

Universidad Politécnica de Valencia
Escuela Técnica Superior de Ingeniería en Edificación

UTILIZACIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Francisco Avila Caballero
Arquitecto Técnico

Profesor Tutor
Salvador Pérez Dasí
Arquitecto Técnico

Valencia, 02 Septiembre 2011

Índice

- 1. Introducción**
 - 1.1. Historia y Origen de los Prefabricados
 - 1.2. Estado Actual de la Prefabricación
- 2. El Prefabricado**
 - 2.1. Descripción del Material
 - 2.2. Proceso de Fabricación
 - 2.3. Proceso de Transporte y Montaje
- 3. Características del Prefabricado**
 - 3.1. Propiedades
 - 3.2. Aplicaciones de los Elementos Prefabricados
- 4. Clases de Cimentaciones**
 - 4.1. Clases de Cimentaciones
 - 4.2. Tipos de Cimentaciones para Prefabricados
 - 4.2.1. Solución con Cáliz
 - 4.2.2. Solución con Vainas
 - 4.2.3. Solución Atornillada
- 5. Clases de Pilares Prefabricados de Hormigón**
 - 5.1. Clases de Pilares
 - 5.2. Tipos de Uniones en Pilares
 - 5.2.1. Pilar Monolítico
 - 5.2.2. Unión Pilar-Pilar Atornillada
 - 5.2.3. Unión con Relleno Húmedo
 - 5.2.4. Unión con Cajeados
- 6. Clases de Vigas Prefabricadas de Hormigón**
 - 6.1. Clases de Vigas
 - 6.1.1. Viga Prefabricada de Sección rectangular
 - 6.1.2. Viga Prefabricada de Sección en “L”
 - 6.1.3. Viga Prefabricada de Sección en “T Invertida”

6.2. Tipos de Uniones en Vigas Prefabricados

6.2.1. Unión Articulada

6.2.2. Unión Rígida

7. Formas de los Forjados Prefabricados de Hormigón

7.1. Clases de Forjados

7.2. Tipos de Forjados con Piezas Prefabricadas

7.2.1. Forjados de Viguetas, Semiviguetas y Bovedillas

7.2.2. Forjados con Placas Alveolares

8. Fachadas Prefabricadas de Hormigón

8.1. Tipos de Fachadas

8.2. Tipos de Paneles

8.2.1. Paneles Resistentes o Portantes

8.2.2. Paneles no Resistentes o Autoportantes

8.3. Paneles Sándwich

8.4. Elementos Especiales

9. Formas y dimensiones de los Elementos Prefabricados

9.1. Formas de los Elementos Prefabricados

9.2. Dimensiones de los Elementos Prefabricados

9.3. Racionalización de los Elementos Prefabricados

10. Modulación de las Fachadas

10.1. Modulación de las Fachadas

11. Colores, Texturas y acabados en los Prefabricados

11.1. Tipos de Acabados Superficiales

11.2. Elementos Prefabricados con Moldeo Simple

11.3. Paneles Prefabricados Texturizados en el Molde

11.4. Paneles Prefabricados Texturizados Mecánicamente

11.5. Ejemplos de Diferentes Acabados en Edificios

12. Uniones entre la Estructura y los Paneles Prefabricados

12.1. Uniones

12.2. Consideraciones de Diseño

12.3. Detalles de Conexiones

13. Juntas entre los Paneles

- 13.1. Diseño de las Juntas entre Paneles
- 13.2. Características de las Juntas entre Paneles
- 13.3. Juntas Horizontales y Verticales entre Paneles
- 13.4. Juntas de un Sellado y Doble Sellado entre Paneles
- 13.5. Proceso de Sellado de Juntas entre Paneles

14. Defectos y Tolerancias en los Elementos Prefabricados

- 14.1. Defectos y Tolerancias
- 14.2. Defectos Superficiales
- 14.3. Tolerancias

15. Limpieza y Mantenimiento de los Prefabricados

- 15.1. Durabilidad de los Edificios
- 15.2. Limpieza
- 15.3. Mantenimiento

16. Control de Calidad en los Prefabricados de Hormigón

- 16.1. Control de Calidad

17. Seguridad

- 17.1. Seguridad
- 17.2. Riesgos y Medidas Preventivas en la Empresa de Prefabricación
- 17.3. Riesgos y Medidas Preventivas Durante el Montaje de Prefabricados

18. Sostenibilidad

- 18.1. Sostenibilidad
- 18.2. Reciclaje
- 18.3. Principales Prestaciones y Características del Hormigón que Mejoran la Sostenibilidad

19. Normativa

- 19.1. Normativa del CTE que Afecta a los Prefabricados de Hormigón
- 19.2. Normativa de la EHE que Afecta a los Prefabricados de Hormigón

20. Estudio Comparativo entre Construcción Tradicional y Prefabricada

21. Conclusiones

- 21.1. Conclusiones

21.2. Ventajas de la Construcción Prefabricada

21.3. Desventajas de la Construcción Prefabricada

22. Ejemplos de Edificaciones Prefabricadas

23. Bibliografía

23.1. Libros y Documentos

23.2. Consultas Internet

Anejos

1.- Planos

2.- Resumen Presupuesto Construcción Tradicional

3.- Resumen Presupuesto Construcción Prefabricada

4.- Gantt Construcción Tradicional

5.- Gantt Construcción Prefabricada

6.- Tablas Comparativas Económicas y Temporales

OBJETIVO DEL PROYECTO

La constante evolución en el diseño y tecnología dentro de la industria de los Prefabricados de Hormigón ha provocado la necesidad de reunir en un documento toda la información sobre características y aplicaciones que esta solución ofrece al mercado.

El objetivo fundamental de este proyecto es, por un lado, aportar sugerencias, directrices y normas básicas para la realización de edificaciones, conjugando racionalización y creatividad. Y por otro, promocionar el uso del Hormigón Prefabricado. También intentaremos aportar ideas para conseguir un desarrollo urbano sostenible, adaptándonos a las nuevas exigencias en materia de sostenibilidad.

Intentaremos que con este manual los técnicos que posean experiencia práctica en la utilización de Prefabricados de Hormigón, descubran nuevas posibilidades de uso y diseño. A otros les aportará los conocimientos básicos necesarios para iniciar su andadura por el apasionante mundo del Hormigón Prefabricado.

El Prefabricado de Hormigón, destaca por la libertad que ofrece al proyectista, gracias a la gran adaptabilidad de formas y tamaños, así como por reunir toda una serie de ventajas y cualidades como son:

Durabilidad de la fachada, variedad en los acabados, rapidez de ejecución, flexibilidad en el diseño, sostenibilidad de la solución, resistencia al fuego, aislamiento acústico, inexistencia de escombros, reducción de oficios, seguridad en obra, eliminación de andamios y mantenimiento reducido.

“La Arquitectura moderna, cuando se originó, no fue un simple cambio de estilo, fue una profunda revolución que transformó la forma de construcción”

GLENN MURCUTT

“En la arquitectura, el orgullo del hombre, su triunfo sobre la gravitación, su voluntad de poder, asume una forma visible”

NIETZSCHE

1.- Introducción

1.1 Historia y Origen de los Prefabricados

Para entender un primer uso de los prefabricados, nos debemos remitir primero a la aparición del primer hormigón utilizado en la historia, como fue el utilizado por los romanos en el siglo VII. Este fue conocido como opus caementicium, basado en un núcleo resistente y dos caras externas que servían de encofrado perdido. La existencia de abundante arena puzolana que, mezclada con cal formaba un cemento impermeable y que no se disolvía al combinarse con el agua sino que se endurecía, hizo posible su uso generalizado.

Con la desaparición del imperio romano se dejó de utilizar el cemento de puzolanas y no se volvió a emplear hasta que en el siglo XIX, Josep Aspdin descubrió en Inglaterra, el Cemento Portland. Sus investigaciones del material llegaron a fijar sus cualidades y bases teóricas para su difusión. Su utilización junto al acero dio alas a la utilización del hormigón armado.

El hormigón aplicado junto a entramados de alambre constituía una materia prima ideal para prefabricados. Tal es así que en 1889 se prefabricaban las primeras vigas de hormigón armado. Curiosamente un par de años después en 1891, aparecía en E.E.U.U. la primera patente de edificio prefabricado mediante módulos tridimensionales en forma de cajón apilable, ideada por Eduard T.Potter.

El hormigón es un viejo material pero sus cualidades y usos actuales le caracterizan como moderno y versátil. La investigación y el control de calidad de los componentes del hormigón han conducido a una mejor comprensión de las posibilidades únicas del hormigón prefabricado. Las mejoras en las técnicas de dosificación, mezcla, colocación, acabado y curado, han conseguido unas cualidades fiables del hormigón y han permitido que la

resistencia de cálculo se haya incrementado en las últimas décadas. Otras importantes cualidades tales como la durabilidad y el aspecto externo se han unido a este desarrollo.

Hasta hace relativamente poco tiempo, el hormigón, por las cualidades de su producción, parecía el material idóneo para la industria, que necesita producir en serie grandes cantidades para conseguir disminuir costes, pero seguía siendo un elemento que encarecía la obra y por ello, aunque lograba un desarrollo espectacular en momentos de bonanza económica, sufría, también de forma espectacular, las crisis. Además, la demanda de una arquitectura necesitada de variedad en los procesos de fabricación, lo que también repercutió en el freno de la gran prefabricación pesada. En este sentido la situación actual, gracias a la mecanización del proceso industrial, ha cambiado radicalmente y ya es posible encargar grandes piezas prefabricadas de hormigón "a medida".

La historia del hormigón prefabricado en arquitectura tiene su primer gran desarrollo y el más conocido en los sistemas de prefabricación de viviendas, ya que prefabricar significaba abaratar y mejorar la calidad, el intento parecía inmediato. El problema era que se buscaba un sistema de costo mínimo y por lo tanto de equivalentes prestaciones debido a la gran competencia en la Europa de la posguerra.

Pero un sistema prefabricado no tenía por qué tener estas características, de hecho muchos países nórdicos o en los Estados Unidos se aleja de estas concepciones atendiendo a las nuevas prestaciones que ofrece el material.



1.1. Viviendas de James Stirling en Runcorn 1976



1.2. Viviendas de Otto Steider en Munich 1974

En España tras un comienzo muy prometedor en el que la Investigación llevada a cabo por ingenieros y arquitectos españoles era pionera a nivel internacional, el espíritu experimental e innovador quedó paralizado principalmente por razones de índole económico. Actualmente el panorama de la construcción con prefabricados de hormigón en España es bastante pobre y, con unas pocas excepciones, se limita a banales construcciones industriales, pero analizando de cerca los sistemas existentes, las posibilidades arquitectónicas que ofrece son lo suficientemente sugerentes como para provocar el interés de los proyectistas y la consecuente revitalización de este sector.

Aun a pesar de que la España de los años 60 estaba poco industrializado, la historia del hormigón prefabricado estaba plagada de interesantes realizaciones unidas a nombres que ven en este material nuevas posibilidades y gran proyección.

Nacido del mundo de la ingeniería de puentes, el hormigón prefabricado encuentra rápidamente aplicación en la resolución de grandes luces de cubierta y más tarde abarcando el edificio entero, tanto en edificios mixtos (estructura in situ y cerramientos prefabricados) como en edificios completamente prefabricados realizados a base de estructuras de paneles de carga.

Estas primeras estructuras de paneles de carga basadas en la realización de plantas por medio de paneles de fachada arriostrados perpendicularmente por otros paneles y con forjados semi-prefabricados pasan a estructuras de elementos lineales formados por pilares y vigas que pueden trabajar tanto como nudos simples como nudos rígidos. Todo esto unido a forjados totalmente prefabricados nos brinda una gran variedad de edificaciones en las cuales la altura ya no vendrá limitada por la poca rigidez de sus nudos.

La industrialización del hormigón significa una mejora cualitativa tanto en sus propiedades resistentes como en acabados y fiabilidad. Además la aparición de la tecnología del pretensado previene la figuración y lo convierte en un material en el que es posible conocer de antemano sus condiciones de trabajo. Este sistema de pretensado también nos permite superar la limitación de tamaño existente con lo que se abre un gran abanico de posibilidades para una nueva visión del prefabricado.

1.2 Estado Actual de la Prefabricación

Debido a la crisis económica actual, la demanda de edificación residencial ha sufrido un descenso significativo. Este hecho ha afectado principalmente a empresas del sector de la construcción, en especial aquellas que utilizan un sistema de construcción convencional.

En cambio, se ha abierto un abanico de posibilidades para las empresas que realizan prefabricados de hormigón. Paulatinamente, los productores y la ingeniería han permitido una mayor flexibilidad en el diseño de edificios prefabricados, dando así respuesta a las demandas de calidad mínimas requeridas por el sector. La evolución de los procesos de producción de elementos prefabricados de hormigón se ha realizado a partir de dos aspectos clave: mejorar los medios de producción y optimizar la organización de la misma.

Los medios de producción han evolucionado substancialmente gracias a las mejoras tecnológicas aplicadas a los materiales y a los sistemas productivos.

El desarrollo de hormigones especiales ha permitido a las plantas de hormigón ofrecer una amplia gama de dosificación con una notable precisión. Este hecho ha permitido el diseño y producción de diversas gamas de productos de hormigón prefabricado con diferentes usos, tamaños y acabados.

Por otro lado, el desarrollo de la red de transporte, ha supuesto mantener la oferta de productos prefabricados en caso de grandes demandas puntuales de elementos constructivos.

Desde el punto de vista del propio sistema productivo, los avances realizados se concentran en el tratamiento del hormigón y en el proceso de fabricación de la pieza prefabricada. Estos consisten principalmente en realizar una distribución homogénea del hormigón en el molde y utilizar procedimientos capaces de reducir al máximo el tiempo de fraguado del hormigón.

Cabe destacar el creciente uso de hormigones autocompactante para prescindir de la fase de vibrado. Este hecho aumenta de manera significativa la vida útil de los moldes de las piezas prefabricadas.

La optimización del sistema organizativo de las empresas productoras de elementos prefabricados ha sido clave en el desarrollo actual de la construcción industrializada. Aspectos como dotar las plantas de fabricación de la flexibilidad necesaria para realizar productos que aportan soluciones a distintas partes de la vivienda, así como productos adaptables a

diferentes tipos de construcciones, han sido determinantes para la evolución del sistema abierto de diseño.

Este hecho ha sido posible gracias a la mejora de la disposición funcional de los medios productivos, la automatización de tareas y al empleo de medios susceptibles de usos alternativos. De esta manera ha sido posible de dotar a los productos de un alto valor añadido, con el consecuente aumento de la calidad, tanto del elemento prefabricado, como del servicio prestado.

El sector de la construcción, actualmente, es la actividad productiva menos eficiente que existe. El modo artesanal de producción origina graves consecuencias negativas: siniestralidad elevada, baja especialización, precariedad de las condiciones de trabajo, dilatados plazos de obra, altos costes por el elevado impacto de la mano de obra y defectos reiterados en la ejecución.

La alternativa a la construcción convencional es la normalización de los elementos constructivos en centros de producción, o lo que es lo mismo, la prefabricación.

La industrialización implica optimizar la edificación desde una óptica industrial: construir por módulos y mediante rutinas de trabajo estandarizadas, y con un mayor grado de participación tecnológica.

La principal ventaja que ofrecen los productos prefabricados respecto a los elementos ejecutados "in situ", es la notable calidad de los materiales y los acabados. Esto se debe a que los elementos prefabricados se producen en una planta con unas condiciones exhaustivas y estrictos controles de calidad. En obra únicamente se montan las piezas y los únicos problemas que pueden surgir son desperfectos derivados del transporte de dichos elementos.

De esta manera, se reduce significativamente el espacio necesario para acopio y producción de piezas en obra, así como el tiempo de ejecución del edificio. Este hecho conlleva que los costes globales de la obra también se reduzcan.

Por otro lado, al externalizar la producción de los elementos a una industria se reducen los equipos de trabajo en obra. De manera general, los operarios de la industria de prefabricados son obreros con mayor especialización y calificación que las cuadrillas de trabajos de construcción "in situ". Eso deriva en una reducción significativa de los accidentes laborales de los trabajadores.

Como la producción se realiza en un espacio dónde las condiciones de contorno están controladas, la gestión de los residuos generados es substancialmente más eficaz. Si a este factor, añadimos el hecho que el consumo energético es menor, se puede afirmar que la construcción industrializada es menos perjudicial para el medio ambiente.

Aunque los progresos en la cuestión han sido notables, el mayor inconveniente que tiene en la actualidad la construcción industrializada respecto a la construcción convencional sigue siendo la rigidez que provocan los elementos prefabricados en el diseño del proyecto. Por mucha versatilidad que tenga la planta de producción, es inviable que ofrezca la misma gama de formas y acabados que la construcción artesanal.

De todas formas, si se tiene en cuenta esta desventaja desde el inicio del proyecto, las empresas prefabricadoras ofrecen una suficiente oferta de productos que satisfacen las exigencias de los proyectistas.

Además de la rigidez en el diseño, existe la problemática modular. En una construcción industrializada es complejo diversificar los componentes en diferentes industriales debido a la incompatibilidad entre las distintas marcas comerciales.

Por otro lado, todavía existen cuestiones técnicas no resueltas satisfactoriamente. En el campo estructural, los elementos resistentes de un edificio deben resistir las acciones a que está sometido de forma conjunta. Las soluciones actuales de uniones entre diferentes elementos estructurales de hormigón prefabricado no garantizan en su totalidad el monolitismo, con lo que no resultan eficaces sin realizar intervenciones "in situ", especialmente en zonas sísmicas.

Hay un aspecto negativo que es propio de este país. La realidad cultural en España es reacia a realizar edificación industrial mediante la construcción industrializada. Ya sea por el rechazo del consumidor último o por intereses económicos de las constructoras que defienden el modo tradicional de construcción, el desarrollo y aplicación de los sistemas prefabricados de hormigón es significativamente menor que en el resto de los países europeos.

El principal objetivo que tienen los partidarios de la construcción industrializada es aplicar a la edificación residencial los mismos procedimientos de estandarización, modularidad, industrialización y tecnología, que se aplican en todos los demás campos de la actividad humana.

Para ello se debe conseguir que componentes complejos de distintas procedencias y generados con diferentes formas de producción, bajo directrices de proyecto redactadas de forma lógica y con disciplina industrial, tengan como resultado, espacios construidos mayoritariamente a base de componentes producidos por empresas distintas.

Por otro lado, es necesario, en el contexto de la industrialización de la construcción, una renovación de formas, materiales, métodos de fabricación, resolución de juntas, etc. En este sentido, el objetivo es minimizar las actuaciones en la obra para garantizar el buen funcionamiento de los elementos prefabricados, ya que la construcción industrializada en seco minimiza el acopio de material y optimiza el tiempo de ejecución de la obra.

Finalmente, el desarrollo de la prefabricación debe comportar una disminución de la siniestralidad laboral en el marco de la construcción.



1.3. Vivienda Plurifamiliar en Vitoria



1.4. Edificio para Estudiantes en Reino Unido

2.-EL Prefabricado

2.1 Descripción del Material

La composición elegida para la preparación de las mezclas destinadas a la construcción de elementos prefabricados deberá estudiarse previamente, con el fin de asegurarse de que es capaz de proporcionar hormigones cuyas características mecánicas, reológicas y de durabilidad satisfagan las exigencias del proyecto. Estos estudios se realizarán teniendo en cuenta, las condiciones de la obra real.

Los componentes del hormigón (*cemento, árido y agua*) deberán cumplir todas las especificaciones dadas para el material según la EHE, además de las relativas al acero utilizado. El proyectista deberá disponer de los informes que certifiquen que todos los materiales incorporados en los elementos prefabricados cumplen las exigencias.

El hormigón reúne una serie de características que lo hacen un material idóneo para ser utilizado en elementos prefabricados.

Docilidad, cualidades para una buena puesta en obra sin producirse segregación envolviendo las armaduras e introduciéndose en los rincones del encofrado.

Consistencia, grado de fluidez del hormigón fresco, (seca, plástica, blanda, fluida).

Compactibilidad, facilidad en comprimirse de todos los materiales que lo forman.

Permeabilidad, el hormigón endurecido no es impermeable, si bien es posible reducir esta permeabilidad hasta un mínimo que permita un comportamiento correcto.

Durabilidad, capacidad de comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas y químicas a lo largo de su vida útil.

Resistencia a compresión, es la característica que se usa para definir la resistencia de un hormigón. Actualmente se trabaja con resistencias de 25 MPa como mínimo para elementos estructurales en edificación, y con resistencias de entre 25 y 40 MPa para piedra moldeada, debido a que es necesaria una elevada resistencia a corto plazo para poder desmoldar a diario.

Coefficiente de absorción, es una característica que requiere gran atención, porque no sólo afecta a la durabilidad y a la seguridad a lo largo del tiempo, sino que influye desde el primer momento en la estética del producto. Un hormigón bien elaborado presenta una buena durabilidad y una buena protección frente a la corrosión de las armaduras en condiciones ambientales normales.

Resistencia a la abrasión, es la capacidad del hormigón para resistir acciones como la fricción, atricción, pulido, tensiones locales y las ejercidas por fluidos que contengan elementos abrasivos.

Retracción, el hormigón se contrae en el proceso de fraguado, es un proceso que no es necesario medir, pero sí controlar. Este fenómeno produce macro y micro fisuraciones en el hormigón.

Aislamiento acústico y térmico, la alta densidad del hormigón ofrece un buen comportamiento frente al aislamiento acústico y térmico. Éste será un factor significativo especialmente en cerramientos de fachada. Los acabados y los espesores de los paneles de hormigón serán factores determinantes para obtener un aislamiento térmico y acústico satisfactorio.

Resistencia al fuego, el hormigón es un material no inflamable.

Además, los paneles de hormigón prefabricado reúnen una serie de ventajas adicionales, como la variedad en los acabados, la flexibilidad en el diseño, la rapidez de ejecución y la eliminación de andamios con el consiguiente incremento de la seguridad en la obra.

La experiencia en el empleo de hormigones es tal que podemos controlar por clasificación sus propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, químicas, etc. con lo cual podemos conseguir exactamente los requerimientos de cada caso, existiendo además la posibilidad de obtener distintas coloraciones o resultados de textura muy variados según tratamientos físicos simples, lo que le configure una riqueza plástica muy de considerar.

La aparición de hormigones especiales que incorporan nuevos componentes han permitido utilizar menores espesores, hormigones más ligeros, con menos retracciones, etc. De ellos podemos destacar como ejemplo:

Hormigón autocompactante (HAC), se puede definir como aquel hormigón que es capaz de fluir en el interior del encofrado, rellenando de forma natural el volumen del mismo pasando entre las barras de armadura y consolidándose únicamente bajo la acción de su propio peso sin compactación interna o externa. El hormigón autocompactante consigue esto gracias a la utilización de aditivos hiperfluidificantes.



2.1. Flujo de hormigón en el vertido de vigas en U,
Ref. Prevalesa



2.2. Acabado de vigas en U con hormigón autocompactante,
Ref. Prevalesa

Hormigón autolimpiante, se emplea en proyectos en los que se pretende destacar y mantener el color blanco inicial, con finalidad ornamental y de diseño. El efecto autolimpiante se produce a través del aditivo TX Active, un aditivo que produce un efecto fotocatalítico, que hace que los cementos en los que se utiliza sean capaces de oxidar y eliminar sustancias orgánicas e inorgánicas que se depositan en la superficie mediante el uso de la luz y el oxígeno.

El aditivo TX Active se puede usar tanto en hormigón fabricado in situ como en prefabricados, contando este último con la ventaja de que se pueden realizar elementos bicapa: otorgando a la capa interna la función resistente y a la capa externa la función estética y autolimpiante.



2.3. Basilica Dives in Misericordia de Roma

Hormigón reforzado con fibras de vidrio álcálistesistentes (GRC), son hormigones que consiguen con una apariencia estética prácticamente idéntica, un peso mucho menor y resistencias iguales o superiores.

La cantidad de fibras presentes en el GRC juega un papel determinante en su función final; con pequeñas cantidades (entre el 1% y el 2%) se minimiza la segregación, permitiendo aumentar la dureza y la resistencia al choque. Para aplicaciones que exigen una gran resistencia, como los paneles de fachada arquitectónicos, la proporción de fibras debe llegar al 5%.

Las principales ventajas que presenta el GRC son su reducido peso, perdurabilidad, resistencia a los agentes atmosféricos, resistencia a la propagación de fisuras, resistencia al impacto e ilimitadas posibilidades de diseños arquitectónicos.



2.4. Fibras multifilamento.

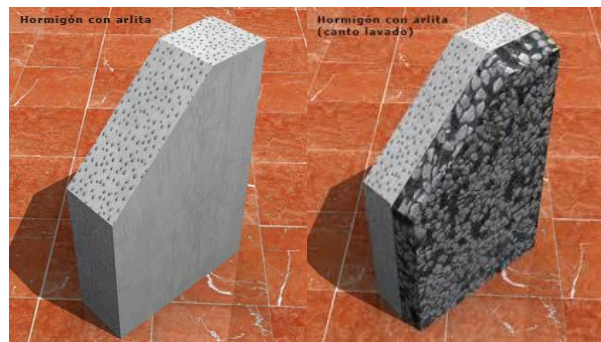


2.5. Ensayo rotura de hormigón armado con fibras.

Hormigón aligerado con arlita, la aparición de hormigones ligeros ha permitido reducir el espesor y la utilización de un sólo material. Los hormigones ligeros permiten una mayor manejabilidad de las piezas gracias a su poco peso lo que facilita su puesta en obra, reduciendo el espesor. Los hormigones ligeros son hormigones convencionales donde se ha sustituido total o parcialmente el árido natural por Arlita.



2.6. Arlita



2.7. Panel aligerado con Arlita. Ref. Francisco Hernández S.L.

2.2 Proceso de Fabricación

A continuación pasaremos a describir los elementos y procesos para la obtención de los elementos prefabricados, pero para ello debemos tener en cuenta una serie de factores que nos permitirán optimizar la producción y obtener unos resultados de máxima calidad.

Para obtener unos productos con altas prestaciones debemos cuidar tres elementos principales como son:

Personal, los operarios deben estar cualificados y tener una formación continua y la dirección e ingenieros deben de adquirir experiencia y adaptarse a la continua innovación del sector.

Material, el material utilizado en la confección de las piezas prefabricadas tiene que ser estudiado para que las dosificaciones sean las más adecuadas al tipo de molde, para ello deberán estudiarse los diferentes tipos de árido, aditivos y relación de a/c.



2.7. Cemento



2.8. Arido



2.9. Agua

Calidad, tener implantado un buen sistema de calidad nos permitirá obtener certificados y distintivos que nos ahorren costosos controles y la reducción de secciones de acero y volúmenes de hormigón, este proceso de calidad tiene que estar basado en los controles del producto, producción y en el buen mantenimiento de las instalaciones.

Sistema de fabricación:

El molde, el proceso de preparación del molde consta de tres fases, *limpieza, chequeo con rectificaciones y engrase*.

En el proceso de limpieza se deben eliminar los residuos de hormigón u otros elementos que puedan entorpecer la forma del elemento prefabricado o de su desmoldeo. La limpieza puede realizarse por medios mecánicos (aire a presión con arena, cepillos metálicos, espátulas o piedras abrasivas) o por medios químicos, que está basado en la aplicación de

ácidos que disuelven los restos de hormigón. Uno de ellos puede ser el CI H (7 – 15%) pero su uso es aconsejable solo para moldes metálicos y una vez al año ya que también desgasta el metal. La solución es recomendable hacerla con pistola.



2.10. Molde Pilar



2.11. Molde Viga Delta

Concluida la limpieza del molde se procede a su chequeo a fin de verificar si se conserva todas sus dimensiones específicas y se mantienen estas dentro de las tolerancias establecidas. Además de las dimensiones se debe chequear el estado de la superficie, la escuadra, así como todos los mecanismos y accesorios.



2.12. Molde Panel Avatible



2.13. Molde Panel Horizontal

Por último nos quedaría la aplicación del desencofrante, esto es una finísima capa de un producto líquido que impida la al hormigón su adherencia con el molde. Los productos no deberán ser perjudiciales para el aspecto o las propiedades del hormigón, tampoco deberá ser perjudicial para el molde o las armaduras. No se podrá usar gasóleo ni grasa corriente. Además no deberán impedir la posterior aplicación de revestimientos superficiales.

Colocación de las armaduras, Las armaduras se colocaran en los moldes exactamente como indican los planos del proyecto, estas deberán estar exentas de pintura, grasa o cualquier sustancia que pueda afectar negativamente al acero o al hormigón. En el caso de que las armaduras presenten una oxidación excesiva serán rechazadas.

Las armaduras se asegurarán en el interior de los moldes contra todo tipo de desplazamiento, comprobándose su posición antes de proceder al hormigonado.

Los cercos de pilares o estribos de las vigas se sujetarán a las barras principales mediante simple atado, prohibiéndose expresamente la fijación mediante puntos de soldadura cuando la armadura ya esté situada en el interior de los moldes.

La posición para las armaduras y los recubrimientos nominales deberán garantizarse mediante la disposición de los correspondientes separadores colocados antes de hormigonar.

Cuando se utilicen armaduras pretesas, conviene aplicarles una pequeña tensión previa y comprobar que, tanto los separadores y placas extremas como los alambres, están bien alineados y que éstos no se han enredado ni enganchado.

Amasado, una vez determinada la dosificación más conveniente se procede a la fabricación del hormigón para ello es necesario, almacenar las materias primas, disponer de unas instalaciones de dosificación adecuadas y disponer también del correspondiente equipo de amasado. En cada central debe haber un técnico de fabricación, que estará presente durante el proceso de producción, y otro técnico encargado del servicio de control de calidad.

Será necesario efectuar los ensayos pertinentes para comprobar la homogeneidad de un hormigón, así como la uniformidad del mismo (mantenimiento de características similares entre distintas amasadas).

- a) La homogeneidad del hormigón se analiza determinando la dispersión que existe entre características de dos muestras tomadas de la misma amasada, (entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ de la descarga) para comprobar la idoneidad de los procesos de dosificación, amasado y transporte. Deberán obtenerse resultados satisfactorios en los dos ensayos del grupo A y, al menos, en dos de los cuatro del grupo B.

ENSAYOS		Diferencia máxima tolerada entre los resultados de los ensayos de dos muestras tomadas de la descarga del hormigón (1/4 y 3/4 de la descarga)
Grupo A	1. Consistencia (UNE-EN 12350-2) Si el asiento medio es igual o inferior a 9 cm	3 cm
	Si el asiento medio es superior a 9 cm	4 cm
	2. Resistencia (*) En porcentajes respecto a la media	7,5 %
Grupo B	3. Densidad del hormigón (UNE-EN 12350-6) En kg/m ³	16 kg/m ³
	4. Contenido de aire (UNE-EN 12350-7) En porcentaje respecto al volumen del hormigón	1 %
	5. Contenido de árido grueso (UNE 7295) En porcentaje respecto al peso de la muestra tomada	6 %
	6. Módulo granulométrico del árido (UNE 7295)	0,5

- b) La uniformidad del hormigón se estudia evaluando, mediante el coeficiente de variación, la dispersión existente entre características análogas de distintas amasadas. Para ello, normalmente, se utilizan los valores de la resistencia a compresión a 28 días.

Hormigonado, deben efectuarse de manera que no se produzca la disgregación de la mezcla. El peligro de disgregación es mayor, en general, cuanto más grueso es el árido y más discontinua su granulometría.

El vertido no debe efectuarse desde gran altura (uno o dos metros como máximo en caída libre), procurando que su dirección sea vertical y evitando desplazamientos horizontales de la masa. La colocación se efectuará por capas horizontales de espesor inferior al que permita una buena compactación de la masa. No se arrojará el hormigón con pala a gran distancia, ni se distribuirá con rastrillos para no disgregarlo, ni se le hará avanzar más de un metro dentro de los moldes.

Compactación del hormigón, para que el hormigón resulte compacto debe emplearse el medio de consolidación más adecuado a su consistencia, de manera que se eliminen los huecos y se obtenga un completo cerrado de la masa, sin que llegue a producirse la segregación. Existen varias formas de vibrado:

- a) **Compactación por picado**: Se efectúa mediante una barra metálica que se introduce en la masa de hormigón repetidas veces. Se emplea en hormigones de consistencia blanda y fluida. También es indicado para compactar nudos de piezas armadas.
- b) **Compactación por vibrado**: se emplea cuando se quieren conseguir hormigones resistentes, ya que es apropiada para masas de consistencia seca.

Es el método de consolidación más adecuado para estructuras de hormigón armado. Permite un ahorro de cemento y mano de obra, así como un desmoldeo más rápido como consecuencia de la menor cantidad de agua de amasado empleada. La acción de los vibradores depende, entre otros factores, de su frecuencia de vibración (vibradores internos de inmersión y vibradores externos de encofrados de entre 3000 y 12000 ciclos por minuto).

Los acabados, las superficies vistas de las piezas, una vez desmoldeadas, no presentarán coqueas o irregularidades que perjudiquen al comportamiento de la pieza o a su aspecto exterior. Cuando se requiera un particular grado o tipo de acabado por razones prácticas o estéticas, el proyecto deberá especificar los requisitos directamente. En general,

para el recubrimiento o relleno de las cabezas de anclaje, orificios, entalladuras, cajetines, etc., que deba efectuarse una vez terminadas las piezas, se utilizarán morteros fabricados con masas análogas a las empleadas en el hormigonado de dichas piezas, pero retirando de ellas los áridos de tamaño superior a 4 mm.

El curado, durante el proceso de fraguado y primeros días de endurecimiento se producen pérdidas de agua por evaporación, creándose una serie de huecos capilares en el hormigón que disminuyen su resistencia. Para compensar estas pérdidas y permitir que se desarrollen nuevos procesos de hidratación con aumento de resistencias, el hormigón debe curarse con abundancia de agua.

Con cemento Portland normal y para elementos de hormigón armado, el periodo de curado mínimo debe ser de 7 días, plazo que puede reducirse a la mitad si el cemento es de altas resistencias iniciales. Por el contrario, hay que aumentarlo a 15 días cuando se trate de cementos lentos o de elementos de hormigón en masa. En general, y de acuerdo con el Comité Europeo del Hormigón, el proceso de curado debe prolongarse hasta que el hormigón haya alcanzado el 70 por 100 de su resistencia de cálculo.

Con ello conseguiremos un hormigón menos poroso menos permeable y más compacto. La tendencia mundial es ir a la aceleración del curado. Todos los métodos de curado pueden dividirse en:

- a) **Métodos tecnológicos**, consiste en el empleo de cementos de endurecimiento rápido.
- b) **Métodos químicos**, consiste en la utilización de sustancias químicas que aceleren el fraguado, tales como el Cl₂ Ca.
- c) **Métodos térmicos**, es el más común en las fabricas, existiendo muchas variantes.

En todos los casos debe tenerse en cuenta el aumento gradual de la temperatura. Con este curado se logra alcanzar aproximadamente el 70% de la resistencia en un corto período de tiempo, lo que es suficiente para el desmoldeo. No obstante, todo no es positivo en este método, hay dilatación térmica que puede quedarse permanentemente en el elemento, esta dilatación es aproximadamente de 1 a 2 mm.

Algunas formas de curado más utilizado son, riego del elemento con agua, cubrir el elemento con sacos humedecidos, con arena húmeda, con mantas de polietileno, sumergir el elemento en agua, suministrar vapor por conductos a través del molde o cámara de vapor.

El ciclo de curado con vapor es el más utilizado y consiste en: primero después del llenado del molde se debe esperar de 3 a 4 horas hasta que el hormigón alcance su fraguado inicial, protegiéndolo con una lona para evitar la deshidratación de la superficie, un segundo paso consiste en elevar la temperatura hasta 33° ó 35° C durante una hora. En las siguientes 2 horas se elevará gradualmente hasta llegar a 70° u 80° C.

Desmoldeo, implica retirar el elemento del molde que le ha dado forma, ello debe hacerse con sumo cuidado para evitar fisuras o debilitar el elemento y debe efectuarse una vez vigilado el proceso de curado.

En cualquier caso la técnica de desmoldeo se ejecutará levantando la pieza mediante eslingas y puente grúa o por mesas, algo más evolucionado, que son abatibles y se levantan hasta colocar el panel prácticamente en posición vertical.



2.14. Elevación por medio de puentes grúa, Ref. Prevalesa

Manipulación, la manipulación de los paneles se realiza mediante elementos de izado embebidos, que pueden ser de varios tipos, como bulones y casquillos roscados. Para el izado de los paneles se utilizan también: balancines, eslingas, cadenas y útiles de diversas formas. Se debe comprobar previamente que estén en buenas condiciones y sean adecuados para los trabajos a realizar.



2.15. Punto de elevación DEHA, Ref. Prevalesa



2.16. Anilla de elevación, Ref. Prevalesa

En la siguiente tabla se indica el número mínimo de elementos de izado necesarios en función del tamaño de los paneles. Se debe utilizar durante toda la obra la misma solución de izado

Longitud del panel (m)	Elementos de izado
≤ 4	2
$4 < L \leq 7$	3
≥ 7	4

2.17. Puntos de izado según longitud, Ref. Andece

Los elementos de izado deben estar diseñados para soportar el peso propio del elemento más la succión generada al momento de la extracción de la misma. Su localización está dada de acuerdo al diseño particular de la pieza que deberá especificarse en los planos de taller correspondientes.

