

**Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica**



**INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA
PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

JAVIER ROLLÓN DE LA MATA

Junio 2011

Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica

Máster Universitario en Gestión en Edificación

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA
PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA**

Autor
Javier Rollón de la Mata

Tutor
Victor Sardá Martín

Subdirección de Investigación, Doctorado y Postgrado

Junio 2011

ÍNDICE

RESUMEN	4
ABSTRAC	4
1. Presentación	5
1.1. Introducción	5
1.2. Objetivos	6
1.3. Metodología	7
2. Estado de conocimiento. Definición del concepto industrialización.	9
3. Estudio de una obra con grado de industrialización elevado	26
3.1. Estudio de la obra.....	27
3.2. Resultados	44
4. Estudio de una obra tradicional	57
4.1. Estudio de la obra.....	57
4.2. Resultados	70
5. Análisis de resultados	84
5.1. Análisis temporal.....	84
5.2. Análisis de recursos	88
5.3. Análisis de momentos en la ejecución	90
5.4. Análisis de costes.....	95
6. Nuevos paradigmas. Aplicación de la nueva filosofía productiva a la construcción	99
7. Conclusiones	112
7.1. Conclusiones.....	112
7.2. Futuras líneas de investigación	114
8. Referencias	115
ANEXO 1: Planos de arquitectura edificio	117
ANEXO 2: Planificación obra elevado grado de industrialización	118
ANEXO 3: Planificación obra tradicional	119

RESUMEN |

Desde hace ya muchos años, la tecnología de la construcción no ha avanzado tanto como las exigencias de su propio mercado. Debido a estas exigencias actuales, la forma de construir de antaño no es válida hoy en día. Por todo ello han ido surgiendo alternativas constructivas con diferentes grados de industrialización, que será el tiempo el que decida sobre qué alternativas resultan más favorables y adecuadas.

En este trabajo se ha pretendido realizar una comparativa entre una obra con un grado de industrialización elevado y una obra tradicional, para ello y con el fin de homogeneizar los resultados, se ha tomado como referencia la misma obra para los dos casos. Tanto el análisis como la comparación resultados han sido realizadas con el objetivo de evaluar las diferencias entre ambas desde el punto de vista de los costes, el tiempo, los recursos y los momentos en la ejecución.

Todos estos esfuerzos por introducir el concepto de industrialización en la construcción, parecen insuficientes, es necesaria la implantación de una nueva filosofía productiva que lleve consigo una mejora de los procesos constructivos, a base de generar valor añadido.

Palabra clave_ Construcción industrializada, construcción tradicional, análisis comparativo, ventajas e inconvenientes, nueva filosofía productiva.

ABSTRAC |

For many years, the technology of construction has not progressed as far as the demands of their own market. Because of these current requirements, how to build old is not valid today. Therefore constructive alternatives have emerged with varying degrees of industrialization, which is the time to decide on what alternatives are more favorable and appropriate.

This paper has attempted to make a comparison between a work with a high degree of industrialization and a traditional construction, for this and to homogenize the results, taken as a reference the same work for the two cases. Both the analysis and comparison have been carried out in order to evaluate the differences between them from the standpoint of cost, time, resources and time in execution.

All these efforts to introduce the concept of industrialization in construction, seem inadequate, it is necessary to implement a new production philosophy that leads to an improvement of construction processes, based on generating added value.

Key Word_ Industrialized construction, traditional construction, comparative analysis, advantages and disadvantages, new production philosophy.

1. Presentación

1.1. Introducción

El presente trabajo tiene como finalidad desarrollar el Trabajo Fin de Máster dentro de alguna de las líneas del perfil correspondientes al programa de Máster Universitario de Gestión en Edificación, el cual estoy cursando.

El tema elegido para llevar a cabo esta investigación fue establecido por el alumno: ``Influencia del grado de industrialización en la planificación de una obra´´. Con este trabajo se pretende dar a conocer si la construcción industrializada realmente presenta las ventajas que aparentemente se le atribuyen desde los puntos de vista analizados en esta investigación. Y en el caso de que estas ventajas le sean atribuibles, tratar de dar una explicación de cuáles son los motivos por los que este tipo de construcción, no está ampliamente extendido.

Pese al avance de la tecnología aplicada al mundo de la construcción en los últimos años, los métodos utilizados en este sector siguen siendo los mismos; esta situación nos lleva a plantear la necesidad de cambiar la forma de construir para adaptarla a estos nuevos productos surgidos y así aprovechar todas sus ventajas: abaratar costes, acortar plazos y mejorar la calidad. Con ese objetivo surge la idea de plantear un sistema constructivo alternativo al tradicional.

La industrialización ha evolucionado mucho en los procesos de fabricación de componentes y materiales para la construcción. Muchos de éstos materiales innovadores que actualmente se aplican en la construcción de edificios, provienen de campos de aplicación en la industria. Es quizá en el mundo de la construcción donde ésta aplicación resulta más difícil principalmente por dos motivos: en primer lugar, el objeto arquitectónico presenta serias dificultades para su estandarización y en segundo lugar, a diferencia de lo que sucede en una industria, existen diferentes aspectos difíciles de controlar (inclemencias del tiempo, cualificación de los trabajadores...).

Estas limitaciones propias del proceso constructivo, limitan (e incluso imposibilitan) la utilización de métodos “tecnológicos” o industrializados.

En un mundo altamente tecnológico, donde se pueden automatizar casi todos los procesos de carácter rutinario (con la consiguiente mejora de la calidad), la distinta evolución que están sufriendo el mundo industrial y el mundo de la construcción, y el consiguiente abismo entre sus niveles tecnológicos, empieza a originar graves problemas de compatibilidad de tecnologías.

Por todo ello, las implicaciones de una nueva filosofía productiva para la construcción serán de amplio y de largo alcance, como ha ocurrido en la industria. La renovación de la industria se ha realizado en una explosión febril de desarrollo conceptual y práctico, cosa que por el momento no ha ocurrido en la construcción. Un nuevo conjunto de medidas se utilizará para determinar el potencial de mejora y seguimiento de los avances en el rendimiento. Los actuales esfuerzos de desarrollo como la construcción industrializada, la construcción integrada por ordenador y la automatización de la construcción se volverán a definir con el objeto de reconocer las necesidades de mejora de los procesos constructivos actuales. Se implementarán nuevas soluciones organizativas para proyectos de construcción, de manera que facilite la mejora de los procesos y la innovación.

1.2. Objetivos

El presente trabajo se orienta fundamentalmente hacia el estudio de: qué se entiende hoy en día por el concepto industrialización, cómo afecta el grado de industrialización de una obra en la planificación de la misma y cuáles son las causas por las que, a pesar de las ventajas que le son atribuibles, este sistema no está ampliamente extendido.

Desafortunadamente, aún a día de hoy se siguen confundiendo conceptos similares pero diferentes: *prefabricación, industrialización, modularización, premontaje, ect.* Quizá sea el concepto *industrialización* el que se presta a un mayor número de interpretaciones, al intentarlo aplicar a la construcción. La pretensión de este trabajo es deshacer equívocos y delimitar el concepto en sus justos términos.

Mediante la comparación en el marco de un proyecto concreto (edificio de 54 viviendas, garaje y locales comerciales), se pretende evaluar, si desde el punto de vistas de los costes, el tiempo, los recursos y los momentos en la ejecución, una obra con un elevado grado de industrialización presenta ciertas ventajas o desventajas frente a esa misma obra realizada con técnicas constructivas convencionales.

Para alcanzar los objetivos, se ha de definir de forma precisa cada una de las dos obras, se ha de realizar un análisis y una planificación de cada una de ellas y finalmente se han de extraer los resultados necesarios para realizar la comparativa entre ambas.

El resultado de esta comparativa no pretende dar una solución única que permita afirmar de forma categórica que la construcción con un elevado grado de industrialización es una mejor o peor alternativa frente a la construcción tradicional. Para poder realizar de una forma fehaciente esa afirmación, además de analizar un número mayor de obras, se deberían tener

en cuenta muchos otros conceptos (no tan fácilmente cuantificables pero que no por ello tienen que dejarse de tener en cuenta) que en este trabajo no es posible abarcarlos

1.3. Metodología

Para conseguir los objetivos propuestos se han desarrollado distintos trabajos, los cuales dan contenido a los diferentes puntos de este Trabajo Fin de Máster. A continuación se describe brevemente la metodología seguida en cada uno de ellos.

En el punto 2, y fruto de una intensa revisión bibliográfica, se da a conocer un panorama general de los aspectos más relevantes relacionados con el concepto de industrialización en el sector de la construcción. Este estudio pone de manifiesto, entre otros aspectos, la necesidad de homogeneizar las diferentes definiciones de los principales términos usualmente empleados. En este mismo punto, se presenta también el estado del conocimiento de las aplicaciones que hasta el día de hoy se han venido haciendo en el sector de la edificación de este tipo de sistemas industrializados.

Tras el estado del conocimiento, en los puntos 3 y 4 se realiza un estudio de la obra con un grado de industrialización elevado y de la obra tradicional, respectivamente. Se trata en primer lugar de definir un marco donde poder cuantificar objetiva y homogéneamente las fortalezas y deficiencias de cada uno de los métodos de construcción; para ello se define previamente un tipo de obra. Una vez elegida se determinan sus características en función de tipo de obra que estemos hablando (industrializada o tradicional).

Con la obra ya definida se procede a realizar la planificación de la misma. Esta planificación debe estar orientada a la obtención de unos resultados basados en los aspectos que se pretenden evaluar en este trabajo y que posteriormente van a ser fruto de la comparativa. Estos aspectos son: el tiempo, los costes, los recursos y los momentos en la ejecución.

Tomando como punto de partida los resultados obtenidos en los puntos 3 y 4, en el punto 5, se procede a realizar un análisis comparativo de los mismos de manera que se puedan extraer conclusiones sobre todos los aspectos evaluables que este estudio aplica al proyecto en concreto.

Los muchos problemas que presenta el sector de la construcción han llevado a desarrollar diferentes esfuerzos con el fin de reducirlos. Sin embargo, la conceptualización deficiente, puede dar lugar a resultados y acciones poco concluyentes o contraproducentes. Es por eso que en el punto 6, se pretende establecer las bases de una nueva filosofía productiva en el mundo de la construcción.

