), la opción es trabajar en industrializar todo lo relativo a instalación hidráulica tanto de Clima como de A.C.S, es decir, diseñar un contenedor, en el que se integre el circuito primario hasta el colector de separación y bombas de secundario, tanto en climatización como en la producción y suministro de ACS, en una fábrica para después en obra realizar el "plug&play" a la ida y retorno de los generadores.

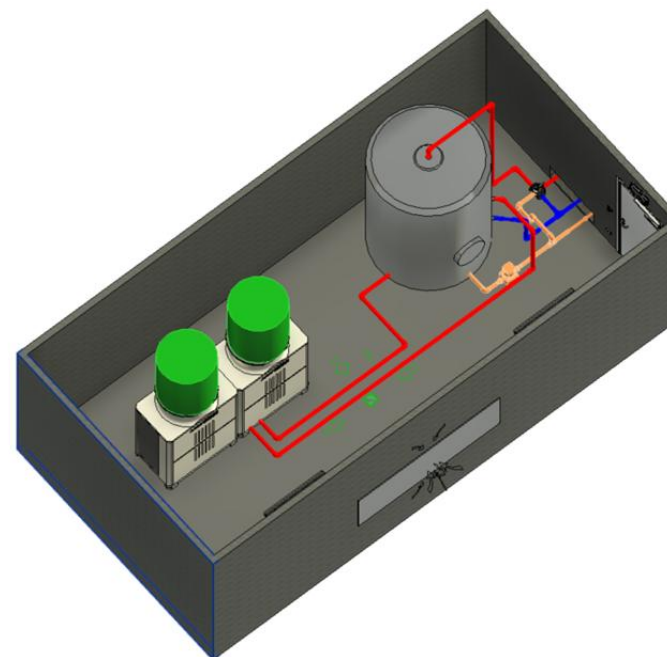
Codesarrollos de componentes industrializados

Los elementos necesarios que deben contener este "recipiente-contenedor" son:

- Depósito de Inercia 1.000 litros para maquinas Clima.- $\pm 1,5 \text{ m}^2$
- Acumulación A.C.S de 5.000 litros (2 depósitos de 2.500 litros).- $\pm 4 \text{ m}^2$
- Depósito de Inercia 200 litros para A.C.S.- $\pm 1 \text{ m}^2$
- Bombas, tuberías, conexiones, etc.

Espacio MÍNIMO ocupado del conjunto: $\pm 15 \text{ m}^2$

Peso MÍNIMO ocupado del conjunto: $\pm 11.000 \text{ Kg}$



Contenedor industrializado instalaciones climatización. Fuente: Cluster Vertical Instalaciones.



Impactos de la industrialización

La industrialización de la instalación de elementos auxiliares (grupos hidráulicos, depósitos inercia, ACS, tuberías), incorporar estos elementos en una Fábrica y en un contenedor aumenta los costes de transporte, el coste extra del contenedor.

El coste de mano de obra no es significativo entre una solución tradicional on-site a una solución industrializada off-site.

Aunque los plazos de montaje son los mismos, se ahorra en el camino crítico de la obra, al no tener que depender de la finalización de otros trabajos.

La industrialización de las instalaciones hidráulicas incrementa la calidad de la instalación al realizarse en una Fábrica donde el entorno es controlado, llegando a obra habiendo sido todos los elementos probados y verificados.

Tabla 26. Comparativa de ventajas de climatización tradicional e industrializada

Viabilidad económica		Calidad/Mantenimiento		Plazos de ejecución	
=	Instalación de equipos producción, sistemas ya industrializados	↑↑	Aplicación de tecnología BIM. Garantizar espacios de mantenimiento	↑↑	Reducir el camino crítico de tareas. Se puede empezar a ejecutar antes
↘	Instalación de elementos auxiliares. Montaje en fábrica en un contenedor	↑↑	Instalación de elementos auxiliares. Montaje en fábrica en un contenedor	↑↑	Adelantar suministro de equipos

↘	Mejora de la productividad	↑↑	Mejora de la productividad. Montaje en ambiente controlado.
↘	Aumenta costes de transporte	↑↑	Operaciones de obra Plug&Play, reduciendo imprevistos
↘	No hay economía de escala, cada instalación es diferente		

Coste

Contenedor Plug and Play

- Contenedor 20' HC
- Dos rejillas de ventilación
- Instalación eléctrica de alumbrado y fuerza 3Kw con toma de corriente exterior
- Puerta hombre con barra de emergencia
- Instalación de un sumidero, para posibles derrames o fugas de agua
- Pintura C3 exterior y solo retoques de pintura en interior
- Montaje e instalación de máquinas, bombas, depósitos, válvulas y sus conexiones
- Bridas de acometida y retorno DN100
- No incluido transporte
- No incluido maquinaria ni accesorios

Precio estimado: 22.000€



Estimación coste medios de elevación cubierta

Se ha previsto que el contenedor (peso de 20,88 Tn) se sitúe en el medio de la cubierta, es decir en el eje del bloque aproximadamente a 10,75 ml del vuelo de los balcones, siendo necesario separarse de fachada 8 m. La altura que es preciso izar el contenedor es de 28 m.