Almacenamiento, el almacenaje es otra fase importante, por medio de ella un elemento deberá almacenarse soportado únicamente en dos apoyos localizados cerca de los puntos empleados para levantarlo. En caso de utilizar otros puntos de apoyo para el almacenaje de las piezas, deberá revisarse su comportamiento para dicha condición. Ahora si por cuestiones de diseño se requieren más de dos apoyos, se deberá asegurar que el elemento no quede sin algún soporte debido a asentamientos diferenciales en los apoyos, esta consideración es relevante cuando se está tratando con elementos presforzados donde el efecto del presfuerzo suele ser muy importante.



2.18. Almacenamiento del material en fábrica, Ref. Prevalesa

El acopio de los paneles se realiza normalmente en vertical sobre elementos metálicos diseñados llamados peines, en ellos los paneles se mantienen verticales o ligeramente inclinados apoyados en los travesaños metálicos. Entre cada panel y travesaño se coloca una cuña. Se debe tener cuidado con acumular cargas hacia un mismo extremo o en un mismo lado del peine. El sistema anterior debe estar preparado para que los paneles no sufran ninguna deformación durante su acopio.

2.3 Proceso de Transporte y Montaje

Transporte, el transporte de los elementos prefabricados se realiza, generalmente en vertical, apoyados lateralmente en un caballete metálico y su borde inferior en madera o rastreles, con protecciones de goma o similar. Se deben respetar las restricciones actuales de transporte en cuanto a carga y dimensiones, esto es un peso máximo orientativo de 24 t y un gálibo máximo de 4,5 m.



2.19. Transporte de elementos prefabricados

Se debe prestar atención a las pendientes longitudinales y transversales durante el transporte, al estado del terreno, a posibles concentraciones de agua y a la existencia de bordillos, la carga deberá estar atada para evitar movimientos, todas las piezas deberán estar separadas mediante los dispositivos adecuados para evitar impactos entre las mismas durante el transporte.

Montaje, para su descarga y manipulación en la obra, el Constructor, o en su caso, el Suministrador del elemento prefabricado, deberá emplear los medios de descarga adecuados a las dimensiones y peso del elemento, cuidando especialmente que no se produzcan pérdidas de alineación o verticalidad que pudieran producir tensiones inadmisibles en el mismo. En cualquier caso, se seguirán las instrucciones indicadas por cada fabricante para la manipulación de los elementos. Si alguno de ellos resultara dañado, pudiendo afectar a su capacidad portante, se procederá a su rechazo.

Antes del inicio del montaje se procede a:

1. Replantear las piezas según los planos de montaje y proyecto de ejecución. Estos planos deben reflejar las cotas de replanteo y la modulación y nomenclatura de los paneles.
2. Establecer un reparto de juntas que permita absorber pequeños errores de ejecución de la obra "in situ".

El montaje se realizará de la siguiente forma:

- a) Traslado de las piezas a su zona de montaje
- b) Posicionamiento
- c) Nivelado y aplomado
- d) Anclaje mediante soldadura, atornillado o inyectado.

Se realiza, generalmente, con grúa autopropulsada en función del peso de las piezas..

Se recomiendan las siguientes tolerancias de montaje:

Medidas	Tolerancias (mm)
Posición en planta respecto a ejes de referencia (a)	± 12
Panel visto respecto al adyacente (b)	± 6
Desplome total (d)	± 25
Ancho de juntas (g)	Entre 5 y 25



2.20. Acopio en obra, manipulado y posicionamiento del pilar, Ref. Prevalesa



2.21. Acuñado, nivelado, aplomado y estado final del pilar, Ref. Prevalesa

3.-Características del Prefabricado

3.1 Propiedades

Las estructuras de prefabricadas se conforman de elementos de hormigón, destacando por la libertad que ofrece al proyectista gracias a la gran adaptabilidad de formas y tamaños, así como por reunir toda una serie de ventajas y cualidades como son:

- Durabilidad
- Resistencia al fuego
- Variedad de acabados
- Inexistencia de escombros
- Rapidez de ejecución
- Seguridad en obra
- Flexibilidad de diseño
- Mantenimiento reducido
- Sostenibilidad de la solución
- Eliminación de andamios
- Aislamiento acústico

Los elementos prefabricados poseen todas las ventajas que ofrece el hormigón: resistencia mecánica, resistencia al fuego aislamiento acústico al ruido aéreo, comportamiento frente a las heladas, estanqueidad al agua y viento, propiedades térmicas y durabilidad.

Resistencia mecánica, el hormigón armado resiste las solicitaciones de compresión, tracción y flexión, siendo la resistencia que presenta a compresión la mayor de todas. Las piezas se arman para resistir los esfuerzos a los que van a estar sometido durante su vida útil.

Asimismo la resistencia a compresión del hormigón es una referencia del nivel de otras características como su comportamiento al impacto, al ruido, a los ciclos de hielo-deshielo, al envejecimiento y a la abrasión, entre otras.

Resistencia al fuego, las piezas de hormigón arquitectónico constituyen una elevada barrera de protección contra al fuego al estar clasificadas como AI de reacción al fuego.

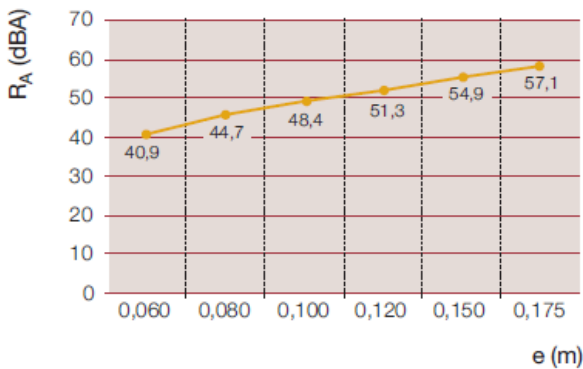
La resistencia al fuego de los elementos de hormigón satisface los criterios de integridad (E) y aislamiento (I) en función de su espesor. En la siguiente tabla se muestra la resistencia al fuego de las piezas en función de su espesor mínimo. Además la esbeltez geométrica relación entre la altura y su espesor, debe ser inferior a 40.

Resistencia al fuego	Espesores mínimos (mm)			
	Soportes	Vigas	Forjados	Paneles
EI 30	150	80	60	60
EI 60	200	100	80	80
EI 90	250	100	100	100
EI 120	250	120	120	120
EI 180	350	140	150	150
EI 240	400	160	175	175

3.1. Resistencia al fuego de elementos de hormigón, Ref. Código Técnico de la Edificación

Aislamiento acústico al ruido Aéreo, las fachadas de hormigón arquitectónico debido a su alta densidad poseen un excelente comportamiento frente al ruido aéreo. Una de las características que define la capacidad del aislamiento acústico es la masa del elemento de cerramiento.

En el siguiente tabla se muestra el índice global de reducción acústica de los paneles, ponderado A (R_A) en función del espesor de los paneles (e), para un hormigón de densidad 2.400 Kg/m³.



e (m)	m (Kg/m ²)	RA (dBA)
0,060	144	40,9
0,080	192	44,7
0,100	240	48,4
0,120	288	51,3
0,150	360	54,9
0,175	420	57,1

$m \leq 150 \text{ kg/m}^2 \quad R_A = 16,6 \cdot \lg m + 5 \text{ (dBA)}$
 $m \geq 150 \text{ kg/m}^2 \quad R_A = 36,5 \cdot \lg m - 38,5 \text{ (dBA)}$

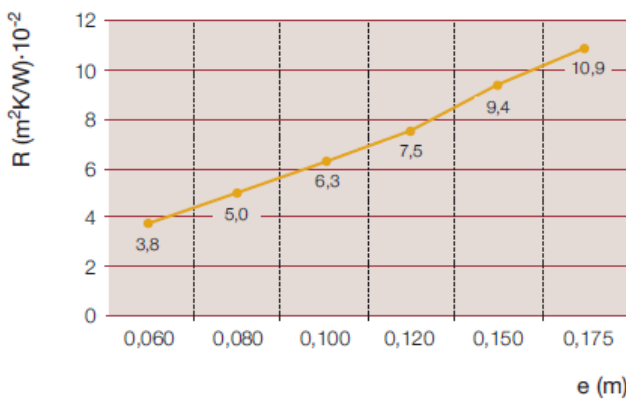
3.2. Reducción acústica de los paneles, Ref. Andece

Comportamiento frente a las heladas, los elementos de hormigón al estar fabricados bajo estrictos controles, permiten obtener un hormigón de alta calidad, muy compacto, con áridos y granulometrías estudiadas, que se traduce en un excelente comportamiento frente a las heladas.

Para evitar crear zonas horizontales donde el agua pueda estar en reposo, es conveniente darle a éstas una pequeña pendiente, crear drenajes o emplear hormigones aún más impermeables. Con todo esto se evita zonas de agresión al hormigón y de envejecimiento diferencial que perjudican el aspecto del edificio.

Estanqueidad al agua y viento, las fachadas de hormigón prefabricado han solucionado los tradicionales problemas de humedad y posibles entradas de aire al constituir en sí mismo un material homogéneo. Para garantizar el total cerramiento de la fachada, la junta de unión entre los paneles se obtura mediante un sellado elástico que garantiza su hermetismo y evita que se puedan producir entradas de aire o agua.

Propiedades térmicas, la resistencia térmica de los paneles viene establecida por el espesor (e) y la conductividad térmica de los paneles (λ). La conductividad térmica de un panel de hormigón de densidad 2.400 Kg/m^3 , en condiciones secas es de aproximadamente $1,6 \text{ W/mK}$. En el siguiente gráfico se muestra la resistencia térmica (R) en función del espesor de los paneles (e). La resistencia térmica (R) de las fachadas de hormigón arquitectónico se complementa y mejora con el trasdosado interior.



e (m)	R · 10 ⁻² (m ² · K/W)
0,060	3,8
0,080	5,0
0,100	6,3
0,120	7,5
0,150	9,4
0,175	10,9

$$R = e / \lambda$$

3.3. Resistencia termica de los paneles prefabricados, Ref. Andece

Durabilidad, las piezas de hormigón se proyectan para que resistan las acciones mecánicas a las que van a estar sometidos y además para que sean duraderos a las acciones ambientales de tipo físico y químico. Un hormigón bien elaborado presenta una buena durabilidad al desgaste y una buena protección frente a la corrosión de las armaduras en condiciones ambientales normales. En condiciones ambientales extremas, las piezas de hormigón son una excelente solución al admitir multitud de tratamientos superficiales o en masa, que permiten dar la protección específica a cada circunstancia en particular.

En la siguiente tabla se muestran los recubrimientos mínimos en función de la clase de exposición.

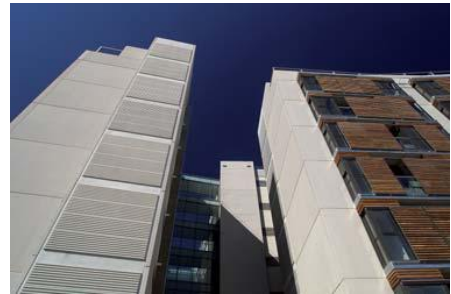
Clase de exposición	Normal con humedad alta	Normal con humedad media
Recubrimiento mínimo (mm)	20	25

3.4. Recubrimientos mínimos, Ref. Andece

3.2 Aplicaciones de los Elementos Prefabricados

Los elementos prefabricados de hormigón pueden emplearse para diferentes tipologías de edificación, tales como:

- Edificios de viviendas, residenciales
- Edificios de oficinas, sedes de empresas
- Hoteles
- Edificios sociales
- Colegios, centros educativos, bibliotecas
- Hospitales, clínicas, centros de Salud
- Instalaciones de servicios
- Instalaciones deportivas
- Edificaciones singulares



3.5. Edificios realizados con elementos prefabricados, Ref. Andece

4.-Clases de Cimentaciones

4.1 Clases de Cimentaciones

La cimentación, es la parte estructural del edificio, encargada de transmitir las cargas al terreno, el cual es el único elemento que no podemos elegir, por lo que la cimentación la realizaremos en función del mismo. La finalidad de la cimentación es sustentar estructuras garantizando la estabilidad y evitando daños a los materiales estructurales y no estructurales. Las cimentaciones las podemos clasificar en **superficiales, profundas y especiales**.

Nuestro estudio se basará solamente en las **superficiales realizadas "in situ"** y las clases existentes para recibir elementos prefabricados.

Son superficiales cuando transmiten la carga al suelo por presión bajo su base sin rozamientos laterales de ningún tipo. Un cimiento es superficial cuando su anchura es igual o mayor que su profundidad, engloban las zapatas en general y las losas de cimentación. Los distintos tipos de cimentación superficial dependen de las cargas que sobre ellas recaen.

- Puntuales: zapatas aisladas (aislada, centrada, combinada, medianera, esquina).
- Lineales: zapatas corridas (bajo muro, bajo pilares, bajo muro y pilares)
- Superficiales: losas de cimentación
- Cimentaciones superficiales "In Situ".

4.2 Tipos de Cimentaciones para Prefabricados

Las cimentaciones para elementos prefabricados, son cimentaciones realizadas “in situ” que solamente se diferencian de las tradicionales en que el pilar se realiza en fábrica y se monta en la cimentación después de haber fraguado la zapata.

Existen tres tipos de unión entre el pilar y la cimentación, solución **en Cáliz, con vainas o atornilladas**.

4.2.1 Solución con Cáliz

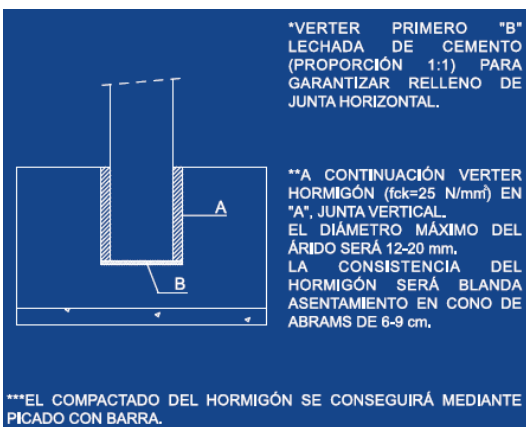
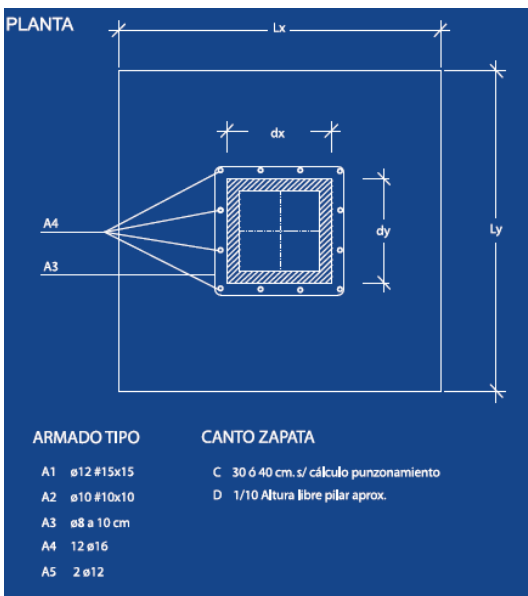
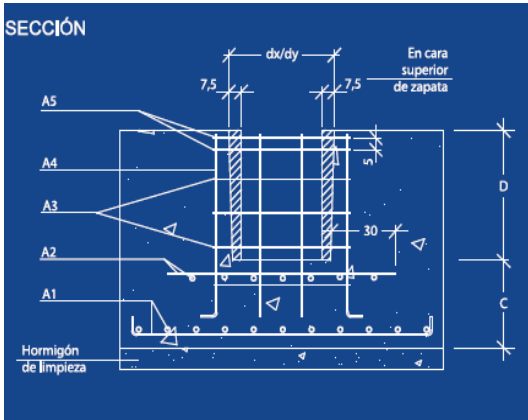
El cáliz es un cubo de hormigón armado de la cimentación en el cual se va a empotrar el pilar. Para la posición de la armadura del cáliz deben considerarse los siguientes puntos:

1. En el cáliz se dispone la armadura de reparto reforzando la parte superior que es la zona donde se generan los mayores esfuerzos.
2. Considerar la transferencia de fuerzas a través de las paredes hasta la cimentación.
3. El anclaje de la armadura principal del pilar y de los cálices.
4. La resistencia a cortante del pilar dentro del cáliz.
5. La resistencia a punzonamiento de la zapata bajo el axil transmitido por el pilar.

En el cáliz siempre debe dejarse una holgura perimetral respecto a la sección del pilar que oscila entre 5 y 10 cm, según el fabricante. Esta holgura permite cualquier pequeña corrección en caso de que haya algún error en el replanteo de la cimentación.

Una vez realizada la cimentación se inserta el pilar en el cáliz y se aploma mediante cuñas. Después de aplomarlo se rellena el hueco perimetral con grout (lechada de cemento con o sin aditivos), que empotra el pilar por completo.

La profundidad requerida para garantizar dicho empotramiento debe ser como mínimo de 1,5 veces el lado mayor del pilar, oscilando entre 0,70 y 0,90 m. para zonas con fuertes vientos, y entre 0,90 y 1,20 cm en zonas consideradas sísmicas.



4.1. Cimentación tipo Cáliz, Ref. Prevalosa

4.2.2 Solución con Vainas

El uso de vainas corrugadas de acero con relleno posterior con mortero sin retracción conduce a una unión rígida que se logra por anclaje de la armadura del pilar en la cimentación.

Una vez el pilar está en posición vertical, se procederá a meterlo, aplomarlo y rejuntarlo en su alojamiento.

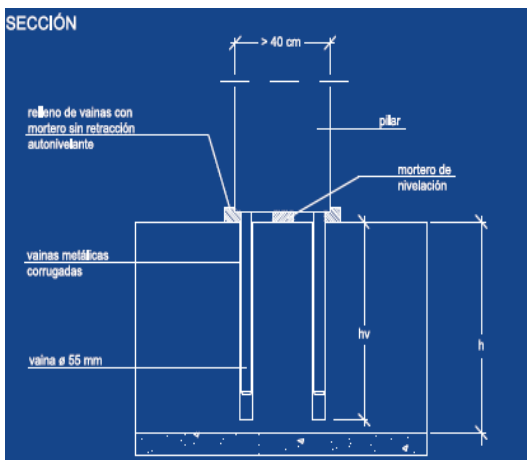
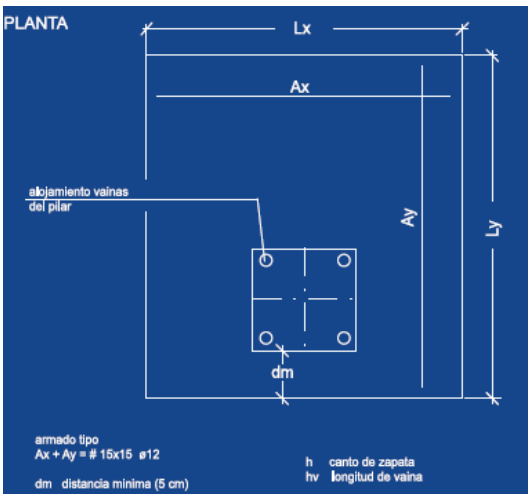
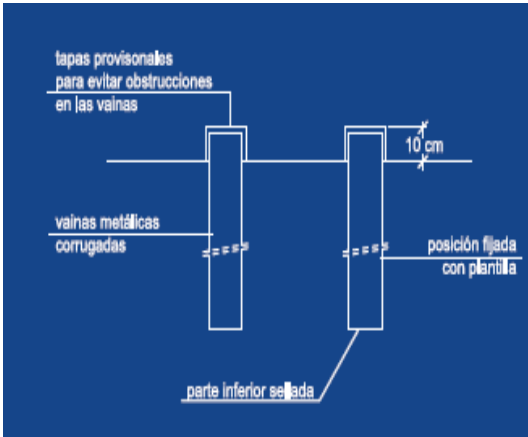
Dicho alojamiento, reside en dejar unas cavidades (vainas) en la cimentación del pilar, donde posteriormente se insertarán las barras de acero que sobresalen de la base del pilar prefabricado.

La profundidad de estos huecos dependerá de la longitud de anclaje necesaria de la obra. Una vez puesto el pilar se rejuntará rellenando los espacios con grout. Este procedimiento exige una gran precisión ya que las tolerancias en la ubicación de las vainas no pueden superar los 10 mm.

Esto obliga a un trabajo coordinado entre el prefabricador y la empresa que ejecuta la cimentación para utilizar plantillas de guía coincidentes para la fijación de vainas y barras salientes de forma tal que puedan evitarse errores de replanteo indeseados y de costosa solución. Normalmente los planos de replanteo suelen indicar las dimensiones exactas de las plantillas a utilizar.

Otro detalle que merece comentario, por el coste añadido, es la necesidad de ejecutar un tacón de nivelación previo al montaje para garantizar el nivel de apoyo deseado y permitir el posterior relleno de la junta. Una vez montado el pilar es necesario colocar un pequeño encofrado que permita rellenar el interior de las vainas y sobrepasar la cara inferior del pilar un mínimo de 2 cm para garantizar el contacto completo entre la cara del pilar y el mortero de relleno.

Este tipo de unión tiene la ventaja que corresponde a una unión perfectamente monolítica entre la cimentación y el pilar y, por tanto, tiene las mismas características de capacidad estructural, ductilidad, y durabilidad que la correspondiente a una ejecución in situ.



4.2. Cimentación con vainas, Ref. Prevalesa

4.2.3 Solución Atornillada

Este sistema se suele usar cuando en cimentación cuando hay que reducir el canto de la zapata, viene muy bien para terrenos rocosos.

Este sistema a diferencia de las vainas es mucho más rápido para el montaje del prefabricado aunque requiere una precisión aún mayor a la hora de realizar la cimentación.

Consiste en dos piezas estandarizadas:

- a) **Los azuches**, que consisten en unas piezas metálicas de gran espesor, que se colocan en el encofrado de los pilares y se conectan con la armadura longitudinal del pilar.
- b) **Los pernos de anclaje**, que se colocan con una plantilla en el cimiento.



4.3. Azuche, Ref. Peikko



4.4. Perno de Anclaje, Ref. Peikko

Los pernos de anclaje y los azuches están estandarizados y se suministran para cargas según la DIN 1045-01.

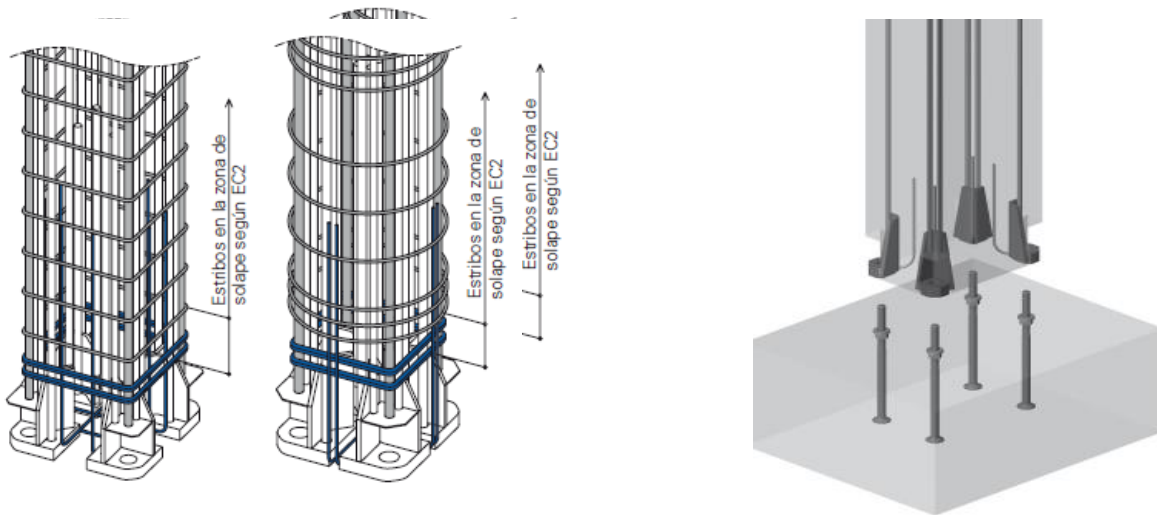
Los azuches se colocan junto con el encofrado, de manera que la conexión quede dentro del pilar prefabricado de hormigón armado.

Los pernos de anclaje tienen 2 tuercas y 2 arandelas cada uno. Este sistema de dos tuercas se emplea para enderezar y fijar la conexión.

Para la colocación de estos tornillos los fabricantes recomiendan el uso de una plantilla que tenga unos agujeros, realizados con oxicrote para mayor precisión, ya que el margen de error permitido es de 3 mm y también es necesario que la placa tenga marcado el eje del pilar para situarla correctamente.

Es conveniente que a la hora de hormigonar que se retiren las tuercas y arandelas y que se cubra el tornillo con un plástico, evitando que entre hormigón en las ranuras del tornillo. La altura de las juntas entre los pilares y cimientos oscila entre 50-75 mm. Las tuercas superiores se retiran y las tuercas de sujeción se atornillan hacia abajo de forma que, en el montaje, los pilares se apoyen en las tuercas.

Los pilares prefabricados se acoplan a los pernos de anclaje, se aploman los pilares y posteriormente se endereza el pilar con la tuerca superior. La grúa suelta el pilar, las tuercas inferiores se aprietan a los azuches y la conexión resistente a la flexión ya está preparada para el montaje. Posteriormente todas las juntas se rellenan con grout.



4.5. Cimentación tipo Atornillada, Ref. Prevalesa

5.-Clases de Pilares Prefabricados de Hormigón

5.1 Clases de Pilares

Se denomina pilar al elemento vertical sustentante de una estructura, destinado a recibir cargas verticales para transmitir las a la cimentación y que, a diferencia de la columna, tiene sección poligonal. Los colapsos estructurales más notables casi siempre comienzan por fallos relacionados con los pilares.

Las fuerzas laterales que pueden llegar a incidir sobre los edificios, derivadas del viento o de un hipotético sismo, serán mejor controladas cuanto mayor sea el número de pilares que posean. La ubicación de los pilares debe estar alejada de las tuberías de agua. Las fugas y las condensaciones que se producen provocan un ambiente de humedad que acaba originando problemas de corrosión en las armaduras antes de los 20 años de la vida de los edificios.

Pilares "in situ", son aquellos que se realizan totalmente en obra. Su proceso de fabricación consta de los siguientes pasos, montaje de las armaduras, colocación de los encofrados, alineado y aplomado, vertido del hormigón, desencofrado y curado.

Pilares prefabricados, son elementos que sustentan la estructura, que se fabrican en serie en fábrica y posteriormente se montan en obra de forma rápida, con reducción de costes y accidentes.

Estos elementos prefabricados pueden ser de una sola pieza y monolíticos, (con lo que se ve limitada la altura máxima de los edificios) o pueden ser elementos en varias piezas que luego se montan en obra.

Además también distinguiremos su forma de unión que puede ser por simple apoyo o por nudos rígidos.

Generalmente el método más utilizado es el de pilares de una sola pieza, que con su monolitismo dan mejor resultado en sus uniones con vigas y forjados. Pero desde hace algún tiempo se está empezando a investigar y desarrollar nuevas técnicas de unión que están permitiendo realizar edificios de más altura. Dentro de estos sistemas destacaremos tres, **uniones Atornilladas, uniones con relleno del nudo y uniones por cajado**, que a continuación vamos a explicar.

5.2 Tipos de Uniones en Pilares

5.2.1 Pilar Monolítico

Normalmente se prefiere evitar el fraccionamiento de los pilares, llegando a fabricarlos de longitudes de hasta unos 25 m, incluso más en algunos casos particulares. Esto tiene varias ventajas, por un lado, se disminuye del número de uniones a realizar en obra y se reduce el número de elementos a montar, lo que suele traducirse en la reducción del tiempo y coste del montaje aunque para ello sea necesario la utilización de grúas con mayor capacidad; por otro lado, con esta solución suele facilitarse la organización del montaje, salvando situaciones que en otras condiciones podrían ser algo más complicadas de resolver.

Evidentemente esta solución también tiene inconvenientes, como es la necesidad de utilizar transportes especiales y, en muchos casos, la sección del pilar y la armadura de refuerzo quedan condicionadas por los esfuerzos que se producen durante las etapas de desmoldeo, transporte y montaje. Un detalle importante a tener muy en cuenta cuando los pilares salvan de una tirada 3 o 4 pisos es que debe prestarse especial atención al aplomo del pilar y a las deformaciones laterales que se producen en la etapa de montaje que, frecuentemente, dificultan la colocación de las vigas de las plantas superiores.



5.1. Pilares monolíticos, Ref. Prevalosa

5.2.2 Unión Pilar-Pilar Atornillada

La necesidad de realizar edificios de cada vez más altos ha obligado a las empresas de prefabricados a investigar en nuevos métodos para la realización de empalmes en los pilares que permitan que sus estructuras crezcan en altura, uno de ellos es la unión atornillada entre pilares.

La resistencia del hormigón del pilar inferior, en uniones pilar-pilar, debe ser mayor o igual que la resistencia del hormigón del pilar superior.

La colocación de los grupos de tornillos de anclaje en la base de hormigón se realiza mediante plantillas de instalación. Dichas plantillas tienen distintas geometrías en función del tipo y número de tornillos del grupo. Este tipo de plantillas debe dar protección a la rosca durante el proceso de hormigonado y fijar los tornillos de anclaje en su posición final. Se recomienda engrasar las roscas ligeramente para facilitar la extracción de las plantillas después del fraguado del hormigón.

Los tornillos de anclaje deben colocarse cumpliendo con los parámetros que figuran en proyecto. El nivel de referencia está tomado desde la superficie de hormigón. La tolerancia del grupo de anclajes con respecto a los ejes del pilar es de 10 mm., aproximadamente.

Se deben tener en cuenta una serie de parámetros importantes:

- a) Comprobar la correcta posición y altura desde la superficie de hormigón de los tornillos.
- b) Rellenar la junta con mortero Grout tan pronto como sea posible después de que todas las conexiones se hayan apretado. No colocar más elementos encima del pilar hasta que el mortero haya fraguado.



5.2. Unión Pilar-Pilar Atornillada, Ref. Uniones Piekko

Proceso de montaje:

1.- Colocar las tuercas y arandelas inferiores según el valor e de la tabla 10.



2.- Nivelar las tuercas y arandelas inferiores. Tomar una de ellas como punto de referencia.



3.- Presentar el pilar encima de las arandelas y tuercas inferiores. Una vez presentado colocar arandelas y tuercas superiores.



4.- Descargar parte del peso del pilar, entre un 10%-20%, para poder nivelarlo. El resto del peso lo mantiene la grúa.



5.- Nivelar el pilar usando solo los 4 anclajes de esquina. Apretar a tope una conexión para no perder el nivel.



6.- Aplomado el pilar y apretadas todas las conexiones a tope (sin par de apriete), se procederá a descargar el peso del pilar.

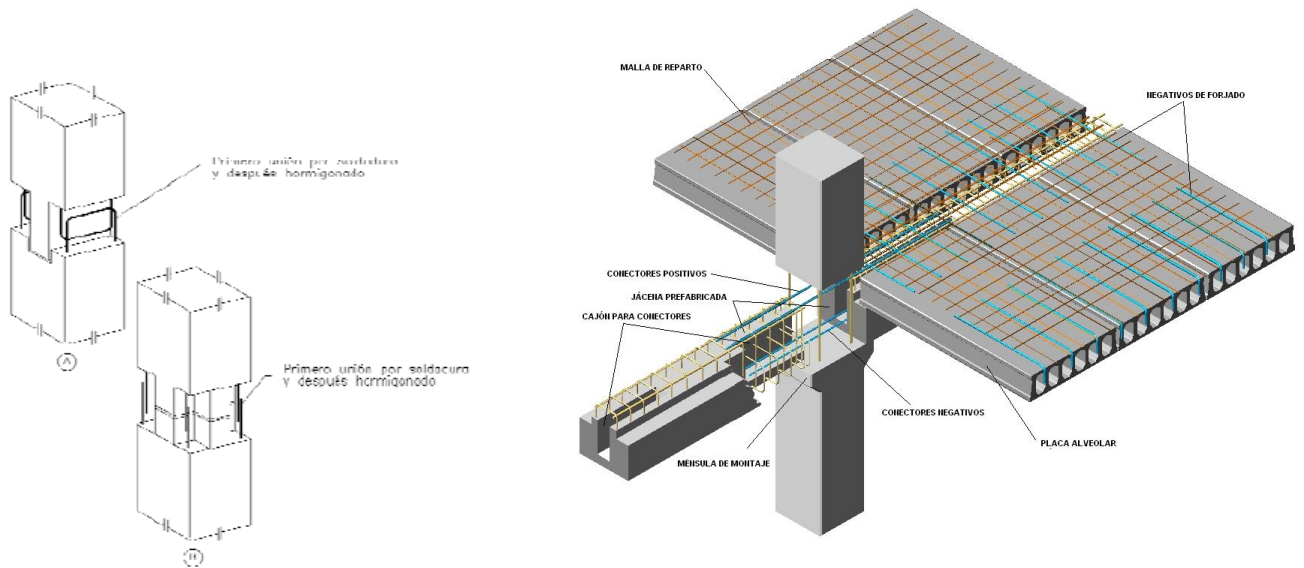


5.2.3 Unión con Relleno Húmedo

Las uniones de pilares mediante el vertido de hormigón “in situ”, es un sistema utilizado cuando queremos estructuras con un alto grado de rigidez en los nudos para realizar edificios de gran altura.

Este sistema está basado en la rigidización de los elementos que se unen el nudo, en el caso de la unión entre los dos pilares (superior e inferior), esta se realiza mediante la unión de las armaduras inferiores y superiores de los pilares.

Esta unión puede realizarse mediante soldadura o mediante anclajes mecánicos.

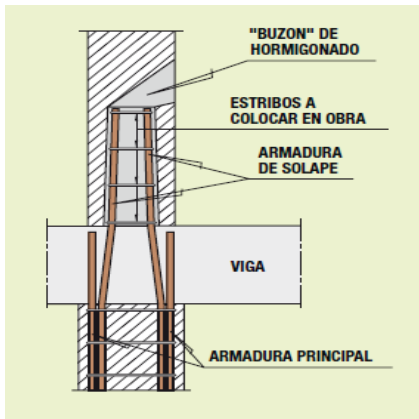


5.3. Unión Pilar-Pilar con junta hormigonada

Una vez realizada la unión de la armadura, la colocación de vigas y elementos de forjado, se realizan un pequeño encofrado y se rellena con hormigón elaborado “in situ”, a través de un pequeño bebedero.

5.2.4 Unión con Cajeadado

El pilar **Tipo Buzón**, es una pieza prefabricada de hormigón armado con una amplia gama de secciones. Pueden fabricarse pilares rectangulares o pilares cuadrados. Esta variedad de secciones y el hecho de que su longitud pueda ser de hasta 8.50 m. ponen a disposición del proyectista y del constructor un producto que cubre la posibilidad de realizar edificios de varias plantas.



5.4. Encuentro entre Pilares, Ref. Rubiera



5.5. Ejemplo de edificio en altura con pilares Rubiera

En la parte superior del pilar se disponen unas armaduras de solape para la unión con el pilar superior. En su base está provisto de un cajetín que sirve para enlazar con el pilar inferior o la cimentación, mediante el hormigonado directo en obra. Estos sencillos sistemas de unión lo hacen compatible con los pilares realizados en obra o con muros de hormigón.



5.6. Base Pilar, Ref. Rubiera



5.7. Cabeza de Pilar, Ref. Rubiera

La sencillez de montaje de estos pilares no requiere personal especializado, pero, como todo elemento prefabricado, es necesaria una mínima organización de puesta en obra.

Los pilares deberán estar perfectamente identificados para evitar confusiones.

Es aconsejable un replanteamiento previo marcando incluso las caras del pilar en su ubicación definitiva.

Siempre que sea posible, el acopio debe realizarse cerca del lugar definitivo. Si se acopia sobre placa de forjado deberá cuidarse el no apilar varios pilares juntos para no concentrar cargas puntuales en lugares no previstos. Se acopiarán horizontalmente y sobre tacos de madera.

En la operación de descarga y acopio se procederá como sigue:

Se introducen uno de los cables de elevación por el buzón del cajetín y se sujeta a la base del pilar con una barra atravesada, en la cabeza se enganchará el otro cable abarcando todas las armaduras salientes que queden en la cara inferior; en pilares muy largos se utilizará el agujero de "puesta en pie".

Para la puesta en posición definitiva, y una vez comprobado el correcto armado y estribado de los arranques, se elevará el pilar por el agujero próximo a su cabeza y mediante el útil especialmente diseñado para ello; el pilar, se introduce en los arranques, se alinea y aploma; son muy útiles para esta operación unas pequeñas cuñas y la utilización de puntales metálicos provistos de rosca.

Previamente se habrá estudiado la posición definitiva del buzón según situación de armaduras, para facilitar la labor de hormigonado posterior. A efectos estéticos recordamos que la del buzón es la cara mala.

Antes del hormigonado se procederá al regado interior del cajetín.

La puesta del hormigón se realiza con vibración para garantizar, además de la no disgregación del mismo, el que la lechada fluya por la base del pilar y rellene las posibles deficiencias de asentamiento.

Se dispondrá de una tabla para encofrar el buzón o boca del cajetín que se debe hormigonar de una vez; para facilitar la labor es aconsejable que la tabla se coloque una vez hormigonada y vibrada la zona de armaduras.



5.7. Proceso de montaje de un Pilar tipo Buzón, Ref. Rubiera

6.-Clases de Vigas Prefabricadas de Hormigón

6.1 Clases de Vigas

En ingeniería y arquitectura se denomina viga a un elemento constructivo lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas, la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal.

El esfuerzo de flexión provoca tensiones de tracción y compresión, produciéndose las máximas en el cordón inferior y en el cordón superior respectivamente, las cuales se calculan relacionando el momento flector y el segundo momento de inercia. En las zonas cercanas a los apoyos se producen esfuerzos cortantes o punzonamiento.