En el punto 7, se presentan en primer lugar las conclusiones derivadas de los distintos estudios realizados. Éstas se exponen en forma de unas conclusiones generales que responden a los objetivos principales propuestos y desarrollados a lo largo del análisis. Seguidamente, se presentan diferentes líneas de investigación futuras surgidas como consecuencia de los trabajos desarrollados.

Por último, en el punto 8, se incluye un apartado con las referencias bibliográficas, referidas en la plasmación del presente trabajo, lo que evidentemente es menos que el número total de referencias utilizadas.

2. Estado de conocimiento. Definición del concepto industrialización.

Antes de empezar a enumerar las aplicaciones que con el paso del tiempo se han venido realizando en el ámbito de la construcción industrializada conviene aclarar una serie de conceptos que aparecerán en repetidas ocasiones a lo largo del presente trabajo. Desafortunadamente, aún a día de hoy se siguen confundiendo conceptos similares pero diferentes: *prefabricación*, *industrialización*, *modularización*, *premontaje*, *ect.* Para entender cómo y cuándo surgió el nacimiento de la industrialización de la edificación sería conveniente discernir claramente las diferencias entre estos términos.

El término *industrialización*, que sí que está reflejado en cualquier diccionario, es de acepción bastante más amplia. Se podría definir como el proceso productivo que, de forma racional y automatizada, emplea materiales, medios de transporte y técnicas mecanizadas en serie para obtener una mayor productividad. En definitiva, industrialización se puede definir como una inversión en equipos, instalaciones, y en tecnología con la intención de aumentar la producción, la disminución de mano de obra, y la mejora de la calidad.

Quizá sea el concepto *industrialización* el que se presta a más diferentes interpretaciones, al intentarlo aplicar a la construcción. La pretensión de este apartado es deshacer equívocos y delimitar el concepto en sus justos términos.

En primer lugar se ha de indicar que una obra no tiene un mayor o menor grado de industrialización por la perfección de fabricación de todos o parte de los elementos constructivos que la componen, sino que ese grado lo fija la totalidad del hecho constructivo. Por ello, es preciso dejar claro que una cosa es la calidad técnica de los elementos y otra la industrialización de que forman parte pudiendo ser una obra que emplee algunos elementos de elevado nivel industrial, pero que en su conjunto no deje de considerarse como tradicional. Igualmente, la producción en fábrica de una mayor o menor cantidad de los elementos que constituyen una obra no implica tampoco que la obra sea industrializada, pues depende, como se ha indicado antes, de la totalidad del proceso constructivo. Es más, puede que la fabricación de dichos elementos esté muy poco mecanizada, sea más o menos artesanal aunque se está trabajando a cubierto. Por tanto el lugar de fabricación no implica la industrialización, sino que precisarán de otros datos complementarios.

Hay otra característica, que es la de fabricación en serie, que por si misma no significa industrialización. La producción en serie lo que implica normalmente es el porcentaje de repercusión de molde que hay que hacer en cada elemento que se obtiene del mismo. Incluso puede haber producción en serie, pero de forma más o menos artesanal, dependiendo del utillaje utilizado. Así mismo, podemos recordad, cómo se fabricaban a mano las estatuas de los gobernantes romanos, que se repartirían posteriormente por todo el imperio, y que, aunque

se hacían en serie en talleres, su ejecución manual las alejaba de cualquier adjetivación industrial.

Existe una crítica muy extendida, fundada tal vez en la asimilación constante que se hace entre el camino seguido por el automóvil y el que se pretende se siga por la vivienda, que hace decir que la industrialización de la construcción ha de producir viviendas diferentes. Pero lo que sucedió con el automóvil fue que coincidió en él la aplicación del motor de explosión con el comienzo de su producción masiva; tal vez, sin esta motorización se hubieran empezado a industrializar carrozas de caballos que con el tiempo hubieran diferido de su modelo primitivo, adaptándose a las evoluciones del proceso de producción. Este mimetismo ocurrió, no obstante, con los primeros coches con motor. La vivienda industrializada puede en su primer momento diferir de la tradicional, pero indudablemente, según se vaya desarrollando el proceso industrial, irá tomando la impronta del mismo.

También hay que decir aquí que la *industrialización* no implica el uso de materiales nuevos, sino que es la forma de emplear los materiales lo que puede dar a los elementos resultantes el carácter de industrializados.

Queda, por último, hacer todavía una matización, que se puede considerar sutil, que es la posible relación entre arquitectura industrializada y diseño industrial. Hay muchas analogías entre el modo de hacer diseño industrial y el de los elementos más sofisticados que se emplean en la arquitectura actual. Así puede suceder con las fachadas ligeras, muros-cortina, tabique-mampara, etc. efectivamente muchos de los elementos que constituyen estas unidades de obra cumplen con todas las condiciones del objeto concebido según el diseño industrial, pero una vez montados y puestos en obra adquieren un valor distinto, que no depende sólo de su diseño sino también de la intervención de otros parámetros, como el topográfico, el planimétrico y el ambiental, que se salen totalmente del campo del diseño.

Llega pues, después de estos análisis, el momento de penetrar en el concepto de industrialización.

Se dice de aquellas empresas que presentan un mayor potencial, un volumen creciente de ventas, una gran agresividad comercial, una producción cada vez mayor y, paulatinamente, con menor esfuerzo, que están grandemente industrializadas.

Es decir, se entiende la *industrialización* como: una organización que aplica los mejores métodos y tecnologías al proceso integral de la demanda, diseño, fabricación y construcción, constituyendo un estado de desarrollo de la producción que lleva consigo una mentalidad nueva, diferente.

Esta *industrialización* comenzó con los primitivos estudios de Taylor, Ford, Gantt, Gilberth y otros, que a principios de siglo empezaron a estudiar los métodos empleados en el trabajo y

comprobar su lógica. Una profunda reflexión, que les llevó al origen de cada tarea, dio como resultados unos aumentos de producción sorprendentes.

En la mayoría de los casos no sólo no se precisaba cambiar la maquinaria, sino que con la misma plantilla de mano de obra o, incluso reduciéndola, se multiplicaba la producción y se reducían, por consecuencia, los costes. La obtención de esos avances se había obtenido empleando, simplemente, una cualidad humana que es quizá la que más ha hecho progresar al hombre: la reflexión.

Se había partido, muy anteriormente, de una mecanización de operaciones, liberando al hombre de las tareas ingratas, se siguió por una racionalización de todo el proceso industrial. Con ambos se consiguieron grandes progresos. Pero aún se podían hacer mayores avances. Por un lado, la automatización y su rama robótica tienen recursos suficientes para hacer que el hombre prescinda de un trabajo monótono y repetitivo (a veces peligroso), que es capaz de realizar la memoria de la máquina. Por otro lado, la racionalización no se puede reducir a la simple organización dentro de un taller. Hay que llevarla a toda la gestión empresarial, y es aquí donde se ha podido recurrir a las nuevas técnicas estadísticas, a la informática, al marketing, al estudio de stocks, a las nuevas técnicas de control, a la fiabilidad, etc. en resumen, se ha llegado a una completa racionalización de métodos de todo el proceso industrial y empresarial, y los medios utilizados fundamentalmente han sido la inversión en utillaje para la mecanización y la automatización y el uso de la materia gris,

Resumiendo todo lo anterior se puede llegar a otra definición de *industrialización*¹, esta vez expresada algebraicamente, según la ecuación en la que:

$$\text{INDUSTRIALIZACIÓN} = \text{PREFABRICACIÓN} + \text{MECANIZACIÓN} + \text{AUTOMATIZACIÓN} + \text{ROBOTIZACIÓN} + \text{RACIONALIZACIÓN}$$

Se trata de una definición "tecnológica", que es más adecuada a la construcción que la definición "económica" dada anteriormente.

La ecuación citada es una expresión clara del conjunto de medios fundamentales a los que hay que recurrir para la industrialización. Se entenderá que la *mecanización* y la *prefabricación* son las mayores posibles, la *racionalización* es de todo el proceso (proyecto, gestión y tecnologías) y la *automatización* y la *robotización* están presentes al máximo en todas las tareas, y todo ello con el fin de hacer un mayor número de edificios, más baratos y de mayor calidad. Es más,

¹ DEL AGUILA GRACIA, A. *Bases para una industrialización de la edificación*. Innovación y Empresa. Nº154. IRANIR. Madrid, 1972.

como dice J.P. Alduy², `` el empleo de los instrumentos informáticos es una de las condiciones de éxito de la industrialización, pues solamente estos útiles permitirán optimizar el empleo de cada componente, en función de los elementos adyacentes``.

Por lo tanto se puede concluir diciendo, que la característica del objeto artesanal es su individualidad, su diferenciación, aunque sea en pequeños detalles, de otro objeto similar producido también manualmente. Por el contrario la industria da a sus productos el carácter de multiplicidad, o de poder reproducir elementos idénticos. Esta característica, siguiendo a Oliveri³, se puede realizar por:

- Serie icástica, o por
- Serie analógica.

La primera indica la simple repetición de modelos físicos, que es lo que más comúnmente se conoce como producción industrial en serie.

La segunda nos aporta una forma de producir en la que se puedan ir introduciendo variaciones en los objetos, según se vaya modificando la información que se aporta al proceso productivo.

Las exigencias sociales, junto con la evolución de los conocimientos científicos, culturales y técnicos, parecen indicar que el camino a seguir por la industrialización de la edificación será el de la producción analógica.

- **Prefabricación**

La palabra *prefabricación* comienza con `` pre'', que significa `` antes'' y / o `` en otra parte``. En el sector de la construcción, la *prefabricación* en general, implica la construcción (en una fábrica), de componentes o módulos completos muy similares a los realizados en una obra de construcción tradicional, muy a menudo con los mismos procesos y los mismos materiales.

A esta definición se le han de añadir ciertos matices, como es el concepto de opcionabilidad que en su día propuso el Seminario de Prefabricación⁴. Por ello sólo se considera ``prefabricado`` a un elemento o a un sistema, que pudiendo ser realizado en obra, lo es en fábrica. Si no podemos efectuar dicha elección tendremos un elemento hecho ``in situ``, o bien un ``producto industrial``.