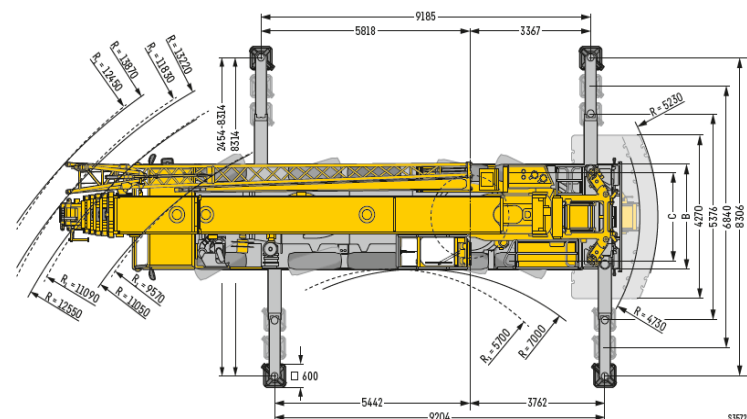
Con estos datos la autogrúa necesaria es de 160Tn.

Estas grúas siempre llevan salida más horas mínimas (la de 160 suele ser 8 h mínimo), es decir subir el contenedor cuesta:

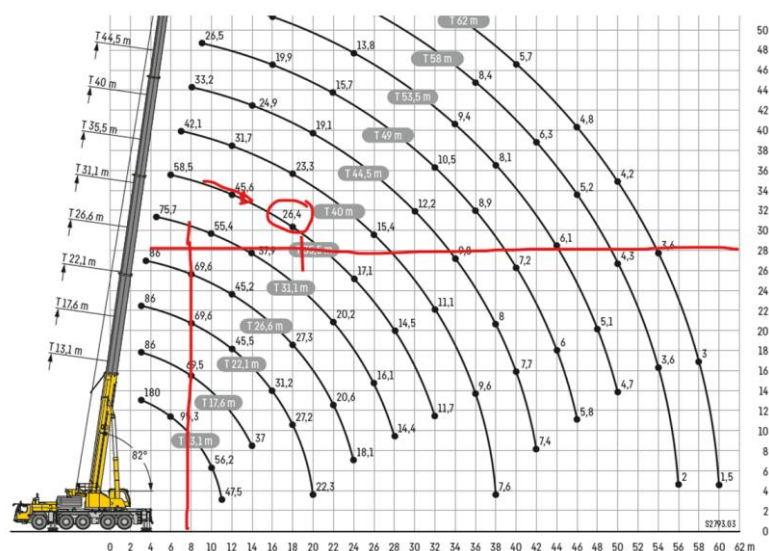
Salida 1.500€ + 1.632€ (8h x 204€/h) = 3.132€ total

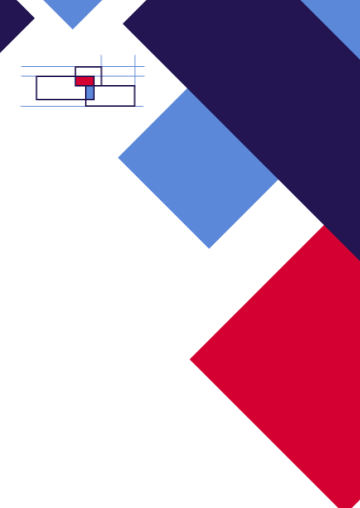
Será necesario reservar un espacio en calzada de lo que ocupa la grúa, 8,3 m de ancho y 15 de largo, aparte el transporte del contenedor, que vendría en una góndola que ocupa otros 15 m aproximadamente.

Precio total (contenedor + izado) estimado = 25.132 €



Medios necesarios de elevación contenedor industrializado. Fuente: BOSCH.