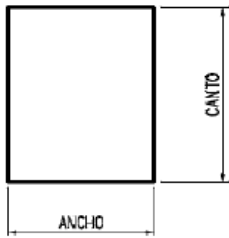
Vigas "in situ", son aquellas que se realizan totalmente en obra. Estas vigas se realizan al mismo tiempo que los forjados. Su proceso se basa en el montaje de la superficie de apoyo mediante tableros y puntales, colocación de las armaduras, conexión con los pilares o muros, conexión de las viguetas a la viga, colocación de las bovedillas, colocación de la armadura de reparto y hormigonado de todo el conjunto.

Vigas prefabricadas, son los elementos que apoyan o unen con los pilares transmitiendo el peso de los forjados hacia los pilares que a su vez lo transmite hacia la cimentación.

Normalmente, las vigas utilizadas para forjados de edificación tienen una sección transversal en forma rectangular, en "L", en "T invertida" o en "I", cuando los vanos son largos y están sometidos a fuertes cargas.

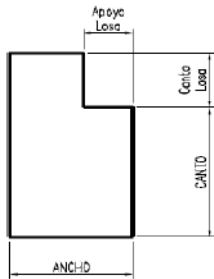
A continuación se ilustra de manera general, las dimensiones de las vigas de las vigas prefabricadas mencionadas anteriormente:

6.1.1 Viga Prefabricada de Sección Rectangular



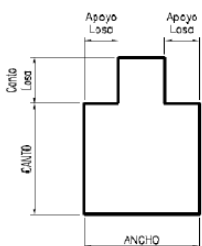
Características Técnicas de las Vigas	
Anchura	$20 \leq \text{Ancho} \leq 80$ (cm)
Altura	$40 \leq \text{Canto} \leq 120$ (cm)
Long. mínima de apoyo	20 (cm)
Resistencia al fuego	60/90/120/180
Pueden ser armadas o pretensadas	

6.1.1 Viga Prefabricada de Sección en "L"



Características Técnicas de las Vigas	
Anchura	$40 \leq \text{Ancho} \leq 80$ (cm)
Altura	$20 \leq \text{Canto} \leq 120$ (cm)
Long. mínima de apoyo	15 (cm)
Resistencia al fuego	60/90/120/180
Canto de la losa	15, 20, 25, 32, 40 (cm)
Pueden ser armadas o pretensadas	

6.1.1 Viga Prefabricada de Sección en "T Invertida"



Características Técnicas de las Vigas	
Anchura	$40 \leq \text{Ancho} \leq 80$ (cm)
Altura	$20 \leq \text{Canto} \leq 120$ (cm)
Long. mínima de apoyo	15 (cm)
Resistencia al fuego	60/90/120/180
Canto de la losa	15, 20, 25, 32, 40 (cm)
Pueden ser armadas o pretensadas	

Las dimensiones normales son:

- a) Longitud: 4.80 m – 14.40 m
- b) Anchura: 0.25 m – 1 m
- c) Canto: 0.3 m – 0.7 m

Las vigas rectangulares pueden tener el mismo ancho de los soportes o un ancho mayor. Cuando las cargas o las luces son elevadas se emplea el pretensado. Los elementos pretensados son actualmente usados en viviendas para evitar la presencia de pilares intermedios. En cualquier caso, es importante tener en cuenta que la viga de hormigón debe unirse con el forjado mediante una capa de hormigón vertido in situ.

6.2 Tipos de Uniones en Vigas Prefabricadas

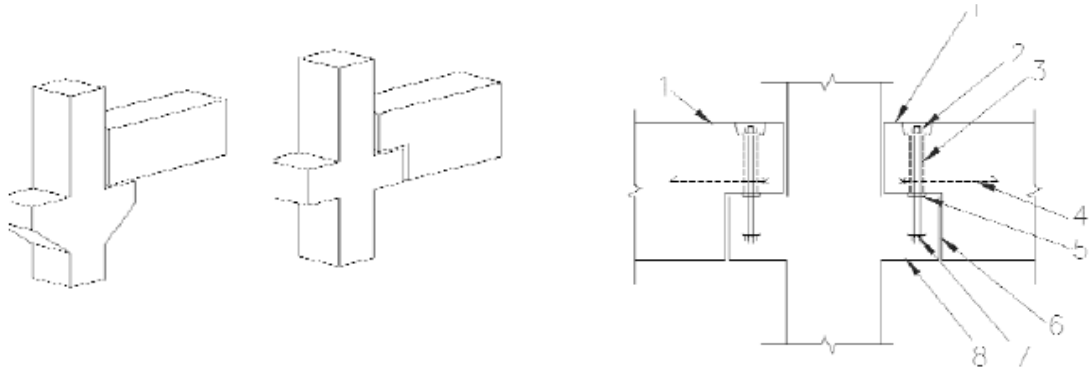
6.2.1 Unión Articulada

Las uniones articuladas son muy simples de ejecutar y su montaje muy fácil de realizar. El apoyo de las vigas, ya sea sobre cabeza de pilar o sobre ménsula, debe hacerse sobre un elemento que permita garantizar el asiento uniforme de la carga en la posición adecuada para lo cual suelen utilizarse aparatos de neopreno, un mortero fresco previo al montaje o, en su defecto, pueden preverse chapas metálicas en las superficies que quedarán en contacto para garantizar el reparto de esfuerzos en la superficie cargada. Para garantizar la articulación suelen utilizarse pasadores que unen el pilar y la viga.

Las soluciones más comunes y más económicas se resuelven con ménsulas de hormigón con soluciones de apoyo simple sobre ménsula colgada o apoyos a media madera.

Otro tipo de unión articulada, algo más costosa pero de mejor acabado son los apoyos sobre ménsulas metálicas que quedan ocultas en la cabeza de la viga y posteriormente rellenas para garantizar la durabilidad y resistencia al fuego. Para este tipo de hay soluciones estándar del que están muy detalladas y ensayadas y brindan las garantías necesarias de cargas admisibles que soportan. Algunas variantes de este tipo de uniones son del catálogo comercial de la casa Peikko.

Aunque soluciones de este tipo tienen muchos años en el mercado, a nuestro juicio, su uso puede representar un nuevo paso en el diseño y construcción de estructuras prefabricadas permitiendo que las obras presenten un mejor aspecto estético y permita satisfacer en mayor medida las expectativas de arquitectos, técnicos y promotores.

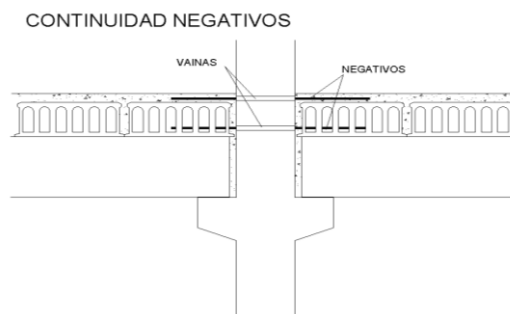


6.1. Union Viga Pilar Articulada (apoyo simple y a media madera), Ref. Prevalesa

6.2.2 Unión Rígida

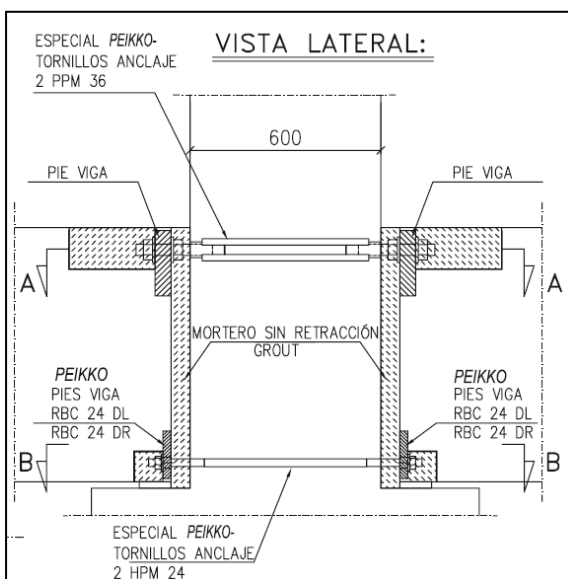
A pesar de tener mayor complejidad de ejecución, las uniones rígidas entre viga y pilar representan un mayor acercamiento del comportamiento de las estructuras prefabricadas a las estructuras ejecutadas in situ y su utilización en determinados tipos de estructuras es muy aconsejable.

Uniones rígidas hormigonadas, son uniones “húmedas”, es decir, con vertido de hormigón in situ. Con el fin de dar continuidad a las armaduras, se sueldan aquellas que han quedado vistas en espera en las vigas, con las de los soportes.



6.1. Union Viga Pilar R'gida Hormigonada

Uniones rígidas mecánicas, son uniones “secas”, es decir, se realizan en ausencia de vertido de hormigón. Su uso está limitado por la intensidad del valor del momento flector. De esta manera, si los momentos de empotramiento son de intensidad débil es posible bulonar, es decir, unir por medio de atornillado los pasadores que salen de los soportes y transcurren a través de los manguitos que han quedado embebidos en la viga a unir.



6.1. Union Viga Pilar Rigida, Ref. Peikko

7.-Formas de los Forjados Prefabricados de Hormigón

7.1 Clases de Forjados

Un forjado es un elemento estructural, generalmente horizontal, aunque puede estar inclinado como sucede en ciertas cubiertas, que recibe las cargas y las transmite a los restantes elementos de la estructura. Adicionalmente, el forjado materializa la separación entre plantas consecutivas y desempeña otras funciones como aislamiento entre plantas y soporte de acabados e instalaciones.

Según el sistema de ejecución, los forjados se clasifican en:

Forjados "in situ", su construcción es totalmente realizada en obra, desde la colocación de encofrados y armadura hasta el hormigonado y curado. Pueden ser macizos o aligerados con casetones. Además estos pueden trabajar a flexión en una dirección o en dos según su armado. Es el forjado ideal para grandes cargas.

Forjados semiprefabricados, constituidos por viguetas o semiviguetas, piezas de entrevigado y hormigón colocado *in situ*, con sus correspondientes armaduras. Estos forjados aportan una resistencia inicial que debe ser completada con hormigón "in situ" para que el forjado pueda soportar la totalidad de las cargas

Forjados prefabricados, están constituidos por piezas prefabricadas autorresistentes, capaces por si solas de resistir la totalidad de los esfuerzos a que habrá de estar sometido el forjado. Estas piezas pueden llevar, o no, piezas de entrevigado entre ellas.

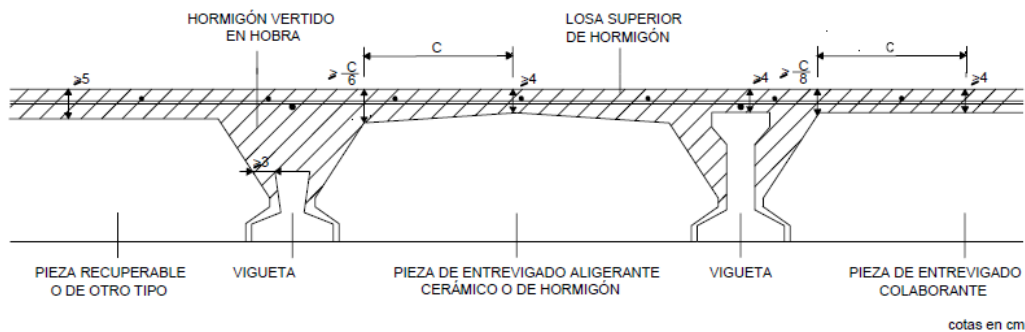
Los espacios que quedan entre las distintas piezas se macizan con hormigón de relleno para conseguir una cierta continuidad transversal con lo que queda complementado el forjado.

Las piezas de entrevigado pueden ser, también, losas prefabricadas que apoyen sobre los nervios dejando un espacio que se rellena de hormigón.

Su mayor inconveniente reside en el reducido monolitismo resultante y en su pequeña rigidez transversal, por lo que debe acudir a otros tipos de forjados cuando estos sean fundamentales para el arriostramiento de los pórticos y para la absorción de fuerzas horizontales.

7.2 Tipos de Forjados con Piezas Prefabricadas

7.2.1 Forjados de Viguetas, Semiviguetas y Bovedillas



7.1. Distancias mínimas de capa de reparto, Ref. EHE

La sección transversal de un forjado cumplirá los requisitos siguientes:

La losa superior hormigonada en obra, tendrán espesor mínimo h_o , de 40 mm sobre viguetas y 50 mm sobre piezas de entrevigado de otro tipo o sobre cualquier tipo de pieza de entrevigado en el caso de zonas con aceleración sísmica de cálculo mayor que 0,16 g

El perfil de la pieza de entrevigado será tal que a cualquier distancia c de su eje vertical de simetría, el espesor de hormigón de la losa superior hormigonada en obra no será menor que $c/8$ en el caso de piezas de entrevigado colaborante y $c/6$ en el caso de piezas de entrevigado aligerantes

Las armaduras transversales de conexión con el hormigón vertido en obra, el perfil de la pieza de entrevigado dejará a ambos lados de la cara superior de la vigueta un paso de 30 mm, como mínimo.

En la losa superior de hormigón vertido en obra, se dispondrá una armadura de reparto, con separaciones entre elementos longitudinales y transversales no mayores que 350 mm, de al menos 4 mm de diámetro en dos direcciones.

Los nervios de un forjado deben enlazarse a la cadena de atado de un muro, una viga o un brochal.

7.2.2 Forjados con Placas Alveolares

En forjados de losas alveolares pretensadas, excepto cuando existan acciones laterales importantes o cargas concentradas importantes, puede prescindirse de la losa superior hormigonada. En este caso, para asegurar el trabajo conjunto de las losas y la transmisión transversal de cargas se dispondrá un atado en la zona de unión de las losas a las vigas principales o muros.

En losas alveolares pretensadas, el espesor mínimo de las almas, del ala superior y del ala inferior, debe ser mayor que cualquiera de los valores siguientes:

- $\sqrt{2h}$, siendo h el canto total de la pieza prefabricada, en mm.
- 20 mm.
- resultado de sumar 10 mm al tamaño máximo del árido.

En forjados de losas alveolares pretensadas, la forma de la junta entre las mismas será la adecuada para permitir el paso de hormigón de relleno, con el fin de crear un núcleo capaz de transmitir el esfuerzo cortante entre losas colaterales y para, en el caso de situar en ella armaduras, facilitar su colocación y asegurar una buena adherencia. El ancho de la junta en su parte superior no será menor que 30 mm y si en el interior de la misma se disponen barras de atado longitudinales, el ancho de la junta al nivel de la barra debe ser mayor o igual que el mayor de los dos siguientes valores:

- $\emptyset + 20$ mm.
- $\emptyset + 2D$.

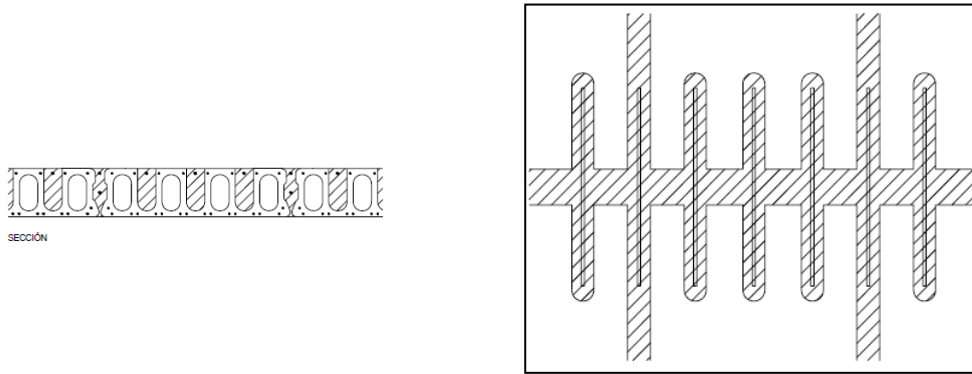
con D y \emptyset expresados en mm.

Cuando la junta longitudinal deba resistir un esfuerzo cortante vertical, la superficie debe estar provista de, al menos, una ranura de tamaño adecuado con respecto a la resistencia del hormigón de relleno. En cualquier caso, la altura de la ranura debe ser mayor o igual a 35 mm, su profundidad (o ancho máximo) será mayor o igual a 10 mm y la distancia entre la parte superior de la ranura y la superficie superior de la losa alveolar pretensada será mayor o igual a 30 mm.

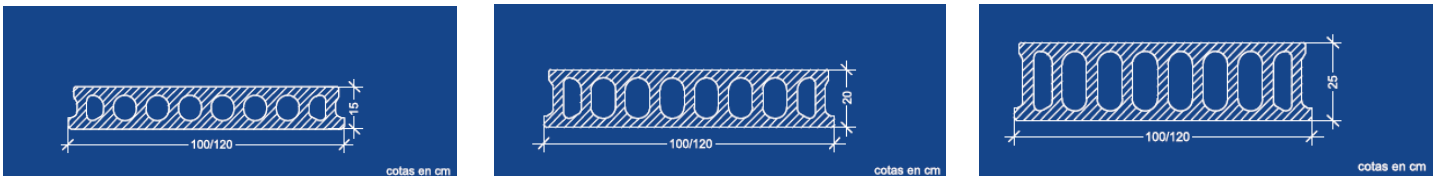
Los apoyos directos de las losas alveolares pretensadas en vigas o muros deben hacerse sobre una capa de mortero fresco de al menos 15 mm de espesor, sobre bandas elastoméricas o sobre apoyos individuales situados bajo cada nervio de la losa.

Los apoyos indirectos pueden realizarse con o sin apuntalado de la losa alveolar.

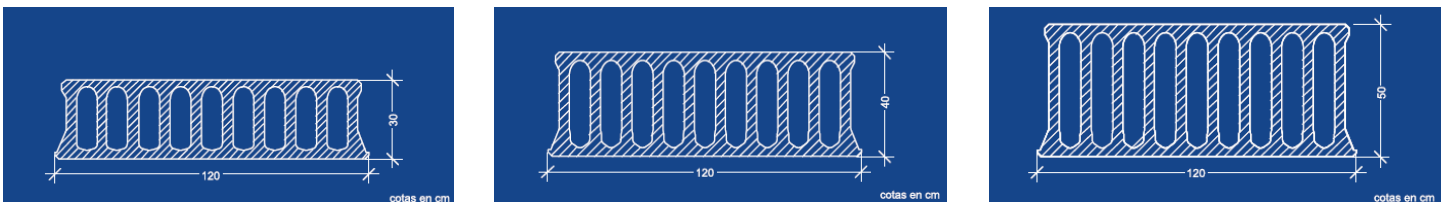
En losas alveolares pretensadas la distancia entre las armaduras será menor que 400 mm y que dos veces el canto de la pieza. En los forjados de losas alveolares pretensadas sin losa superior hormigonada en obra se dispondrá, cuando sea necesaria, la armadura superior en los alvéolos que habrán sido preparados adecuadamente eliminando el hormigón de la parte superior en una longitud igual o mayor que la de las barras y posteriormente rellenos.



7.4. Armadura superior en losa alveolares pretensadas, Ref. EHE



7.5. Placas alveolares forjado PF 15, PF 20, PF 25, Ref. Prevalesa



7.6. Placas alveolares forjado PF 30, PF 40, PF 50, Ref. Prevalesa



7.7. Placas alveolares forjado, Ref. Prevalesa

8.-Fachadas Prefabricadas de Hormigón

8.1 Tipos de Fachadas

Se denomina fachada a cualquier paramento exterior de un edificio, que sirve para separar el exterior del interior de una vivienda y forma con la horizontal un ángulo superior a 60° . Existen tres tipos de fachadas según su composición material, fachada in situ, fachada mixta y fachada prefabricada.

Fachada "in situ", cerramientos constituidos por elementos pequeños para no considerarse prefabricados (ladrillos, bloques de hormigón, hormigón armado, etc.), que se colocan en obra sin necesidad de una modulación previa de ningún tipo, y que se termina exteriormente en la misma obra con materiales de las mismas características.

Fachadas mixtas, aquellas que aunque basándose en el tipo de cerramiento anterior, incorporan elementos prefabricados, además de la carpintería de los huecos.



8.1. Fachada "in situ"



8.2. Fachada mixta

Fachadas prefabricadas, fachadas compuestas por módulos de pared que vienen hechos de taller, ensamblándose unos a otros en obra. Dependiendo del nivel de prefabricación pueden incluso montarse paredes de fachada con las ventanas ya instaladas. El material más utilizado en prefabricación es el hormigón, aunque también está extendido el uso de madera, y otros materiales más modernos. Los sistemas de unión entre los distintos módulos ya vienen incorporados en las propias piezas, de modo que suelen ser construcciones de *junta seca*.



8.3. Fachada Prefabricada, Ref. Prehorquisa

8.2 Tipos de Paneles

Dependiendo de si el panel va a tener función estructural, divisoria o de revestimiento lo clasificaremos en portante o autoportante.

8.2.1 Paneles Resistentes o Portantes

Las fachadas portantes o paneles portantes soportan y transmiten las cargas verticales de los pisos y la estructura. También pueden contribuir a la estabilidad horizontal del edificio. Por ello se requiere un análisis adecuado para comprobar que la flexión y compresión combinadas son admisibles para el elemento.

Este tipo de paneles se suele utilizar de forma conjunta con placas de forjado de tipo alveolar, de tal forma que por combinación de las mismas se obtiene un armazón estructural completo y cerrado.

Así, los tiempos de terminación del edificio son los mínimos posibles.

Estos paneles se apoyan unos sobre otros mediante grúas y con diversos sistemas de nivelación, dejando juntas abiertas para el apoyo de las placas de forjado y arriostramiento temporalmente sobre el forjado inferior (ya construido) para evitar el vuelco de los paneles.

Una vez estabilizado el conjunto y asegurado el replanteo de cada elemento, se hormigona las juntas (denominadas húmedas), haciendo solidarios los paneles inferior, superior y placa de forjado. Una vez endurecida la junta, podemos seguir añadiendo módulos en altura, quedando un conjunto de gran monolitismo.

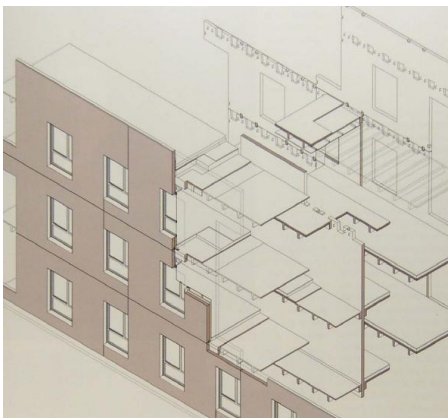


8.4. Bloque de viviendas de paneles Portantes, Ref. Tectónica

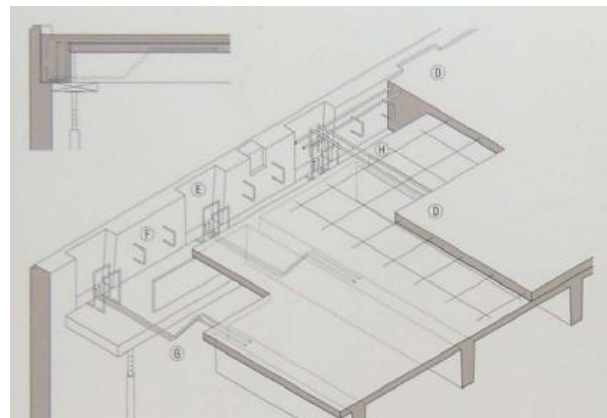
Un ejemplo de este tipo de edificaciones es el realizado por Manuel de las Casas, que realiza cinco bloques de viviendas de protección oficial en Alcobendas.

Este esta basado en un sistema de grandes paneles prefabricados de 12 cm de espesor trasdosado con un aislante de poliuretano, cámara de aire y tabiques de yeso laminado.

El forjado esta realizado con placas nervadas que apoyan sobre un cajeadado en forma de almena realizado en la parte inferior de los paneles y la conexión entre ambos se realiza a base de la colocación de redondos en las placas nervadas y unos conectores incorporados a cada uno de los paneles. Posteriormente se utiliza un mortero de asiento sin retracción para hormigonar la junta entre los paneles y la losa nervada. Para terminar todo esto queda tapado con una capa de compresión “in situ” de 5 cm de espesor.



8.5. Sistema estructural del edificio, Ref. Tectónica



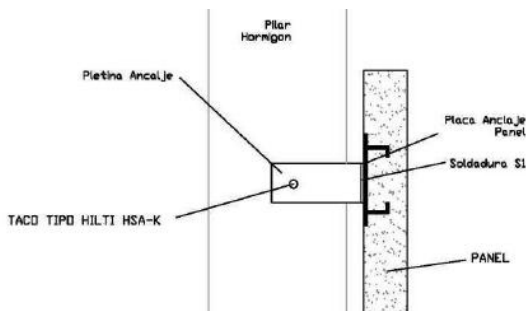
8.6. Detalle de unión entre losa nervada y panel, Ref. Tectónica

8.2.2 Paneles no Resistentes o Auto portantes

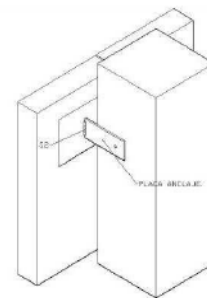
Las fachadas prefabricados generalmente formadas por elementos autoportantes que soportan como cargas de diseño las propias y las acciones exteriores de viento, nieve y térmicas. También puede recibir las cargas de los elementos de carpintería que puedan soportar y las acciones exteriores sobre los mismos. El peso y las acciones de cálculo que se ejercen sobre la fachada se deben transmitir íntegramente a la estructura soporte del edificio. Este tipo de paneles prefabricados solo cumplen la función de envolvente, y se limitan a una función de cerramiento en cuyo caso soportan solo su propio peso.

Durante el cálculo de la estructura se debe tener en cuenta que las cargas de los paneles se transmiten a través de sus fijaciones al forjado y/o a los pilares.

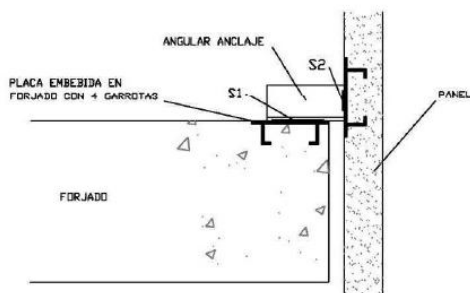
- Cada panel debe sujetarse independientemente del resto y no se deben solidarizar paneles con los adyacentes para evitar que, en el caso de una deformación puntual en la estructura, se pudiera trasladar a través de la fachada.
- Los paneles se deben anclar en un mínimo de cuatro puntos, dos de ellos deben transmitir el peso del panel y los otros dos deben transmitir el esfuerzo de vuelco y los esfuerzos de viento o cargas exteriores, que en la mayoría de los casos se trata de fuerzas horizontales, a la estructura.



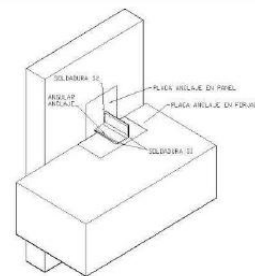
8.7. Sistema de anclaje a pilar, Ref. Prehorquiza



8.8. Perspectiva sistema de anclaje a pilar, Ref. Prehorquiza



8.9. Sistema de anclaje a forjado, Ref. Prehorquiza



8.10. Perspectiva sistema de anclaje a forjado, Ref. Prehorquiza

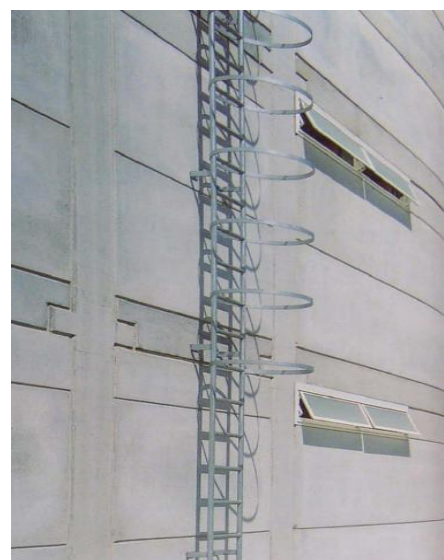
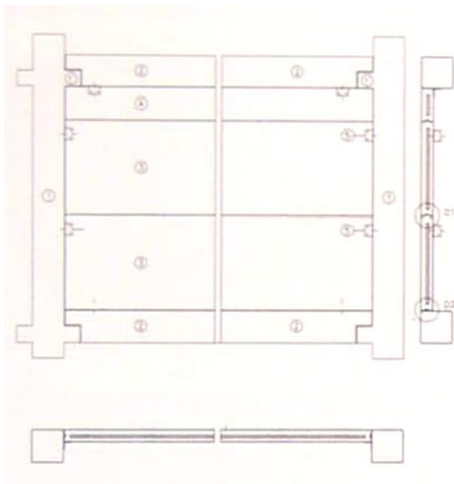


8.11. Facultad de Económicas y Empresariales en Reus, Ref. Tectónica

Un ejemplo de este tipo de cerramiento autoportante lo encontramos en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de Reus realizado por Pau Pérez, Antón Pamis y Antón Banus.

Este cerramiento esta realizado con placas de hormigón autoportantes de dimensión marcada por la separación de los pilares y de un espesor de 15 cm con alma de 3 cm de poliestireno exrtuido. La junta horizontal es machiembrada y se realiza en ella un doble sellado. La sujeción a la estructura se realiza por medio de placas en "L" de acero inoxidable de 8 mm de espesor. Este anclaje se realiza sobre los pilares y en las vigas se realiza un apoyo a traves de otro angular.

En algunas zonas de la Facultad los paneles tendran las dos cara vistas, por lo que será imprescindible que los moldes esten en perfecto estado para que las dos caras sean buenas.

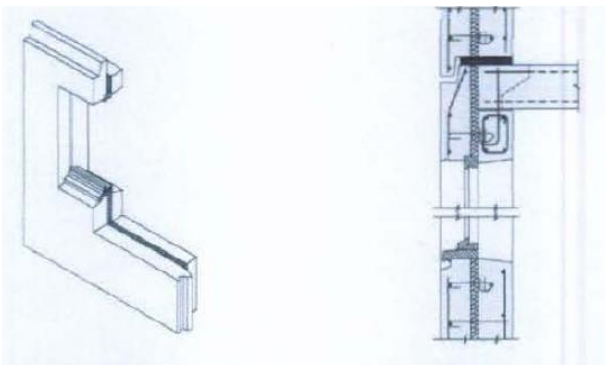


8.12. Sistema de Pilares, vigas y paneles, Ref. Tectónica

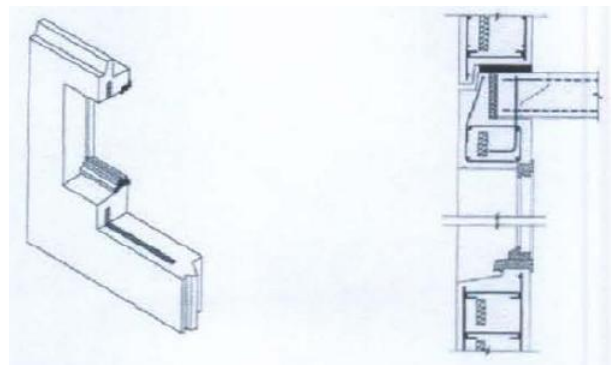
8.3 Paneles Sándwich

Como aislamiento térmico, una solución habitual pero no la más óptima, es el elemento sándwich con placas de unión rígidas. En esta solución el panel es una pieza monolítica de hormigón armado que tiene incluida en una gran parte de su superficie una capa de material para aislante térmico. Sin embargo, el sistema presenta un número elevado de puentes térmicos que deben ser tenidos en cuenta a la hora del cálculo del aislamiento. Cuando el elemento sándwich es con placas de hormigón independientes y libremente dilatables, no existen los puentes térmicos aunque el hecho de que las dos placas de hormigón, la exterior y la interior sean libremente dilatables, complica la construcción y ejecución del panel. Ambos paneles se unen mediante sistemas de atado entre placas independientes que hacen que el panel dilate libremente. Se trata de elementos metálicos que cosen ambas placas de hormigón.

La fachada de doble piel es una construcción de fachada sándwich en la que las dos hojas de hormigón, la hoja de dentro y fuera se fabrican por separado. Como ventajas respecto al panel sándwich se pueden considerar, la gran flexibilidad en el diseño de la fachada exterior, la posibilidad de utilizar diferentes materiales, el aislamiento continuo a lo largo de la fachada y el tratamiento de unidades prefabricadas simples. Coexistiendo con desventajas importantes como la mayor cantidad de unidades prefabricadas y número de conexiones, y la mayor manipulación, transporte y almacenamiento de los paneles prefabricados.



8.13. Panel Sándwich con placas libremente dilatables



8.14. Panel Sándwich con placas de unión rígidas

8.4 Elementos Especiales

En estos momentos la industria del prefabricado en España está pasando de un **sistema cerrado**, en el que cada empresa tenía sus propios modelos de cimentaciones, pilares, vigas, paneles y elementos de la obra, a un sistema más industrializado y estandarizado, como es el **sistema abierto**, en el cual los elementos prefabricados de una empresa, se pueden combinar con los de las demás. Todo esto ha permitido a los diseñadores de los grandes proyectos unir a varias empresas permitiendo una producción con mayor rendimiento y también la posibilidad de realizar modulaciones previas que permiten al arquitecto diseñar sus propias piezas con lo que se rompe con la idea de que los elementos prefabricados no se pueden utilizar en la edificación de viviendas porque su limitado catálogo no permite el diseño de proyectos con nuevas líneas.



8.15. *Diversos modelos de edificación residencial, Ref. Hormipresa*



8.12. *Modelo edificación hospitalaria, Ref. Preborquisa*



8.12. *Modelo edificación industrial, Ref. Prevalesa*

9.-Formas y Dimensiones de los Elementos Prefabricados

9.1 Formas de los Elementos Prefabricados

Una de las propiedades importantes del hormigón es su plasticidad, dando una amplia gama de formas posibles. Formas no limitadas solo a volúmenes cerrados en superficies planas sino también a formas redondeadas.

La forma de un elemento prefabricado es una consideración económica importante.

Un factor significativo puede ser si un elemento prefabricado tipo panel es abierto o cerrado, un módulo de ventana es un ejemplo típico de elemento cerrado, este mismo elemento sin la parte inferior se considera un elemento abierto.

Los paneles abiertos son generalmente más delicados y pueden necesitar rigidizadores temporales o fuertes soportes para su manipulación, aumentando su coste. Algunos paneles abiertos son difíciles de almacenar sin riesgo de producir un alabeo excesivo o curvatura. Los paneles abiertos pueden utilizarse correctamente cuando su debilidad básica se contrarresta con un diseño de proporciones apropiadas. También es más difícil lograr unas juntas seguras entre paneles abiertos, que entre paneles cerrados. Las combinaciones de formas cerradas y abiertas tienen una mayor rigidez.

Otro aspecto importante a considerar es el bisel necesario para desmoldear el elemento prefabricado, así como para conseguir un acabado específico. La inclinación deberá ser mayor para elementos delicados o secciones más estrechas, ya que la adherencia entre el cemento y el molde se convierte en un factor importante tanto para el diseño como para el desmoldeo. La inclinación debe de aumentarse para elementos estriados, con mensulas o rebajes. Se recomienda al proyectista que consulte con los fabricantes para las

recomendaciones específicas. Mientras mayor sea la inclinación, mejor será la uniformidad y economía del acabado, así que puede ser necesario establecer una relación entre las exigencias del acabado y el diseño de la forma de un elemento prefabricado.

Las combinaciones de luz y sombra obtenidas por los relieves producen el efecto visual más importante de las piezas de hormigón prefabricado; las texturas, los colores son de una importancia secundaria cuando se observa un edificio integralmente, o desde cierta distancia. Paradójicamente a lo que se cree, el relieve en un elemento prefabricado no constituye un sobre coste cuando una repetición suficiente de la pieza mantiene los costes del molde dentro de unos límites razonables.

Por otro lado se recomienda que todos los bordes de las piezas prefabricados se fabriquen con un radio razonable, no con esquinas agudas. Éstas se quiebran fácilmente tanto durante la manipulación como durante el servicio del edificio terminado.

Se debe de considerar que las esquinas a inglete son difíciles de fabricar e instalar dentro de las tolerancias aceptables desde el punto de vista del aspecto y de las juntas. El hormigón no puede moldearse a 45° debido al tamaño de los áridos. Las variaciones en la longitud total de la fachada del edificio, suponiendo que están dentro de las tolerancias establecidas, puede conseguirse con las juntas o con el diseño de las piezas de esquina. Tales piezas pueden necesitar unas consideraciones especiales de unión. Algunos de los detalles de las esquinas requieren un molde de esquina separado. Sin embargo cuando se emplean tales moldes de esquina, resultan normalmente pequeños y sencillos. Cada proyecto individual requiere una atención especial al diseño de detalles de sus esquinas con el fin de determinar las solución apropiada con respecto a su aspecto, resistencia a la intemperie y economía.



9.1. Pieza de esquina, Ref. Prehorquisa



9.2. Viselad de esquinas para favorecer el desencofrado

Previo a determinar la forma de un elemento prefabricado, debería considerarse su acabado. Muchos acabados no pueden conseguirse con una calidad visual igual para todas las caras del elemeto (la cara de llenado).