Si aprovechamos al máximo las posibilidades, obteniendo un elemento con un gran acabado y un montaje en obra cuanto más simple mejor, estaremos ante un componente prefabricado

² AULDY, J.P. *¿Dónde se está en la política PIP (productos industrializados y productividad)?*. Le Moniteur. Marzo, 1985.

³ OLIVERI, M. *Prefabricación o metaproyecto constructivo*. G.Gili, 1972.

⁴ Seminario de Prefabricación. *Arquitectura y represión*. Ed. Cuadernos para el diálogo. Madrid, 1973.

de alto grado, que será mayor cuantas menos operaciones, y de menor complejidad, se exijan en obra.

Según esta definición no se podría considerar prefabricado un lavabo, un perfil laminado, ni un ladrillo, y sí se consideraría un panel de fachada o un tabique suelo-techo.

Así, atendiendo a la definición, la *prefabricación* implica una opción de fabricar antes, pero no incluye el cómo. Los elementos pueden ser realizados casi artesanalmente en un pequeño taller, con un grado muy bajo de mecanización y con una racionalización elemental, o en una factoría automatizada, como sucede con algunos sistemas de grandes paneles prefabricados.

Dentro de este medio fundamental al que hay que recurrir con el fin de obtener la *industrialización*, que es la *prefabricación*, existen otros dos conceptos (*modularización* y *premontaje*) que siendo parecidos, presentan una serie de diferencias que son necesarias reseñar con el fin de aclarar el entendimiento de estos conceptos.

Por *modularización* se entiende generalmente la construcción previa de un sistema completo fuera del lugar de trabajo y que posteriormente se transporta al mismo. Los módulos son de tamaño grande y, posiblemente, se han de dividir en varias piezas más pequeñas para el transporte.

Una definición común para el *premontaje* podría ser: un proceso mediante el cual diversos materiales, elementos *prefabricados*, y / o equipos se unen en una ubicación remota para su posterior instalación como una unidad. El *premontaje* puede ser completado en el lugar de trabajo o en un lugar distinto del lugar de instalación final. El proceso de *premontaje* puede implicar la adaptación de las actividades secuenciales en las que son paralelas. Un *premontaje* contiene a menudo sólo partes de los sistemas, y otras veces es necesario el trabajo de una variedad de artesanías. El *premontaje* se considera generalmente como una combinación de la *prefabricación* y la *modularización*. Se pueden utilizar componentes fabricados fuera del lugar de ubicación final y luego se ensamblan cerca del lugar. O por el contrario, estas unidades pueden ser instaladas en el lugar, similar a los módulos.

- **Mecanización**

Consiste en proveer a operadores humanos con maquinaria para ayudarles con los requerimientos físicos del trabajo.

- **Automatización**

La *automatización* es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

El alcance va más allá que la simple *mecanización* de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la

automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano. La *automatización* como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistema de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

Objetivos de la *automatización*:

- Mejorar la productividad, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos con un alto grado de inseguridad.
- Realizar operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

- **Robotización**

Con la robotización, la herramienta tiene la misma flexibilidad en varios ejes para realizar por sí mismo tareas diversificadas. Probablemente, el robot es demasiado caro para usarlo para clavar los postes de madera o poner ladrillos. El futuro del robot está relacionado con la fabricación asistida por ordenador (CAM): la generación de formas complejas que pueden ser diferentes de una unidad a otra, abriendo el camino a la individualización dentro de la producción en masa, abriendo el camino a ``personalización masiva``.

- **Racionalización**

Se entiende por *racionalización* `` el conjunto de estudios de métodos de producción, incluidos aquí los de gestión y los de tecnologías, conducentes a mejorar la productividad y la rentabilidad``.

Es por eso que en mucha ocasiones se confunden los términos *racionalización* e *industrialización*. Pero, conviene decir que, en contra de la opinión de que la *racionalización* es el paso previo que conduce a la *industrialización*, históricamente ha sido al revés, ya que la *racionalización* ha seguido a la *industrialización*. Así, se ha ido sustituyendo la mano de obra por la máquina para, a continuación, racionalizar el trabajo mecanizado.

La *racionalización* se dedica, pues, al perfeccionamiento de los métodos de producción, ya sean éstos artesanales o industriales.

Para ofrecer una construcción de calidad a la gran mayoría de la gente, la industria de la construcción ha de pasar a la *industrialización* completa. La *industrialización* es, básicamente, la agregación de un gran mercado para dividir en fracciones de la inversión, en estrategias y tecnologías que permitan, a cambio de simplificar la producción, reducir los costes. La simplificación es la meta. Considerando que los primeros cuatro grados de industrialización (es decir, la prefabricación, la mecanización, la automatización, la robotización) permanecen en el nivel de duplicación de los procesos de construcción tradicionales, el quinto grado, la racionalización, trata de procesos innovadores capaces de acortar las operaciones repetitivas lineales de naturaleza artesanal.

Breve reseña histórica

La construcción industrializada, se ha venido definiendo a lo largo de la historia, como una metodología de construcción que supuso una revolución respecto a los métodos tradicionales. La filosofía consistía en convertir la construcción de una vivienda en una producción industrial; es decir, una cadena de montaje. Obtener las ventajas que ofrece un trabajo en cadena implica mejorar la calidad de los materiales y acabados, y mejorar en plazo y precio.

Un símil histórico sería las mejoras que introdujo Henry Ford en el mundo del automóvil cuando se empezaron a producir en serie, basadas en dos conceptos fundamentales:

- Cada operario actuaba sobre una pequeña parte del conjunto y con una formación no demasiado cualificada conseguía mayor rendimiento y mejores tiempos de producción.
- Sistema de piezas intercambiables, consiguiendo con la normalización de los elementos que se abaratara la producción.

No obstante, una edificación no es como un vehículo ni como cualquier producto que se pueda producir en cadena, por eso, las distintas metodologías de construcción industrializada intentaron introducir el trabajo en cadena en alguna de las fases de la construcción para así eliminar las faenas más manuales, caras y requirentes de mano de obra especializada por un proceso en serie.

Con este concepto se intento pasar la mayor parte de trabajo en obra a una factoría; esto significa entre muchos otros conceptos un aumento de la productividad, una especialización de la mano de obra, una reducción de los accidentes, un aumento de la calidad debido al mayor control en la producción y lo que es más importante, una reducción de plazos (entendido como tiempo en obra) y costes.

A lo largo de la historia hay varios precedentes de industrialización debido al propósito de la sociedad de optimizar la eficiencia de los procesos productivos. El primer ejemplo significativo de construcción industrializada se remonta al siglo XVI, cuando Leonardo da Vinci recibió el encargo de planificar una serie de nuevas ciudades en la región de Loire. Su planteamiento consistió en establecer, en el centro y origen de cada ciudad, una fábrica de elementos básicos que permitieran conformar a su alrededor un gran abanico de edificios. Dichas construcciones habían sido diseñadas previamente por él mismo para generar, de forma fluida y flexible, una gran diversidad de tipologías edificatorias con un mínimo de elementos constructivos comunes.

Otro ejemplo es el sucedido en ese mismo siglo durante la guerra entre franceses e ingleses, donde el ejército de Francisco I y Enrique II planificó las batallas contra Inglaterra construyendo pabellones de madera prefabricados que albergaran a sus soldados durante la ofensiva. Transportados fácilmente por barco, se montaban y desmontaban rápidamente por los propios soldados, de tal forma que los campamentos fueran, además de resistentes y confortables, ágiles en sus desplazamientos.

Siguiendo una técnica muy similar, en 1578 también se ejecutó en Baffin (Canadá) una casa prefabricada de madera que había sido construida en Inglaterra. Asimismo, en 1624, la Great House, una casa de madera panelizada y modular, construida por Edward Winslow en Inglaterra, fue trasladada y montada en Massachussets, Estados Unidos. Aunque estos dos últimos ejemplos no se pueden considerar prefabricación en estado puro, ya que la construcción de elementos no fue en serie sino diseñados para edificaciones singulares, sí que se aprecia un significativo cambio de mentalidad aplicada a la construcción.

No sería hasta el final del siglo XVIII cuando empezó a ser tangible la posibilidad de industrializar la construcción. En Europa, se empezó a desarrollar la construcción de puentes y cubiertas con hierro fundido, material que sería después aplicado a la elaboración de pilares y vigas de edificios. Al mismo tiempo, en Estados Unidos, se llevó a cabo la construcción de edificios de tipología Balloon Frame, constituidos por listones de madera provenientes de fábrica y ensamblados mediante clavos fabricados industrialmente.

Habría que esperar hasta finales del siglo XIX para que se volviera a utilizar en edificación el hormigón (que apenas se había empleado desde la época de los romanos), que aplicado junto con entramados de alambres, constituía una materia prima ideal para prefabricados.

En 1889, aparecía en EEUU la primera patente de edificio prefabricado mediante módulos tridimensionales en forma de “cajón” apilable, ideada por Edward T. Potter. Y en 1891 se prefabrican las primeras vigas de hormigón armado para la construcción del Casino de Biarritz.

Desde los primeros años del siglo XX la mecanización industrial había revolucionado el mundo ofreciendo a la sociedad la posibilidad de contar con máquinas, como los coches, que estandarizados y producidos en serie, ofrecían todas las ventajas deseables para la construcción de viviendas, ya que su producción resultaba ser; más económica, rápida, y de mayor calidad, habiéndose incorporado la utilización racional de nuevos materiales. La revolución industrial estaba cambiando la forma de vida, se había iniciado un democrático camino en el cual era posible fabricar más a menor coste y más de prisa, poniendo al servicio de todos, nuevos utensilios y máquinas capaces de dignificar la vida cotidiana. Por estas razones Le Corbusier reclama el abandono de la antigua casa y propone, como modelo de esa nueva vida Moderna, la “machine à habiter”.

“La máquina” encierra un importante significado, que Le Corbusier quería resaltar como modelo para la nueva casa, y es el hecho de que todas sus piezas se producen de forma industrializada, con nuevos materiales, y finalmente, la máquina se construye como resultado de la perfecta mezcla de cada una de ellas. Una nueva casa en la que se optimiza la forma, se suprimen los elementos superfluos y se produce en serie. Ese era en definitiva el mensaje completo que Le Corbusier quiso difundir al llamar a la casa “máquina de habitar”.