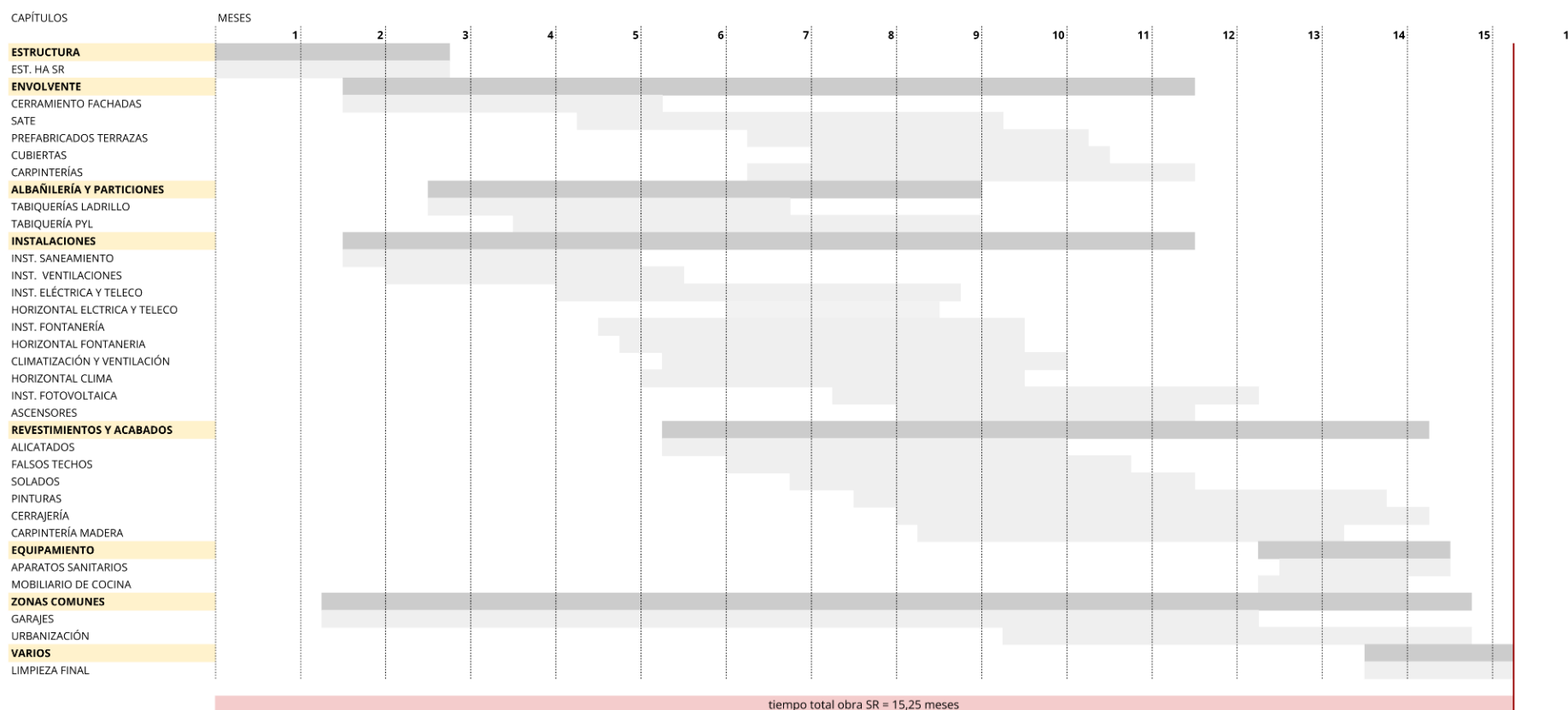
Cronograma: Introducción

De cada uno de los casos estudiados, se realiza un cronograma de obra teniendo en consideración los condicionantes propios de cada sistema constructivo.

En todos los casos, la construcción bajo rasante se realiza de forma tradicional con construcción en hormigón armado in situ, por lo que el cronograma comparativo se realiza únicamente en construcción sobre rasante. Se estima que las fases de construcción de movimiento de tierras, cimentación, saneamiento y estructura bajo rasante tendrían una duración estimada de 4 meses y medio en todos los casos.