9.2 Dimensiones de los Elementos Prefabricados

Las dimensiones máximas de los elementos prefabricados son específicas de cada fabricante y vienen principalmente limitadas por el transporte. Estas dimensiones máximas están en torno a 12,00 x 3,20 m para camiones articulados con plataformas extensibles y de 40,00 x 3,40 m para camiones de transportes especiales.

Las dimensiones óptimas son para alturas de dos plantas. Este suele estar condicionado por el diseño del edificio. Aunque las dimensiones de elementos prefabricados ser rigen por sus posibilidades de manipulación y transporte. Normalmente el peso de las piezas se debe limitar a 10 Toneladas. Sin embargo hay que tener en cuenta las limitaciones del lugar y la capacidad de la grúa.

La manipulación de un elemento prefabricado constituye una parte significativa del coste del hormigón prefabricado, por eso es aconsejable hacer las unidades tan grandes como sean posibles. La diferencia de coste existente entre manipular un elemento grande, en vez de uno pequeño es insignificante comparado con el aumento de superficie del panel grande.

Las limitaciones en dimensiones debidas a la manipulación y al almacenamiento varían considerablemente de una fábrica a otra, pero generalmente no son consideraciones importantes.

El número infinito de combinaciones, tamaños, formas, materiales y funciones que pueden incorporarse a un elemento prefabricado dificulta el presentar una tabla de dimensiones.



9.3. Ejemplo de dimensiones de Vigas y Pilares, Ref. Gilva SA

9.3 Racionalización de los Elementos Prefabricados

A la hora de plantearse el diseño de los elementos prefabricados hay dos criterios básicos para lograr una optimización en su utilización:

- a) **Igualdad entre piezas:** Cuanto mayor sea el número de piezas repetitivas, en las dos o en una de las dimensiones, mayor rentabilidad de los moldes necesarios para fabricarlos.
- b) **Superficie media elevada:** Cuanto mayor sea el tamaño medio de las piezas, menor número de moldes y tiempos se necesitan en su fabricación y mejor es el rendimiento a la hora del montaje.

En referencia a los paneles se recomienda $S_{\text{media de panel}} \geq 10 \text{ m}^2$

Estos criterios reducen los costes y también los plazos de ejecución de la obra.

La racionalización en el diseño de los elementos prefabricados optimiza recursos.

Es aconsejable para lograr la racionalización, proyectar elementos prefabricados base de dimensiones máximas a partir de la cual se obtienen el resto de las piezas, realizándose las modificaciones correspondientes en el molde.

10.-Modulación de las Fachadas

10.1 Modulación de las Fachadas

Según estudios e investigaciones realizados por organismos encargados de la construcción de viviendas se establece que el estudio del módulo de distribución de cerramientos prefabricados, es necesario como base para el diseño de las dimensiones de los paneles y permitir el menor desperdicio en materiales.

A través de una coordinación modular se logrará una rápida fabricación y montaje del Sistema de Paneles prefabricados de hormigón, permitiendo una mayor rentabilidad en comparación a otros sistemas de cerramientos ya conocidos. Por esta razón es necesario estudiar algunas normativas o parámetros de diseño establecidos para estos usos.

Coordinación modular y dimensional: (Diseño del Sistema de paneles prefabricados)

En el campo de la construcción se pueden reconocer componentes constructivos de diferentes medidas, las cuales surgen según las exigencias de cada proyecto, sin embargo esta variedad con respecto a las medidas de los materiales trae consigo un aumento en el tiempo de fabricación y montaje del sistema, lo que conlleva la pérdida de dinero y material. Es por ello que surge la normalización y tipificación de elementos prefabricados, la cual se basa en una retícula modular de referencia para los proyectos de vivienda, que surge de un estudio de unidades funcionales y medidas necesarias para cada espacio o actividad dentro de la unidad de vivienda.

Dicha retícula parte de razones antropométricas, constructivas y de proyectos experimentales de donde se establece como medida base 10 cm. Es a partir de esta medida que se logran obtener distintas retículas modulares de diseño a ser aplicadas en el campo de la construcción de viviendas.

Partiendo de estos estudios e investigaciones realizadas con respecto a proyectos de viviendas es que se ha logrado identificar las retículas modulares de 12.00 m x 3.00, como las más empleadas y adaptables al diseño de viviendas.

Partiendo de las retículas modulares establecidas como las más adaptables deberán ser capaces de:

- Obtener componentes cuyas dimensiones sean eficientes en la fabricación, transporte y montaje del mismo en obra.
- Permitir el uso de submúltiplos o múltiplos de la unidad de medida modular seleccionada para obtener mejores configuración y dar soluciones a distintos requerimientos constructivos.
- Que permita flexibilidad en el diseño arquitectónico de la vivienda.
- Medidas manejadas dentro del mercado de la construcción.

Además las fachadas de hormigón arquitectónico se realizan adaptándose al diseño del proyectista. Así pues, a los paneles se les puede dar numerosas formas:

- Huecos para puertas y ventanas en el borde del panel o en su interior.
- Piezas con vueltas incorporadas laterales, inferiores o superiores" hacia el interior o exterior del edificio.
- Paneles rectos con borde o bordes curvos en el ancho de su espesor.
- Paneles curvos cóncavos y convexos.
- Piezas de celosía.
- Piezas tridimensionales.
- Petos de cubierta con formación de albardilla.

El proyectista deberá modular la fachada durante la fase de proyecto, facilitando al fabricante todos los planos de taller suficientes para la fabricación de los paneles. Es imprescindible el correcto despiece de los paneles y el estudio detallado de uniones y esquinas. El adecuado despiece de los elementos influirá notablemente en el aspecto y resultado final de la fachada, ya que conformará la piel del edificio final.



10.1. Ejemplo de Modulación, viviendas en Salburua (Vitoria), Ref. Dinescon



10.2. Ejemplo de Modulación, Casa 3, Ref. Hormipresa



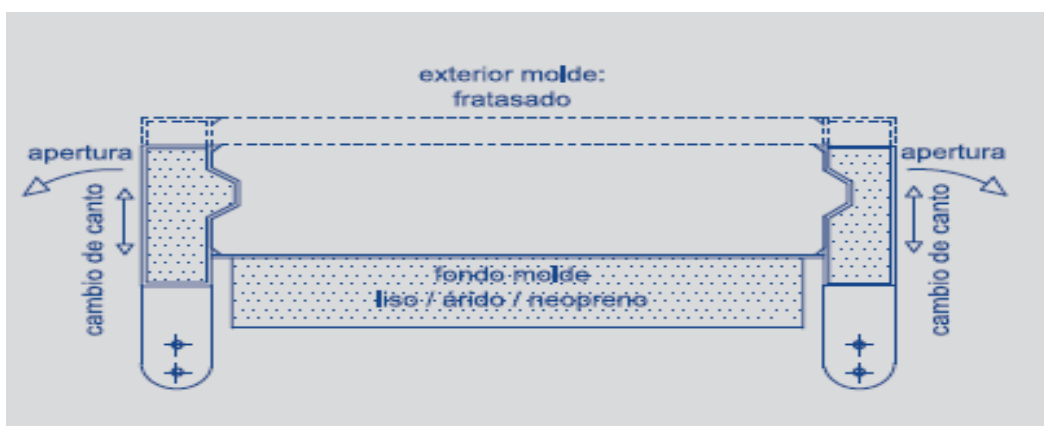
10.3. Ejemplo de Modulación, vivienda en Oviedo, Ref. Preborquisa

11.-Colores, Texturas y Acabados en los Prefabricados

11.1 Tipos de Acabados Superficiales

La decisión a la hora de proyectar una solución para el hormigón prefabricado viene determinada por el conocimiento de criterios de conveniencia estética, económica, de posibilidades técnicas y por supuesto, de tipo arquitectónico y urbanístico. Las superficies de las piezas de hormigón prefabricado pueden ser tratadas de múltiples formas y mediante varios métodos de texturizado.

Debido a la precisión con que se reproduce la más mínima textura que contenga el molde, pueden obtenerse acabados que van desde el sencillo plano liso utilizado en elementos estructurales hasta algunas de las complejas texturas utilizadas para los paneles de hormigón, pasando por el uso de matrices de goma y el empleo de productos que faciliten el texturizado de las superficies una vez desmoldado el elemento, y también mediante el uso de áridos de color y la adición de pigmentos, o el recubrimiento superficial por pinturas a base de silicatos.



11.1. Molde tipo de fabricación de piezas y caras de tratamiento. Ref. Prevalosa

11.2 Elementos Prefabricados con Moldeo Simple: liso, fratasado o rayado. Con o sin pintura

Puede moldearse una pieza con una apariencia lisa otorgada por el molde sin más preparación que la de su superficie limpia, sin texturas ni relieves, cuidando solo que las aristas de la pieza queden debidamente configuradas por biselado o bocelado para evitar roturas y desportilladuras.

Este tipo de acabado es el más utilizado y más económico para las piezas de estructura tales como **pilares, vigas, escaleras y para las piezas de forjado** que posteriormente serán recubiertas por falsos techos, trasdosados, chapados, etc.

En los paneles de fachada se puede acudir a este acabado liso como acabado final u optar por darle a la cara del hormigón que no está en contacto con el molde un fratasado o un peinado, que también suelen adoptarse como cara de acabado. Estos tres tipos de acabado, **liso, fratasado o peinado** también admiten un revestimiento de pintura pudiendo dar a un sinfín de colores.



11.2. Tipos de acabados (liso). Ref. Prevalesa



11.3. Tipos de acabados (fratasado y rayado). Ref. Prevalesa

11.3 Paneles Prefabricados Texturizados en el Molde

Según sea el motivo dispuesto en el fondo del molde, una pieza puede tener apariencias muy variadas, siendo posible moldear superficies con poco o mucho relieve y con efectos particulares según los tipos de condiciones locales o proyectos existentes.

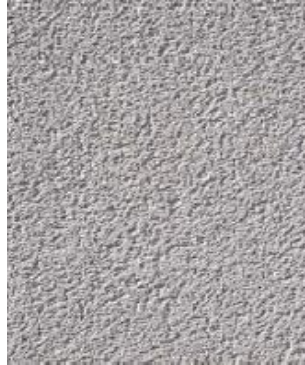
Existe en el mercado un amplio abanico de matrices a base de plásticos, poliestileno, siliconas o elastómeros para el moldeo de hormigones. Algunas son tan solo mantas de poco espesor (inferior a 2 mm) que pueden llevar un leve relieve y que son adheridas al molde mediante materiales de pegado que hay que cuidar en su homogéneo reparto, pues una concentración excesiva de estos bajo la manta puede producir el efecto "*arruga*" o "*pliegue*" en la superficie vista.

Hay otro tipo de matrices, comúnmente conocidas como gomas, que presentan texturas y relieves que una vez emplazadas en el fondo de los moldes dotarán a la pieza moldeada del dibujo o motivo que quedará en la superficie del elemento en su versión opuesta. También existen matrices de encofrado de poliestileno expandido que pueden utilizarse cuando la cantidad de piezas por moldear es poca.

Además existe la posibilidad de producir matrices singulares para caracterizar una fachada o una parte de una fachada, pero es necesario tener presente el coste que esto puede suponer en la repercusión sobre el precio de cada manufactura moldeada con éstas.

Cuando un panel está especificado con una superficie acanalada o estriada, pueden emplazarse en el molde tiras comúnmente conocidas como "*berenjenos*" que pueden ser de madera, plástico o acero y que deben dibujar (en negativo) el trazado definido por el proyecto. Estas estrías o ranuras pueden plantearse continuas inclusive en las aletas o retornos de las piezas en las esquinas, por lo cual deberá preverse, en la fase de proyecto, el tipo de efecto deseado, para que modelo y molde puedan incorporarlo desde el principio de la fabricación.

Este trabajo debe ser limpio y meticuloso, dejando perfectamente sellada la unión entre el molde y los "*berenjenos*", ya que cualquier irregularidad, material de pegado sobrante o intersticio que quede entre éstos, generará su correspondiente imperfección (por exceso o por defecto) en la superficie vista. Este tipo de elementos es usado con frecuencia en la formación de goterones en dinteles y vierteaguas.



11.4. Tipos de acabados (con lámina adherida de 2 mm). Ref. Preborquisa



11.5. Tipos de acabados (con lámina de neopreno). Ref. Prevalesa y Preborquisa

11.4 Paneles Prefabricados Texturizados Mecánicamente

Otra forma de dar texturas a los paneles prefabricados es por medios mecánicos. Dentro de este sistema de dar textura a los paneles vamos a distinguir entre los realizados con maquinaria auxiliar y los realizados por superposición de capas con diferentes granulometrías de áridos que posteriormente se lavarán con agua a presión.

Por maquinaria auxiliar:

Abujardado, es el martilleado con impacto de maza de puntas, que se puede trabajar con herramienta neumática sin necesidad de gran esfuerzo. Para este tipo de texturizado han sido desarrolladas también máquinas de disco de bujardas múltiples manejables a mano o aplicables a mesas-puente que sirven tanto para piedra moldeada (piezas de hormigón) como para la piedra natural.



11.6. Tipos de acabados (abujardado). Ref. tecnyconta

Pulido mecánico, aunque es poco frecuente, la superficie de una pieza manufacturada con hormigón puede pulirse y abrillantarse, mediante medios manuales, mecánicos o industriales. Este es un acabado que, dadas las particulares condiciones en que puede trabajarse (con máquinas pulidoras o molas de mano) no es recomendable para grandes superficies ya que puede resultar difícil de terminar satisfactoriamente.



11.7. Tipos de acabados (pulido). Ref. tecnyconta

Chorro de arena, esta metodología consiste en extraer la capa superficial de cemento mediante ataque al chorro de arena, con lo cual el aspecto que adquiere la piedra moldeada es el de un material pétreo limpio pero elegantemente envejecido. Se debe tener presente que el ataque por choque efectuado por el método de chorro de arena tiende a aclarar el árido visto que se exhibe una vez retirada la capa de cemento.

Por lavado del árido:

Con el mortero sin endurecer completamente, se trata de un acabado decorativo de hormigón que se obtiene al quitar la piel externa de mortero cuando éste se encuentra aun sin endurecer completamente, es decir, quitar la pasta de cemento superficial mientras aun es plástica y permite dejar expuesto el árido grueso. Suele emplearse en superficies horizontales aunque también puede ser efectivo en superficies verticales si puede lavarse antes de que el hormigón haya obtenido su resistencia completa. Los áridos que se trituran en formas angulares o escamosas pueden no dar un aspecto consistente. Los áridos de piedra redonda o de río son los ideales y generalmente debe considerarse una mezcla con granulometría escalonada.



11.7. Tipos de acabados (árido lavado despues de endurecer el hormigón). Ref: tecnyconta

Con retardadores de fraguado y lavado con agua, en trabajos de hormigón arquitectónico se puede usar retardante de superficie para exponer el árido y producir efectos de luz y sombra con la textura. El propósito del retardador es retrasar, pero no evitar, el fraguado del cemento de manera que después de que el hormigón haya sido curado sea posible quitarlo mediante cepillado o por la aplicación de agua a presión. El retardante se debe aplicar con suficiente precisión para no permitir la exposición de áreas acentuadas.

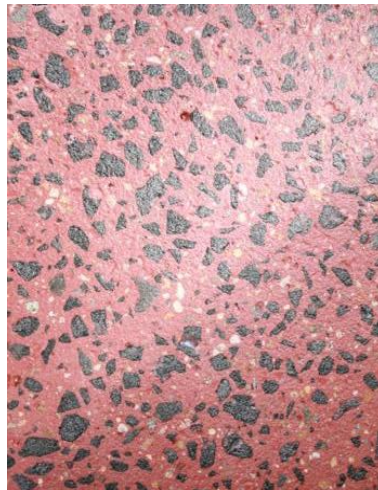
Si los áridos son expuestos por lavado de la superficie del hormigón con agua o mediante el uso de un retardador de fraguado superficial, tanto los áridos como el hormigón coloreado mantienen su intensidad de color. Para obtener mejores resultados deberá usarse el porcentaje más alto posible del árido grueso seleccionado. Con el empleo de inhibidores de fraguado es posible combinar tanto superficies lisas como de árido expuesto en un mismo elemento.



11.8. Tipos de acabados (árido lavado con retardante del fraguado). Ref. tecnconta

Acabado lavado con ácido, Este acabado se obtiene mediante la corrosión del cemento por medio de un ácido, normalmente el clorhídrico muy disuelto en agua. El lavado con ácido da un acabado fino, lo cual es favorable para el control del ensuciamiento y al mantenimiento. Este se realiza con chorro de ácido proyectado de forma controlada. Los materiales expuestos son principalmente cemento, arena y un pequeño porcentaje de áridos gruesos visibles. Se obtienen mejores resultados cuando se usan áridos resistentes a los ácidos, como el cuarzo y el granito.

Es importante cumplir la normativa ambiental, en especial lo referente a manejo de desechos y aguas residuales producidos durante este proceso.



11.9. Tipos de acabados (árido lavado con ácido).

Paneles personalizados



11.10. Tipos de acabados (matrices especiales). Ref. tecnyconta y Prevalesa

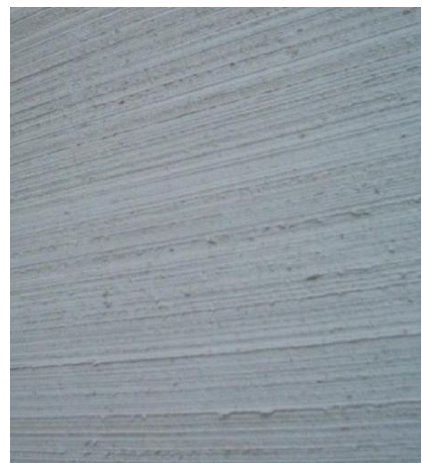
11.5. Ejemplos de Diferentes Acabados en Edificios



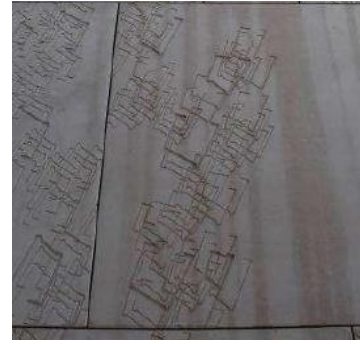
11.11. Con moldeo simple: liso. Ref. Dinescon.



11.12. Con moldeo simple: fratasado. Ref. Prevalosa



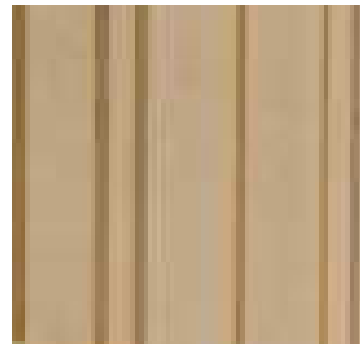
11.13. Con moldeo simple: rayado. Ref. Prevalosa



11.14. Con lámina adherida 2 mm. Albergue para peregrinos (Burgos) Ref. Preborquisa



11.15. Con lámina de neopreno. Hotel en villaviciosa de Odón (Madrid) Ref. Preborquisa



11.16. Con brengenos. Colegio en San Blas (Madrid) Ref. Preborquisa



11.17. Decoración personalizada. Centro deportivo en Guadarrama (Madrid) Ref. Preborquisa

12.-Uniones entre Estructura y Paneles Prefabricados.

12.1 Uniones

Un aspecto importante en el diseño de elementos prefabricados de fachada es el diseño de sus conexiones. Se deben de diseñar tomando en cuenta factores como la seguridad, funcionamiento y economía. Una infinidad de conexiones y detalles pueden resultar en una obra dependiendo de los diferentes tipos y formas de elementos que se tengan. Un análisis sistemático de las fuerzas, movimientos y apoyos reducirá el número de conexiones diferentes que se tengan.

Cada prefabricador ha desarrollado conexiones que le son convenientes de acuerdo con sus métodos de producción y montaje. Además, las conexiones varían de acuerdo con el tipo de estructura a la que se van a fijar. Sin embargo, algunas recomendaciones y detalles típicos se pueden enunciar para que sirvan como guía en el diseño de conexiones para elementos prefabricados de fachada.

12.2 Consideraciones de Diseño

El propósito de una conexión es transferir las cargas al elemento estructural de apoyo y proveer de estabilidad al panel prefabricado.

Una conexión debe tener la resistencia necesaria para transmitir las fuerzas a las que se someterá durante su vida útil. Además de las fuerzas gravitacionales deben de considerarse fuerzas debidas a viento, sismo, cambios volumétricos, fuerzas inducidas por movimientos diferenciales entre el panel y la estructura y fuerzas que se requieran para dar estabilidad y

equilibrio. Usualmente se prevé que la conexión permita cierto movimiento para evitar dichos esfuerzos.

Las conexiones deben de ser dúctiles para permitir deformaciones relativamente grandes sin fallar. El acero deberá de deformarse antes de que falle el hormigón.

En lugares donde las conexiones están expuestas a la intemperie o ambientes corrosivos deberán de protegerse con hormigón, pinturas especiales, galvanizado o utilizar acero inoxidable si las condiciones atmosféricas son severas y justifican el alto costo. Todas las conexiones expuestas a la intemperie deben de inspeccionarse y mantenerse periódicamente.

Los principios de diseño de conexiones son fáciles de seguir para elementos de hormigón soportados en un solo nivel en dos puntos, denominados como **Conexiones de Soporte** sujetos con cierto grado de flexibilidad en otros puntos llamados **Conexiones Laterales**.

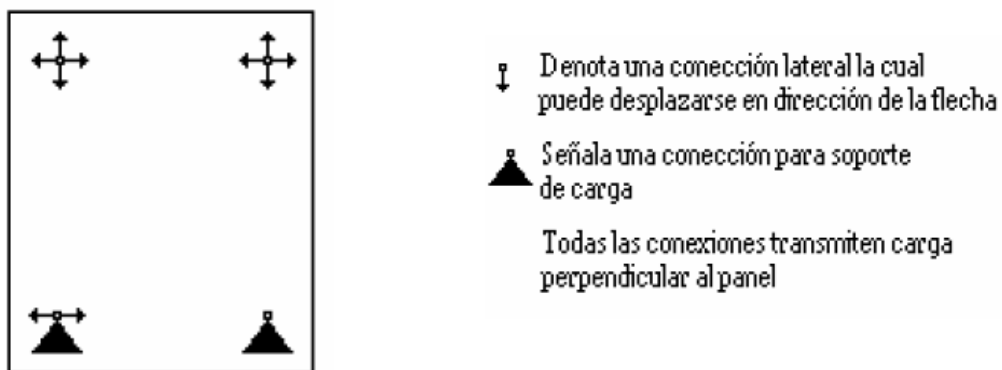
Una solución común para paneles que van de piso a piso es colocar las conexiones de soporte abajo y las conexiones laterales en la parte superior. Es preferible soportar el peso del panel en un solo nivel debido a la posible deflexión que pudiera tener el elemento de apoyo, cambiando la distribución del peso.

Principios básicos de diseño:

- Transferir el peso propio del panel directamente a la estructura a través de un apoyo.
- Proveer solamente dos puntos de soporte por cada panel.
- Los puntos de soporte de cada panel deben de localizarse en un sólo nivel.
- Preferentemente, el panel debe soportarse en la parte inferior del mismo.
- Se puede optar por soportar el panel en su parte central cuando tenga la altura de dos niveles.
- Uno de los apoyos de carga deberá conectarse para resistir fuerzas laterales.
- Proveer ajustes verticales, horizontales y laterales en todas las conexiones.
- Todos los elementos de sujeción de los paneles deben estar amparados por el cálculo estructural.
- Deben estar ejecutados por personal cualificado.
- El cálculo del anclaje se realizará para el panel más desfavorable de obra y con él se realizarán el resto de las uniones.

- Las uniones deben de ser simétricas en los paneles, estableciéndose como norma general que los puntos de anclaje se sitúen a $1/5$ de la luz del panel, zona de momento nulo, de forma y manera que los esfuerzos en los conectores se reduzcan a un esfuerzo cortante. En caso de no ser así, para el cálculo del conector se deberán tener en cuenta el resto de los esfuerzos que soporta.

En la siguiente figura se ilustra esquemáticamente la solución para un panel prefabricado de forjado a forjado.



En zonas sísmicas, las conexiones y juntas entre paneles deben diseñarse para permitir el movimiento de la estructura. Son aceptables las conexiones que permiten el movimiento en el plano del panel ya sea por flexión de barras de acero, que son conexiones especialmente diseñadas para permitir el corrimiento usando agujeros sobredimensionados, ojivales u otros métodos para proveer movimiento y ductilidad.

12.3 Detalles de Conexiones

En esta sección se muestran detalles típicos de conexiones para paneles arquitectónicos de fachada usados para soportarlos vertical y lateralmente. Aquí sólo se muestran algunos de ellos, pero no son los únicos y podrán usarse como guías o ideas para su construcción. Puede haber innumerables combinaciones de anclajes, placas, ángulos y tornillos para formar herrajes de conexión. Los herrajes seleccionados deberán de ser los óptimos de acuerdo a los criterios de diseño, producción, montaje, tolerancia y economía.

Conexiones de Apoyo Vertical, son las que transfieren las cargas verticales a la estructura de apoyo o cimentación. El soporte deberá de ser, como mínimo, en dos puntos por panel. Las tolerancias en el sistema de apoyo vertical generalmente se toman con el uso de calzas de acero, tornillos niveladores, placas de apoyo y agujeros sobredimensionados u ojivales.



12.1. Ejemplo conexión de apoyo, Ref. Tecnyconta

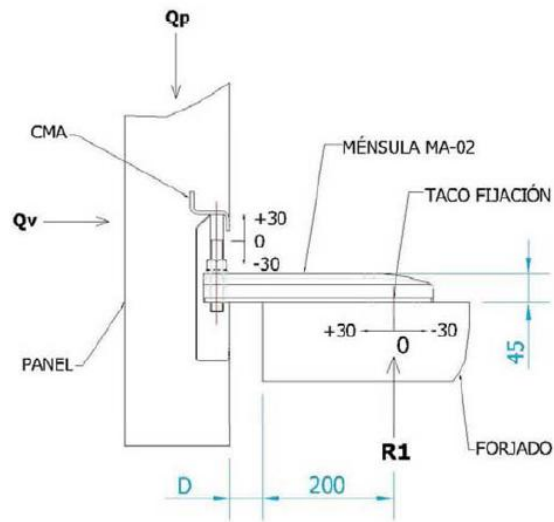
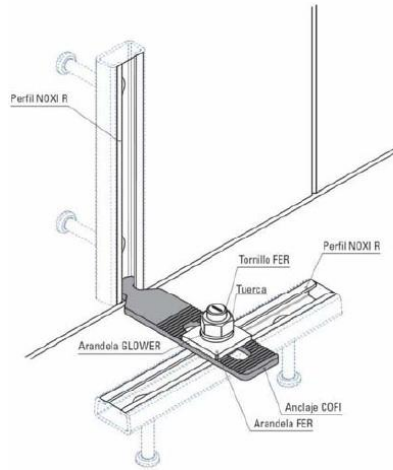
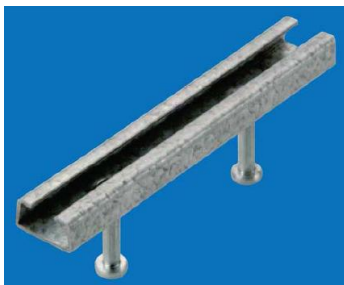


TABLA DE CARGAS MA-04											A (mm)		
D (mm)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	80
Qp (kN)	41,6	38,4	35,2	32,2	29,4	26,6	24,0	21,6	19,2	17,0	15,0	13,0	
R1 (kN)	8,4	9,6	10,8	11,8	12,6	13,4	14,0	14,4	14,8	15,0	15,0	15,0	
Qv (kN)	3,0												

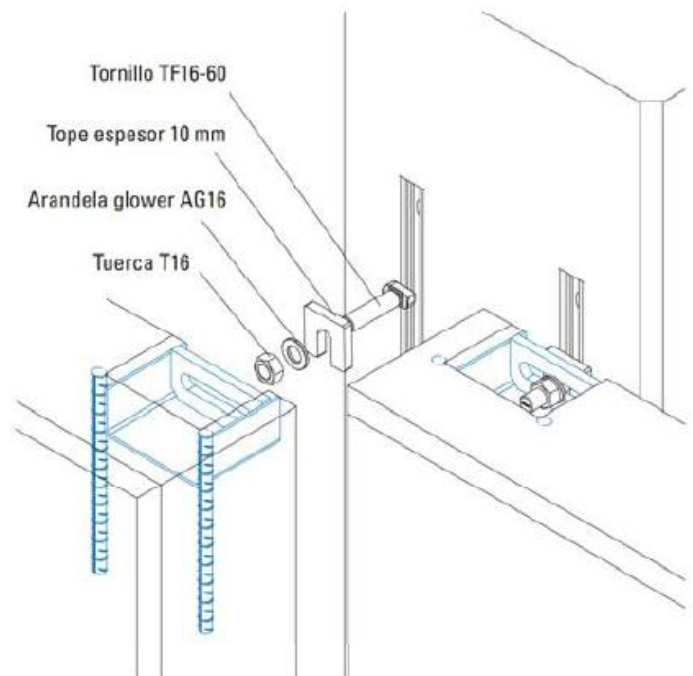
D: Distancia entre pared y forjado.
 Qp: Carga máxima de peso a soportar.
 R1: Esfuerzo requerido por la unión en el forjado.
 Qv: Carga máxima repercutida de viento.
 A: Ancho de la base de la ménsula.

12.2. Ejemplo conexión de apoyo, Ref. Noxifer

Conexiones Laterales: se usan para mantener el panel prefabricado a plomo y resistir cargas debidas a viento o sismo perpendiculares al mismo. La importancia de estas conexiones es la de tomar fuerzas de tensión o compresión perpendiculares al panel. Sin embargo pueden soportar fuerzas en el plano del elemento, o permitir el movimiento vertical y horizontal.



12.3. Ejemplo conexión lateral de retención, Ref. Noxifer



12.4. Ejemplo conexión lateral de retención, Ref. Noxifer

13.-Juntas entre los Paneles

13.1 Diseño de las Juntas entre Paneles

Las juntas son los encuentros entre los paneles de fachada. Son consecuencia de la limitación del tamaño de los paneles, por lo que cuanto más grandes son los paneles, menor es el número de juntas. Mientras que los paneles se producen bajo estrictos controles de calidad, las juntas son el elemento que se realizan “in situ” por lo que es el sistema constructivo más sensible a errores de ejecución.

El diseño de las juntas es de vital importancia para el éxito de un proyecto con hormigón prefabricado. Deben ser diseñadas de una manera racional y económica.

Las juntas entre paneles de hormigón prefabricado deben considerarse como el eslabón más débil de todo el conjunto de los muros. El diseño y ejecución de las juntas es, por tanto, de la mayor importancia. El proyectista valorará las exigencias de las juntas de una manera realista con respecto a su funcionamiento y coste. Las juntas entre paneles deben considerarse como la parte más débil de todo el conjunto de estanqueidad. El diseño y ejecución de las juntas, es de gran importancia y deben ser efectuadas de una manera racional.

Las juntas se diseñan específicamente para conseguir un alto grado de aislamiento en su exposición a la intemperie. Deben diseñarse también para acomodarse a los movimientos locales de los paneles más que a los movimientos acumulativos de la estructura, los que exigen juntas de dilatación situadas en lugares adecuados.

13.2 Características de las Juntas entre Paneles

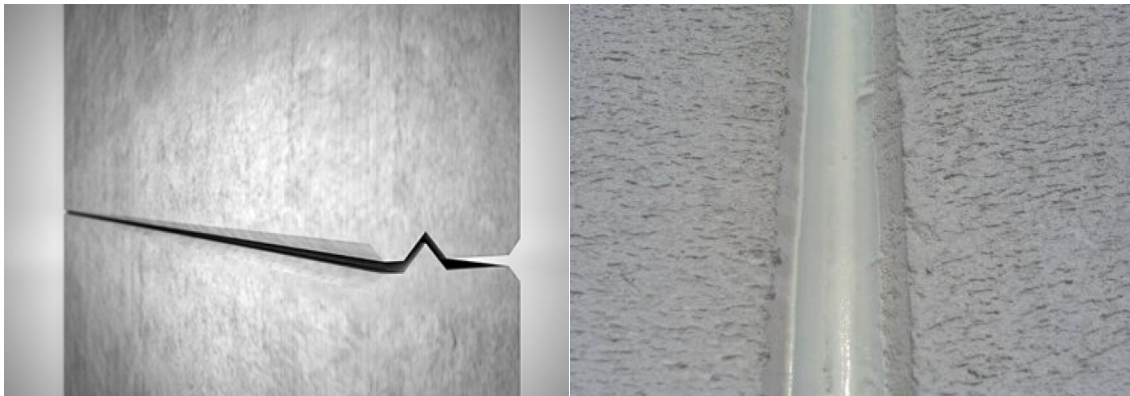
Las juntas entre paneles de fachada deben cumplir una serie de requisitos en general, las cuestiones más importantes a tener en cuenta son:

- Mantener las mismas características de los paneles en cuanto a cumplimiento de las exigencias funcionales de los paneles de fachada y, en especial, del aislamiento acústico, higrotérmico y de comportamiento frente a acciones de fuego.
- Garantizar la estanqueidad frente al agua y el viento.
- La estanqueidad frente al agua, viento y aislamiento higrotérmico ha de resolverse mediante elementos diferentes dentro de la junta, de manera que un fallo de uno de ellos no suponga el fallo total.
- El aspecto de las juntas ha de ser tal que mejore los valores plásticos del cerramiento, realizando un tratamiento arquitectónico de la junta.
- Compensar los movimientos producidos por los cambios de temperatura y asentamientos.
- Absorber las diferencias dimensionales, dentro de las tolerancias de fabricación y montaje, la anchura de la junta suele ser de 12 a 25 mm.
- Posibilitar la reparación y reposición de los materiales que las constituyen.
- Si el aspecto deseado necesita de juntas adicionales, estas se pueden conseguir mediante el uso de juntas falsas.
- El color de los paneles influye en la anchura de las juntas. En paneles claros, las diferencias de temperatura oscilan entre -20° a $+60^{\circ}$, siendo los valores límites -30° a $+70^{\circ}$.
- Un tratamiento de juntas excelente se puede obtener con biselado de los cantos del panel.
- Los bordes de los elementos prefabricados estarán sin desperfectos, uniformes, limpios y libres de cualquier contaminante.
- Los materiales de sellado serán proporcionados por el prefabricador, en recipientes cerrados, señalados adecuadamente y con las instrucciones y recomendaciones del fabricante.
- El sellado de juntas en paneles de áridos vistos requiere que el sellado sea aplicado contra un hormigón uniforme.

13.3 Juntas Horizontales y Verticales entre Paneles

En los sistemas de paneles para fachada se distinguen dos tipos de juntas. Las **juntas verticales** que unen los extremos laterales de dos paneles adyacentes y están sometidas a acciones transversales horizontales y las **juntas horizontales** que unen un panel superior e inferior y están sometidas a acciones normales (gravitatorias).

Las **juntas horizontales** entre paneles suelen tener una forma tal que garantice la estanqueidad. El diseño del extremo inferior del panel cuenta con un resalte que se solapa con el extremo superior del panel situado debajo, con una altura de solape entre ambos de entre 5 y 10 cm. El ancho de la junta será mayor a 1 cm, para evitar la ascensión del agua por capilaridad.



13.1. Junta horizontal entre paneles, Ref. Tecnyconta

13.2. Junta vertical entre paneles, Ref. Hebel

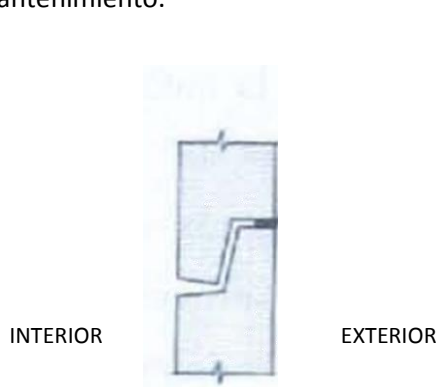
Las **juntas verticales** entre paneles suelen ser más complejas que las anteriores, debido al efecto combinado del viento y la lluvia. Se componen del espacio libre entre los extremos donde se sitúa el material de junta y la forma de los extremos de los paneles en sí. Para conseguir la adherencia, compresión o el efecto mecánico de unión entre el material de junta y los paneles, estos tienen una serie de entalladuras en sus extremos laterales, configurando cámaras de descompresión. El espesor de las juntas verticales suele tener un valor teórico de entre 1,5 y 2 cm.

Dada la naturaleza de los materiales de unión en este tipo de juntas, es necesario realizar inspecciones periódicas de las juntas y sustituciones del material cada varios años (5 a 10 años).

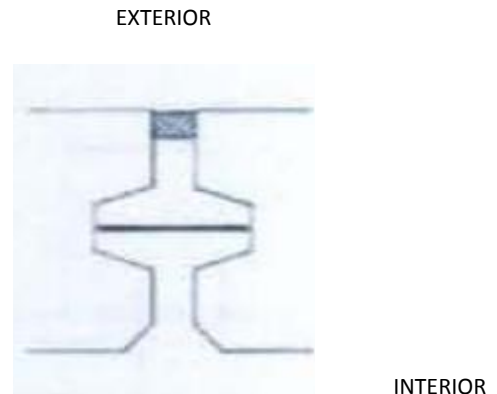
13.4 Juntas de un Sellado y Doble Sellado entre Paneles

El diseño y detalles de las juntas son de vital importancia para el éxito de un proyecto en hormigón prefabricado. Las juntas entre paneles prefabricados se pueden clasificar según su ejecución en juntas de un solo sellado y juntas de doble sellado.