La máquina de habitar todavía no era una verdadera máquina, porque su sistema de construcción seguía siendo fundamentalmente artesanal. La arquitectura seguía luchando por ser normalizada y racionalizar sus procesos de construcción en espera de que la industria produjera los elementos de construcción en serie, que esta Arquitectura estaba ya demandando. Es entonces cuando Le Corbusier se centra en difundir una nueva llamada de alerta para recordar que el objetivo no ha sido todavía alcanzado plenamente.

Para ello, Le Corbusier inventa un nuevo y conciso concepto la “Caja de Elementos de Construcción”, aludiendo al hecho de que estaba todavía “vacía”. De nada serviría la búsqueda de nuevos sistemas para proyectar una Arquitectura Normalizada, si la industria no abandonaba su artesanal sistema de producción. De forma incansable, durante las cuatro décadas siguientes, esta misma “voz”, desde muy diferentes partes del mundo, se esfuerza en escuchar el eco de esta nueva y revolucionaria idea; la creación de una internacional “Caja de Elementos de Construcción”. Se trataba de pedir la colaboración de todos y cada uno de los diferentes países para que contribuyeran a crear esa “Caja”.

En algunos países como Estados Unidos, Alemania, Inglaterra Francia o Suiza, no sólo el gobierno, sino también muchas empresas constructoras e industrias, contaban desde entonces con centros de investigación que “modernizando” el rumbo de su destino, podían garantizar el progreso de la construcción hacia la prefabricación de nuevos elementos estructurales y constructivos. Sin embargo, en otros muchos países más deprimidos, como España, ni el gobierno ni las pequeñas empresas e industrias particulares del gremio, podían costear centros

de investigación experimental con capacidad suficiente para impulsar la necesaria evolución de los sistemas de producción. Hasta que en 1934, aparece en España el Instituto Técnico de la Construcción y la Edificación, creado por un grupo de ingenieros y arquitectos entre los que se encontraba el insigne Eduardo Torroja.

Este grupo de profesionales decidió por su cuenta poner fin a la lamentable laguna técnico científica existente en España, acelerando el desarrollo de la industria de la construcción en nuestro país, y contribuyeron de forma relevante a llenar la vacía Caja de Elementos de Construcción.

A partir de aquí se desarrollaron una serie de sistemas de diseños cerrados, cuyos elementos más representativos (pero no los únicos) eran grandes paneles de hormigón. Se trata de elementos que se fabrican conforme a especificaciones internas del propio sistema. Responde únicamente a reglas de compatibilidad interna y el proyecto arquitectónico ha de subordinarse a los condicionantes del sistema.

La industrialización cerrada fue casi siempre el *modus operandi* del que se hizo uso cuando concurrían condicionantes excepcionales: plazos de ejecución muy estrechos; uso de tecnologías no siempre asimiladas; proyectos de arquitectura que de la noche a la mañana pasaban de estar gestados “en tradicional” a ejecutarse “en prefabricado”; un urbanismo de espaldas a la sociedad; reglamentos y normas en los que no se sospechaba la posibilidad de que “creciesen” tres mil o más viviendas en dieciocho meses; escaso presupuesto y beneficios generosos;... Estos condicionantes conformaron el contexto en el que se hizo uso poco afortunado de la construcción mediante sistemas de industrialización cerrada.

Período 1950-1970: expansión y desarrollo

Los sistemas cerrados a base de grandes paneles fueron dominantes en la llamada “Europa del Este” y cuantitativamente importantes en los países que, en la época, conformaban la Unión Europea. En estas décadas los sistemas constructivos prefabricados impusieron de forma implacable (en pro de la economía y la urgencia) sus rutinas de actuación en mercados claramente de demanda:

- Exigencia de un mínimo del orden de mil viviendas agrupadas para intervenir con sistemas prefabricados.
- Proyectos con mínimas variaciones formales para reducir el número de elementos diferentes.
- Bloques de tipología lineal de gran frente, con el pretexto de evitar el cambio de las vías para las grúas-torre de montaje.

- Luces mínimas de forjados, para cumplir con los gálibos de transporte que condicionaron las dimensiones máximas del tamaño de las habitaciones.
- Nula flexibilidad de distribución en planta: la tabiquería también se ejecutaba con paneles portantes de hormigón en las tipologías estructurales cruzadas.

En general, la industrialización se le imponía al proyectista como una herramienta de economía de construcción, y el sistema constructivo, como un corsé incompatible con la arquitectura. Intentar modificar las rutinas de estos procesos equivalía, según los técnicos responsables de la época, a anular su competitividad.

De 1970 a 1985: crisis

La prefabricación a base de sistemas cerrados de viviendas trató de salir del atolladero en que se encontró en los inicios de la década de los setenta, buscando en la fase de producción (incluso utilizando las mismas plantas de prefabricación pesada con modificaciones): flexibilidad, elasticidad y variación, apuntando en la dirección de hacer posible la consecución desde estas fábricas la meta de: series cortas y diversificación del producto.

La crisis se agudizó. La Unión Europea pasaba de un mercado de demanda de viviendas en edificios en altura a otro de oferta de adosadas y unifamiliares, mercado en el que lo cualitativo empezaba a influir en forma importante. Algunos sistemas de grandes paneles se defendieron dando calidad, variedad y respondiendo a pequeñas demandas (100 viviendas agrupadas comenzaron a ser un pedido digno de ser estudiado), otros quedaron obsoletos y desaparecieron en la crisis.

En 1975, se agudizó el debate al considerar la prefabricación a base de sistemas cerrados de grandes paneles, como de primera generación de tecnologías de industrialización y se sentaron tímidas bases de la llamada industrialización abierta.

Muchas y distintas, según los países, fueron las causas de estos cambios:

- La crisis económica (1970-73) hizo que bajase el número de viviendas construidas de ocho por mil habitantes y año a cinco;
- La proporción de viviendas unifamiliares, llegó a ser del orden del 50% de lo que se construía en Holanda, Francia, Reino Unido y países escandinavos y algunos de los sistemas existentes se adaptaron mal a estas demandas;
- El tamaño medio de las obras bajó de forma sensible. Las realizaciones de varios cientos de viviendas agrupadas prácticamente desaparecieron y en algunos casos incluso se prohibieron.
- La crisis del petróleo impulsó normativas muy rigurosas que dejaron fuera de norma a no pocos sistemas de la llamada escuela francesa de grandes paneles.

- El derrumbamiento en forma de “castillo de naipes” por una explosión de gas del “Ronan Point” en 1968 cerca de Londres, supuso un freno para la prefabricación en altura.

La prefabricación a base de sistemas cerrados de viviendas trató de evolucionar, buscando en la fase de producción una mayor flexibilidad, elasticidad y variación, intentando hacer posible la consecución desde estas fábricas de series cortas y diversificación del producto. Este hecho sentó las bases para un futuro sistema de prefabricación abierto.

Apareció así, el empleo parcial de componentes, dando lugar a una gama de productos y prestaciones más o menos fija admitiéndose ciertas variaciones dimensionales o de pequeña entidad. Su empleo no requiere un grado de industrialización determinado de sus realizaciones y pueden utilizarse en obras y proyectos claramente tradicionales.

Las tecnologías de componentes, ya existían antes y resistían bien la crisis, ya que la prefabricación abierta permitía que varios fabricantes pudieran producir elementos para una misma construcción y era posible la coexistencia de la construcción prefabricada con la tradicional. Una característica de la tecnología de componentes que había que resolver es que necesita una mínima coordinación dimensional, mayor que la necesaria con los sistemas cerrados y con más importancia en los sistemas en los que colaboran más fabricantes; se necesitaban catálogos bien estudiados de cada fabricante, respetando las dimensiones con suficiente precisión y dentro de un sistema de tolerancias previsto; también era necesario que los fabricantes tuviesen un amplio radio de acción, más grande cuanto más específicos sean los usos de sus productos y además tenían que disponer de stock para la rápida distribución.

Aunque no rebajaban los costes finales, los componentes se adaptaban mejor a las nuevas tendencias, se adecuaban mejor al creciente mercado de unifamiliares ya que el menor volumen de las obras penalizaba las tecnologías de hormigón en grandes paneles y por otro lado el mejor cumplimiento de la Normativas también les favorecía.

En 1975 ya se habla del fin de la prefabricación a base de sistemas "cerrados" de grandes paneles y se sientan las bases de la prefabricación abierta en la construcción a base de componentes compatibles, aunque por el momento sólo se aportan trabajos teóricos y prototipos.

Como resultado de esta evolución hacia esta apertura “acotada” de los sistemas cerrados, apareció lo que se conoce como sistemas tipo “mecano”, preparados para combinarse en múltiples soluciones suministradas por distintos productores que respetan voluntariamente un lenguaje combinatorio definido y acotado.

De 1985 a 2000: demoliciones provocadas y nuevos usos de la prefabricación. La construcción con componentes.

Apareció con fuerza en Europa un nuevo fenómeno: el abandono, ocupación –vandálica en algunos casos– y posterior voladura controlada de miles de viviendas, prefabricadas en su mayoría, ya que esta técnica fue la forma constructiva dominante en las décadas previas.

En Gran Bretaña, a finales de los ochenta, se demolieron más de 140.000 viviendas.

Muchas habían sido construidas en el período de las entreguerras del pasado siglo, pero también, un porcentaje significativo habían sido construidas después de la Segunda Guerra Mundial.

La cifra oficial de viviendas construidas en la posguerra y que fueron planificadamente demolidas superó las 30.000 hasta 1998.

Por contra, irrumpió con fuerza la prefabricación de edificios públicos: escuelas, hospitales, oficinas... La industrialización de la construcción de naves y polígonos industriales se ejecutaba mayoritariamente a base de grandes elementos prefabricados de hormigón y el llamado “hormigón arquitectónico” –fachadismo, según expresión acuñada por el Seminario de Prefabricación– permitió prefabricar elementos impensables por formas y calidades hasta el momento.