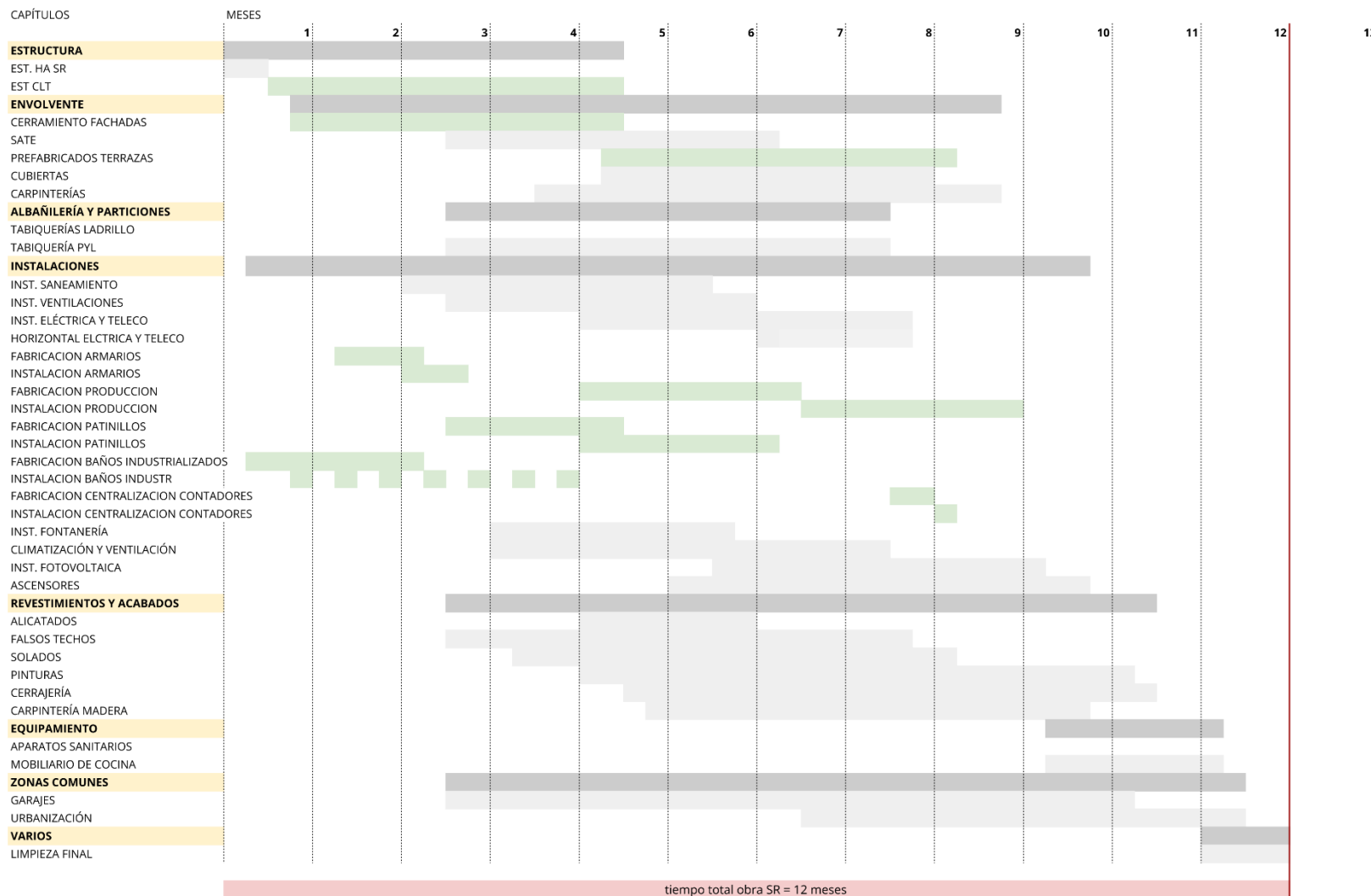


Cronograma: Tradicional



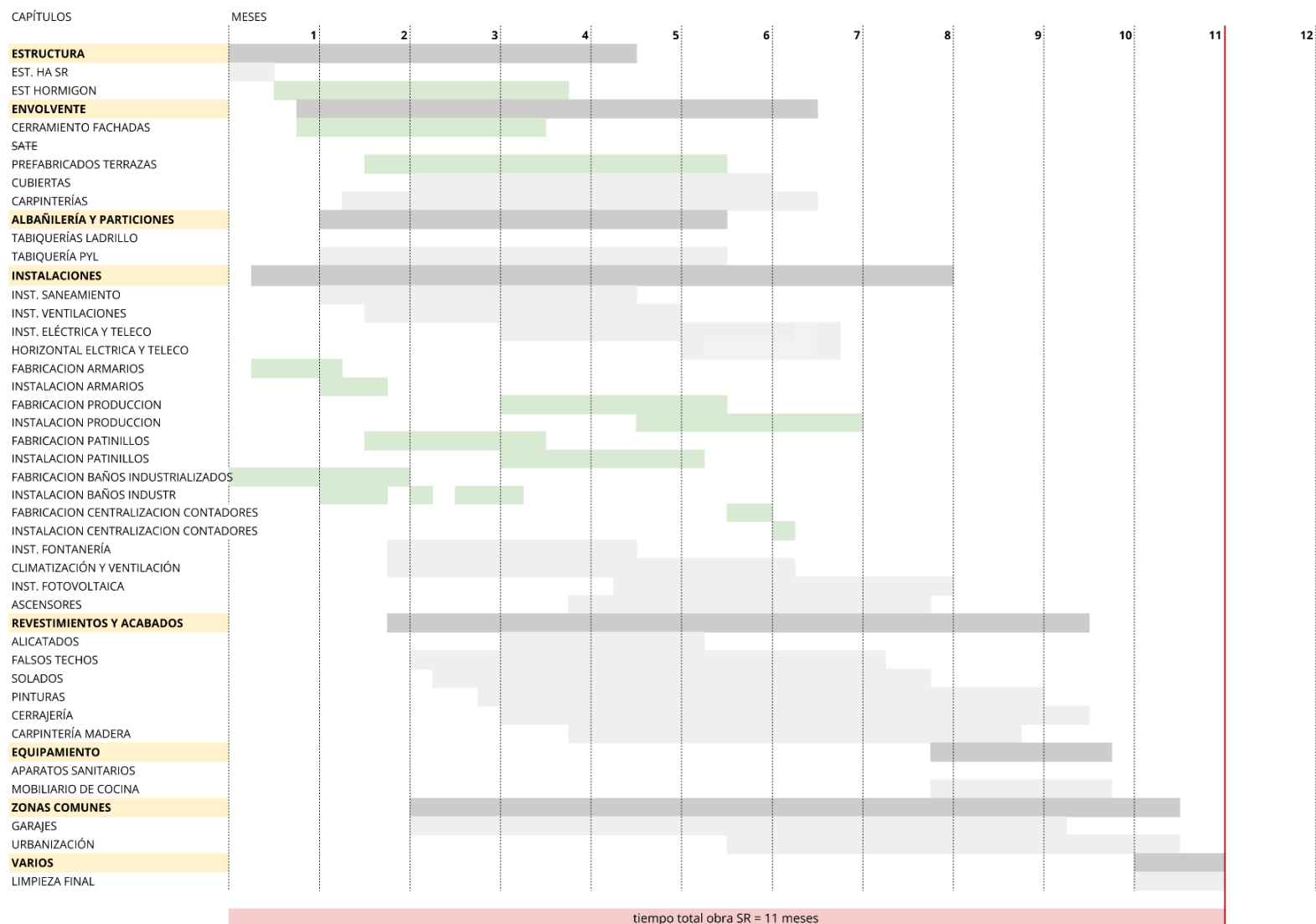


Cronograma: CLT



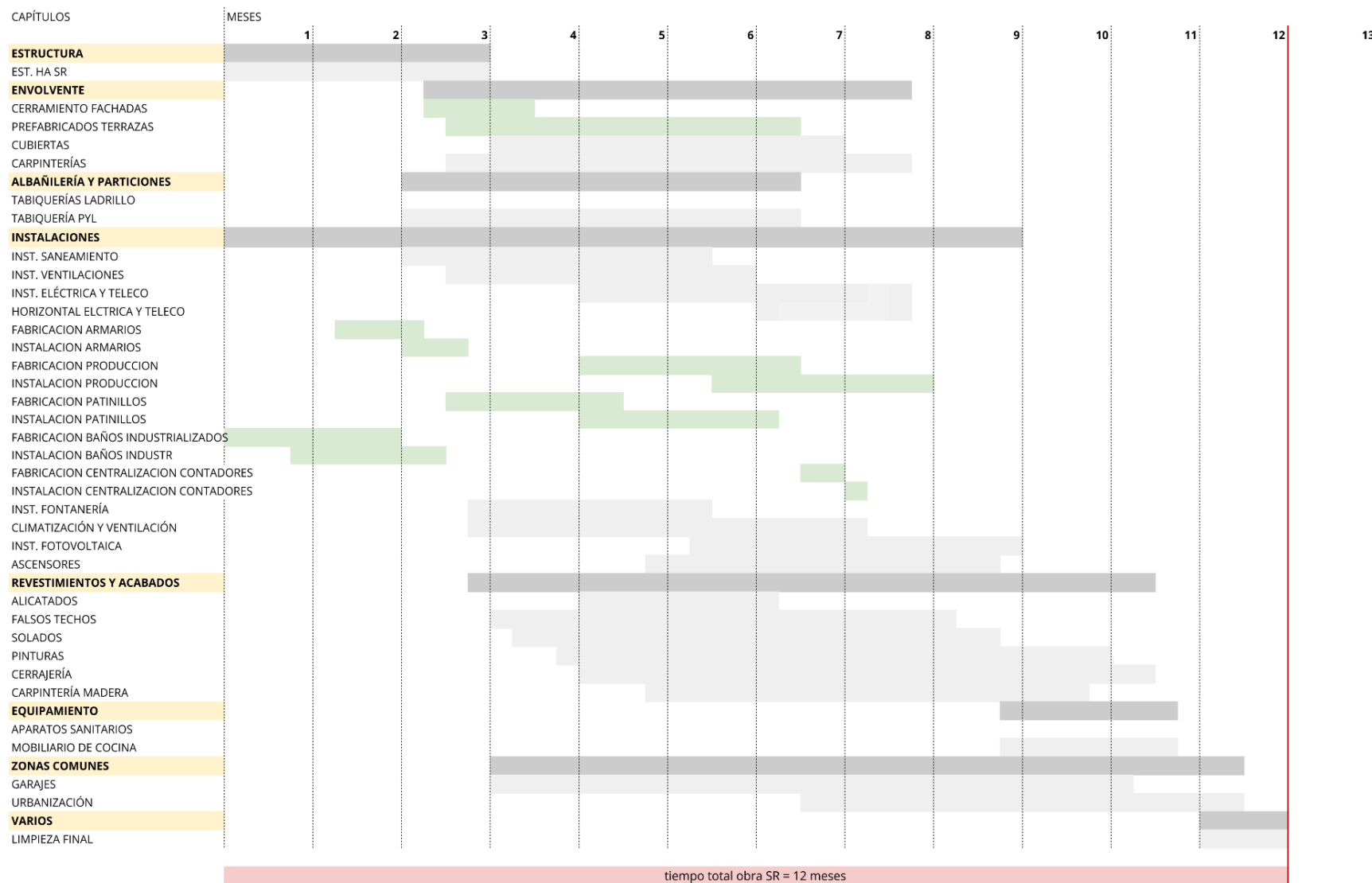


Cronograma: Hormigón prefabricado





Crono.: Estruct. Tradicional + Fachada indust.





Presupuesto

El análisis económico es un aspecto clave para comprender el impacto real de la construcción industrializada frente a los sistemas tradicionales. En este capítulo se estudia el importe del coste de estructura, cerramiento e instalaciones industrializados en los distintos casos de estudio, diferenciando entre coste directo –asociado a materiales, mano de obra y ejecución– y coste indirecto, que incluye aspectos como gestión, medios auxiliares o coordinación.