La **junta de sellado simple**, se utiliza y funciona satisfactoriamente en climas moderados. Sin embargo, su funcionamiento depende por completo de la calidad de los materiales y de su ejecución. Como su nombre indica, la junta de simple sellado tiene una simple línea de defensa para lograr la protección contra la intemperie por lo que para asegurar su impermeabilidad se deberán inspeccionar regularmente. La ventaja de esta junta es que es adecuada entre paneles prefabricados y normalmente es menor su costo inicial. Sin embargo, esto no es necesariamente cierto cuando se incluyen en la evaluación económica los costos de mantenimiento.



13.3. Junta horizontal de sellado simple



13.4. Junta Vertical de sellado simple

Las **juntas de sellado doble**, tienen dos líneas de protección contra la intemperie. La junta típica consta de una barrera contra la lluvia cerca de la cara exterior y un sellador contra el viento generalmente de la cara interior del panel. La barrera contra la lluvia elimina la mayor parte del agua de lluvia y de la humedad de la junta, mientras que el sellador contra viento es la línea que delimita la presión del aire interior y exterior. Entre las dos fases de la junta existe una cámara de descomposición que debe ventilarse y drenarse hacia el exterior y son recomendables para edificios sometidos a ambientes climáticos severos.

El agua que penetra la barrera contra la lluvia deberla drenarse hada afuera mediante un tipo apropiado del tapajuntas. Para evitar el movimiento vertical del aire producido en la cámara de descompresión por el viento o aire exterior es aconsejable utilizar detalles de tapajuntas con amortiguadores a lo largo de las juntas verticales en intervalos espaciados. En

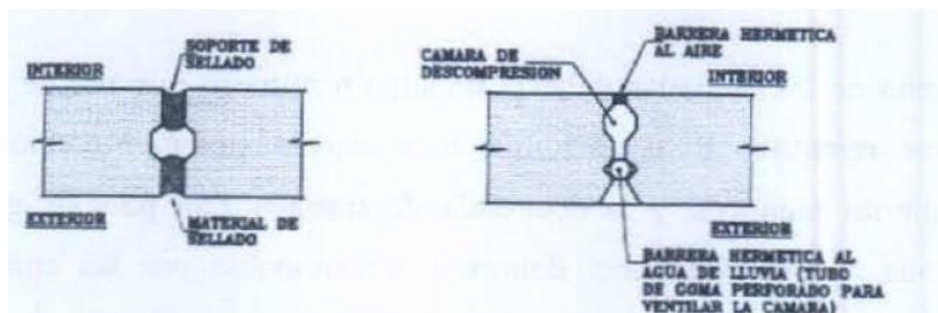
el sellado contra el viento tiene lugar el cambio de presiones entre las atmosferas interior y exterior. Podría penetrar agua por capilaridad, pero como el aire exterior llega a este sellado ha perdido su contenido en agua, resulta imposible.

Las juntas de doble sellado pueden diseñarse para grandes longitudes o juntas que pueden variar considerablemente sus anchuras teóricas así como mantener una razonable uniformidad en anchura. Es la junta *más segura* para edificios sometidos a ambientes climáticos severos. Las juntas deben ser accesibles desde el interior para instalar el sellado contra el viento posteriormente. La única desventaja de la junta de doble sellado es su costo inicial.

El sellado siempre se debe realizar por la cara exterior de los paneles. En ningún caso se debe confiar la estanqueidad de las fachadas mediante el sellado de los paneles por su cara interior.



13.5. *Junta horizontal de sellado doble*



13.6. *Junta Vertical de sellado doble*

13.5 Proceso de Sellado de Juntas entre Paneles

El proceso de sellado de las juntas de desarrollo vertical y horizontal entre paneles es el siguiente:

1. Colocación de un elemento de elevación acorde con las condiciones de la obra en ese momento, teniendo en cuenta que el sellado se realiza desde el exterior de la fachada.
2. Limpieza de los bordes de las juntas.
3. Imprimación de las juntas con puente de unión.
4. Instalación de un cordón obturador de polietileno del diámetro adecuado al ancho de junta.
5. Sellado final por extrusión con silicona neutra o masilla de poliuretano de color a elegir.

Puntualmente puede haber zonas que presenten pequeñas roturas o desconchones ocasionados durante la manipulación, que serán corregidas realizando las correspondientes reparaciones.

14.-Defectos y Tolerancias en los Elementos Prefabricados

14.1 Defectos y Tolerancias

Para lograr un buen acabado en las construcciones de hormigón prefabricado, se deben emplear materiales, equipos, herramientas, mano de obra y procedimientos que permitan entregar una obra sin defectos, o que estos se encuentren dentro del rango de tolerancia establecido. Para esto se debe tener un conocimiento profundo de las causas que originan los defectos, de tal manera que se puedan enfocar los esfuerzos para reducir al mínimo posible, o eliminar en el mejor de los casos, estas causas.

Debido a las características del hormigón, es difícil obtener una superficie con textura totalmente uniforme y libre de variaciones de color. Sin embargo, obtener un hormigón prefabricado deficiente genera procesos costosos e ineficientes, ya que con el tiempo se hace necesario efectuar reparaciones. En consecuencia, se debe lograr desde el desmoldeo un hormigón que satisfaga las condiciones establecidas y la manera de alcanzarlo es estableciendo y manteniendo la calidad en todos los procesos involucrados.

14.2 Defectos Superficiales

La segregación, es la separación del material fino del grueso en el hormigón fresco. Un ejemplo común lo constituyen las partículas de árido que abandonan el cuerpo principal de la mezcla.

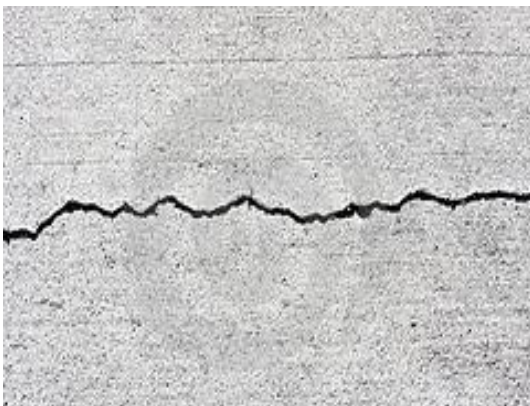
Agrietamiento plástico, la pérdida rápida de humedad cuando el hormigón todavía está en fase plástica provoca agrietamiento. El agrietamiento plástico comienza por lo general después de las operaciones de albañilería sobre el hormigón, pero también puede ocurrir después de que hayan finalizado todas las operaciones para el terminado del mismo.

Superficie del fondo seca, las ampollas que aparecen en la superficie se deben a las burbujas de aire que quedan atrapadas debajo de ésta.

Desconchamiento, cuando la superficie endurecida de hormigón se descama hasta una profundidad aproximada de 1.5 a 4.0 mm, se habla de desconchamiento. Se deben evitar materiales o prácticas constructivas que puedan provocar estos procesos de desintegración, utilizando una resistencia mínima del concreto de por lo menos 35 N/mm².

Una de las causas más frecuentes de desconchamiento es la temperatura de congelación, si el hormigón no ha obtenido la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos de las heladas terminará por romperse.

Agrietamiento por contracción, este agrietamiento es un patrón de finísimas grietas que se presenta en superficies con exceso de finos.



14.1. Agrietamiento plástico



14.62 Posible disgregación por excesiva agua en la dosificación

14.3 Tolerancias

El aspecto del hormigón prefabricado tiene una importancia primordial ya que es posible obtener una amplia gama de calidades para la superficie del mismo. El efecto estético de una superficie de hormigón prefabricado depende tanto del tipo de acabado como de su calidad. Es necesario contar con parámetros de calidad que faciliten la coordinación y entendimiento entre el diseñador del proyecto, los constructores, los supervisores y los prefabricadores.

La mayoría de los defectos aceptados o justificados pueden ser evitados en el momento de la planificación, o incluso antes, si se toma la precaución de que algún productor experimentado asesore al arquitecto o diseñador.

Criterios, los criterios de tolerancia se clasifican en tres:

- Flexibles, cuando no se exija alguna especificación.
- Ordinarios, aplicables cuando los defectos son visibles, pero no se justifican gastos importantes para su corrección.
- Especiales, los que por especificaciones rigurosas y alto costo, no se justifican más que en obras, o en parte de ellas, donde el aspecto tiene una importancia primordial.

Para el buen desempeño de la obra conviene considerar los criterios previamente establecidos de acuerdo a la clasificación anterior, así como todas las demás características del hormigón prefabricado sobre una base estética, de funcionalidad y seguridad.

Causas de imprecisiones, las imprecisiones en elementos de hormigón prefabricado pueden resultar por las siguientes causas: las **derivadas del proceso de fabricación** y las **resultantes del montaje**. Es necesario determinar si las imprecisiones son debidas al componente o su incorporación al edificio.

Tolerancias derivadas del proceso de fabricación:

La tolerancia de fabricación será determinada por las imprecisiones en dos aspectos de la prefabricación que a continuación se describen:

a) **Imprecisiones en el molde:** Estas se refieren a defectos en la elaboración de los moldes y por los continuos montajes y desmontajes de los mismos durante su uso. Los moldes

pueden ser contruidos generalmente con una precisión inicial de 1 mm, pero dependiendo del material del molde para cada sucesión de usos se llega hasta valores de 3 mm.

La precisión final del producto moldeado depende de la supervisión estricta del trabajo y de la verificación frecuente de las desviaciones en tamaño y forma del molde.

b) **Contracción del hormigón:** Esta contracción depende de la relación agua-cemento, del tipo de árido y del cemento usado en la mezcla. Puede variar de 0.10 % a 0.01 %. Usualmente, con buena práctica no tendrá importancia que exceda del 0.01 %.

Tolerancias derivadas de proceso de montaje:

Si se desea alcanzar un alto grado de precisión en los trabajos de prefabricación se requerirá de una supervisión estrecha y permanente. Las dimensiones más importantes en que se debe verificar la desviación son: la longitud, el ancho y sus respectivas tolerancias.

La experiencia sobre precisión en la construcción con elementos de hormigón prefabricado ha mostrado que la precisión dimensional de las estructuras de hormigón es, en realidad, mucho más baja de lo que generalmente se cree. En algunas obras las desviaciones máximas probables en las dimensiones angulares de una intereje fueron de alrededor de 25 mm, mientras que las cifras de tolerancia son de 10 ó 15 mm, y la desviación máxima probable encontrada en las dimensiones lineales fue de aproximadamente 9.5 mm mientras que las cifras de tolerancia son de 3 y 5 mm.

La colocación de elementos prefabricados, el plomo, la nivelación y el alineamiento en la obra pueden variar hasta 19 ó 25 mm, por lo que se requieren precauciones para el ajuste en las fijaciones, especialmente en edificios de más de dos niveles donde es necesario mantener muy cerrado o muy exacto el plomo, la nivelación y la alineación de los elementos prefabricados.



14.1. Accidentes en un forjado y en un panel por no respetar las tolerancias máximas

15.-Limpieza y Mantenimiento de los Prefabricados

15.1 Durabilidad de los Edificios

En la vida útil de los edificios prefabricados, por su propio uso, paso del tiempo, agentes externos y accidentes ocasionales, sus elementos sufren una degradación que no es, en muchas ocasiones, apreciada por el usuario. Esto lleva a daños más graves, en ocasiones irreversibles, que obligan a reparaciones, mucho más costosas que lo que supondría el uso y mantenimiento adecuados del edificio en su conjunto como de cada uno de sus componentes. Es por esta razón que sus propietarios y usuarios deben conocer las características generales del edificio.

La limpieza de los elementos prefabricados y posterior mantenimiento la obra es vital para su buen aspecto, la limpieza del hormigón empieza desde la misma ejecución de las obras, se deben evitar las aguas con contaminaciones orgánicas, las filtraciones y toda clase de hongos y sales que puedan desarrollar alguna patología.

Una vez acabada la ejecución de la obra debe hacerse una limpieza general, para la eliminación de residuos orgánicos y minerales, esta limpieza puede ser mediante medios mecánicos o manuales, el agua caliente, suele tener buenos resultados, también se le pueden agregar componentes químicos, en las dosificaciones especificadas por el fabricante, cuidando que el componente químico no produzca efectos deteriorantes o abrasivos no deseados.

Además, todos los elementos prefabricados deberán tener un mantenimiento adecuado, este dependiendo del grado de dificultad será realizado por los usuarios del edificio o por un técnico competente.

15.2 Limpieza

Todas las caras vistas se limpiarán lo necesario para eliminar la suciedad y las manchas que pueden existir en los elementos prefabricados después del montaje. Los elementos prefabricados se limpiarán tan solo después de que queden instalados completamente incluyendo el tratamiento de juntas. Las caras se lavarán de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. La limpieza se hará con productos compatibles con el hormigón, con agua a presión o productos químicos. La limpieza dependerá del tipo de acabado del elemento prefabricado y se deberá tener cuidado con no dañarlo durante el proceso de limpieza.



15.1. Limpieza de edificios prefabricados de hormigón, Ref. Grupo Bn

15.3 Mantenimiento

Para mantener las prestaciones de los elementos de hormigón prefabricado durante la vida del edificio, además de los criterios que se han tenido en cuenta en el proyecto y las características propias del hormigón, se deben tener en cuenta unas sencillas recomendaciones.

A corto plazo (de 0 a 5 años)

Los elementos prefabricados de hormigón no requieren mantenimiento.

A medio plazo (de 5 a 10 años)

Se recomienda una limpieza de la fachada y, puede ser aconsejable, una inspección visual del sellado de las juntas

A largo plazo (más de 10 años)

Se deben realizar inspecciones visuales del sellado de las juntas entre paneles y uniones de los elementos de la estructura que estén visibles.

El deterioro que se puede presentar es el de las juntas de los paneles, por lo que en caso de deterioro se procede de la siguiente manera:

- 1) Retirada del sellado
- 2) Limpieza de los bordes
- 3) Aplicación del nuevo sellado

En casos necesarios, se puede realizar una limpieza de las fachadas con agua a presión o productos químicos para evitar los efectos de las condiciones ambientales a las que se encuentran sometidas las fachadas.

Finalmente deberemos tener en cuenta las siguientes ***precauciones, prescripciones y prohibiciones***.

Precauciones, se evitará el vertido sobre los elementos prefabricados de productos cáusticos y de agua procedente de jardineras o cubiertas y se evitará cualquier causa que someta a los elementos prefabricados a humedad habitual, además se repararán las fugas observadas en las canalizaciones de suministro o evacuación de agua.

Prescripciones, si se observara la aparición de fisuras, humedades, daños en los selladores o cualquier otro tipo de lesión en los elementos prefabricados o en las juntas de los paneles, se deberá dar aviso a un técnico competente.

Cualquier alteración apreciable debida a desplomes, fisuras o envejecimiento indebido será analizada por un técnico competente, que dictaminará su importancia y peligrosidad y, si es preciso, las reparaciones que deban realizarse.

Prohibiciones, no se apoyarán objetos pesados ni se aplicarán esfuerzos perpendiculares la estructura.

No se sujetarán elementos tales como cables, instalaciones, soportes o anclajes de rótulos, sobre paneles o sobre la estructura auxiliar, ya que pueden dañar los elementos o provocar entrada o depósitos de agua. No se modificará la fachada o sus componentes sin las autorizaciones pertinentes y la supervisión de un técnico competente.

16.-Control de Calidad en los Prefabricados de Hormigón

16.1 Control de Calidad

Los fabricantes deberán presentar un programa de control de calidad interno de su producción, redactado por un técnico con la adecuada formación, y que deberá recoger como mínimo todos los aspectos que sean de aplicación según la normativa de obligado cumplimiento. Dicho programa deberá contar con la aprobación del fabricante, que se comprometerá así a su cumplimiento.

Deberá existir al frente del control de calidad de la producción un responsable técnico con la adecuada formación encargado del exacto cumplimiento de las disposiciones contenidas en el citado programa de autocontrol y que deberá documentar, mediante procedimientos escritos, todos los requisitos y disposiciones del citado programa, haciendo constar su conformidad o desacuerdo según el caso, así como las medidas tomadas en caso de incumplimiento.

El control de calidad de la producción a presentar por el fabricante, debe comprender:

- **Nombre y titulación del técnico redactor del programa de autocontrol.**
- **Nombre y titulación del técnico responsable del autocontrol de la producción.**
- **Sistema principal de fabricación**, deberá indicarse el sistema de fabricación, indicando el tipo de maquinaria empleado.
- **Control de las instalaciones y equipos**, se deberán hacer reconocimientos para garantizar su exactitud y conformidad a:
 - *Instalaciones de dosificación*, para garantizar la exactitud de las dosificaciones del hormigón.

- *Equipos de amasado*, para garantizar un correcto funcionamiento, comprobando la homogeneidad de la mezcla y la verificación de ausencia de residuos de hormigón endurecido.
- *Laboratorio de autocontrol de la producción*, para garantizar que el personal que realiza los ensayos esta cualificada para su labor, utiliza la instrumentación adecuada y hace los ensayos siguiendo las directrices de las normas UNE.
- ***Control de recepción y almacenamiento de las materias primas (cemento, áridos, agua, acero, aditivos, etc.)***, el encargado deberá exigir en la recepción de cada partida de material la hoja de suministro comprobando sus especificaciones y diariamente comprobará visualmente que el almacenamiento de las materias primas se realiza conforme a lo establecido.
- ***Control del proceso de fabricación***, se deberá comprobar antes de empezar los trabajos diarios la limpieza de pistas y moldes, la ferralla de cada pieza y de la existencia de separadores que garanticen los recubrimientos.
Posteriormente se comprobará el correcto vertido y vibrado del hormigón y se realizarán la respectiva toma de muestras y cono de Abrams.
Finalmente se comprobará el comienzo de fraguado y el posible proceso de curado si fuera necesario.
- ***Control del producto acabado***, se comprobará que el estado del material después del desmoldeo es el adecuado.
- ***Control del almacenamiento y suministro del producto acabado***, se comprobará semanalmente mediante inspección visual, que se verifican las condiciones de apilado y almacenamiento, tal y como se indique en las especificaciones correspondientes.
- ***Control de la documentación y registro de resultados***.

De todas las operaciones de control especificadas en el programa, quedará constancia en la documentación de control interno. En esta, deberán incluirse asimismo todos los informes, certificados, acta de ensayo y albaranes de suministro, emitidos por empresas, suministradores y laboratorios relacionados con el proceso de fabricación.

El registro de todas estas operaciones y documentos se conservará, al menos, durante un periodo de tiempo de 10 años.

17.-Seguridad

17.1 Seguridad

En un periodo de tiempo donde la construcción es una de las áreas con más accidentes mortales, es importante destacar que la utilización de elementos prefabricados es un camino para la reducción de accidentes en la construcción.

Todo esto se puede llevar a cabo gracias a la producción de elementos prefabricados en fabrica, donde los sistemas de seguridad están más controlados y los operarios de la industria de prefabricados son obreros con mayor especialización que las cuadrillas de trabajos de construcción “in situ”.

También es un factor muy importante en la reducción de accidentes el menor número de operarios que se necesitan en obra.

La reducción del plazo de cierre de la fachada y la no necesidad de utilización de andamios producen también la eliminación del riesgo de caída en altura. Todo esto deriva en una reducción significativa de los accidentes laborales de los trabajadores.

Sin embargo para que todo esto pueda ser posible habrá que tener especial cuidado en los riesgos a los que están sometidos los operarios tanto en la empresa como durante el montaje y las medidas preventivas a tomar. A continuación señalaremos los más destacados.

17.2 Riesgos y Medidas Preventivas en la Empresa de Prefabricación

Principales riesgos en el trabajo, los riesgos a los que está sometido un operario de planta de elementos prefabricados son:

- **Caídas** desde zonas elevadas de la planta.
- **Recibir golpes o quedar atrapado** con las piezas móviles de la maquinaria.
- **Caída de objetos** sobre el operario desde la cinta transportadora, desde las plataformas o desde otros lugares elevados.
- **Salpicaduras** de hormigón a la cara y los ojos
- **Ruido**
- **Dermatitis** por el contacto con sustancias.
- **Aplastamientos** durante la manipulación de las piezas.
- Exposición a **temperaturas ambientales extremas**: calor con mucha humedad o frío.

Otros riesgos inherentes a la obra que pueden afectar al personal de planta de fabricación de elementos prefabricados son:

- Caídas en superficies mojadas o húmedas
- Pisar materiales auxiliares desordenados, objetos punzantes. Falta de orden y limpieza.
- Interferencias con otros trabajos.
- Atropello de trabajadores provocado por la circulación de vehículos hormigonera u otras máquinas.

Recomendaciones para un trabajo seguro (medidas preventivas), para evitar los riesgos mencionados, el operario de planta de fabricación de elementos prefabricados deberá tener en cuenta los puntos siguientes:

- Respetará las normas establecidas en la planta respecto a la circulación y la señalización.
- Utilizará los viales de acceso habilitados para personas y no los destinados a la maquinaria.
- Para evitar golpes con objetos caídos desde las partes elevadas de la planta, evitará pasar por debajo de la cinta transportadora. Además, el paso bajo la cinta transportadora deberá estar limitado para evitar golpes por la caída de material.
- Si tiene que acceder a las zonas elevadas de la planta, lo hará mediante la escalera metálica que estará provista de una barandilla de 90 centímetros de altura, formada por unos pasamanos con unas barras intermedias y zócalo.

- Todas las plataformas de la planta estarán dotadas de una barandilla de 90 centímetros de altura, pasamanos, barras intermedias y zócalo.
- El acceso a zonas elevadas a través de escaleras empotradas en la fábrica estará protegido con anillos de seguridad. El ascenso se hará utilizando cinturones de seguridad, con doble anclaje o colocando un cable fiador o línea de vida que irá unido al cinturón mediante un dispositivo deslizante. Si las escaleras son de más de nueve metros, dispondrá de rellanos a lo largo de todo el recorrido.
- Es muy importante que mantenga el orden y la limpieza de la zona de trabajo, especialmente en los accesos, escaleras, pasarelas y plataformas, para evitar caídas al pisar objetos que estén en el suelo. La cinta transportadora estará cubierta para evitar la caída de áridos u hormigón.
- No retirará ninguna chapa de protección que evite el contacto con piezas móviles.

Equipos de protección individual, utilizará el casco de seguridad, botas de seguridad, guantes para la manipulación del hormigón y protectores oculares para evitar salpicaduras a los ojos durante la manipulación del hormigón. Cuando tenga que estar en zonas de ruido elevado, dispondrá de protectores auditivos.



17.1. Riesgos dentro de la empresa: caídas, aplastamientos, electrocuciones



17.2. Riesgos dentro de la empresa: atrapamientos, quemaduras y atropellos

17.3 Riesgos y Medidas Preventivas Durante el Montaje de Elementos Prefabricados.

Principales riesgos en el trabajo, los riesgos a los que está sometido un operario de montaje de elementos prefabricados de hormigón son:

- **Caída** desde altura causada por empujones de la carga durante el movimiento pendular del gancho de la grúa, al arrastrar las cargas que se reciben; huecos horizontales y verticales.
- **Vuelco** de piezas prefabricadas por falta de apuntalamiento o apuntalamiento peligroso.
- **Desplome** de piezas prefabricadas
- **Golpes** a los trabajadores en el transporte con grúa de las piezas en suspensión.
- **Quedar atrapado** durante las maniobras de llegada y ubicación de piezas grandes.
- **Cortes** por la utilización de las herramientas manuales y la maquinaria.
- **Contactos eléctricos** por una mala conexión de la maquinaria.
- **Sobreesfuerzos** durante el guiado de las piezas.
- Aplastarse las manos o los pies al recibir las piezas.

Otros riesgos inherentes a la obra que pueden afectar al trabajador son:

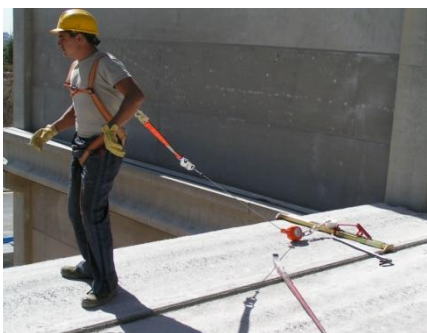
- Caída a causa de superficies mojadas o húmedas
- Pisar materiales auxiliares desordenados, objetos punzantes. Falta de orden y limpieza
- Interferencia con otros trabajos
- Atropello por la máquina de la obra

Recomendaciones para un trabajo seguro (medidas preventivas), para evitar los riesgos mencionados, el operario de montaje de elementos prefabricados deberá tener en cuenta los puntos siguientes:

- La orientación de los módulos prefabricados debe hacerse mediante cuerdas guía situadas en los laterales de las piezas a guiar.
- Antes de dejar ir el elemento prefabricado de la grúa, se tendrá la seguridad de que esté perfectamente fijado.
- Debe evitar situarse en lugares de batida de carga mientras duren las operaciones de elevación y transporte de los elementos prefabricados.
- No instalará prefabricados con vientos superiores a los 60 kilómetros por hora.
- Debe trabajar en superficies limpias y ordenadas para evitar la caída por pisar el material.

- La elevación de los módulos se hará suspendiéndolos de los puntos de elevación específicos para su izado.
- Todos los ganchos estarán provistos de pestillo de seguridad.
- En las zonas elevadas a las que se tenga que acceder que no dispongan de protecciones colectivas, deberá utilizar el arnés de seguridad.
- Los huecos horizontales estarán tapados para evitar caídas y los huecos verticales estarán protegidos con una barandilla de 90 centímetros, barra intermedia y rodapié.

Equipos de protección individual, para su trabajo el operario de montaje de elementos prefabricados de hormigón es necesario que utilice el casco de polietileno, calzado de seguridad y guantes para la manipulación de cargas. El arnés de seguridad será necesario en caso de no ser posible la utilización de protecciones colectivas, siempre unido a líneas de vida suspendidas en zonas estructurales.



17.3. Medidas Preventivas durante el montaje de elementos prefabricados, Ref. Prevalesa

18.-Sostenibilidad

18.1 Sostenibilidad

La construcción del futuro pasa por la utilización de materiales, seguros, duraderos y versátiles. En todos estos aspectos el hormigón prefabricado tiene mucho que ofrecer. Los elementos prefabricados ofrecen líneas modernas o tradicionales con la textura de la piedra natural y la tecnología de fabricación industrial más avanzada. Se hace así posible materializar cualquier diseño sin incrementar el coste económico ni ambiental.

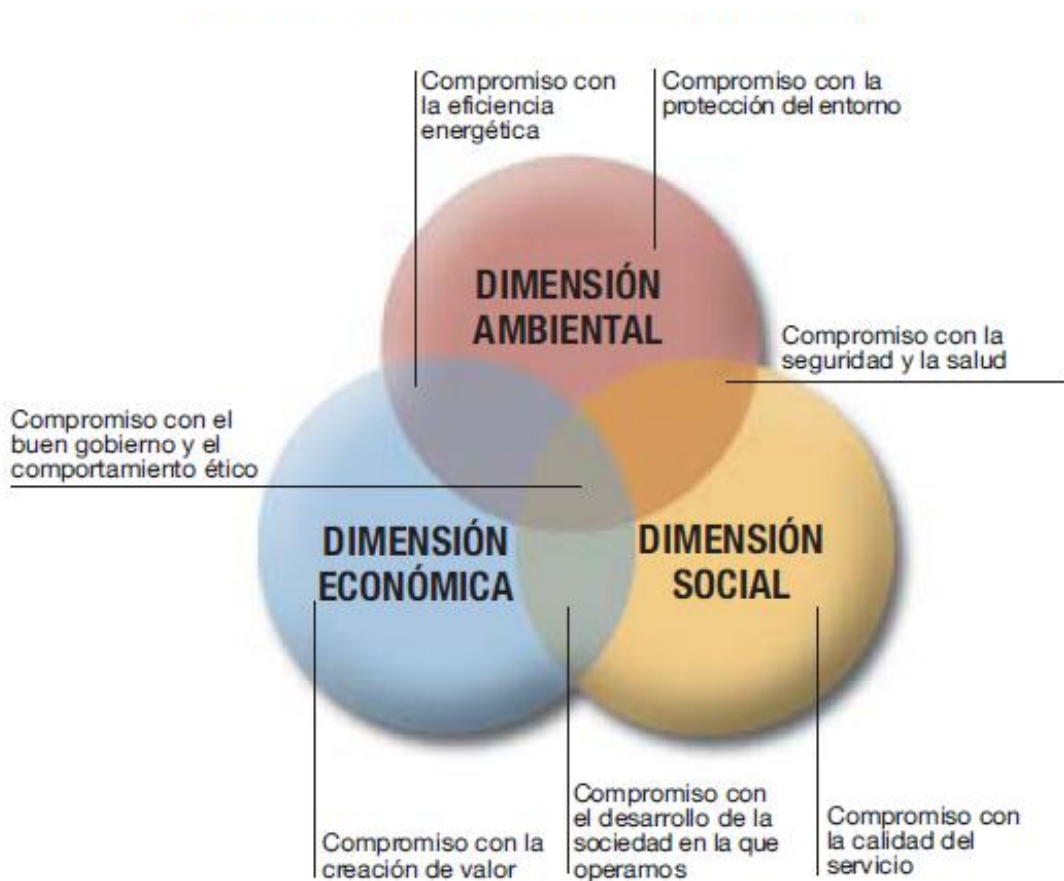
El sector del prefabricado de hormigón consciente de su responsabilidad en temas ambientales promueve el objetivo de una construcción sostenible a través de un análisis global del concepto aplicado a cada proyecto. Las empresas de prefabricados están participando en comisiones medioambientales, en los comités españoles y europeos de normalización para la sostenibilidad en la construcción y están vigilantes de todas las medidas nacionales y europeas que puedan afectar tanto a los prefabricados de hormigón como a su proceso productivo.

Uno de los objetivos principales de la Comisión Europea es hacer posible que los ciudadanos utilicen edificios y estructuras con la mayor comodidad y el menor impacto ambiental. Según la **Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (2002/91/CE)**, el “sector residencial y terciario, la mayor parte del cual son edificios, consume más del 40% del consumo energético final en la Unión y se está expandiendo, una tendencia que está fuertemente ligada al incremento del consumo energético y por lo tanto a las emisiones de dióxido de carbono” .

El hormigón es un material que se comporta de forma óptima ante el cambio climático y colabora de forma sustancial en la eficiencia energética. Gracias a las propiedades de masa térmica, un edificio de hormigón consume un 5-15% menos de energía en calefacción que su

equivalente construido en estructura ligera. Eso sin considerar la vida útil que al ser mayor incrementa sustancialmente la eficiencia energética.

Determinar la sostenibilidad de un producto, proyecto o servicio no es tarea fácil. Se deben considerar todos los parámetros relacionados, debe incluirse el mayor número de factores posible, destacando los más relevantes y no debe perderse la perspectiva general por ser demasiado preciso en los detalles. En temas de construcción, por ejemplo, debido a que la vida útil es muy extensa, la fase de uso tiene un impacto mucho más importante que la de construcción y que la de demolición pero no sólo desde el punto de vista de impacto medioambiental, deben considerarse siempre los tres pilares de la sostenibilidad: responsabilidad social, aspectos económicos y aspectos ambientales.



18.1. Las tres dimensiones de la sostenibilidad

18.2 Reciclaje

Además de la sostenibilidad de los elementos prefabricados de Hormigón es importante la facilidad de su desconstrucción, reciclándolo hasta convertirlo en áridos limpios y clasificados, con costes muy moderados mediante máquinas móviles y autónomas.

Las operaciones de reciclado pueden realizarse en fábrica y en las proximidades de las obras prefabricadas. Se considera que el costo del triturado resultante, con granulometrías adecuadas para su reutilización como áridos para hormigones, se sitúa en 0,80 €/t.

Por todo lo anterior, concluimos que los elementos prefabricados de hormigón utilizados en la construcción de edificios sostenibles, cumplen con los requisitos exigidos a éstos.



18.2. Central de reciclaje: transformación del hormigón en áridos

18.3 Principales Prestaciones y Características del Hormigón que Mejoran la Sostenibilidad

Medioambientales y energéticas:

- Emplea fuentes de recursos naturales prácticamente inagotables (calizas y arcillas para la producción del cemento, añadiendo áridos y agua para la fabricación del hormigón).
- Es reciclable, en su totalidad, al término de la vida útil de la construcción, posibilitando el ahorro de áridos naturales.
- El agua puede ser reciclada de la usada en la limpieza de la propia amasadora, posibilitando el ahorro de agua natural.
- Las explotaciones de recursos naturales se rehabilitan, al término de la explotación, integrándose en el paisaje y colaborando al mantenimiento de la biodiversidad del Medio Ambiente.
- Es un material muy durable que permite construcciones con vida útil superior a 100 años.
- No envejece por la acción del sol.
- Ofrece una masa capaz de aportar inercia térmica a los edificios con contorno de hormigón. En ellos el ahorro de energía de climatización compensa muy ampliamente las emisiones de CO₂ necesarias para la fabricación del cemento contenido en el hormigón y del propio hormigón.
- La disminución de las operaciones de conservación y mantenimiento induce la reducción de emisiones de CO₂ durante la vida útil de los edificios.
- El empleo de adiciones en el cemento o en el hormigón y el de áridos naturales en la fabricación de hormigones no estructurales, colabora en la disminución, o anulación, de vertederos procedentes de la industria o de la demolición de construcciones obsoletas.
- Los hormigones de alta y ultra-alta resistencia permiten reducir la relación masa/resistencia y, además, aumentan la durabilidad.
- El hormigón en contacto con la atmósfera captura CO₂ de modo compatible con la durabilidad, lo que contribuye a mejorar el balance de emisiones de CO₂ a lo largo de la vida útil de la construcción.
- Es incombustible y sometido al fuego no desprende sustancias tóxicas para las personas ni nocivas para el Medio Ambiente.

Económicas:

- Es un material bien conocido, fiable y disponible en cualquier punto de la geografía española. Su aprovechamiento para mejorar la Sostenibilidad puede ponerse en práctica de inmediato.
- Es un material económico.
- Su masa evita fenómenos de inestabilidad, en las estructuras, por acciones aerodinámicas y vibraciones.
- Resiste la acción del fuego, sin necesidad de protecciones específicas, actuando como protector de los bienes construidos o contenidos en el interior de la construcción.
- Es resistente a la intemperie y a los actos vandálicos.
- No necesita incurrir en gastos significativos de conservación ni mantenimiento.
- El hormigón puede emplearse tradicionalmente y mediante elementos prefabricados, de manera que el usuario dispone de alternativas para optimizar la eficacia y la competitividad.

Sociales:

- La resistencia al fuego del hormigón es una protección de las vidas de los usuarios y de las personas que forman los equipos de extinción del incendio.
- El hormigón se expresa en formas, texturas y coloridos a elección del usuario, de acuerdo con las intenciones de los autores de la misma.
- El hormigón proporciona una buena capacidad de aislamiento acústico que contribuye a la habitabilidad confortable de los edificios con contorno de hormigón.

Hormigón		H ≤ 25 MPa.	H < 25MPa.
Componentes (Fabricación)	Cemento	0.17980	0.25720
	Áridos	0.00251	0.00234
	Aditivos	0.00044	0.00044
Hormigón (Fabricación)	Hormigón	0.00063	0.00063
Transporte (Componentes y Hormigón)	Transporte	0.01346	0.01346
Total		0.19684 (t CO ₂ /m ³)	0.27407 (t CO ₂ /m ³)

18.3. Emisiones de CO₂ vinculadas al hormigón (t CO₂/m³)

19.-Normativa

19.1 Normativa del CTE que Afecta a los Prefabricados de hormigón

Las exigencias normativas que contemplan aspectos que afectan directa o indirectamente a los productos prefabricados de hormigón son las sombreadas en gris:

DOCUMENTOS BÁSICOS	
Seguridad estructural (SE)	DB-SE-AE Acciones en la edificación
	DB-SE-C Cimientos
	DB-SE-A Acero
	DB-SE-F Fábrica
	DB-SE-M Madera
Seguridad en caso de incendio (SI)	SI 1: Propagación interior
	SI 2: Propagación exterior
	SI 3: Evacuación de ocupantes
	SI 4: Instalaciones de protección contra incendios
	SI 5: Intervención de bomberos
	SI 6: Resistencia estructural al incendio
Seguridad de utilización (SU)	SU 1: Seguridad frente al riesgo de caídas
	SU 2: Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento
	SU 3: Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento
	SU 4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada
	SU 5: Seguridad frente al riesgo causado por situaciones con alta ocupación
	SU 6: Seguridad frente al riesgo de ahogamiento
	SU 7: Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento
	SU 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo
Salubridad (HS) "Higiene, salud y protección del medio ambiente"	HS 1: Protección frente a la humedad
	HS 2: Recogida y evacuación de residuos
	HS 3: Calidad del aire interior
	HS 4: Suministro de agua
	HS 5: Evacuación de aguas
Protección frente al ruido (HR)	
Ahorro de energía (HE)	HE 1: Limitación de demanda energética
	HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas
	HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación
	HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria
	HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

19.1 Normativa de la EHE que Afecta a los Prefabricados de Hormigón

Elementos estructurales.