Desde el 2000: consolidación de la industrialización a base de componentes

La práctica europea en la producción masiva de viviendas a base de sistemas cerrados de grandes paneles de hormigón, proporciona un buen número de errores en las técnicas y las políticas del contexto en el que se utilizaron –también algunos aciertos– que cuando menos, merecen una reflexión desde las condiciones concretas de su uso en cada caso:

- La industrialización de la construcción no es únicamente prefabricación.
- No es condición imprescindible contar con volúmenes de obra tan altos como los que se manejaban para utilizar sistemas cerrados.
- Los sistemas industrializados no pueden atender en forma eficiente cualquier tipo de pedido.
- Los volúmenes de inversión en plantas de prefabricación sufrieron una drástica reducción.
- No todas las diferencias dimensionales, formales o de acabados, tienen igual importancia desde el punto de vista de la producción, ni todos los elementos de igual apariencia tienen igual constitución.
- La grúa debe ser una herramienta al servicio de la edificación, no un axioma de partida.
- No resulta pertinente proyectar en tradicional y ejecutar en prefabricado.

- Los gálibos y medios de transporte influyen en los procesos de construcción prefabricada, el reto está en doblegar su influencia con soluciones tecnológicas.
- El radio de acción de las plantas de prefabricados se incrementó con la mejora de las redes de transporte.
- Conviene meditar la decisión sobre el peso máximo de los elementos a utilizar.
- Se restringió la solución “todo-hormigón” en las realizaciones de viviendas.
- La estrategia sectorial se clarificó: los prefabricadores dejaron de ser constructores y pasaron a ser industriales.

Al examinar el panorama mundial en el campo de la industrialización de la edificación en los últimos tiempos, nos encontramos con que, tal vez por primera vez en su historia, se asiste a una evolución cuya aportación principal no es tecnológica, sino fundamentalmente metodológica.

La evolución metodológica a la que nos estamos refiriendo es la tendencia a la utilización de elementos constructivos de distinta procedencia (fabricantes), que se puede ensamblar en obra gracias a sus compatibilidades dimensionales, de tolerancias y de juntas, dando lugar a realizaciones arquitectónicas diversas, dependiendo de la combinatoria que se utilice en los diferentes proyectos. Estamos, pues, ante lo que se ha venido llamando *método de elementos, industrialización por componentes compatibles o industrialización abierta, más recientemente*.

Hay que distinguir la noción de industrialización abierta de la de los llamados⁵ “sistemas bajo pedido” y “sistemas mecano”.

Los primeros posibilitan la utilización de elementos que se fabrican “a medida” para una obra concreta, no cumpliendo otros requisitos que las especificaciones del proyecto para el que se solicitan y que, normalmente, no se vuelven a usar en otra construcción.

Por otro lado, los “sistemas mecano” (denominados así por su semejanza con los juegos de construcción) emplean elementos prefabricados que figuran en el catálogo particular del fabricante, y cuya lógica se basa en poderse unir con los restantes elementos del mismo catálogo.

Por tanto, a unos y a otros les falta el requisito de “universalidad” que caracteriza a los componentes usados en la industrialización abierta.

No hay sólo un deseo de cambio tecnológico, que podría traducirse en un cambio de sistemas cerrados a otros abiertos, sino que existen también otros aspectos quizá tan importantes o más importantes que aquél, tales como:

⁵ BLACHÈRE, G. *Tecnologías de la construcción industrializada*. G. Gili, 1997.

- La búsqueda de un acercamiento de la industrialización a la arquitectura (y viceversa), que tanto se ha echado en falta en el pasado.
- La aproximación a las necesidades reales de evolución en el tiempo de la vivienda.
- Utilización de los sistemas industrializados en el medio rural sin "contaminarlo", arquitectónicamente hablando.
- Posibilitar el uso de la industrialización en los cascos antiguos de nuestras ciudades, gracias al empleo de elementos de tamaño pequeño o medio dotados de la suficiente flexibilidad.
- Aprovechar al máximo las tecnologías actuales, dando preferencia a aquellas que precisen un menor gasto energético y de materias primas.
- Proceder con sumo cuidado en la introducción de técnicas o materiales nuevos, experimentándolos todo lo que sea preciso.
- Satisfacer la tendencia a la huida de la edificación masiva, que caracterizó épocas pasadas, ofreciendo un instrumento tecnológicamente actualizado para la construcción de la vivienda colectiva en núcleos pequeños individualizados o de la vivienda unifamiliar.

Se fijan, por tanto, como objetivos de la industrialización abierta:

1. La satisfacción de las exigencias de edificación (principalmente de viviendas) tanto en cantidad, como en calidad arquitectónica.
2. Ser un instrumento satisfactorio arquitectónicamente, ya sea en el campo edificatorio, como en el urbanístico, con voluntad de universalidad (poderse usar en todo lugar, para cualquier construcción y por cualquier constructor).
3. Valer de reactivador y ordenante de las industrias de la construcción, tanto principales como auxiliares.
4. Conectar la tecnología con una arquitectura más personalizada y satisfactoria para todos los sectores.

Es por todo ello por lo que se considera a la industrialización abierta como un sistema de segunda generación dentro del proceso de la industrialización de la edificación.

Entendiendo por industrialización abierta la posibilidad cierta de que componentes complejos de distintas procedencias y generados con diferentes formas de producción, bajo directrices de proyecto redactadas con mentalidad y disciplina industrial, propicien como resultado,

espacios construidos mayoritariamente a base de componentes producidos por empresas distintas⁶.

Como final de esta división de la práctica en el campo de la prefabricación masiva de viviendas, se sugiere este período abierto, y en forma más concreta entre 1990 y 2000, como embrión de una nueva filosofía constructiva, denominada industrialización a base de componentes.

Los hechos enumerados en las etapas anteriormente descritas propiciaron que se comprobase que:

- Las tecnologías de producción de componentes resistían bien la crisis y se adaptaban mejor que los sistemas cerrados a las nuevas tendencias.
- Los componentes se introducían favorablemente en el creciente mercado de viviendas unifamiliares.
- La reducción drástica de obras de gran volumen penalizaba las tecnologías de hormigón e impulsaba el uso de componentes de otros materiales.
- La elasticidad de las soluciones constructivas a base de componentes hizo posible el cumplimiento de las nuevas normas de ahorro energético y las respuestas a otro tipo de arquitectura desde el lado de la demanda.

En este apartado, se ha tratado de establecer una visión de cómo ha ido avanzando el concepto de industrialización en la edificación y los hechos que han motivado o influido en el proceso de evolución de la construcción de viviendas a base de sistemas industrializados. Este análisis, se ha realizado: desde los primeros orígenes, pasando por los sistemas de prefabricación cerrada (mayoritariamente mediante grandes paneles de hormigón de los años 60) hasta las nuevas formas de proyectar y construir actuales que conllevan la utilización de componentes y subsistemas constructivos de diferentes procedencias y aptos para colocarse en obras industrializadas o no industrializadas. Se usan de forma cada vez más frecuente las juntas universales y las gamas modulares. Como contrapartida los sistemas abiertos requieren reglas más precisas y de mayor aceptación por proyectistas, constructores y fabricantes. Es una tarea compleja que se debe abordar a su escala por todas las partes implicadas.

Los sistemas de unión y el estudio de las juntas ha resultado uno de los temas más importantes para el desarrollo de los componentes, normalmente se han preferido los sistemas de montaje en seco mediante soldadura, tornillos o remaches a los húmedos con hormigones o morteros, pero en todo caso la uniones han de ser correctas cuidando el aislamiento acústico y el térmico, la impermeabilización, la dilatación térmica y otros aspectos,

⁶ SALAS, J. (2008). *De los sistemas de prefabricación cerrada a la industrialización sutil de la edificación: algunas claves del cambio tecnológico*. Informes de la construcción. Vol. 60, 512, 19-34. Octubre-diciembre 2008.

y para el correcto funcionamiento de la construcción su realización requiere mano de obra especializada y cuanto más pequeños sean los elementos mayor número de juntas existirán y mas mano de obra será necesaria. Una alternativa ha sido la de trabajar con células tridimensionales que llegaban a la obra terminadas minimizando las juntas necesarias en su colocación, sin embargo no han alcanzado mucho desarrollo y han sido muy criticadas por su poca adecuación y su rigidez en cuanto al diseño arquitectónico.

3. Estudio de una obra con grado de industrialización elevado

Desde hace ya muchos años, la tecnología de la construcción no ha avanzado tanto como las exigencias de su propio mercado. Debido a estas exigencias actuales, tanto normativas como sociales, la forma de construir de antaño no es válida hoy en día. Por ello y para modernizarla surgen las distintas alternativas industrializadas a la construcción tradicional, hoy en día presentes en el mercado. Este mercado resulta bastante nuevo y está en muchos casos en fase de primera experimentación; no obstante, el tiempo será el que decida sobre qué alternativas resultan más favorables y adecuadas.

El concepto de obra con un grado de industrialización elevado engloba muchas tipologías constructivas muy diferentes entre ellas. Desde la construcción modular hasta la construcción ligera, pasando por muchas variedades con paneles de hormigón portante. Todas estas tipologías tienen en común una rotura con la construcción tradicional y su símbolo más característico que es el ladrillo.

Existen numerosas metodologías de industrialización presentes en España. Por un lado, está el mundo relacionado con la construcción ligera, el uso de secciones de acero esbeltas, la ausencia de hormigón, la rapidez en la ejecución y la reducción del peso propio son las principales características de este tipo de construcción. Por otro lado, está la construcción con hormigón en forma de paneles. Las distintas filosofías presentes en este segundo grupo se diferencian entre sí en la puesta en obra; muchas opciones realizan el panel en un local con condiciones controladas para en obra únicamente realizar la colocación; por el contrario, hay muchas otras opciones que eliminan costes de transporte realizando todas las partes en la misma obra. Independientemente a la filosofía tan distinta en cuanto a material, está la concepción de la construcción modular, donde la parte más innovadora y a su vez más llamativa es la puesta en obra, ya que convierte la construcción tradicional de una vivienda en un montaje similar al mecano.

Los avances no sólo se han producido en la producción de elementos, la utilización de componentes ha modificado la planificación de la obras al trasladar parte de las tareas habituales de la obra al taller o a la fábrica, pero por otra parte se ha requerido un esfuerzo notable en la planificación de la obra para ajustar la programación del montaje de los componentes; la dificultad intrínseca de las construcciones, con su adaptación al lugar mediante las cimentaciones y las infraestructuras alberga frecuentes imprevistos, el edificio no tiene ninguna semejanza con un objeto industrial y las circunstancias locales en cuanto al aporte de materiales y de mano de obra o las inclemencias del tiempo dificultan toda la planificación. La gestión de un plan de trabajo acota los desajustes todo lo posible, intentando el pleno empleo de equipos y personal, para ello es interesante el apoyo logístico de las herramientas informáticas, para conseguir que los componentes lleguen en el momento preciso, ni

demasiado pronto para evitar stocks, ni demasiado tarde; esto también depende de la red de distribución del fabricante.