Esta distinción resulta esencial para obtener una visión holística del coste total de la obra, evitando valoraciones parciales que pueden distorsionar la comparación entre sistemas constructivos.

Factores de presión actuales en el mercado

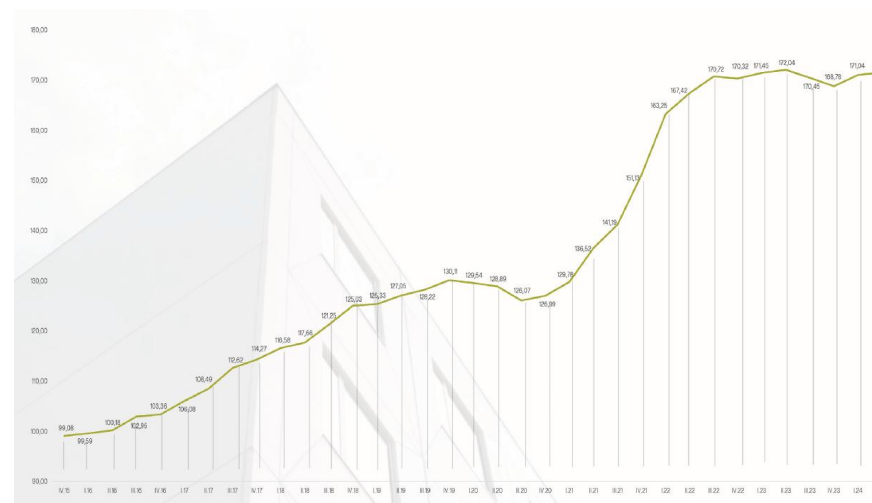
El contexto actual del sector de la construcción está marcado por una falta de mano de obra cualificada, derivada del envejecimiento del personal activo, la escasez de relevo generacional y un alto grado de masculinización, que limita la capacidad de renovación del oficio. Esta situación está generando tensiones al alza en los precios, especialmente en partidas de alta dependencia laboral, una tendencia que previsiblemente continuará en los próximos años.