Artículo 59º Estructuras construidas con elementos prefabricados

59.1. Aspectos aplicables a estructuras construidas con elementos prefabricados en general

59.1.1. Generalidades

59.1.2. Análisis estructural

59.1.3. Conexión y apoyo de elementos prefabricados

59.1.3.1. Materiales

59.1.3.2. Diseño de conexiones

59.1.3.3. Conexiones a compresión

59.1.3.4. Conexiones de cortante

59.1.3.5. Conexiones a flexión y a tracción

59.1.3.6. Juntas a media madera

59.1.3.7. Anclaje de las armaduras en los apoyos

59.1.3.8. Consideraciones para el apoyo de piezas prefabricadas

59.1.3.8.1 Generalidades

59.1.3.8.2 Apoyos para elementos conectados entre sí (no aislados)

59.1.3.8.3 Apoyos para elementos aislados

59.1.4. Cálices

59.1.4.1. Generalidades

59.1.4.2. Cálices con llaves en su superficie

59.1.4.3. Cálices con superficies lisas

59.1.5. Sistemas de atado

59.2. Forjados unidireccionales con viguetas o losas alveolares

59.2.1. Condiciones geométricas

59.2.2. Armadura de reparto

59.2.3. Enlaces y apoyos

59.2.3.1. Generalidades

59.2.3.2. Apoyos de forjados de viguetas

59.2.3.3. Apoyos de forjado de losas alveolares pretensadas

59.2.4. Disposición de las armaduras en los forjados

59.3. Otros tipos de forjados construidos con elementos prefabricados

Ejecución.

Artículo 76º Elementos prefabricados

76.1. Transporte, descarga y manipulación

76.2. Acopio en obra

76.3. Montaje de elementos prefabricados

76.3.1. Viguetas y losas alveolares

76.3.1.1. Colocación de viguetas y piezas de entrevigado

76.3.1.2. Desapuntalado

76.3.1.3. Realización de tabiques divisorios

76.3.2. Otros elementos prefabricados lineales

76.4. Uniones de elementos prefabricados

Control.

Artículo 86.9. Control del hormigón para la fabricación de elementos prefabricado

86.9.1. Control de la conformidad en la docilidad del hormigón

86.9.1.1. Realización de los ensayos (Art. 86.3.1.)

86.9.1.2. Criterio de aceptación

86.9.2. Control estadístico de la resistencia

86.9.2.1. Realización de los ensayos (Art. 86.3.2.)

86.9.2.2. Criterios de aceptación o rechazo de la resistencia del hormigón

86.9.2.3. Decisiones derivadas del control de la resistencia del hormigón

Artículo 91. Control de los elementos prefabricados

91.1. Criterios generales para el control de la conformidad de los elementos prefabricados

91.2. Toma de muestras

91.3. Realización de los ensayos

91.3.1. Comprobación de la conformidad de los procesos de prefabricación

91.3.2. Ensayos para la comprobación de la conformidad de los productos empleados para la prefabricación de los elementos estructurales

91.3.3. Ensayos para la comprobación de la conformidad de la geometría de los elementos prefabricados

91.3.4. Comprobación de la conformidad del recubrimiento de la armadura

91.3.5. Otros ensayos

91.4. Control previo al suministro

91.4.1. Comprobación documental

91.4.2. Comprobación de las instalaciones

91.4.3. Posible exención de comprobaciones previas

91.5. Control durante el suministro

91.5.1. Control documental durante el suministro

91.5.2. Comprobación de la conformidad de los materiales empleados

91.5.3. Comprobaciones experimentales durante el suministro

91.5.3.1. Posible exención de las comprobaciones experimentales

91.5.3.2. Lotes para la comprobación de la conformidad de los elementos prefabricados

91.5.3.3. Comprobación experimental de los procesos de prefabricación

91.5.3.4. Comprobación experimental de la geometría de los elementos prefabricados

91.5.3.5. Certificado del suministro

Artículo 99. Control del montaje y uniones de elementos prefabricados

Anejos.

ANEJO 12. Aspectos constructivos y de cálculo específicos de forjados unidireccionales con viguetas y losas alveolares prefabricadas

1. Alcance
2. Definición de los elementos constitutivos de un forjado
3. Tipos de forjado
 - 3.1. Forjado de viguetas
 - 3.2. Forjado de losas alveolares pretensadas
4. Método simplificado para la redistribución de esfuerzos en forjados
5. Reparto transversal de cargas en forjados unidireccionales y en losas alveolares
 - 5.1. Reparto transversal de cargas lineales y puntuales en forjados de viguetas
 - 5.2. Reparto transversal de cargas lineales y puntuales en forjados de losas alveolares pretensadas
 - 5.2.1. Método de cálculo
 - 5.2.1.1. Distribución de la carga según la teoría de la elasticidad
 - 5.2.1.2. Sin distribución de carga
 - 5.2.2. Limitación del ancho efectivo
 - 5.2.3. Limitación de desplazamientos laterales
 - 5.2.4. Coeficientes de distribución de carga para cargas en centro y bordes
 - 5.2.5. Coeficientes de distribución de carga para tres bordes apoyados
6. Casos especiales de carga y sustentación
 - 6.1. Flexión transversal debida a cargas concentradas en losas alveolares pretensadas
 - 6.2. Capacidad de carga de losas alveolares pretensadas apoyadas en tres bordes
7. Apoyos
 - 7.1. Apoyos de forjados de viguetas
 - 7.2. Apoyos de placas alveolares pretensadas
 - 7.2.1. Apoyos directos
 - 7.2.2. Apoyos indirectos
8. Conexiones
 - 8.1. Enfrentamiento de nervios
9. Coacciones no deseadas en losas alveolares pretensadas. Armadura mínima en apoyos simples
 - 9.1. Generalidades
 - 9.2. Proyecto mediante cálculo

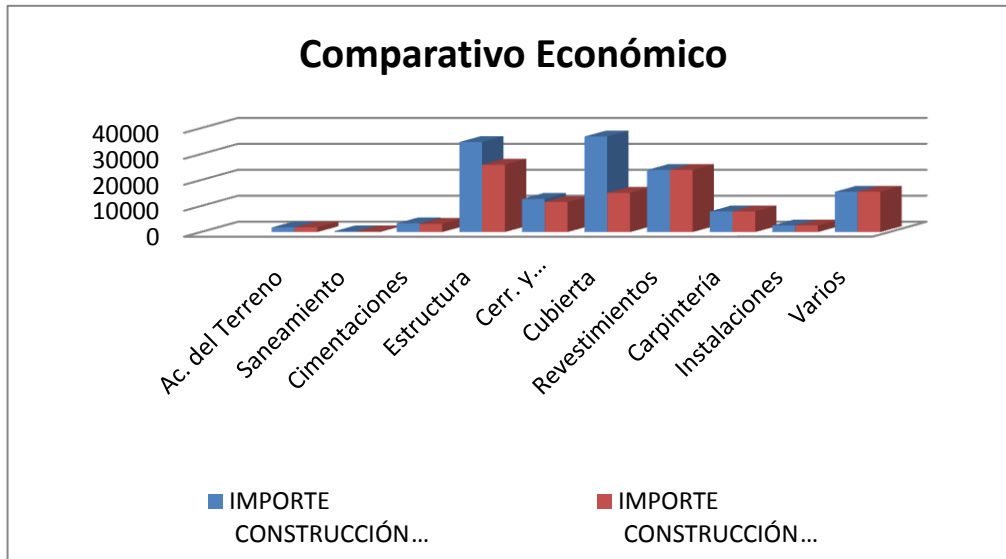
ANEJO 19. Niveles de garantía y requisitos para el reconocimiento oficial de los Distintivos de Calidad

20.-Estudio Comparativo entre Construcción Tradicional y Prefabricada

Dentro de este punto vamos a analizar el coste económico de una vivienda realizando su construcción por medios tradicionales y por medios prefabricados. Para ello realizaremos dos presupuestos de una manera simplificada pero con los cuales podremos ver las diferencias económicas y temporales entre las dos viviendas.

PRESUPUESTO POR CAPITULOS					
CAPITULO	RESUMEN	IMPORTE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL	%	IMPORTE CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA	%
CAP. 01	Ac. del Terreno	1.776,86 €	1,27	1.776,86 €	1,65
CAP. 02	Saneamiento	312,80 €	0,22	312,80 €	0,29
CAP. 03	Cimentaciones	3.373,70 €	2,42	3.156,67 €	2,93
CAP. 04	Estructura	34.682,91 €	24,84	25.950,01 €	24,07
CAP. 05	Cerr. y Particiones	12.758,68 €	9,14	11.583,96 €	10,75
CAP. 06	Cubierta	36.815,17 €	26,36	15.095,29 €	14,00
CAP. 07	Revestimientos	23.921,44 €	17,13	23.921,44 €	22,19
CAP. 08	Carpintería	7.949,44 €	5,69	7.949,44 €	7,37
CAP. 09	Instalaciones	2.545,75 €	1,82	2.545,75 €	2,36
CAP. 10	Varios	15.545,83 €	11,11	15.545,83 €	14,39

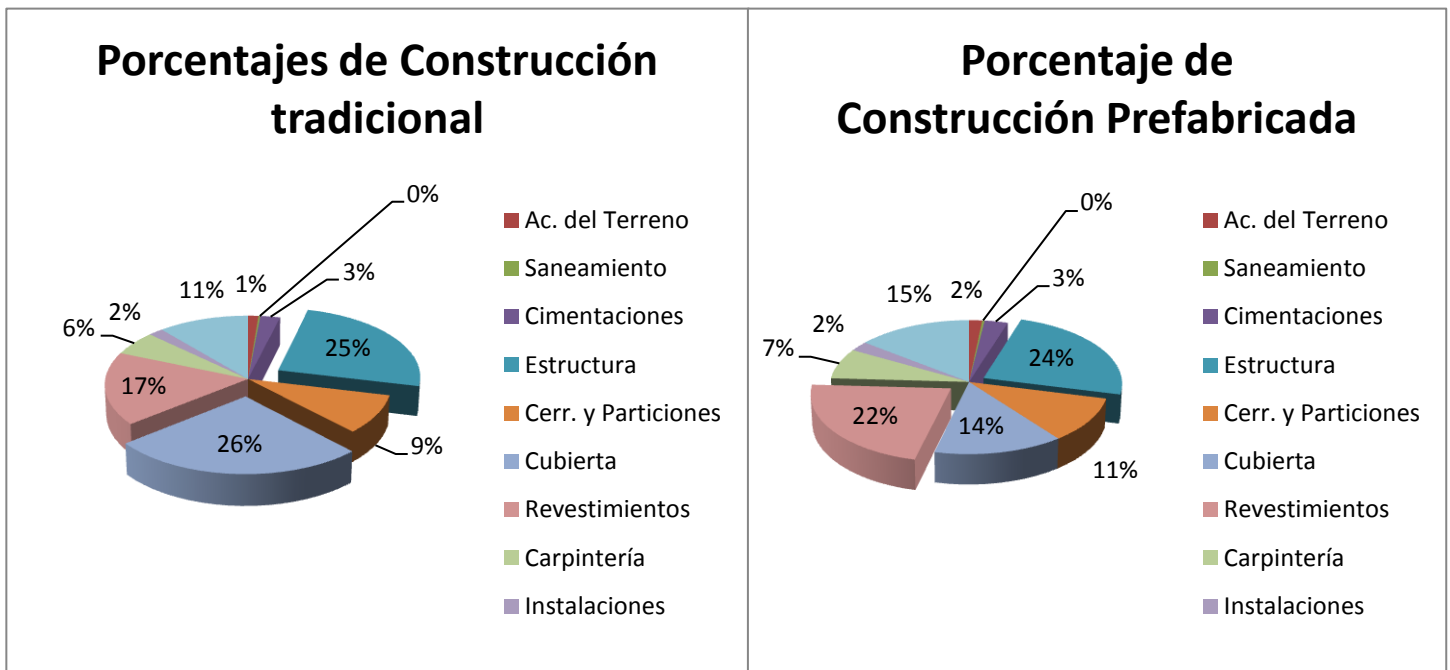
20.1. Presupuesto comparativo construcción tradicional – construcción prefabricada



20.2. Comparativo económico por capítulos

Como podemos observar, para edificaciones pequeñas las diferencias económicas entre los diferentes capítulos no son muy grandes, la diferencia más grande aparece en la estructura, en la que si se puede conseguir hasta un ahorro de 9.000 € aproximadamente.

En la estructura de cubierta también hay un gran ahorro, pero este es debido a que hemos cambiado una cubierta inclinada de teja curva, por una cubierta transitable en primera planta y una cubierta invertida en la segunda, que consideramos más apropiada para esta tipología de forjado de placas alveolares y para la climatología de la zona Valenciana.



20.3. Porcentajes de la construcción tradicional

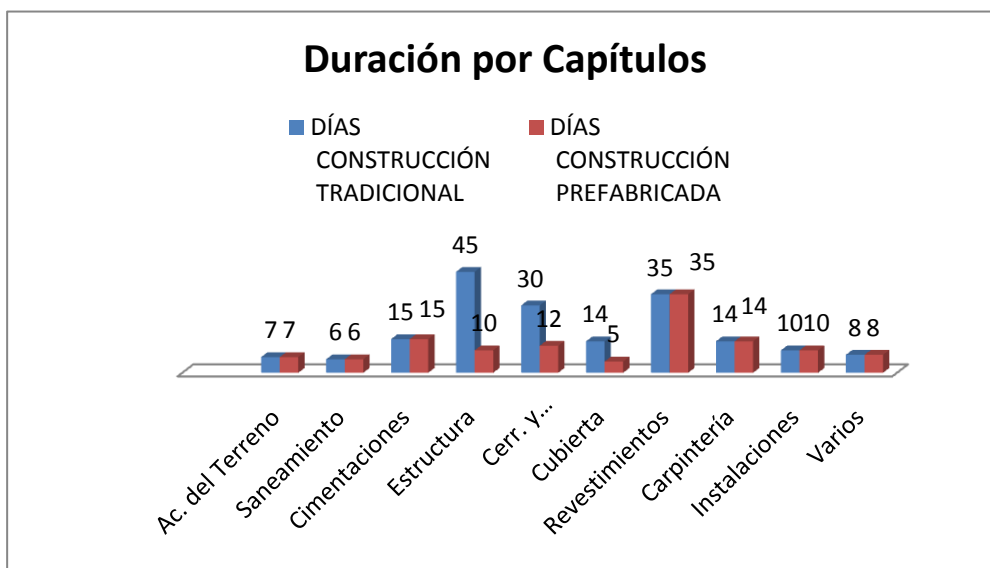
20.4. Porcentajes de la construcción prefabricada

En cuanto al porcentaje que se lleva cada partida podemos destacar que en ambos tipos de construcción los gastos más significativos son los de estructura, cubierta y revestimientos.

A continuación estudiaremos los tiempos de ejecución de ambas construcciones, para ello hemos utilizado un método de consulta. Después de analizar las dos edificaciones con dos empresas, una dedicada a la construcción tradicional y otra a la construcción prefabricada obtuvimos esta tabla aproximada de tiempos.

DURACIÓN POR CAPITULOS					
CAPITULO	RESUMEN	DÍAS CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL	%	DÍAS CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA	%
CAP. 01	Ac. del Terreno	7	3,80	7	5,74
CAP. 02	Saneamiento	6	3,26	6	4,92
CAP. 03	Cimentaciones	15	8,15	15	12,30
CAP. 04	Estructura	45	24,46	10	8,20
CAP. 05	Cerr. y Particiones	30	16,30	12	9,84
CAP. 06	Cubierta	14	7,61	5	4,10
CAP. 07	Revestimientos	35	19,02	35	28,69
CAP. 08	Carpintería	14	7,61	14	11,48
CAP. 09	Instalaciones	10	5,43	10	8,20
CAP. 10	Varios	8	4,35	8	6,56

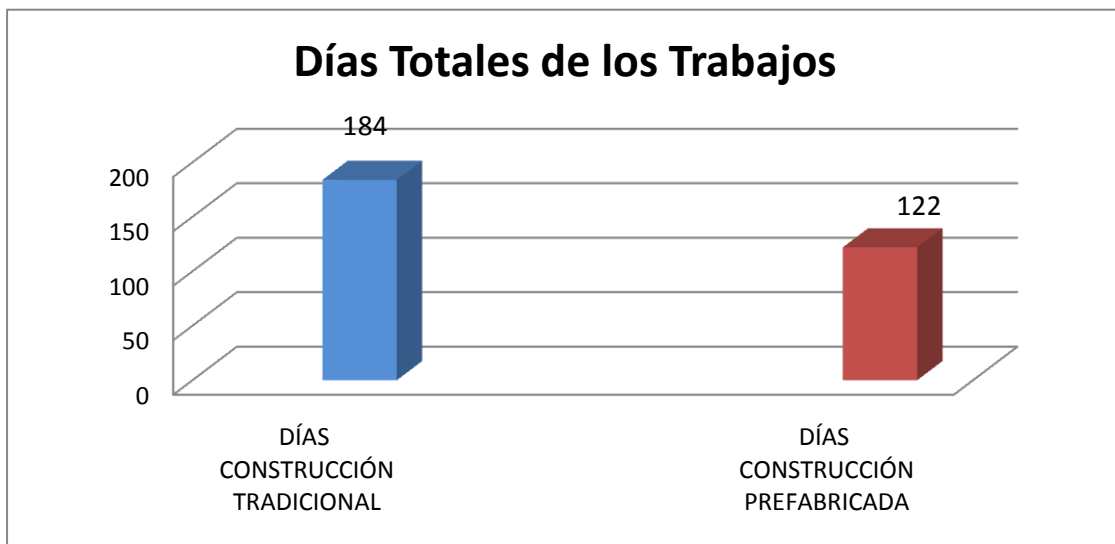
20.5. Estimación de duración de los capítulos para construcción tradicional y prefabricada



20.6. Comparativo de duración por capítulos

Observando esta tabla y su grafica asociada vemos que hay un gran ahorro de tiempo en diversa partidas como son la de estructura y cerramientos. Estas serán siempre las actividades que más tiempo nos podrán permitir ahorrar, pero tendremos que tener cuidado porque el alto coste de la maquinaria utilizada para el montaje nos podría hacer aumentar el coste económico.

	DÍAS CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL	DÍAS CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA
TOTAL DÍAS LABORABLES	184	122
TOTAL DÍAS NATURALES	259	175

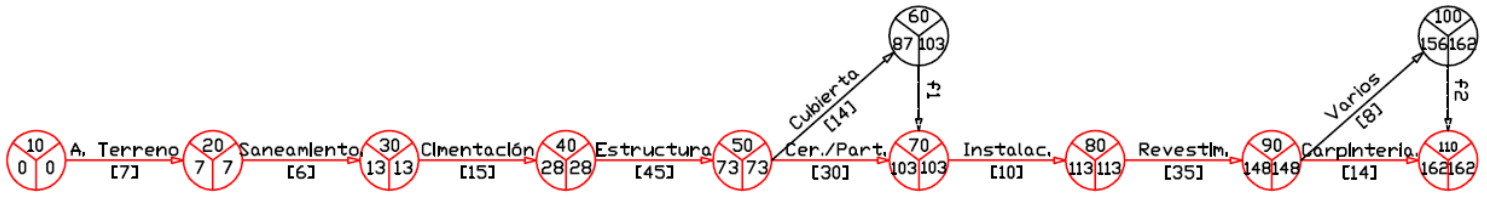


20.7. Días totales labolables de todas las actividades

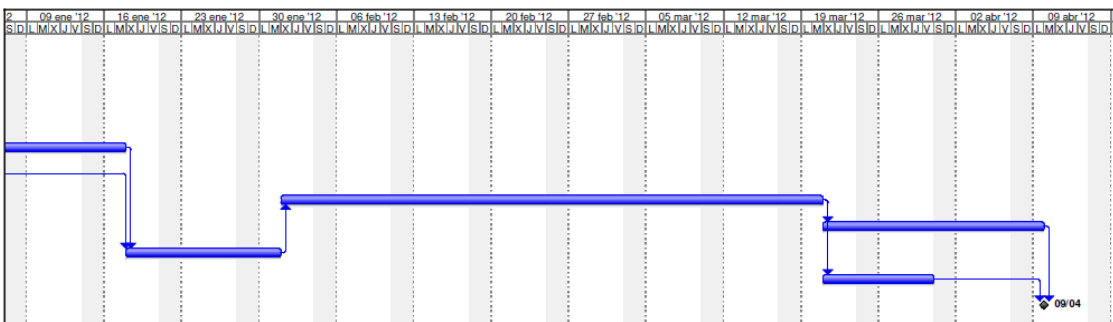
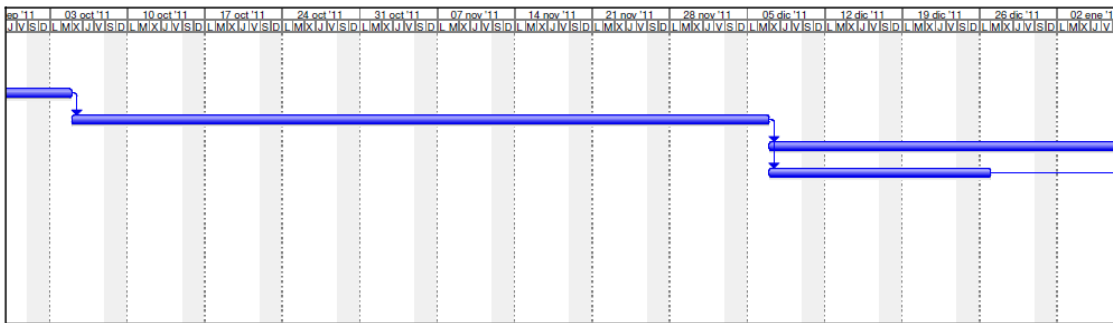
Además, con esta última tabla y su gráfica podemos observar que si sumásemos todos los días utilizados en cada actividad, el resultado final sería de un ahorro de 62 días, con lo que podemos decir que con la construcción prefabricada además de un ahorro económico, tenemos un ahorro de tiempo con respecto a la construcción tradicional.

Pero, ¿qué obra terminará antes?, para contestar a esta pregunta vamos a realizar un estudio de en qué orden se realizan las actividades y si algunas se pueden simultanear con otras, para ello realizaremos una red de flechas (**CPM, Método del Camino Crítico**) muy simple y un **Gantt** asociado.

DURACIÓN REAL CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL



Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
1	A. del Terreno	7 días	vie 26/08/11	lun 05/09/11		
2	Saneamiento	6 días	mar 06/09/11	mar 13/09/11	1	
3	Cimentaciones	15 días	mié 14/09/11	mar 04/10/11	2	
4	Estructura	45 días	mié 05/10/11	mar 06/12/11	3	
5	Ceram. Y Partic.	30 días	mié 07/12/11	mar 17/01/12	4	
6	Cubierta	14 días	mié 07/12/11	lun 26/12/11	4	
7	Revestimientos	35 días	mié 01/02/12	mar 20/03/12	9	
8	Carpintería	14 días	mié 21/03/12	lun 09/04/12	7	
9	Instalaciones	10 días	mié 18/01/12	mar 31/01/12	5,6	
10	Varios	8 días	mié 21/03/12	vie 30/03/12	7	
11	fin	0 días	lun 09/04/12	lun 09/04/12	8;10	

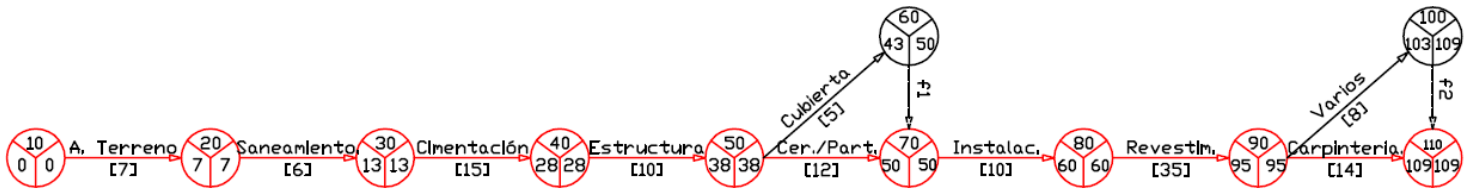


Proyecto: Gantt Construcción Tradicional Fecha: vie 26/08/11	Tarea		Hilo		Tareas externas	
	División		Resumen		Hilo externo	
	Progreso		Resumen del proyecto		Fecha límite	

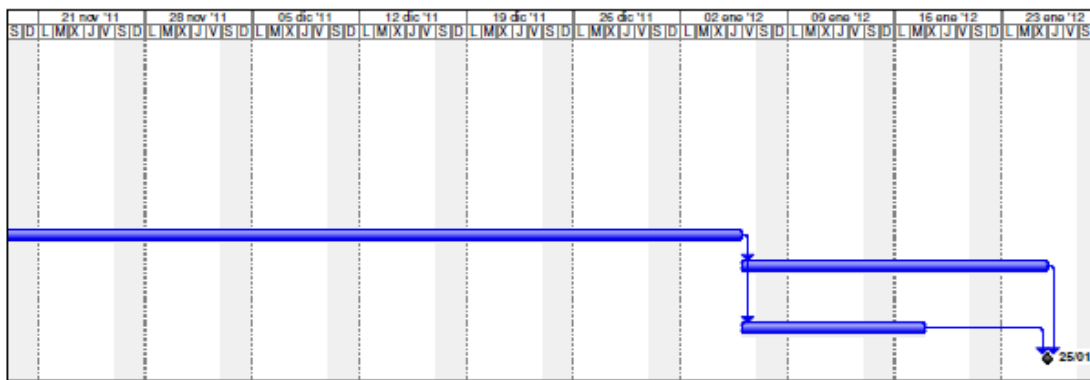
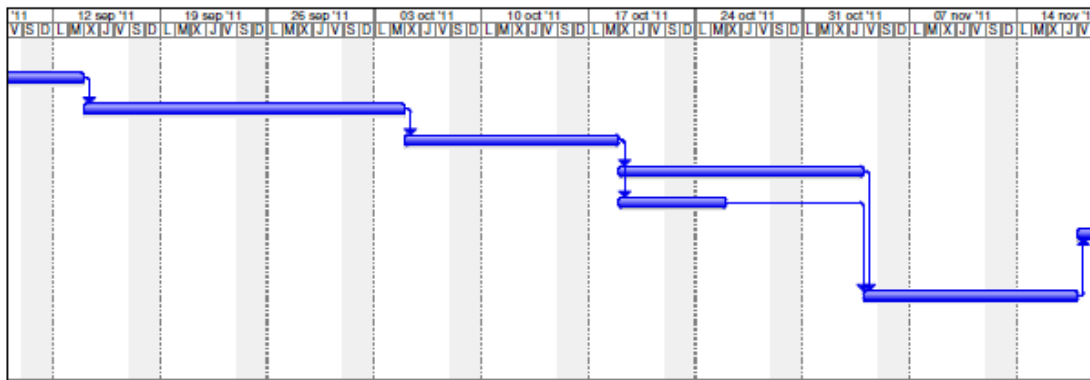
Página 3

20.8. Red de flechas y Gantt de la organización de las actividades en la construcción tradicional

DURACIÓN REAL CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA



Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombre de los recursos	05 ago '11	29 ago '11	05 sep '11
1	A. del Terreno	7 días	vie 26/08/11	lun 05/09/11			[Barra de Gantt]		
2	Saneamiento	6 días	mar 06/09/11	mar 13/09/11	1		[Barra de Gantt]		
3	Cimentaciones	15 días	mié 14/09/11	mar 04/10/11	2		[Barra de Gantt]		
4	Estructura	10 días	mié 05/10/11	mar 18/10/11	3		[Barra de Gantt]		
5	Corram. Y Partic.	12 días	mié 19/10/11	jue 09/11/11	4		[Barra de Gantt]		
6	Cubierta	5 días	mié 19/10/11	mar 25/10/11	4		[Barra de Gantt]		
7	Revestimientos	35 días	vie 18/11/11	jue 05/01/12	9		[Barra de Gantt]		
8	Carpintería	14 días	vie 06/01/12	mié 25/01/12	7		[Barra de Gantt]		
9	Instalaciones	10 días	vie 04/11/11	jue 17/11/11	5,5		[Barra de Gantt]		
10	Varios	8 días	vie 06/01/12	mar 17/01/12	7		[Barra de Gantt]		
11	fin	0 días	mié 25/01/12	mié 25/01/12	8,10		[Barra de Gantt]		

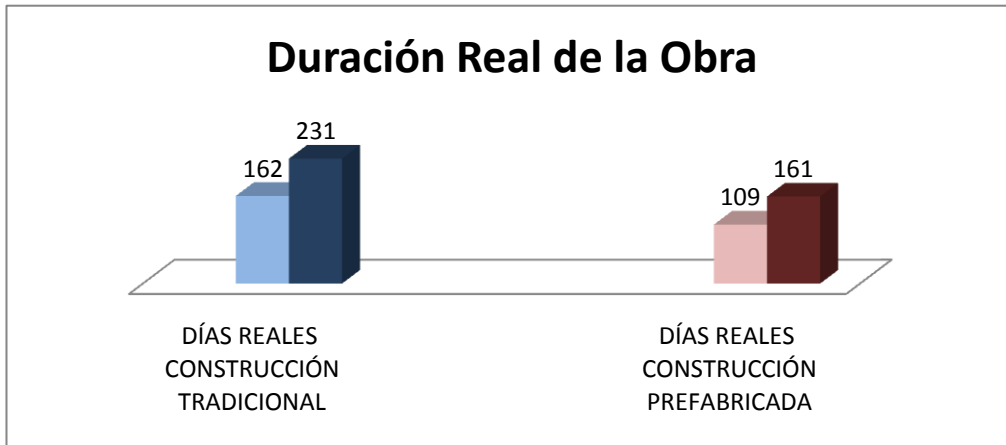


Proyecto: Gantt Construccion Prefabri Fecha: vie 26/08/11	Tarea [Barra azul]	Hito [Círculo negro]	Tareas externas [Barra gris]
División [Barra azul con puntos]	Resumen [Barra negra]	Hito externo [Círculo negro con borde]	Fecha límite [Círculo con X]
Progreso [Barra azul con línea roja]	Resumen del proyecto [Barra gris con puntos]	Fecha límite [Círculo con X]	

Página 1

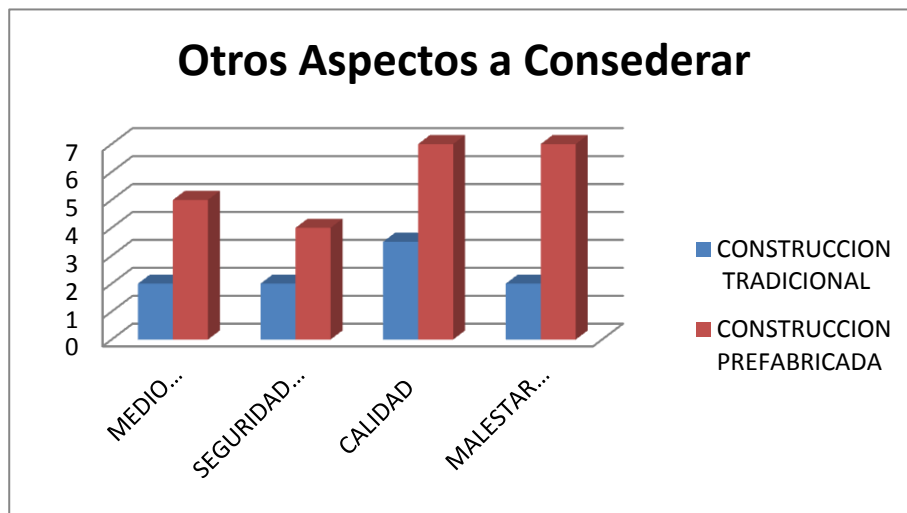
20.9. Red de flechas y Gantt de la organización de las actividades en la construcción tradicional

	DÍAS REALES CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL	DÍAS REALES CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA
TOTAL DÍAS LABORABLES	162	109
TOTAL DÍAS NATURALES	231	161



20.10. Duración estimada real de la obra

Su resultado será que con la construcción Prefabricada ahorramos en costes y en tiempo, pero estos gráficos sí que nos dan una orientación real de la duración de la obra.



20.11. Otros aspectos a comparar

Finalmente, hemos incluido otra gráfica comparativa de otros aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de tomar decisiones a la hora de elegir un tipo de construcción como pueden ser: el medio ambiente, la seguridad en obra, calidad de la producción, malestar a los vecinos por tránsito de vehículos, polvo, cortes de calles, etc.

21.-Conclusiones

21.1 Conclusiones

Como conclusión podemos decir que aunque hasta hace unos años el empleo de estructuras prefabricadas de hormigón era una práctica harto extraña en nuestro país, el boom que para el mercado de la construcción supuso la fiebre inmobiliaria hizo que la utilización de estas estructuras se convirtiera en una práctica cada vez más habitual.

Las ventajas de su utilización eran tan numerosas que el volumen de empresas del sector proliferó de forma espectacular en poco tiempo, naciendo con ello una nueva manera de edificar que reducía los plazos a la mitad, ahorraba sensiblemente los costes en mano de obra, y ya no dependía de la meteorología para poder cumplir con el calendario establecido.

Se trataba, por tanto, de una forma de construir con la que ganaba todo el mundo: desde el promotor hasta el comprador, pasando por el constructor. Este sistema, además, garantizaba la utilización de mano de obra cualificada, la cual iba mejorando cada día por los continuos avances introducidos en el sistema de producción, normalización de los procesos y control de calidad del producto.

En la actualidad las posibilidades que ofrece la prefabricación en hormigón, a la hora de incrementar los rendimientos y la calidad de ejecución de una obra, junto a una reducción de costos, hacen que su utilización abarque construcciones para las que tradicionalmente se han utilizado otros materiales.

Entre las numerosas ventajas de la construcción prefabricada podríamos citar las siguientes: calidad, durabilidad, rapidez y seguridad laboral. Una de las razones por las que se prefiere el método prefabricado es el ahorro que conlleva su empleo. Los países desarrollados invierten un setenta por ciento del costo de una construcción en mano de obra y el otro treinta por ciento en materiales.

Ese porcentaje de mano de obra se puede reducir hasta en un doce por ciento mediante la técnica del prefabricado. Gracias a este tipo de estructuras, además, es posible reducir el tiempo de construcción casi a la mitad. Los sistemas más modernos garantizan que la fabricación de los elementos estructurales se pueda saldar en una semana y que su montaje avance al ritmo de seiscientos metros cuadrados de forjados al día. A ese ritmo, aunque parezca increíble, la construcción de un chalet se puede concluir en tan sólo dos días.

Pero no todo son ventajas, también tiene ciertos inconvenientes como pueden ser los altos costes de transporte y los altos costes de la maquinaria que se necesita para su montaje.

A continuación citaremos una lista de las ventajas y los inconvenientes más importantes a los que se enfrenta la prefabricación en estos momentos.

21.2 Ventajas de la Construcción Prefabricada

Calidad de los materiales, el empleo de maquinarias de producción permite una buena calidad probada y constante de los materiales que son determinados, dosificados y controlados. Dichos procedimientos dan como resultado materiales de mayor resistencia ajustando los métodos constructivos.

Las piezas prefabricadas poseen precisión geométrica garantizando el encaje con exactitud.

Reducción en los plazos de ejecución, esta tecnología permite disminuir los plazos de ejecución ya que se eliminan los tiempos en blanco entre las distintas tareas de obra. Todos los trabajos responden a una metodología de trabajo elaborada en orden encadenado. Agilización del ritmo de obra por la producción de elementos en serie.

Reducción de equipos de obra, se prescinde de los encofrados y de los sistemas de andamios.

Secciones con mayor resistencia, la utilización repetitiva de los moldes amortiza el coste inicial de los mismos y permite obtener secciones de mayor resistencia estructural y de mayores luces.

Mano de obra especializada, tanto el moldeo como el montaje son trabajos específicos que requieren de personal previamente capacitado.

Economía, estas construcciones permiten mejorar los tiempos de obra con una reducción de gastos fijos; control eficiente de relación horas/hombre.

21.3 Desventajas de la Construcción Prefabricada

Aspecto estructural, inconvenientes que derivan de la escasa rigidez frente a los esfuerzos horizontales por los problemas en la resolución de las uniones, punto débil de estas estructuras pero en la que se están realizando grandes avances en estos últimos años.

Manipulación y transporte, los elementos sufren estados de carga transitorios en su transporte y colocación, izado y ajustes, que pueden afectar la resistencia estructural de la pieza. El acopio, manipulación y forma de transporte puede afectar a las piezas si estas operaciones no son efectuadas por personal capacitado.

Los precios de alquiler de los vehículos de transporte y montaje en obra son muy elevados, llegando a ser uno de los condicionantes importantes a la hora de elegir entre construcción prefabricada o tradicional.

Aspecto económico-financiero, estas requieren de una inversión inicial muy importante para poner en marcha el sistema de producción, pero es justificada en obras grandes con plazos de ejecución reducidos.

Sobre el montaje, debe disponerse de equipos pesados para el montaje de elementos estructurales y tener el espacio suficiente para maniobrar con esta maquinaria.

Dificultad de modificaciones de la estructura una vez comenzado el proceso construcción y tolerancias más rigurosas que deben ser comprobadas con elementos topográficos.

Sobre la fabricación, debido a que este sistema debe enfrentarse a problemas a resolver durante los tiempos de fabricación y montaje, esto requiere que en el proyecto estén todas las instalaciones previas al comienzo de obra.