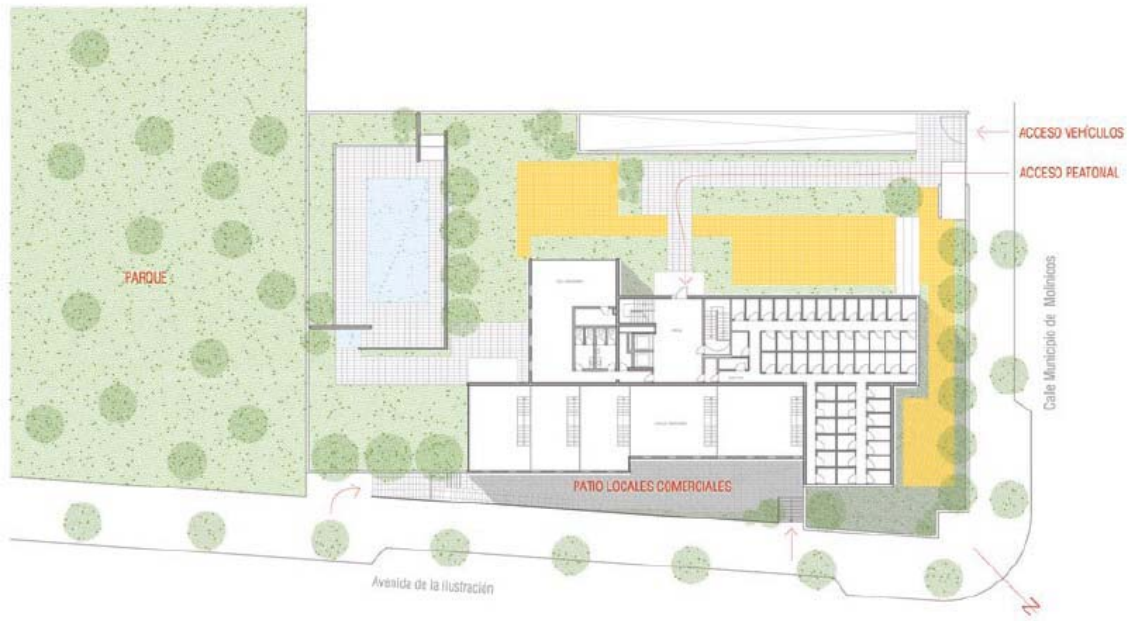
También se avanza en la utilización de equipos polivalentes de operarios capaces de realizar tareas diversificadas, se trata de que sean capaces de ensamblar componentes y trabajar con semiproductos, siguiendo la definición utilizada por algunos autores para un estado en la elaboración de materiales inferior al de componente.

3.1. Estudio de la obra

Para poder realizar la comparativa de una forma correcta y coherente, primero hay que definir un marco donde poder cuantificar objetiva y homogéneamente las fortalezas y deficiencias de cada uno de los métodos de construcción; para ello se define previamente un tipo de obra sobre la que poder realizar el estudio y la posterior comparación.

Uno de los aspectos que se ha tenido en cuenta a la hora de elegir la obra, es el hecho que la construcción tenga mucha repetitividad, es decir, que sea fácilmente exportable del plano arquitectónico a uno o dos encofrados tipo uno o dos módulos distintos. Este aspecto es limitante en muchas ocasiones, ya que determinados diseños no son compatibles con la concepción de industrialización ya que la forma más óptima para la construcción industrializada es realizar el diseño arquitectónico y el proyecto una vez se ha decidido qué metodología de construcción se va a utilizar, justamente al revés de cómo se hacen en España los proyectos.

La obra que se va a emplear como ejemplo de obra con un elevado grado de industrialización, se trata de un edificio de 54 viviendas (1, 2 y 3 dormitorios), 2 sótanos y locales comerciales; situado en la parcela RB-2AA, Sector 14 en Albacete. Para su construcción se emplea el sistema de paneles "Arquitectura Vertida" (A.V) a modo de estructura vertical y fachada, y como estructura horizontal placas alveolares. Se trata de un único volumen rodeado de jardines. La planta está formada por cuatro crujías colocadas perpendiculares dos a dos. El edificio tiene ocho plantas sobre la rasante de la calle con una superficie construida de **7.650,78 m²**. La parcela tiene una superficie de 2.490,91 m² y la ocupación en planta del edificio es de 684,95 m². Para entender mejor el edificio, se adjuntan los planos de arquitectura del mismo (**ANEXO 1**).



Plano de situación con la ubicación del edificio dentro de la parcela y la señalización de los accesos.

El procedimiento constructivo “Arquitectura Vertida” se basa en la utilización de paneles huecos prefabricados de hormigón, con aislamiento, pasos para instalaciones y carpinterías incluidas desde fábrica, que formarán una vez colocados en su posición en obra y vertido el hormigón en su interior, toda la estructura vertical y las fachadas totalmente terminadas hacia el exterior y el interior, sin necesidad de pintura ni del habitual mantenimiento posterior.



Este sistema fue inventado en el año 1997 por el arquitecto Miguel Fisac y desde entonces se ha ido desarrollando y mejorando en diversos proyectos y obras apoyados por técnicos de primer nivel. En el 2006 entra a formar parte del equipo Postelétrica Fabricación S.A. que desarrollará y fabricará, a partir de entonces, los paneles A.V.

Este sistema constructivo, consiste en esencia en unos paneles huecos con buena terminación en sus dos caras, con precercos para las ventanas y puertas, con las canalizaciones para instalaciones registrables y aislamiento en su interior. Una vez colocados en obra, se rellenan de hormigón formando la fachada y la estructura portante del edificio. La estructura horizontal la forman placas alveolares de hormigón

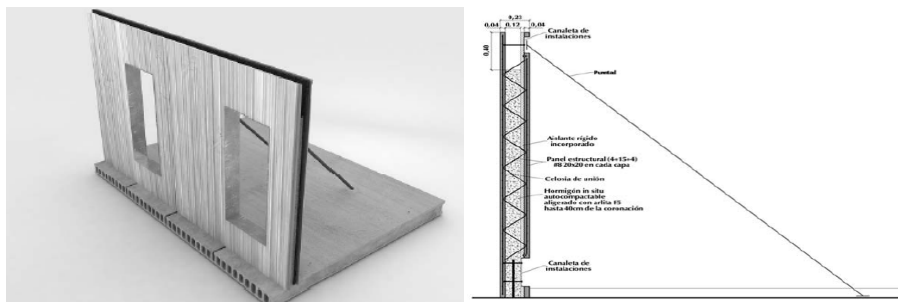
pretensado. Todos estos elementos llegan a obra terminados, listos para su montaje, tan sólo es necesario verter el hormigón dentro de ellos. Este hormigón entra en el nudo haciendo solidarios los paneles con el forjado planta a planta, sin anclajes. El montaje se realiza siempre a favor de obra, apuntalando los paneles desde el interior, sin andamios. Una vez colocados los paneles, las placas alveolares y vertido el hormigón de una planta ésta queda terminada, lista para instalar en ella la tabiquería en seco, las instalaciones, sin necesidad de hacer rozas, y las carpinterías. Mientras el edificio continúa creciendo.



El proceso de montaje del sistema A.V es el siguiente:

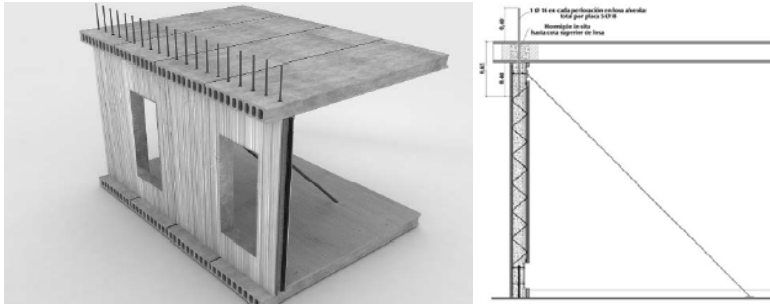
Montaje 0

El panel estructural, con celosía interior, aislante rígido, precerco y canaletas incorporadas, está apuntalado hacia el interior y hormigonado hasta 40 cm de su coronación. El forjado inferior está terminado, y la armadura horizontal superior colocada.



Montaje 1

Se coloca la placa alveolar apoyada en los paneles. Esta placa viene de fábrica con los tapones de los alveolos puestos, armada a negativos y con cinco perforaciones para poder colocar la armadura pasante.



Montaje 2

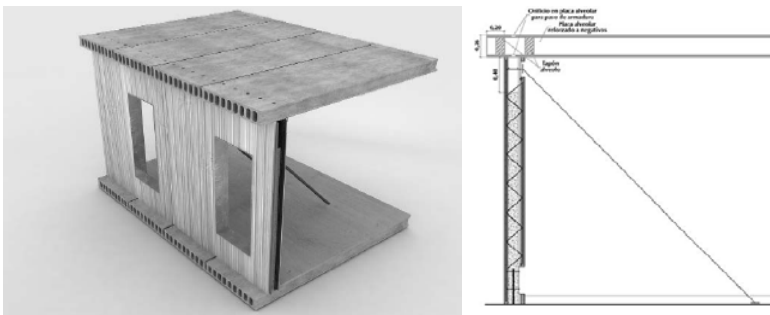
1ª fase de hormigonado.

Se hormigona el nudo, con hormigón autocompactable aligerado con arlita F5. Con el hormigón fresco, se coloca la armadura pasante, 5Ø16 por placa alveolar, un redondo por cada perforación de placa.