Según el Informe de Costes Directos de Construcción ACR (junio 2024), el Índice de Costes Directos de Construcción ha acumulado un incremento del 71% en la última década, con un aumento del 18-22% solo en los últimos cinco años (principalmente entre 2021 y 2022). En junio de 2024 el índice se situó en 171,51 puntos, registrando una leve bajada interanual del -0,3%, lo que refleja una fase de estabilidad con ligera corrección tras los fuertes incrementos anteriores.

En este escenario, la construcción industrializada se perfila como una palanca de cambio estructural, capaz de aportar mayor certidumbre en los

costes, reducir la exposición a la variabilidad del mercado laboral y mejorar la eficiencia global del proceso constructivo.

Índice de precios pagados de coste directo. Edificación residencial Comunidad de Madrid (Base 100=enero 2015)



Índice de Costes Directos de Construcción. Fuente: Informe de Costes Directos de Construcción ACR 2024.



Presupuesto: Consideraciones

En estudio:

En este informe se analiza un caso real de construcción en el que se plantean distintas alternativas industrializadas frente al sistema tradicional.

Dado que no se dispone del presupuesto detallado de la obra ejecutada de manera convencional, se ha optado por realizar la comparativa de costes mediante un método proporcional. Esto consiste en **calcular qué peso tiene cada parte de la obra dentro del coste total y aplicar esos porcentajes al caso de estudio, de modo que se pueda estimar la diferencia económica entre las distintas soluciones industrializadas.**

Para determinar los porcentajes asignados a cada capítulo se han tomado como referencia proyectos de tipología, dimensiones y geometría similares, que sirven de base para establecer una comparación fiable.

Los capítulos considerados y su peso relativo sobre el coste total son los siguientes:

- Estructura sobre rasante: 15%
- Envolverte: 12%
- Instalaciones: 25%
- Costes indirectos: 15%

En cuanto a la envolvente, **el porcentaje asignado no incluye carpinterías exteriores, centrándose únicamente en los elementos que componen los cerramientos y fachadas.** Esto permite evaluar de manera más precisa el impacto de las soluciones industrializadas en los materiales y sistemas constructivos que realmente se modifican o se sustituyen en cada alternativa.

En lo que respecta a las instalaciones, se considera que **no existe una variación significativa en el coste global a igualdad de prestaciones.** Aunque su ejecución mediante sistemas industrializados puede implicar un mayor

coste en transporte —al fabricarse fuera de la obra— y en la instalación —por la necesidad de determinados medios auxiliares—, estos factores se compensan con la optimización de recursos, la reducción de tiempos de montaje y la mejora en la calidad que aporta la fabricación en taller. Además, la estandarización y prefabricación de los elementos permite minimizar errores y retrabajos, contribuyendo a que el coste total de las instalaciones se mantenga dentro de rangos comparables a los de la construcción tradicional.

Con esta metodología, aunque no se conozca el presupuesto completo de la obra tradicional, es posible obtener una visión clara del impacto económico de las diferentes soluciones industrializadas, identificando en qué medida suponen un aumento o una reducción de coste respecto al caso de referencia, y permitiendo tomar decisiones fundamentadas sobre su viabilidad y eficiencia.

Tabla 27. Impacto de las distintas propuestas estudiadas sobre el PEM de la construcción tradicional

Ponderación		15%	12%	25%	15%
PROPUESTA		ESTRUCTURA SR	ENVOLVENTE	INSTALACIONES	INDIRECTOS
1	Estructura CLT + Instalaciones industrializadas	+11,0%		0,0%*	-3,2%
2	Estructura hormigón prefabricado + Instalaciones industrializadas	+9,4%		0,0%*	-3,0%
3.1	Estructura tradicional + Envolverte Steel Frame (1)	-	+7,6%	0,0%*	-4,9%



	+ Instalaciones industrializadas				
3.2	Estructura tradicional + Envolvente Steel Frame (2) + Instalaciones industrializadas	-	+5,5%	0,0%*	-4,9%
3.3	Estructura tradicional + Envolvente entramado madera + Instalaciones industrializadas	-	+7,0%	0,0%*	-4,9%
3.4	Estructura tradicional + Envolvente hormigón prefabricado + Instalaciones industrializadas	-	+2,4%	0,0%*	-4,3%

En obra:

Para el análisis de costes indirectos y personal, relacionados con los cronogramas propuestos en los distintos casos en el apartado anterior, se ha realizado teniendo en cuenta las siguientes consideraciones.

Para todos los sistemas constructivos se ha contemplado la parte proporcional del Jefe de Grupo o delegado, un Jefe de Obra, un ayudante o Jefe de Producción y un Encargado, todos al 100% toda la obra, con una administración al 50% toda la obra, vinculadas a su cronograma correspondiente.