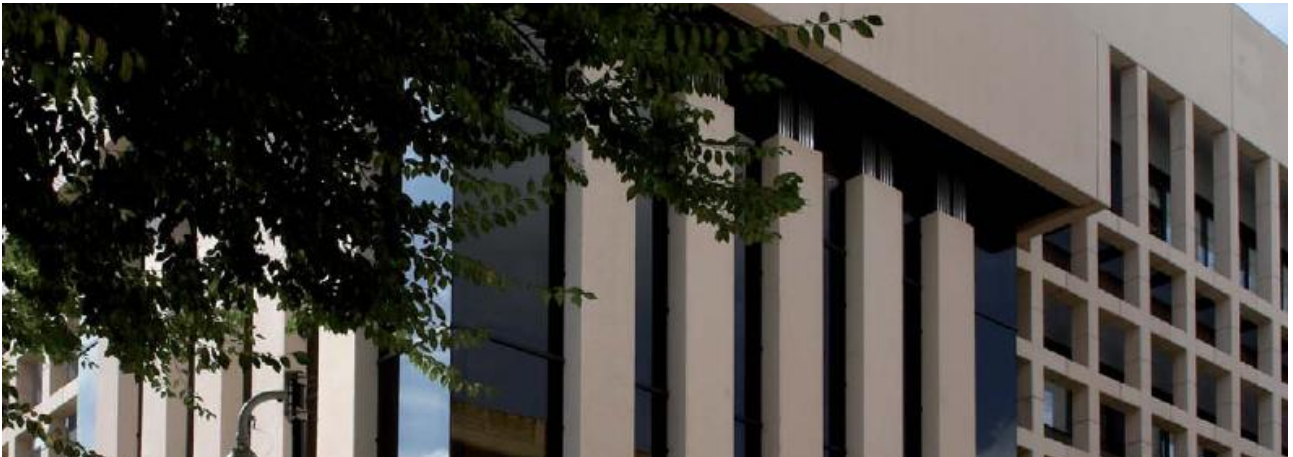
Es fundamental la coordinación de tareas para las instalaciones a fin de evitar trabajos posteriores. Un error en la resolución de estos conflictos puede llevar al fracaso de la obra (uniones, tiempos, costes, resistencia estructural, etc.)

22.-Ejemplos de Edificaciones Prefabricadas



Edificio Viapol Center (Sevilla)



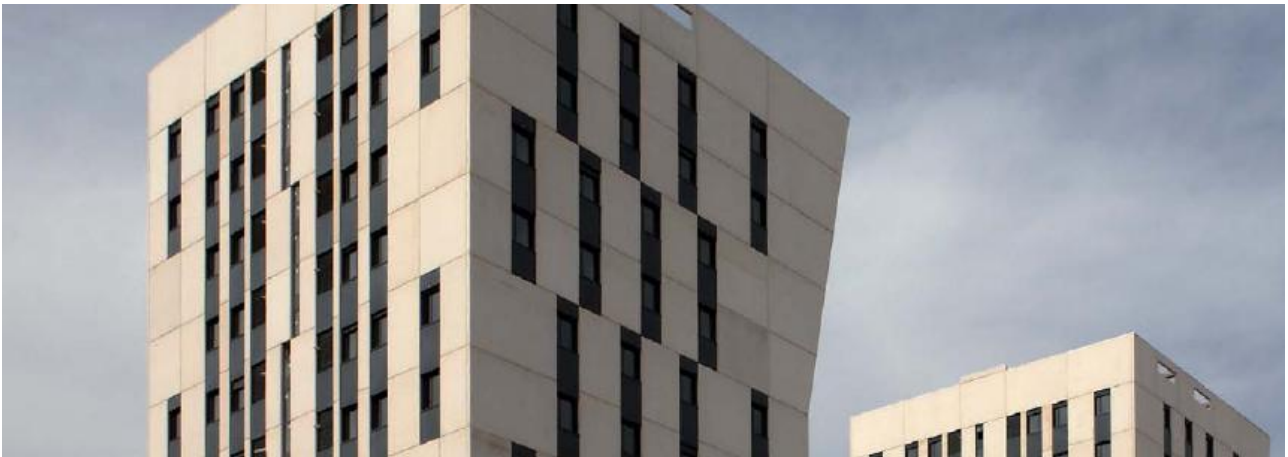


World Trade Center (Sevilla)



Edificio Residencial Las Artes (Madrid)





Edificio Parla (Madrid)



Edificio Residencial, Ref. Hormipresa

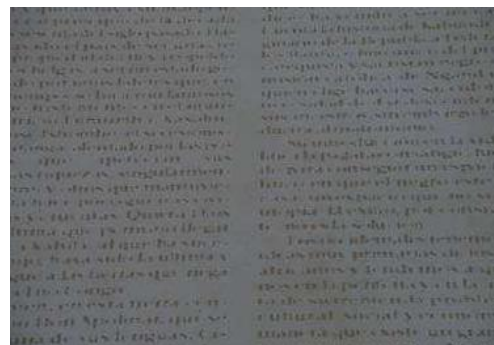




Edificio Residencial (Alarcón), Ref. Preborquisa



Edificio Promecal (Burgos), Ref. Preborquisa



23.-Bibliografía

23.1 Libros y Documentos

[01] Perez Sánchez, José Enrique; *“Cambios de las tendencias de diseño y construcción de viviendas en EEUU”*.

[02] Betancourt Ribotta, Rafael; *“Precolados Arquitectónicos”*.

[03] Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 10; *“Patologías, causas y soluciones del concreto arquitectónico”*.

[04] Asenjo Monjín, Vicente; *“Procesos patológicos frecuentes en edificación”*.

[05] Monografía Andece sobre prefabricados; *“Fachadas de hormigón arquitectónico”*.

[06] Martínez Muñoz, Olga; *“Control del hormigón en los productos estructurales prefabricados”*.

[07] Desconocido; *“Guía para la elaboración del sistema de autocontrol de la calidad”*.

[08] Gómez Muñoz, Diego; *“Estudio comparativo entre las distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas”*.

[09] Sánchez Hurtado, Francisco; *“Paneles prefabricados de hormigón en fachadas”*.

[10] González López, Daniel; *“La losa Alveolar”*.

[11] Ministerio de Fomento; *“Código Técnico de la Edificación”*.

[12] Ministerio de Fomento; *“Instrucción de hormigón estructural”*.

[13] Colegio oficial Aparejadores y Arquitectos de Madrid; *“Mantenimiento de la Comunidad de Propietarios”*.

[14] Capote Abreu, Jorge A.; *“Tecnología de la prefabricación en la construcción”*.

[15] Escrig Pérez, Christian; *“Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón”*.

[16] Aguado de Cea, Antonio; *“Anales de construcción y materiales avanzados, Vol. 8”*.

[17] Construmática; “Riesgos en el montaje y elaboración de prefabricados”.

[18] Andece; “Hormigón para la sostenibilidad”.

[19] Revista Tectónica; “Cerramientos pesados: aplacados y paneles”.

[20] Revista Tectónica; “Prefabricados”.

[21] Nissen, H; “Construcción industrializada y diseño modular”.

23.2 Consultas Internet

[A] INDAGSA

C/ Comandante Azcárraga, 4; 2ª planta
28016 Madrid

www.indagsa.com

[B] ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES DEL PRESFUERZO Y LA PREFABRICACIÓN

Av. / Homero 3507
31109 Chihuahua (México)

www.anippac.com

[C] ANCLAJES PEIKKO

C/ Oro 32
28770 Colmenar Viejo Madrid

www.peikko.com

[D] ANCLAJES NOXIFER

C/ F Oeste, s/n, Parque empresarial Inbisa
50057 Zaragoza

www.noxifer.com

[E] ANDECE

Paseo de la Castellana 226, Entreplanta A
28046 Madrid

www.andece.com

[F] FORTE

Ctra. Madrid-Alicante Km. 262
02520 Chinchilla (Albacete)

www.forte.es

[G] DINESCON

Pol. Chapardía 1
31395 Barasoain (Navarra)

www.dinescon.com

[H] GILVA SA

Carretera Alcañiz, Pol. Fuensalada
44570 Calanda (Teruel)

www.gilva.com

[I] HORMIPRESA

C/ León XIII 24
08022 Barcelona

www.hormipresa.com

[J] PACADAR

Autovía Madrid-Valencia Km. 320.6
46360 Buñol (Valencia)

www.pacadar.com

[K] **PREHORQUISA**

C/ Gremios Segovianos, Pol. Hontoria

Parcela 7

40195 Segovia

www.prehorquisa.com

[M] **PREVALESA**

Autovía Madrid-Valencia Km. 319

46360 Buñol (Valencia)

www.prevalesa.es

[N] **RUBIERA**

C/ Las Quintanas s/n

33209 Gijón

www.rubiera.com

[L] **TECNYCONTA**

Pol. Independencia 14, 1º Izquierda

50004 Zaragoza

www.tecnyconta.es

Anexo

1.- Planos

2.- Resumen Presupuesto Construcción Tradicional

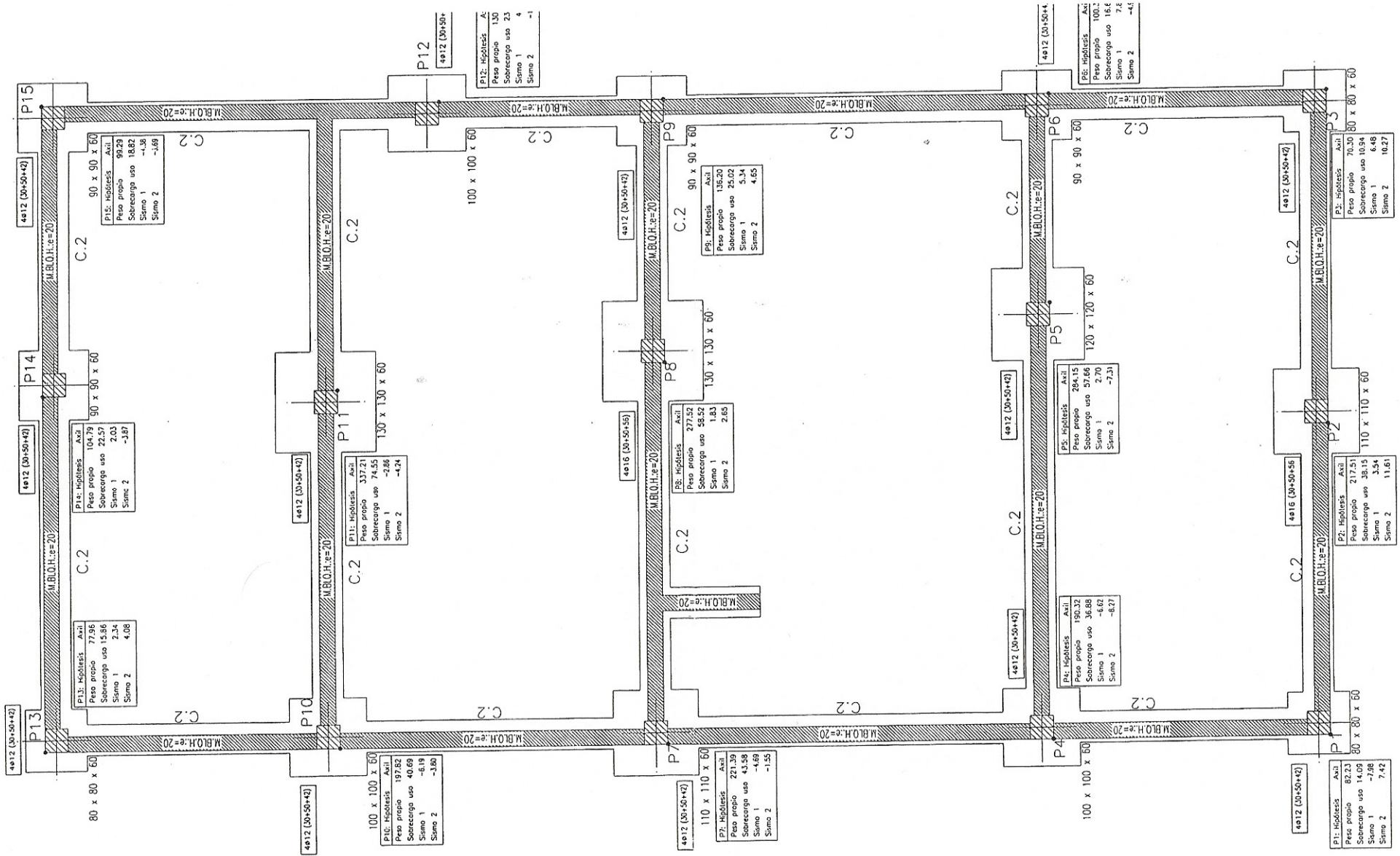
3.- Resumen Presupuesto Construcción Prefabricada

4.- Gantt Construcción Tradicional

5.- Gantt Construcción Prefabricada

6.- Tablas Comparativas Económicas y Temporales

1.- Planos



P.15: Hipótesis	
AxI	
Peso propio	99.29
Sobrecarga uso	18.82
Sumo 1	-1.38
Sumo 2	-1.69

P.14: Hipótesis	
AxI	
Peso propio	104.79
Sobrecarga uso	22.57
Sumo 1	2.03
Sumo 2	-3.87

P.13: Hipótesis	
AxI	
Peso propio	77.98
Sobrecarga uso	15.86
Sumo 1	2.34
Sumo 2	4.08

P.1: Hipótesis	
AxI	
Peso propio	197.82
Sobrecarga uso	40.69
Sumo 1	-6.19
Sumo 2	-3.80

P.11: Hipótesis	
AxI	
Peso propio	337.21
Sobrecarga uso	74.55
Sumo 1	-2.86
Sumo 2	-4.24

P.12: Hipótesis	
A	
Peso propio	1.50
Sobrecarga uso	2.3
Sumo 1	4
Sumo 2	-1

P.7: Hipótesis	
AxI	
Peso propio	221.32
Sobrecarga uso	44.58
Sumo 1	-1.69
Sumo 2	-1.55

P.8: Hipótesis	
AxI	
Peso propio	277.52
Sobrecarga uso	58.52
Sumo 1	1.83
Sumo 2	2.65

P.9: Hipótesis	
AxI	
Peso propio	138.20
Sobrecarga uso	25.02
Sumo 1	5.14
Sumo 2	4.65

P.4: Hipótesis	
AxI	
Peso propio	190.32
Sobrecarga uso	36.88
Sumo 1	-6.62
Sumo 2	-8.27

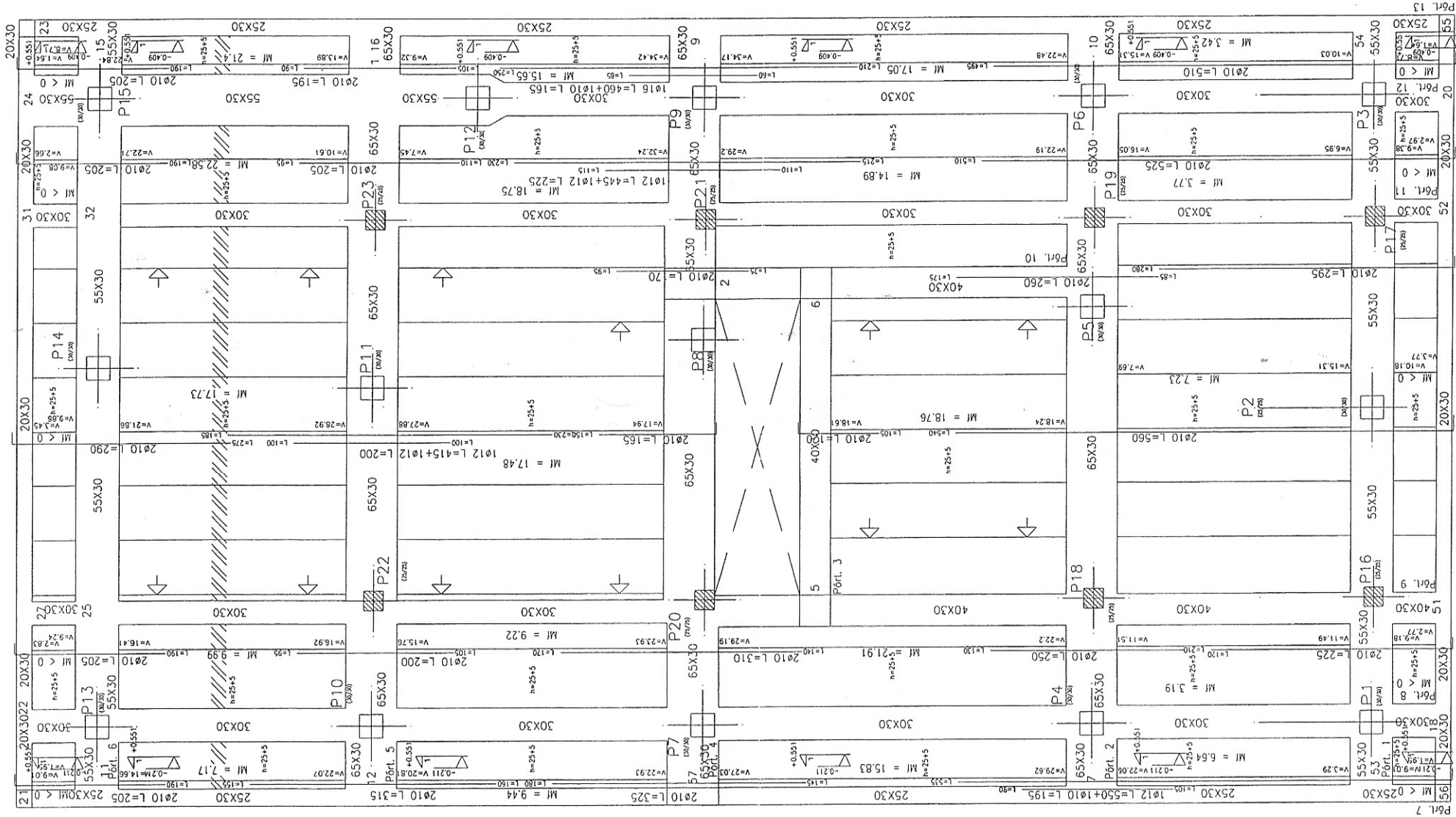
P.5: Hipótesis	
AxI	
Peso propio	284.15
Sobrecarga uso	57.66
Sumo 1	2.70
Sumo 2	-7.31

P.6: Hipótesis	
AxI	
Peso propio	70.40
Sobrecarga uso	10.94
Sumo 1	6.48
Sumo 2	-4.0

P.1: Hipótesis	
AxI	
Peso propio	82.23
Sobrecarga uso	14.09
Sumo 1	-7.88
Sumo 2	7.42

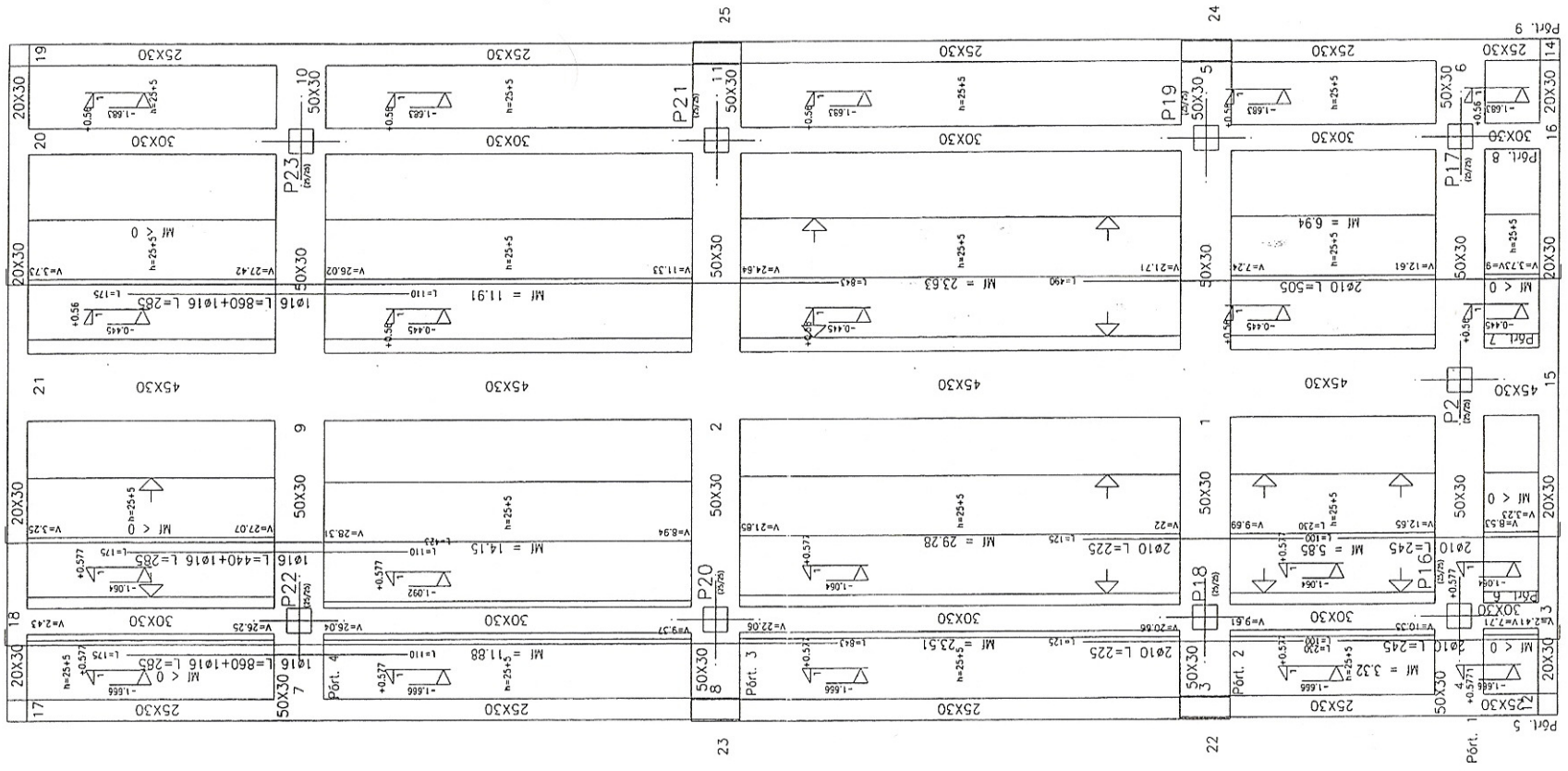
P.2: Hipótesis	
AxI	
Peso propio	217.51
Sobrecarga uso	38.15
Sumo 1	3.54
Sumo 2	11.61

P.3: Hipótesis	
AxI	
Peso propio	10.94
Sobrecarga uso	6.48
Sumo 1	10.27
Sumo 2	

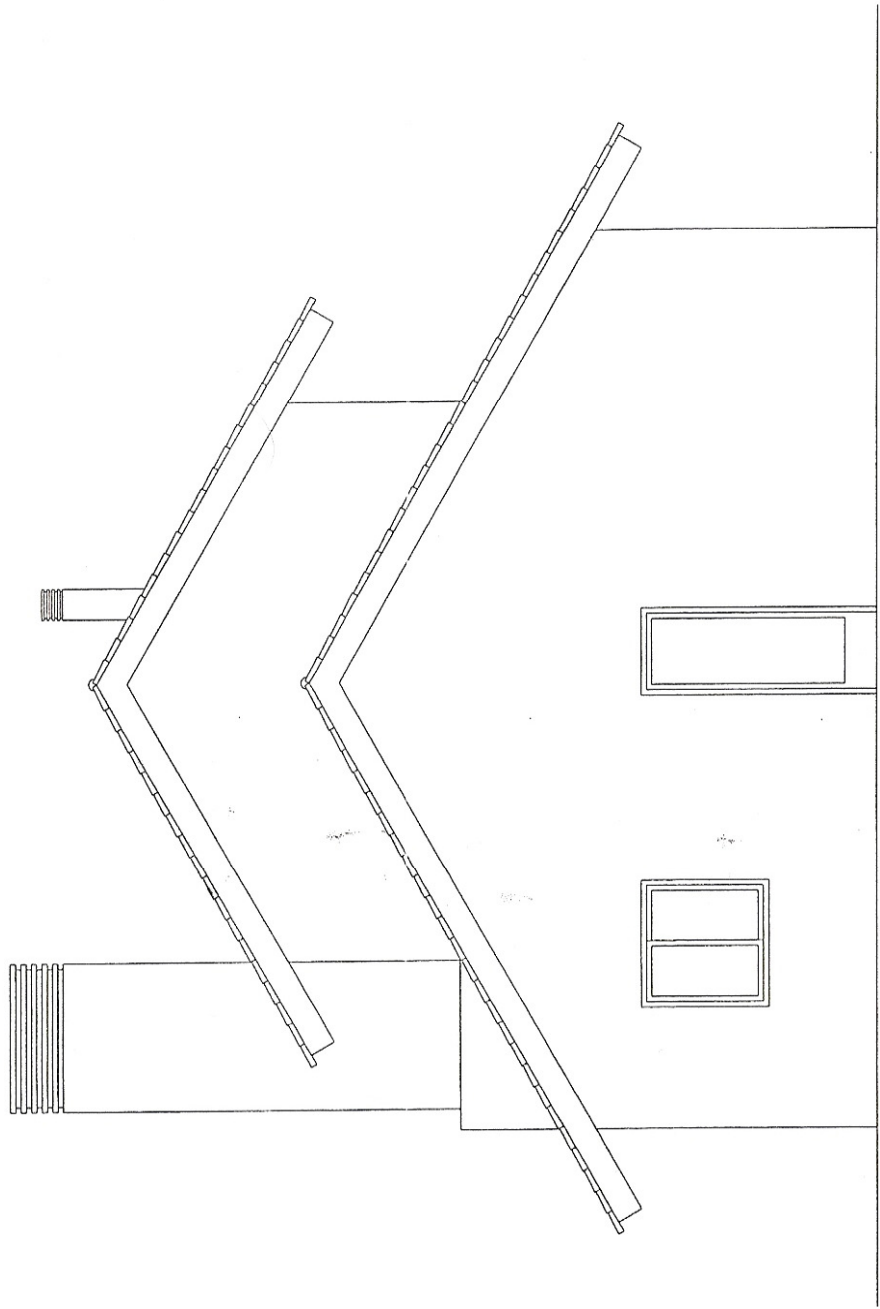


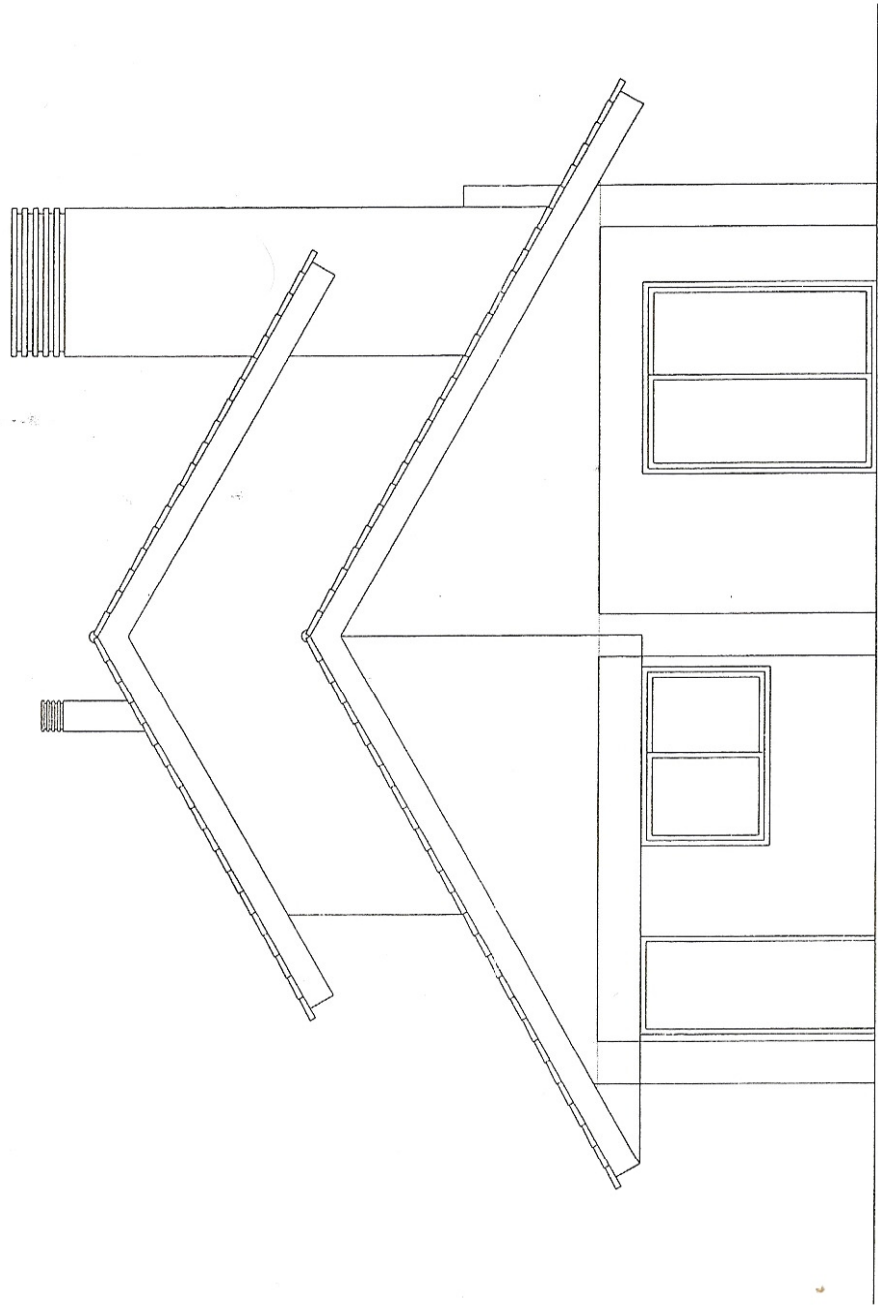
Forjado 2: planta 1

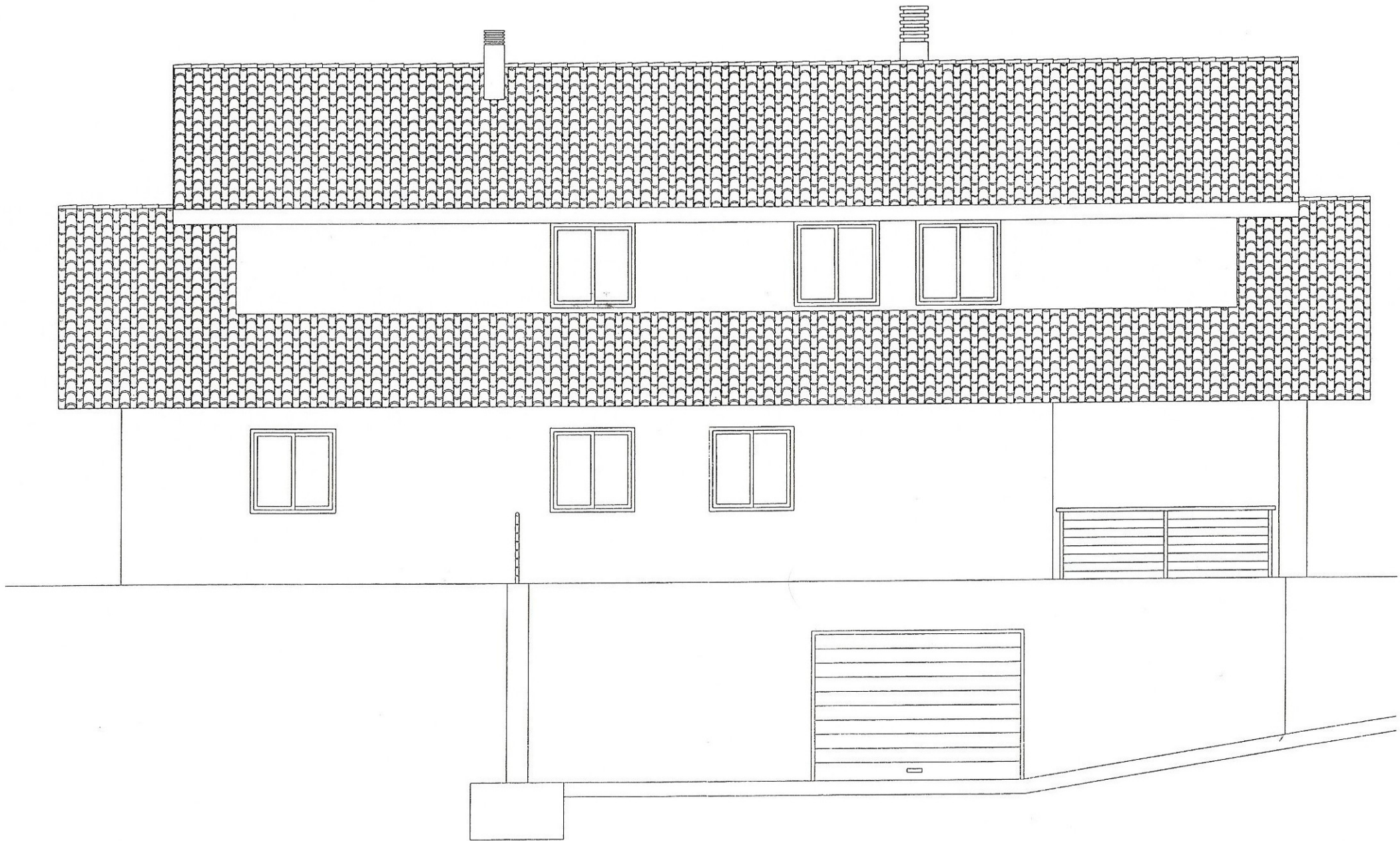
tos de viguetas en mxKN por metro y mayorados