Montaje 3

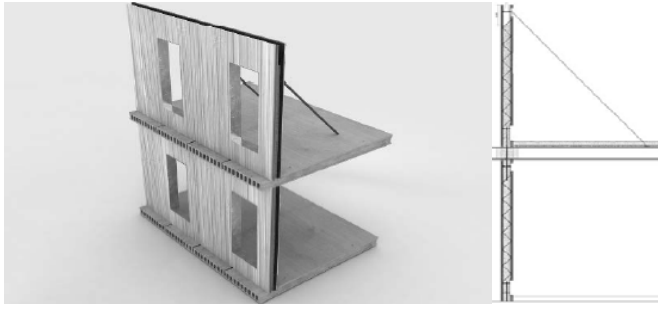
Se monta el panel superior en el perímetro de las placas alveolares, dejando un vuelo de 20 centímetros. Se apuntalan los paneles hacia el interior.



Montaje 4

2ª fase de hormigonado.

Se vierte la capa de compresión sobre la placa alveolar, con un mallazo de reparto 15 x 15 5-5 y se retiran los puntales de la planta inferior.

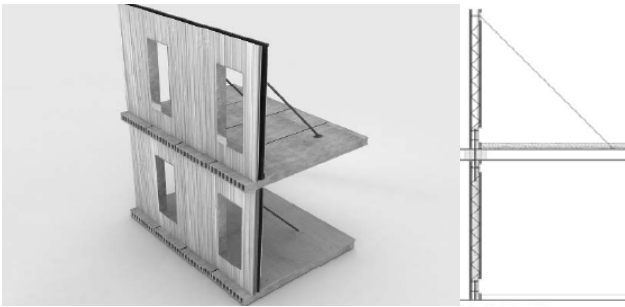


Montaje 5

3ª fase de hormigonado.

Se hormigona el panel, apuntalado hacia el interior, hasta 40 cm de la coronación, con hormigón autocompactable aligerado con arlita F5.

Se coloca la armadura horizontal superior de atado de paneles entre sí, 2Ø12, apoyados sobre la celosía del panel.



Este sistema de construcción industrializada, en comparación con los sistemas tradicionales de construcción de viviendas, presentan numerosas ventajas en los diversos campos nombrados a continuación.

- Este procedimiento incorpora a la construcción de viviendas una *gran rapidez y facilidad de ejecución* en obra.
- La construcción en obra no genera residuos, siendo el impacto en el lugar escaso por lo que es un sistema de *gran sostenibilidad y limpieza*.
- El *control de calidad* es muy elevado al fabricarse estos elementos por operarios cualificados y con la más avanzada tecnología.
- La calidad de la terminación del panel AV conseguida por la lámina de poliuretano a modo de encofrado flexible y las soluciones de unión de

estructura horizontal y vertical hacen que el edificio terminado tenga una *óptima conservación* sin necesidad de mantenimiento.

- El edificio va creciendo cerrado en todo su perímetro por la propia fachada estructural. La fachada se construye sin andamios, trabajando siempre a favor de obra, aumenta la *seguridad en el trabajo* reduciendo los accidentes laborales.

Además de las ventajas mencionadas con anterioridad a este tipo de construcciones, se le presuponen una serie de mejoras frente a los sistemas tradicionales de construcción desde el punto de vista de los costes, el tiempo, la utilización de los recursos y los momentos en la ejecución; que en este estudio se va a pretender demostrar si son ciertas o simplemente responden a estrategias comerciales por parte de las compañías que fabrican los productos o por parte de los creadores de las diferentes patentes.

Para comenzar con el estudio de la obra con un elevado grado de industrialización y una vez elegido el edificio que se va a emplear como modelo, es preciso definir lo que se entiende como obra acabada. Este aspecto es necesario simplemente por un motivo de homogenización de los valores para poder realizar objetivamente una comparativa.

A la hora de definir la obra, hay que aclarar lo qué es la obra acabada, es decir, concretar las partidas que entran como presupuesto. Por ello, se ha procedido al análisis pormenorizado del proyecto, a fin de determinar las diferentes partidas que son necesarias llevar a cabo para una correcta ejecución del mismo.

Este análisis de las partidas queda reflejado de un modo general en la siguiente tabla, de manera que cuando se realice el estudio de la obra tradicional, se puedan establecer las pertinentes comparaciones entre ambas.

PARTIDA		DEFINICIÓN
Movimiento de tierras		Excavación necesaria para la ejecución de dos sótanos
Estructura	Cimentación	La cimentación se resuelve mediante: <ul style="list-style-type: none"> • Zapatas aisladas • Zapatas bajo muro • Losa de cimentación
	Bajo rasante	La estructura de las dos plantas de sótano se resuelve mediante: <ul style="list-style-type: none"> • Pilares y vigas de cuelgue • Muros de hormigón • Placa alveolar
	Sobre rasante	
Cerramiento		Sistema "Arquitectura Vertida"
Divisiones Interiores	Zonas comunes	Tabiquería yeso laminado
	División entre viviendas	Sistema "Arquitectura vertida"
	Interior viviendas	Tabiquería yeso laminado
Cubierta		Cubierta invertida plana transitable, acab/ solado piedra caliza.
Solados	Interior viviendas	Pavimento continuo de linóleo FORBO.
	Aseos, baños y cocinas	Pavimento continuo con caucho modelo UNITO
	Zonas comunes	Pavimento continuo constituido por autonivelante elástico de poliuretano
	Garajes	Pavimento continuo de resina
Alicatados		Revestimiento de caucho UNITO en baños
Acabados		Pintura plástica directamente sobre tabiquería en seco
Falsos techos		Falso techo yeso laminado
Carpintería exterior		Se trata de carpintería de aluminio. Viene incorporada en el Sistema "Arquitectura Vertida"
Carpintería interior		<ul style="list-style-type: none"> • Puerta entrada vivienda • Puerta de paso • Frente de armarios • Encimera lavabo

Instalaciones	Saneamiento	
	Electricidad	Parte de la 1ª fase de la instalación viene en interior de los paneles
	Fontanería	
	Calefacción	Suelo radiante
	Gas	Caldera centralizada
	Extracción	
	Elevación	2 ascensores
	Telecomunicaciones	Parte de la 1ª fase de la instalación viene en interior de los paneles
	Energía solar	
Urbanización		<ul style="list-style-type: none"> • Parte del cerramiento de la parcela se realiza con A.V. • Cerramiento metálico. • Piscina. • Zona Ajardinada.

Tabla 3.1. Partidas de la obra grado industrialización elevado. Elaboración propia.

Una vez realizado el análisis del proyecto, lo que se pretende es definir el conjunto de actividades del proyecto claramente identificables en orden de ejecución. Para ello se han dividido cada una de estas partidas en diferentes actividades, puesto que en la mayoría de los casos no coinciden.

En la siguiente tabla, aparecen todas las actividades en las que está dividida la obra sometida a estudio. A cada una de las actividades se le ha establecido un rendimiento con la intención de obtener la duración de las mismas. Además, se ha determinado el número de recursos necesarios para llevar a cabo cada una de las actividades.

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

79	ud	Recibido de cercos en zonas comunes	54,00	10 ud/d	6	Pladur	3	
80	ud	Recibido de cercos en Sótanos y trasteros	54,00	10 ud/d	6	Pladur	3	
81	ud	Recibido de cercos en viviendas	364,00	10 ud/d	17	Pladur	3	
82	ud	Colocación de conductos de extracción campana	54,00	15 ud/d	3	Pladur	3	
83	ud	Colocación de conductos de ventilación cocinas y baños	54,00	15 ud/d	3	Pladur	3	
84	ud	Colocación de rejillas de ventilación	73,00	15 ud/d	3	Pladur	3	
85	ud	Colocación de aspiradores estáticos	97,00	25 ud/d	3	Pladur	3	
86	ud	Recibido de bañeras y duchas	66,00	1,2 h/ud	10	Pladur	3	
87		AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN	-	-	-			
88	m²	Aislamiento térmico hormigón celular	655,35	200 m²/d	4	Aislamiento	1	
89	m	Zócalo perimital para suelo radiante	4.550,00	150 m/d	17	Aislamiento	4	
90	m²	Impermeabilización resina terrazas y tendadero	422,47	75 m²/d	6	Impermeabilizadores	2	
91	m	Remate impermeabilización cubierta	224,98	150 m/d	2	Impermeabilizadores	1	
92		REVESTIMIENTOS Y ACABADOS	-	-	-			
93	m²	Recricado con mortero	4.631,07	100 m²/d	14	Soladores y Alicatadores	3	
94	m	Ejecución de solado de escaleras	86,64	200 m²/d	2	Soladores y Alicatadores	1	
95	m	Ejecución de peldaños	211,20	200 m²/d	5	Soladores y Alicatadores	1	
96	m²	Ejecución de solado zonas comunes	469,38	200 m²/d	5	Soladores y Alicatadores	1	
97	m²	Ejecución de solado linóleo FORBO en viviendas	2.989,18	200 m²/d	15	Soladores y Alicatadores	2	
98	m²	Ejecución de solado con caucho en rollo UNITO en cocinas	348,08	200 m²/d	4	Soladores y Alicatadores	2	
99	m²	Ejecución de solado con caucho en rollo UNITO en baños	330,01	200 m²/d	4	Soladores y Alicatadores	2	
100	m	Ejecución de escocia caucho en baños	724,00	200 m²/d	4	Soladores y Alicatadores	2	
101	m²	Ejecución de pavimento Sikafloor 400-N en aleros	441,50	200 m²/d	5	Soladores y Alicatadores	2	
102	m²	Ejecución de revestimientos de caucho UNITO en baños	497,75	200 m²/d	5	Soladores y Alicatadores	2	
103	m²	Ejecución pavimento resina en parking	1.875,42	200 m²/d	10	Soladores y Alicatadores	2	
104	m²	Ejecución de falso techo viviendas	3.516,44	50 m²/d	27	Pladur	4	
105	m²	Ejecución de falso techo z. comunes	392,60	50 m²/d	8	Pladur	2	
106	m²	Ejecución de solado trasteros	227,12	100 m²/d	3	Soladores y Alicatadores	2	
107		INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD	-	-	-			
108	ud	Ejecución de Red de Toma de Tierra	1,00		1	Electricistas	1	
109	ud	Colocación de tomas de tierra con pica	1,00		1	Electricistas	1	
110	ud	Línea general de Alimentación y acometida	1,00		1	Electricistas	1	
111	ud	Colocación de módulos de contadores	54,00		3	Electricistas	1	
112	ud	Ejecución de derivación individual a Viviendas	54,00		4	Electricistas	1	
113	ud	Ejecución de derivación individual a Zonas Comunes	1,00		1	Electricistas	1	
114	ud	Ejecución de derivación individual a Ascensor	2,00		1	Electricistas	1	
115	ud	Ejecución de derivación individual a Garaje	6,00		1	Electricistas	1	
116	ud	Ejecución de derivación individual a local comercial	1,00		1	Electricistas	1	
117	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Viviendas	54,00		4	Electricistas	2	
118	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Zonas Comunes	1,00		3	Electricistas	2	
119	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Ascensor	2,00		1	Electricistas	2	
120	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Garaje	6,00		2	Electricistas	2	
121	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en loc. Comercial	5,00		1	Electricistas	2	
122	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Viviendas	54,00		21	Electricistas	2	
123	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Zonas Comunes	1,00		3	Electricistas	2	
124	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Ascensor	2,00		1	Electricistas	2	
125	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Garaje	6,00		7	Electricistas	2	
126	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en loc. Comercial	5,00		1	Electricistas	2	
127		INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	-	-	-			
128	ud	Ejecución de tubería de distribución de la Acometida al Grupo de Presión	1,00		1	Fontaneros	1	
129	ud	Colocación de Depósitos y Grupo de Presión	1,00		1	Fontaneros	1	
130	ud	Ejecución de tubería de distribución del Grupo de Presión a Contadores	1,00		1	Fontaneros	1	
131	ud	Colocación de batería de contadores	2,00		3	Fontaneros	1	
132	ud	Ejecución de tubería distribución individual Viviendas	54,00		4	Fontaneros	2	
133	ud	Ejecución de tubería distribución individual Garaje	2,00		2	Fontaneros	2	
134	ud	Ejecución de tubería distribución individual local comercial	5,00		1	Fontaneros	2	
135	ud	Ejecución de tubería distribución individual Urbanización	2,00		1	Fontaneros	1	
136	ud	Ejecución de fontanería interior de viviendas	54,00		5	Fontaneros	2	
137	ud	Colocación de Bañeras y Duchas	74,00		5	Fontaneros	2	
138	ud	Colocación de Aparatos Sanitarios	271,00		8	Fontaneros	2	
139	ud	Colocación de grifo lavadora y lavavajillas	109,00		5	Fontaneros	2	
140		INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS	-	-	-			
141	ud	Ejecución de calderas, depósitos y grupos de presión	1,00		1	Calefactores	1	
142	ud	Ejecución conexión energía solar con caldera centralizada	1,00		1	Calefactores	1	
143	ud	Ejecución columnas de ACS patinillos	6,00		4	Calefactores	2	
144	ud	Ejecución columnas de calefacción patinillos	6,00		4	Calefactores	2	
145	ud	Ejecución instalación ACS interior viviendas	54,00		9	Calefactores	2	
146	ud	Ejecución instalación suelo radiante interior viv.	54,00		15	Calefactores	4	
147		INSTALACIÓN DE GAS	-	-	-			
148	ud	Ejecución de tubería de distribución de Acometida a Contador centralizado	1,00		1	Gas	1	
149	ud	Instalación contador centralizado	1,00		1	Gas	1	