TRADICIONAL:

Se ha optado por una estructura explotada y un cerramiento con andamios, en lugar del sistema "a la catalana". Esto implica la necesidad de un ayudante o Jefe de Producción adicional desde el inicio de la estructura hasta la

finalización de la fachada (tosco), así como un capataz extra desde la estructura hasta la conclusión de toda la envolvente. Para la ejecución de la obra, se emplean dos grúas torre con sus respectivos gruistas y un toro mecánico que comienza 15 días antes de la fachada y finaliza dos meses antes de la conclusión total de la obra.

CLT:

En este caso, no es necesario un segundo ayudante. El capataz estará presente desde la estructura hasta la finalización de toda la envolvente. Tanto la estructura como la fachada se montan con las dos grúas torre, que también se utilizan para la colocación de los baños industrializados. La obra se ejecuta con dos grúas torre, dos gruistas y un toro mecánico que inicia 15 días antes de la fachada y finaliza dos meses antes del término de la obra.

HORMIGÓN PREFABRICADO:

Al igual que en el sistema CLT, no se requiere un segundo ayudante y el capataz estará desde la estructura hasta la finalización de la envolvente. La estructura y la fachada se montan con dos autogrúas, mientras que los baños industrializados se colocan con las grúas torre. Para esta obra, se utilizan dos grúas torre con sus gruistas, dos autogrúas (para estructura y fachadas) y un toro mecánico que comienza 15 días antes de la fachada y concluye dos meses antes del fin de la obra.

La principal diferencia temporal entre los sistemas de madera y hormigón radica en los medios auxiliares y la ejecución del SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior). En el caso de la madera, solo se dispone de dos grúas torre para la estructura, envolvente, baños y SATE. En contraste, el sistema de hormigón, además de no incluir SATE dado que el aislamiento se coloca desde el interior de la fachada, cuenta con dos autogrúas adicionales.



Cuadro resumen de la comparación de los casos de estudio

Caso	0	1	2	3			
				3.1	3.2	3.3	3.4
Grado de industrialización	Tradicional	5 (35-50% PEM)	5 (35-50% PEM)	4 (25-35% PEM)			
Estructura		CLT	Hormigón prefabricado	Tradicional			
Envoltura		CLT + SAT E	Hormigón prefabricado	Steel Frame (opción 1)	Steel Frame (opción 2)	Entramado de madera	Hormigón prefabricado
Instalaciones		Baños + Patinillos + Contadores + Clima					
Plazo		-21,3%	-27,8%	-21,3%			
Coste total		+8%	+6%	+1%	+3%	+3%	-2%
Coste indirecto		-21,4%	-20,1%	-32,4%	-32,4%	-32,4%	-28,8%

Prestaciones

Reducción de plazo, mayor certidumbre, coste de oportunidad, mejora de calidad, reducción de huella de carbono, postventa...



Prestaciones: Beneficios frente a la construcción tradicional

La adopción de sistemas constructivos industrializados en el sector de la construcción no solo impacta en la reducción de plazos y costes, sino que aporta mejoras sustanciales en la calidad, las prestaciones técnicas y la sostenibilidad de los proyectos.

A partir de los resultados obtenidos en las distintas verticales analizadas (estructuras, envolventes, instalaciones e integradores), se presenta a continuación un resumen de las principales ventajas y mejoras identificadas, que reflejan el potencial de la industrialización como respuesta eficiente y competitiva frente a los sistemas tradicionales y los desafíos del sector.

Ventajas operativas

→ Reducción de plazos:

Menor tiempo de ejecución gracias a que buena parte de los procesos se realizan en taller (ej. baños industrializados hasta un 67%)

Posibilidad de solapar tareas en obra (ej. montaje de fachadas sin necesidad de esperar a otros oficios).

→ Mayor certidumbre en la planificación:

Plazos más previsibles y controlados.

Menor riesgo de retrasos por climatología o interferencias entre gremios.

→ Optimización de medios auxiliares:

Eliminación de andamios en muchas soluciones (montaje desde el interior o con grúa).

Menor necesidad de elementos de elevación, plataformas o acopios en obra.

Ventajas económicas

→ Coste de oportunidad:

Se trata de un coste crítico y negligenciado habitualmente. La mayor rapidez de ejecución con sistemas industrializados permite disponer del capital con antelación para poder invertir nuevamente. Pese a que solo pueda ser calculado dependiendo de la singularidad de la estructura de capital del promotor, la industrialización conlleva a un mayor retorno financiero (mayor TIR) frente al sistema convencional.

→ Ahorros en costes indirectos:

Reducción o eliminación de alquiler de andamios.

Menor uso de contenedores de residuos.

Disminución de personal de limpieza y apoyo.

Menores gastos operativos por reducción de plazos.

→ Mayor certidumbre de costes:

Menor exposición a la volatilidad del mercado de materiales y mano de obra.

Reducción de sobrecostes por imprevistos surgidos en obra.

Mejora de calidad y precisión

→ Ejecución bajo control industrial:

Mayor precisión dimensional y mejor acabado.



Fabricación en entornos controlados con inspecciones y pruebas antes de envío.

Optimización de espacio (ej. patinillos o armarios industrializados).

→ Integración de prestaciones en fábrica:

Posibilidad de entregar elementos con acabados, carpinterías, instalaciones y preinstalaciones ya integradas.

Ensayos de estanqueidad, acústica, resistencia al fuego y comportamiento térmico antes de la instalación.

Mejora de prestaciones técnicas

→ Eficiencia energética:

Mejor transmitancia térmica en soluciones industrializadas (ej. fachadas con $U=0,21-0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ frente a $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ de tradicional).