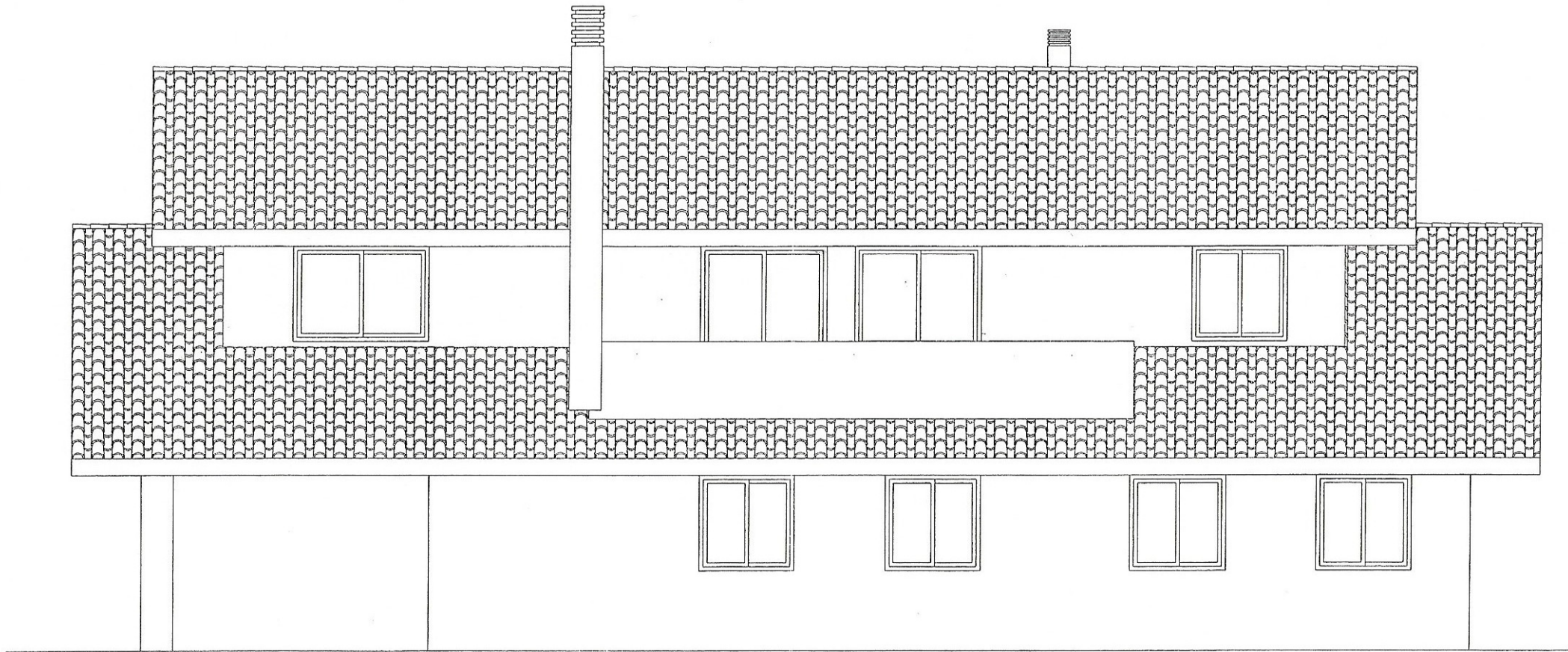


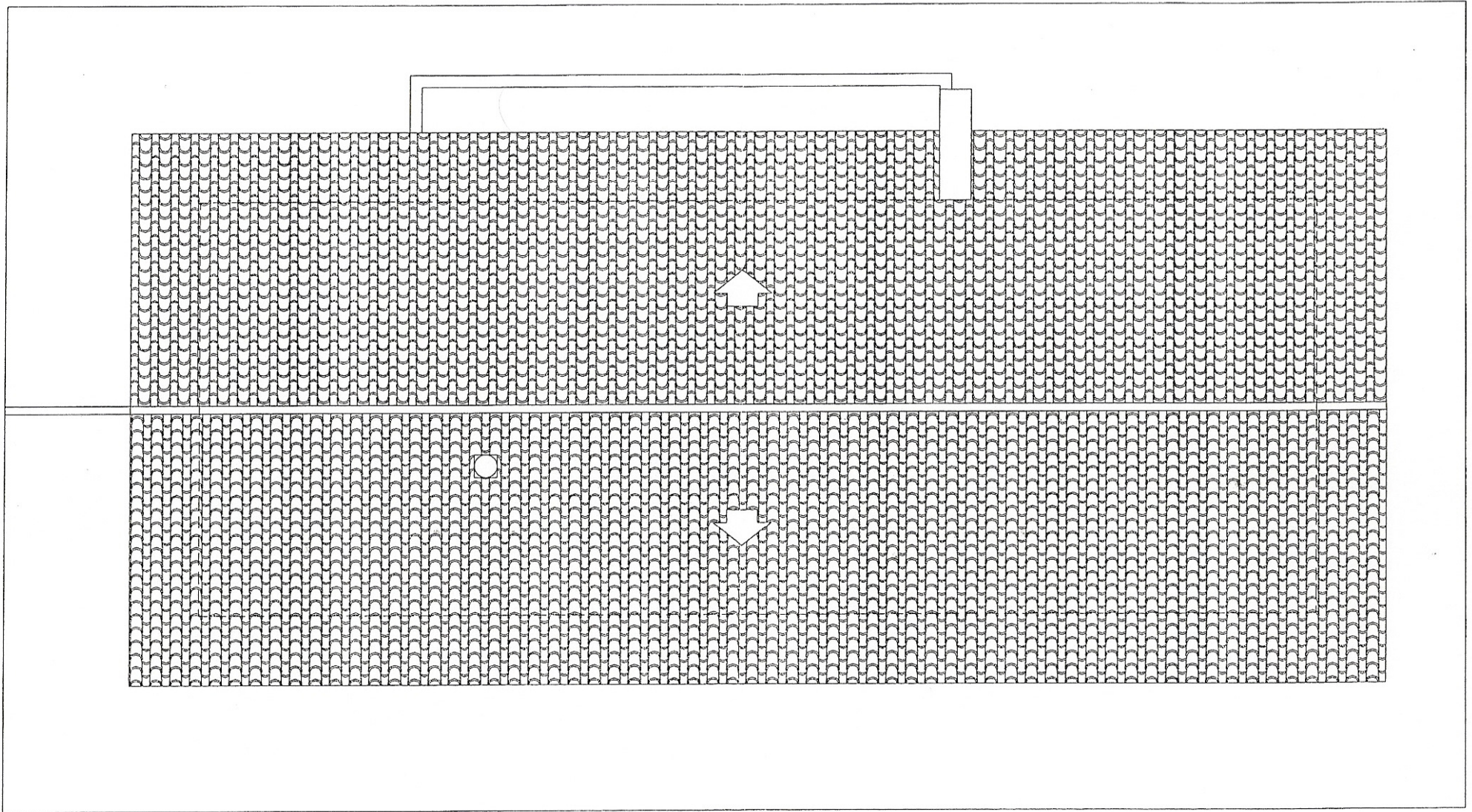
Forjado 3: cubierta

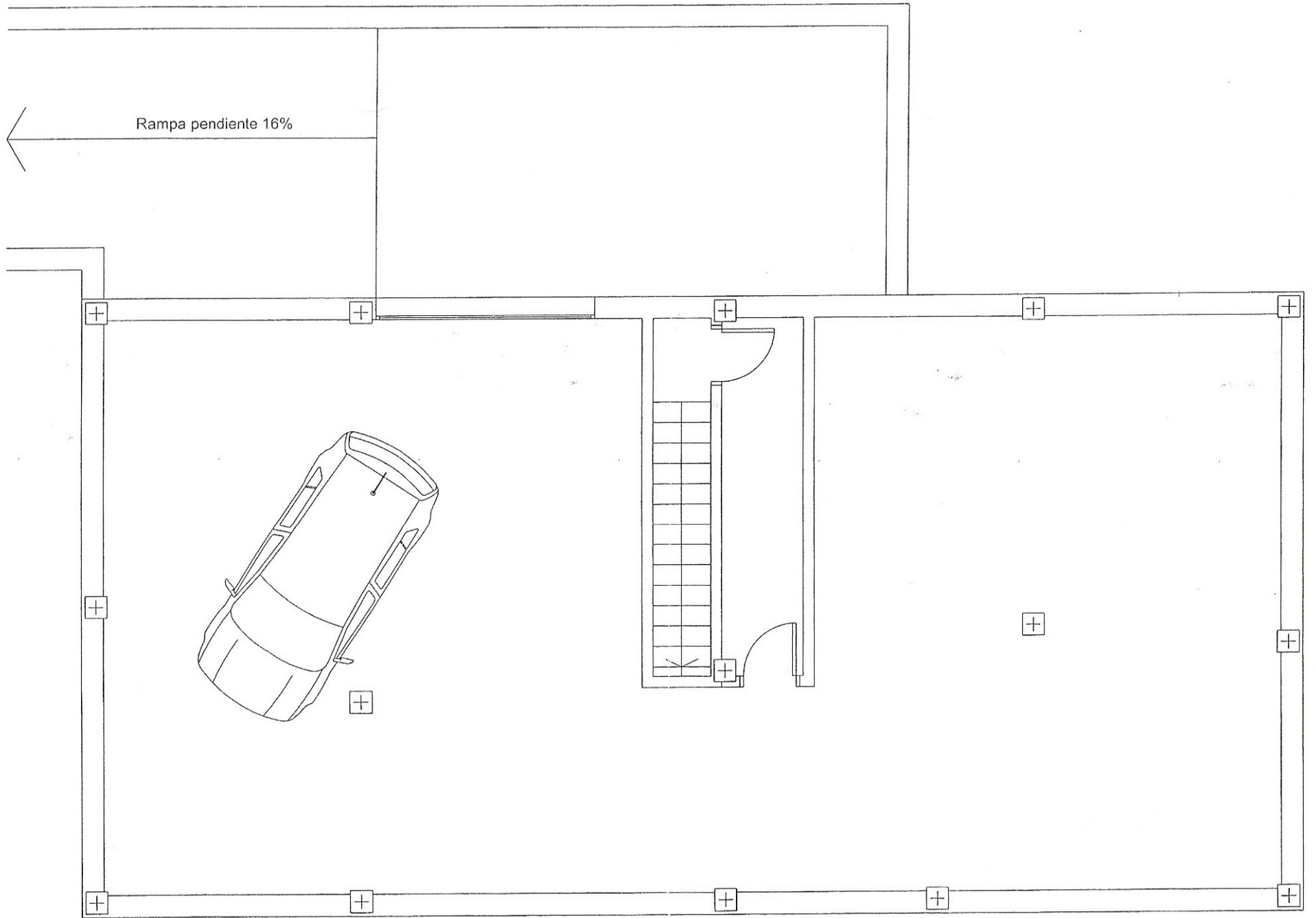


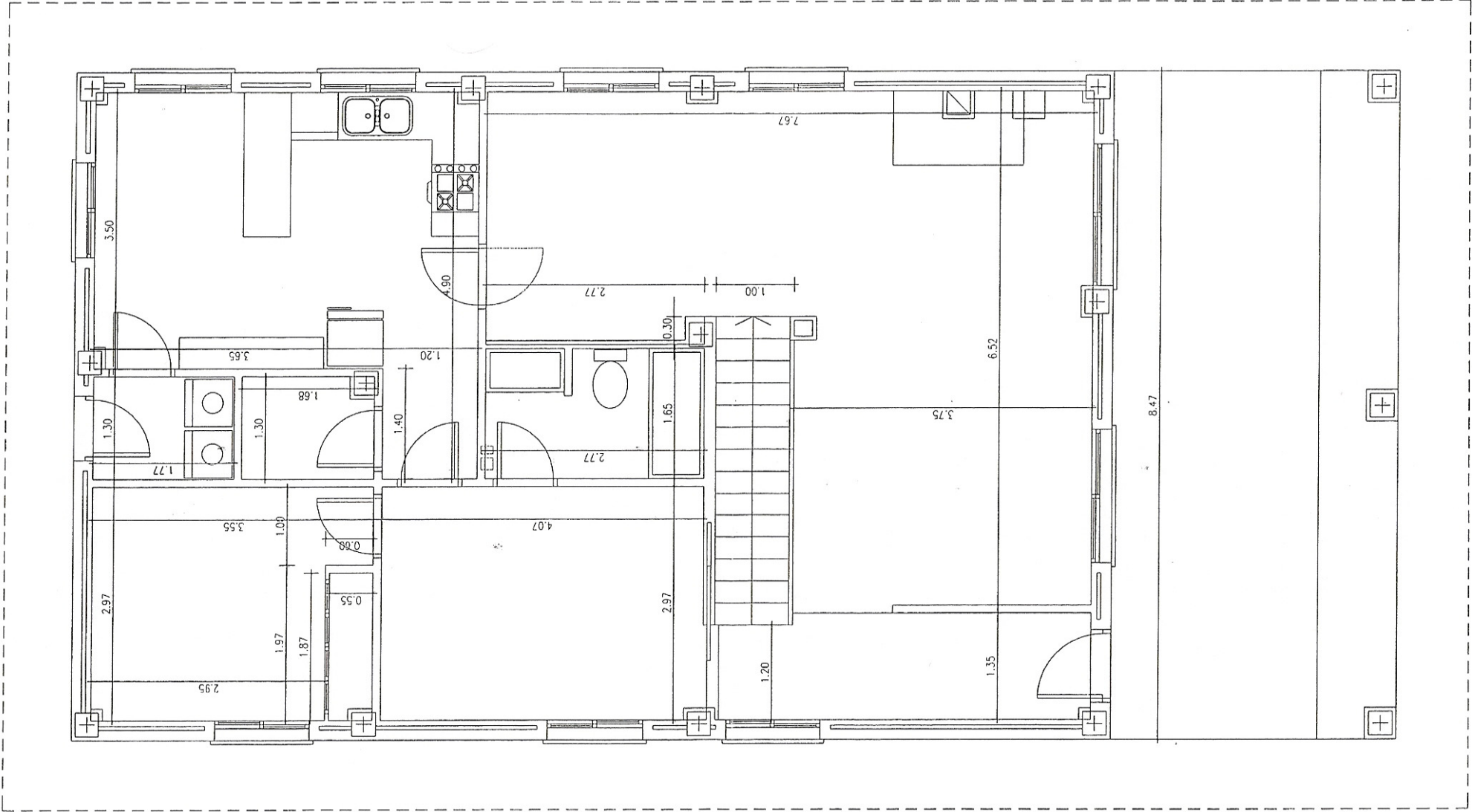


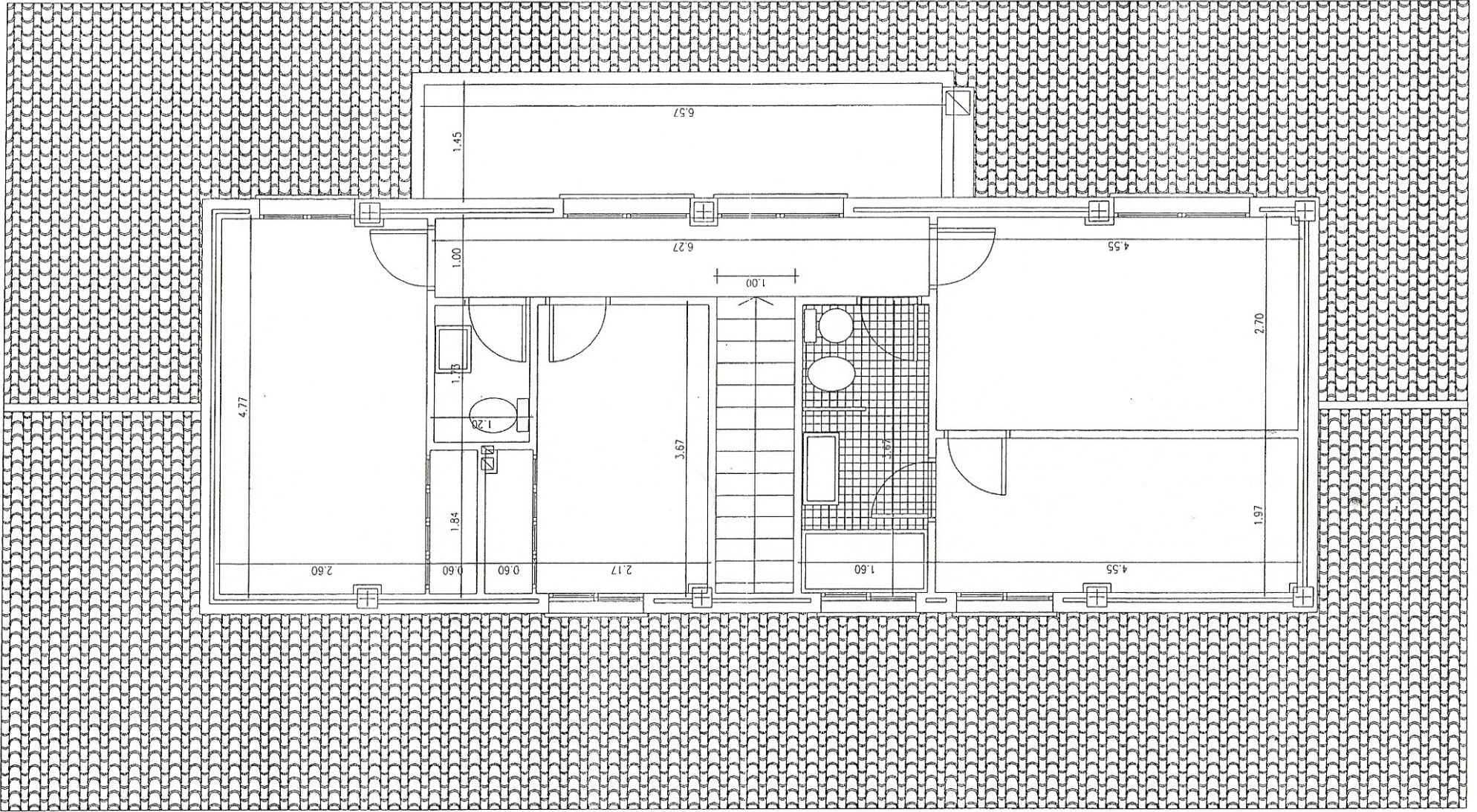


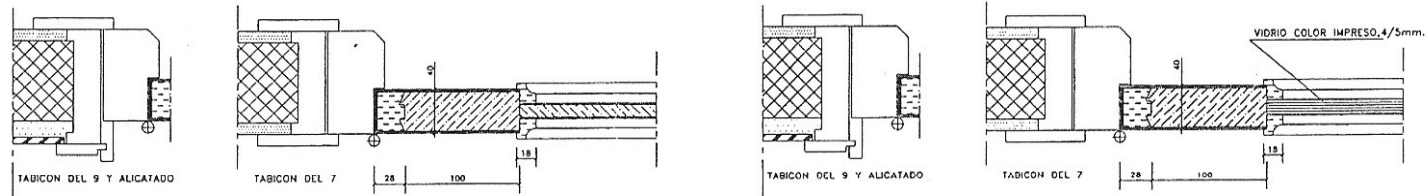




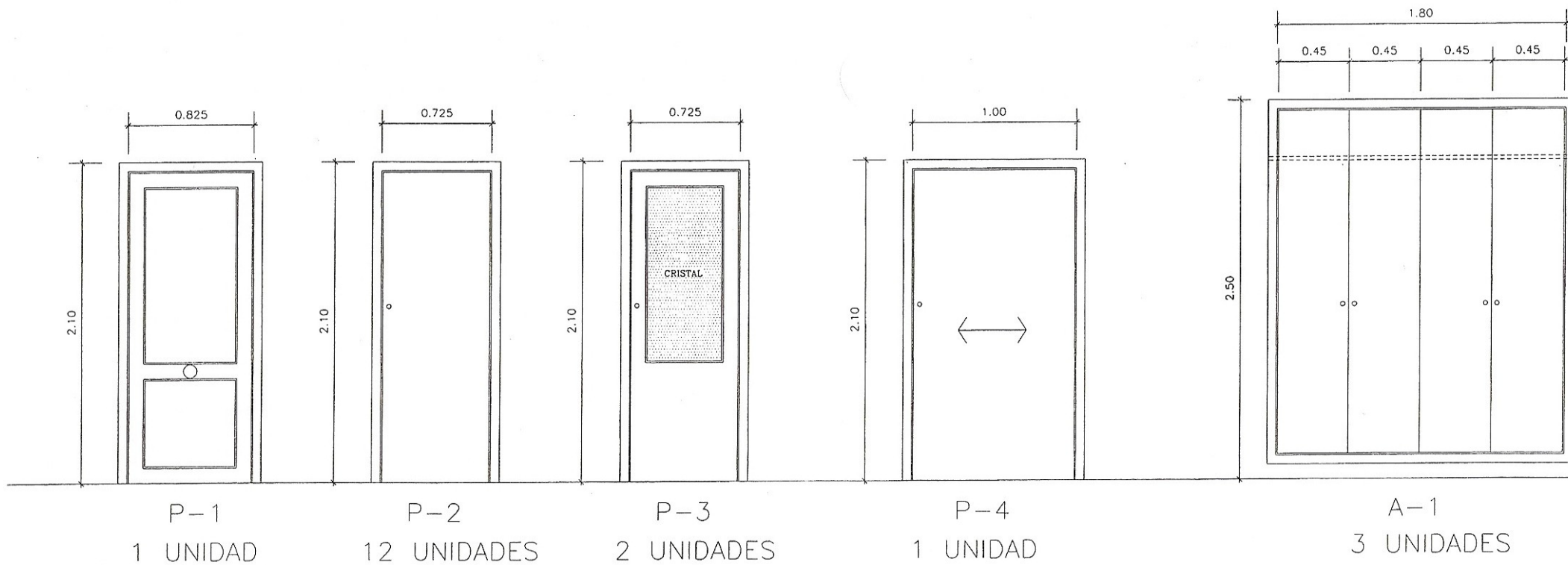








SECCIONES



2.- Resumen Presupuesto Construcción Tradicional

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Capítulo	Resumen	Importe	%
CAP. 01	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.....	1.776,86	1,27
CAP. 02	SANEAMIENTO.....	312,80	0,22
CAP. 03	CIMENTACIONES.....	3.373,70	2,42
CAP. 04	ESTRUCTURA.....	34.682,91	24,84
CAP. 05	CERRAMIENTOS Y PARTICIONES.....	12.758,68	9,14
CAP. 06	CUBIERTA.....	36.815,17	26,36
CAP. 07	REVESTIMIENTOS.....	23.921,44	17,13
CAP. 08	CARPINTERÍA.....	7.949,75	5,69
CAP. 09	INSTALACIONES.....	2.545,47	1,82
CAP. 10	VARIOS.....	15.507,83	11,11
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		139.644,61	
	13,00 % Gastos generales.....	18.153,80	
	6,00 % Beneficio industrial.....	8.378,68	
	SUMA DE G.G. y B.I.	26.532,48	
	18,00 % I.V.A.....	29.911,88	29.911,88
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		196.088,96	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		196.088,96	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO NOVENTA Y SEIS MIL OCHENTA Y OCHO PESETAS.

, a 25 de Agosto de 2011.

LA PROPIEDAD

LA DIRECCION FACULTATIVA

3.- Resumen Presupuesto Construcción Prefabricada

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Capítulo	Resumen	Importe	%
CAP. 01	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.....	1.776,86	1,65
CAP. 02	SANEAMIENTO.....	312,80	0,29
CAP. 03	CIMENTACIONES.....	3.156,67	2,93
CAP. 04	ESTRUCTURA.....	25.950,01	24,07
CAP. 05	CERRAMIENTOS Y PARTICIONES.....	11.583,96	10,75
CAP. 06	CUBIERTA.....	15.095,29	14,00
CAP. 07	REVESTIMIENTOS.....	23.921,44	22,19
CAP. 08	CARPINTERÍA.....	7.949,75	7,37
CAP. 09	INSTALACIONES.....	2.545,47	2,36
CAP. 10	VARIOS.....	15.507,83	14,39
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		107.800,08	
	13,00 % Gastos generales	14.014,01	
	6,00 % Beneficio industrial.....	6.468,01	
	SUMA DE G.G. y B.I.	20.482,02	
	18,00 % I.V.A.	23.090,78	23.090,78
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		151.372,87	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		151.372,87	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y UNA MIL TRESCIENTAS SETENTA Y DOS PESETAS.

, a 25 de Agosto de 2011.

LA PROPIEDAD

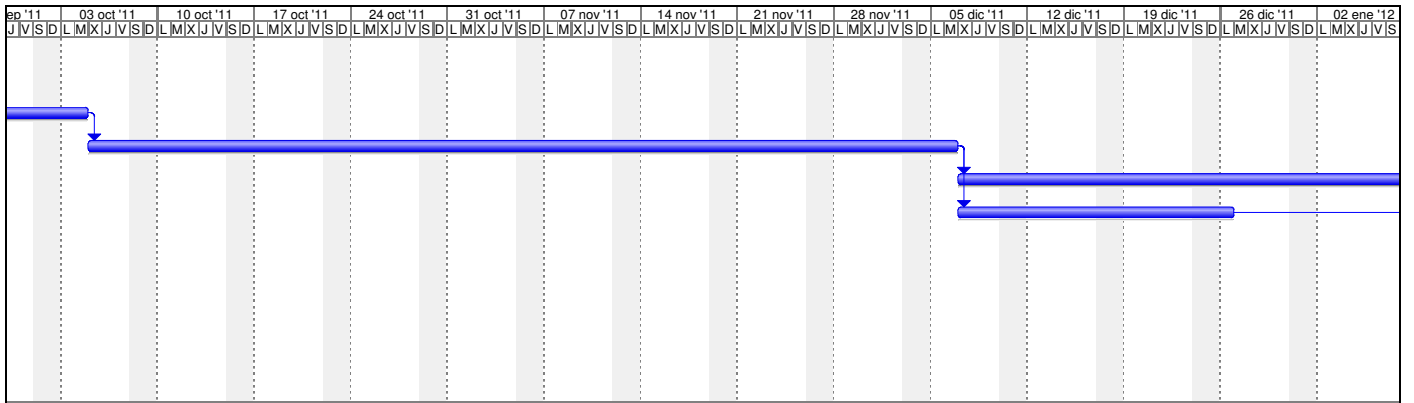
LA DIRECCION FACULTATIVA

4.- Gantt Construcción Tradicional

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	ago '11	29 ago '11	05 sep '11	12 sep '11	19 sep '11	26 s								
							J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X
1	A. del Terreno	7 días	vie 26/08/11	lun 05/09/11																
2	Saneamiento	6 días	mar 06/09/11	mar 13/09/11	1															
3	Cimentaciones	15 días	mié 14/09/11	mar 04/10/11	2															
4	Estructura	45 días	mié 05/10/11	mar 06/12/11	3															
5	Cerram. Y Partic.	30 días	mié 07/12/11	mar 17/01/12	4															
6	Cubierta	14 días	mié 07/12/11	lun 26/12/11	4															
7	Revestimientos	35 días	mié 01/02/12	mar 20/03/12	9															
8	Carpintería	14 días	mié 21/03/12	lun 09/04/12	7															
9	Instalaciones	10 días	mié 18/01/12	mar 31/01/12	5,6															
10	Varios	8 días	mié 21/03/12	vie 30/03/12	7															
11	fin	0 días	lun 09/04/12	lun 09/04/12	8;10															

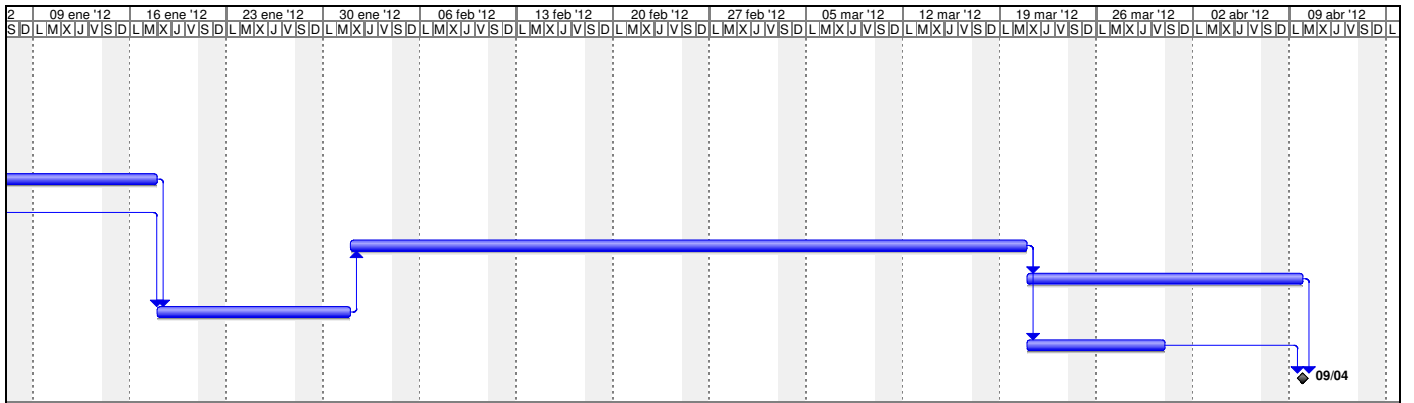
Proyecto: Gantt Construccion Tadicion
Fecha: vie 26/08/11

Tarea		Hito		Tareas externas	
División		Resumen		Hito externo	
Progreso		Resumen del proyecto		Fecha límite	



Proyecto: Gantt Construccion Tadicion
 Fecha: vie 26/08/11

Tarea		Hito		Tareas externas	
División		Resumen		Hito externo	
Progreso		Resumen del proyecto		Fecha límite	



Proyecto: Gantt Construccion Tadicion
 Fecha: vie 26/08/11

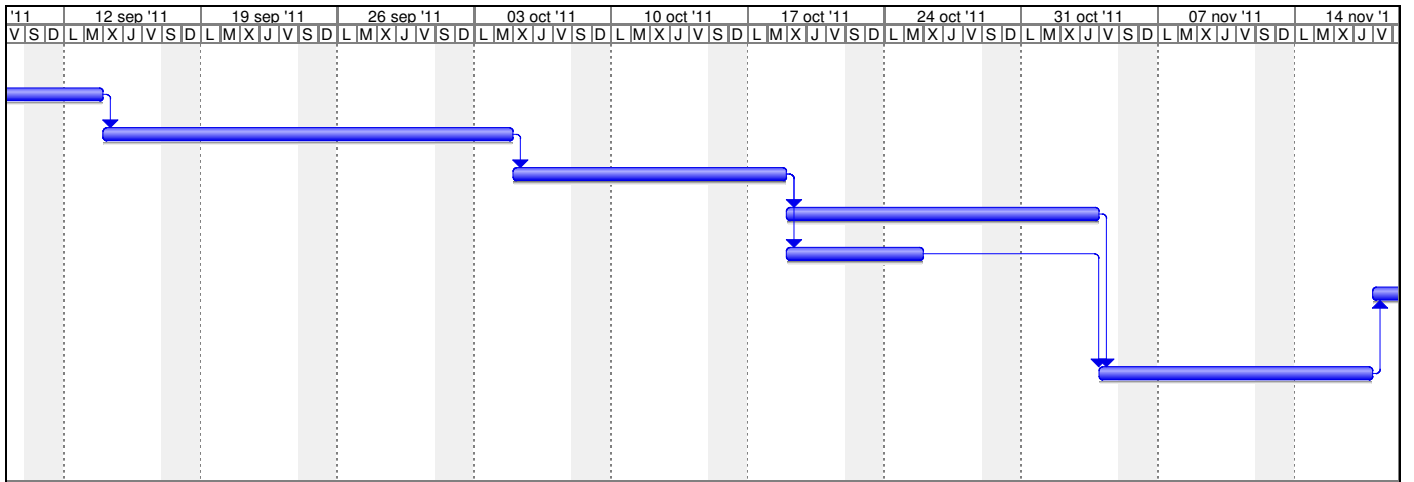
Tarea		Hito		Tareas externas	
División		Resumen		Hito externo	
Progreso		Resumen del proyecto		Fecha límite	

5.- Gantt Construcción Prefabricada

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	go '11			29 ago '11			05 sep '11					
							J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L
1	A. del Terreno	7 días	vie 26/08/11	lun 05/09/11														
2	Saneamiento	6 días	mar 06/09/11	mar 13/09/11	1													
3	Cimentaciones	15 días	mié 14/09/11	mar 04/10/11	2													
4	Estructura	10 días	mié 05/10/11	mar 18/10/11	3													
5	Cerram. Y Partic.	12 días	mié 19/10/11	jue 03/11/11	4													
6	Cubierta	5 días	mié 19/10/11	mar 25/10/11	4													
7	Revestimientos	35 días	vie 18/11/11	jue 05/01/12	9													
8	Carpintería	14 días	vie 06/01/12	mié 25/01/12	7													
9	Instalaciones	10 días	vie 04/11/11	jue 17/11/11	5;6													
10	Varios	8 días	vie 06/01/12	mar 17/01/12	7													
11	fin	0 días	mié 25/01/12	mié 25/01/12	8;10													

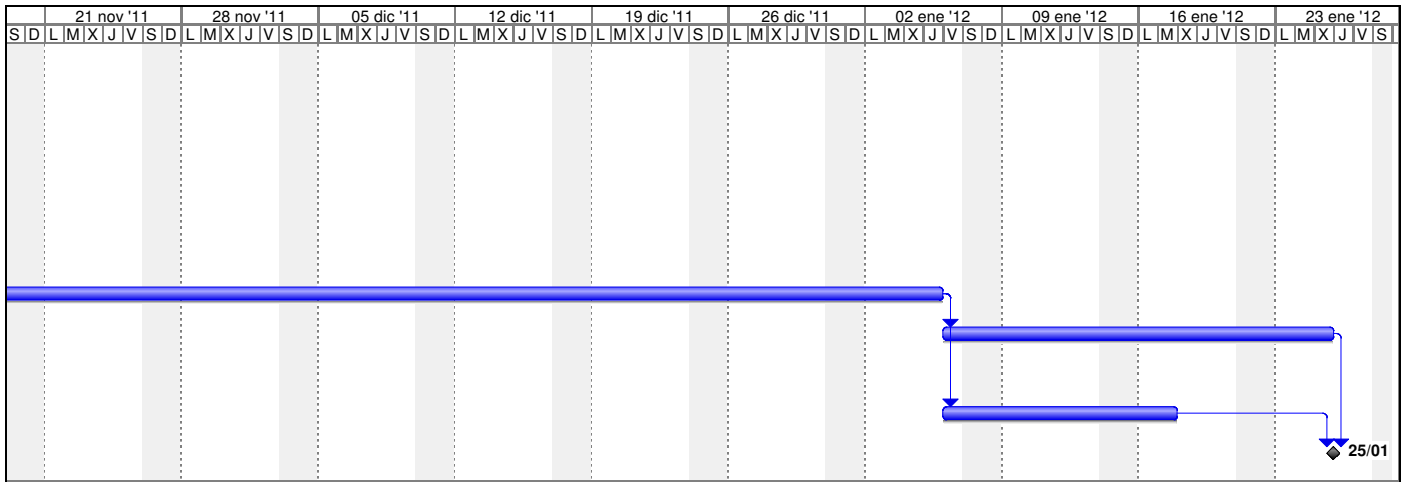
Proyecto: Gantt Construccion Prefabri
Fecha: vie 26/08/11

- Tarea
- División
- Progreso
- Hito
- Resumen
- Resumen del proyecto
- Tareas externas
- Hito externo
- Fecha límite



Proyecto: Gantt Construccion Prefabri
 Fecha: vie 26/08/11

Tarea		Hito		Tareas externas	
División		Resumen		Hito externo	
Progreso		Resumen del proyecto		Fecha límite	



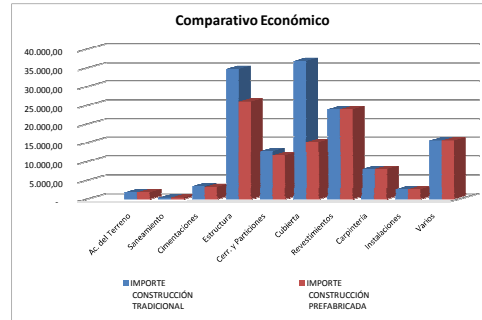
Proyecto: Gantt Construccion Prefabri
 Fecha: vie 26/08/11

Tarea		Hito		Tareas externas	
División		Resumen		Hito externo	
Progreso		Resumen del proyecto		Fecha límite	

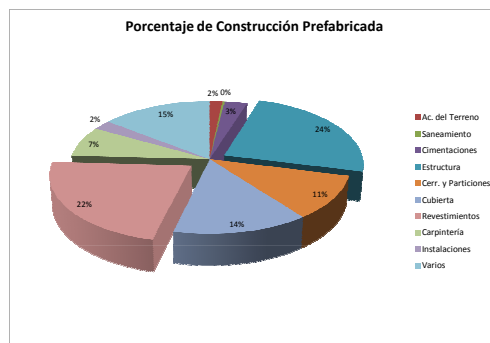
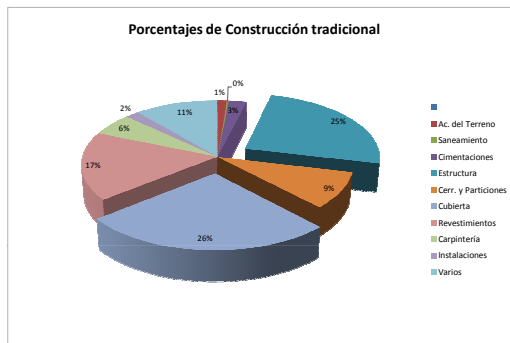
6.- Tablas Comparativas Económicas y Temporales

PRESUPUESTO COMPARATIVO CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL - PREFABRICADA

PRESUPUESTO POR CAPITULOS					
CAPITULO	RESUMEN	IMPORTE CONSTRUCCIÓN	%	IMPORTE CONSTRUCCIÓN	%
CAP. 01	Ac. del Terreno	1.776,86 €	1,27	1.776,86 €	1,65
CAP. 02	Saneamiento	312,80 €	0,22	312,80 €	0,29
CAP. 03	Cimentaciones	3.373,70 €	2,42	3.156,67 €	2,93
CAP. 04	Estructura	34.682,91 €	24,84	25.950,01 €	24,07
CAP. 05	Cerr. y Particiones	12.758,68 €	9,14	11.583,96 €	10,75
CAP. 06	Cubierta	36.815,17 €	26,36	15.095,29 €	14,00
CAP. 07	Revestimientos	23.921,44 €	17,13	23.921,44 €	22,19
CAP. 08	Carpintería	7.949,44 €	5,69	7.949,44 €	7,37
CAP. 09	Instalaciones	2.545,75 €	1,82	2.545,75 €	2,36
CAP. 10	Varios	15.545,83 €	11,11	15.545,83 €	14,39

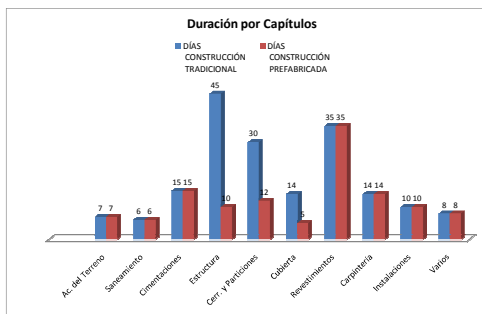


% COMPARATIVO CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL - PREFABRICADA



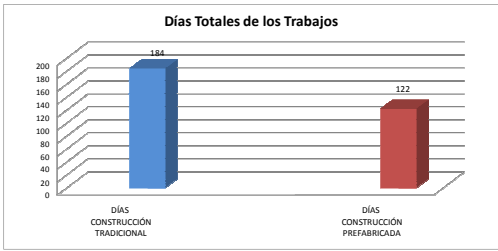
DURACIÓN CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL - PREFABRICADA

DURACIÓN POR CAPITULOS					
CAPITULO	RESUMEN	DIAS CONSTRUCCIÓN	%	DIAS CONSTRUCCIÓN	%
CAP. 01	Ac. del Terreno	7	3,80	7	5,74
CAP. 02	Saneamiento	6	3,26	6	4,92
CAP. 03	Cimentaciones	15	8,15	15	12,30
CAP. 04	Estructura	45	24,46	10	8,20
CAP. 05	Cerr. y Particiones	30	16,30	12	9,84
CAP. 06	Cubierta	14	7,61	5	4,10
CAP. 07	Revestimientos	35	19,02	35	28,69
CAP. 08	Carpintería	14	7,61	14	11,48
CAP. 09	Instalaciones	10	5,43	10	8,20
CAP. 10	Varios	8	4,35	8	6,56



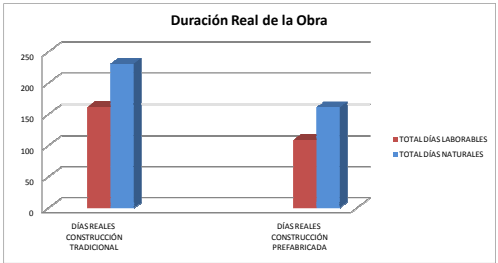
DURACION EN DÍAS LABORABLES CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL - PREFABRICADA

	DÍAS CONSTRUCCIÓN	DÍAS CONSTRUCCIÓN
TOTAL DÍAS LABORABLES	184	122
TOTAL DÍAS NATURALES	259	175



COMPARACIÓN DÍAS LABORABLES - NATURALES EN CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL Y PREFABRICADA

	DÍAS REALES CONSTRUCCIÓN	DÍAS REALES CONSTRUCCIÓN
TOTAL DÍAS LABORABLES	162	109
TOTAL DÍAS NATURALES	231	161



OTROS ASPECTOS A CONSIDERAR

	MEDIO AMBIENTE	SEGURIDAD LABORAL	CALIDAD	MALESTAR SOCIAL
CONSTRUCCION TRADICIONAL	2	2	3,5	2
CONSTRUCCION PREFABRICADA	5	4	7	7