Mayor estanqueidad al aire y reducción de puentes térmicos.

→ Aislamiento acústico:

Valores superiores en fachadas industrializadas (ej. $R_w=64 \text{ dB}$) que en soluciones convencionales.

→ Resistencia y seguridad:

Cumplimiento y mejora de normativas de resistencia al fuego, durabilidad y seguridad estructural.

Seguridad laboral y postventa

→ Menor riesgo de accidentes:

Trabajo en un entorno controlado de fábrica.

Menor exposición a trabajos en altura o con climatología adversa.

→ Mejor postventa:

Mayor control de calidad previo reduce defectos e incidencias en obra.

Menor necesidad de reparaciones posteriores.

Ventajas en sostenibilidad

→ Reducción de emisiones de CO_2 :

Menor impacto en fases A1–A3 del ciclo de vida.

Uso de materiales con DAP y opciones de desensamblaje o reutilización.

→ Menor consumo de recursos:

Reducción del uso de agua y electricidad en obra.

Menor generación de residuos y acopios en el emplazamiento.

→ Menor impacto en el entorno:

Reducción de ruido, polvo y transporte interno de materiales.



Conclusiones: Aprendizajes

A través del desarrollo del estudio hemos ido recopilando distintos aprendizajes y conclusiones que enumeramos a continuación:

Costes y plazos

→ Se corrobora que, actualmente, el coste de construir con soluciones industrializadas es ligeramente más elevado que hacerlo de forma tradicional, por lo que resulta fundamental destacar la industrialización en dos ejes principales: reducción de plazo y mejora de calidad constructiva.

→ Economía de escala: a mayor volumen de obra, los costes de las soluciones industrializadas se equiparán con los de la tradicional.

→ La industrialización permite reducir plazos de ejecución de manera significativa (más de 4 meses en el ejemplo estudiado), con impacto directo en los costes financieros y en la rapidez de retorno de la inversión.

→ Para que resulte efectiva, la comparativa ha de tener en cuenta todos los condicionantes directos e indirectos relacionados con cada solución constructiva. No basta con comparar precios unitarios: es necesario contemplar costes indirectos, tiempos de ejecución, riesgos financieros y postventa para apreciar el valor real de la industrialización.

Diseño y gestión

→ La participación de todos los agentes desde las etapas de diseño inicial requiere de una mayor coordinación y seguimiento.

→ La reducción de oficios en obra simplifica la coordinación y disminuye interferencias entre gremios, lo que supone un cambio en la forma de trabajar de las constructoras, como integradores que deben adaptarse a una labor de gestión centralizada de los intervinientes.

→ Los sistemas industrializados de instalaciones permiten liberar espacio útil, centralizar servicios y facilitar el mantenimiento, lo que refuerza la funcionalidad del edificio. Esta optimización del espacio debe plantearse en fases tempranas del proyecto para maximizar beneficios.

→ La industrialización resulta mucho más eficaz cuando se incorpora desde las fases iniciales de diseño; las adaptaciones a proyectos ya concebidos con sistemas convencionales limitan los beneficios. A nivel estructural resulta fundamental que se considere desde el inicio.

Sistemas constructivos y compatibilidad

→ La elección de realizar la estructura con sistemas industrializados supone que, para optimizar costes, las fachadas han de tener función estructural, ya sea asumir cargas o tener funciones de arriostramiento. Esto influye de forma directa en la composición de la envolvente.

→ La viabilidad de sistemas industrializados depende de la modulación del proyecto, la capacidad de transporte (distancia a fábrica, peso de los elementos, medios de elevación disponibles) y las condiciones de implantación en obra. Estos factores pueden ser limitantes si no se consideran desde el inicio.

→ La industrialización de las instalaciones, al no ser un "camino crítico", no impacta de forma directa en la reducción de plazo total de la obra pero mejora notablemente la calidad constructiva y evita posibles interferencias.

→ No todos los sistemas industrializados cuentan con suficiente madurez en el mercado; aún existen limitaciones en materiales, normativas y aceptación que deben resolverse para consolidar su implementación. Además, falta tejido industrial que dé respuesta a todos los proyectos si aumenta la demanda.

Calidad y postventa



→ El control de calidad industrial en fábrica reduce defectos de ejecución y la carga de postventa, facilitando además el mantenimiento gracias a la estandarización y trazabilidad de los componentes.

Sostenibilidad

→ La industrialización contribuye a la reducción de la huella de carbono no solo por menor consumo en obra, sino también por la posibilidad de reutilización, desmontaje y circularidad de materiales.

*Próximos objetivos

→ Hay dificultades a la hora de comparar resultados en todos los niveles debido a que no hay una estructuración común de datos por parte de los agentes ni da respuesta a los mismos requisitos. Planteamos la necesidad de **generar una base de componentes industrializados** que recoja las soluciones de todos los fabricantes incluyendo costes, plazos, emisiones de CO2, comportamiento energético y con qué otras soluciones del mercado son compatibles.

→ Para un tema prestacional tan importante como la calidad de las soluciones industrializadas, no se encuentran desarrollados KPI's de calidad medibles y no perceptivos. Sería de interés que según avance la implementación de dichos sistemas poder **establecer un valor de incidencias de postventa** en estas soluciones y compararlos con las soluciones tradicionales utilizadas hasta ahora.