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

150	ud	Ejecución de tubería de distribución de gas a calderas centralizadas	1,00		3	Gas	1	
151		INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN	-	-	-			
152	ud	Colocación de maquinaria en cuartos de extracción	4,00		2	PCI	1	
153	m²	Colocación de conductos de chapa en Garaje	1.270,57		20	PCI	2	
154	ud	Ejecución 1ª fase de instalación de detección	1,00		5	PCI	2	
155		INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS						
156	ud	Acometida de agua para incendios desde red general	1,00		1	PCI	1	
157	ud	Instalación de contador y puesto simplificado	1,00		2	PCI	1	
158	m	Instalación Tubería Acero negro	224,00		4	PCI	2	
159	ud	Ejecución 1ª fase detección de incendios	1,00		5	PCI	2	
160	ud	Ejecución 2ª fase detección de incendios	1,00		5	PCI	2	
161	ud	Instalación central analógica y módulos	1,00		2	PCI	1	
162	ud	Instalación de BIES	6,00		4	PCI	1	
163	ud	Colocación de extintor polvo	37,00		3	PCI	1	
164		INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN	-	-	-			
165	ud	Instalación de ascensores	2,00		10	Ascensores	1	
166		PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO	-	-	-			
167	m	Instalación montantes tubería cobre frigorífico	685,00		5	Aire Acondicionado	2	
168	m	Instalación tubería cobre frigorífico viviendas	3.512,00		15	Aire Acondicionado	2	
169	m	Instalación tubería cobre frigorífico locales	296,00		3	Aire Acondicionado	2	
170	ud	Instalación líneas de control	59,00		8	Aire Acondicionado	1	
171		INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES	-	-	-			
172	ud	Instalación eléctrica RITI	1,00		2	Telecomunicaciones	1	
173	ud	Instalación eléctrica RITS	1,00		2	Telecomunicaciones	1	
174	ud	Ejecución de conjunto de captación y equipo de cabecera TV	1,00		2	Telecomunicaciones	1	
175	ud	Ejecución de derivación individual viviendas	54,00		3	Telecomunicaciones	1	
176	ud	Ejecución de derivación individual locales comerciales	5,00		1	Telecomunicaciones	1	
177	ud	Ejecución 1ª fase de instalación de Telecomunicaciones en interior de viviendas	54,00		4	Telecomunicaciones	2	
178	ud	Ejecución 2ª fase de instalación de Telecomunicaciones en interior de viviendas	54,00		9	Telecomunicaciones	2	
179		INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR	-	-	-			
180	ud	Colocación de conjunto de paneles	1,00		3	Energía solar	1	
181	ud	Colocación de tubería ida (desde Contador a Depositos y grupos de cubierta)	1,00		1	Energía solar	1	
182	ud	Instalación de ida (a paneles)	1,00		2	Energía solar	1	
183	ud	Instalación de retorno	1,00		2	Energía solar	1	
184	ud	Colocación de depositos y grupos de energía solar	1,00		2	Energía solar	1	
185	ud	Instalación de contador centralizado	1,00		1	Energía solar	1	
186	ud	Ejecución tubería de ACS a caldera centralizada	1,00		1	Energía solar	1	
187		INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO						
188	ud	Instalación protección contra el rayo	1,00		3	Electricista	1	
189		CERRAJERIA	-	-	-			
190	ud	Colocación puertas RF Sótanos	15,00	20 ud/d	1	Cerrajeros	1	
191	ud	Colocación de puertas RF Zonas comunes	28,00	20 ud/d	2	Cerrajeros	2	
192	ud	Colocación puerta entrada portal	1,00	5 ud/d	1	Cerrajeros	1	
193	ud	Colocación puerta cancela acceso parcela	1,00	2 ud/d	1	Cerrajeros	1	
194	ud	Colocación puertas de chapa	71,00	20 ud/d	3	Cerrajeros	2	
195	m	Colocación barandillas escaleras	55,26	25 m/d	3	Cerrajeros	1	
196	m	Colocación barandillas balcones y terrazas	490,26	25 m/d	20	Cerrajeros	2	
197	ud	Colocación puertas RF patinillos	12,00	20 ud/d	1	Cerrajeros	1	
198	m²	Colocación de persianas lamas fijas	109,00	40 m²/d	5	Cerrajeros	2	
199		Colocación entramado de tramex	61,53	40 m²/d	2	Cerrajeros	1	
200	ud	Colocación de lamas ventilación garaje	4,00	40 m²/d	1	Cerrajeros	1	
201	m²	Colocación puertas acometidas gas y electricidad cierre de parcela	3,42		1	Cerrajeros	1	
202	ud	Colocación protección bajantes en garaje	1,00	6 ud/d	1	Cerrajeros	1	
203	ud	Colocación caperuzas chimeneas	21,00	6 ud/d	3	Cerrajeros	1	
204	ud	Colocación puerta abatible acceso garaje	1,00	2 ud/d	1	Cerrajeros	1	
205	ud	Colocación de cajón de chapa	3,00		2			
206		CARPINTERIA DE ALUMINIO	-	-	-			
207	ud	Colocación de ventanas y balcones de Aluminio	85,00	20 ud/d	7	Aluminio	1	
208		VIDRIO	-	-	-			
209	m²	Colocación de vidrio proección fuego RF-60	2,84		1	Vidrieros	1	
210		PINTURAS	-	-	-			
211	m²	Pintura en Viviendas	12.627,04	150 m²/d	28	Pintores	3	
212	m²	Pintura en Cajas de escalera y Portales	157,03	150 m²/d	2	Pintores	1	
213	m²	Pintura en Zonas Comunes	1.360,82	150 m²/d	9	Pintores	2	
214	m²	Pintura en Trasteros	1.165,01	150 m²/d	8	Pintores	2	
215	m²	Pintura Garaje 2 colores y cenefa	1.092,50	100 m²/d	10	Pintores	2	
216	m²	Pintura sobre cerrajería	480,85	80 m²/d	6	Pintores	2	
217	m²	Marcado de plazas de garaje	657,00	150 m/d	5	Pintores	1	
218	ud	Rotulación	54,00	150 ud/d	1	Pintores	1	
219	m²	Pintura plástica antimoho en baños	1.337,93	150 m²/d	9	Pintores	2	
220		CARPINTERIA DE MADERA	-	-	-			

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

221	ud	Colocación de puertas blindadas en entradas a viviendas	54,00	12 ud/d	5	Carpinteros	1		
222	ud	Colocación de puertas de paso en viviendas	368,00	15 ud/d	16	Carpinteros	1		
223	m ²	Colocación de frentes de armario	697,88	20 ud/d	10	Carpinteros	1		
224	m ²	Encimeras lavabo	90,06	10 ud/d	9	Carpinteros	1		
225	m	Colocación rodapie DM	6.933,90	120 m/d	18	Carpinteros	2		
226		URBANIZACIÓN	-	-	-				
227	m ³	Excavación en pozos y zanjas de garita y cerram.	18,77	20 m ³ /d	1	Retropala	1		
228	m ³	Hormigón de limpieza de garita y cerram.	4,40	0,6 h/m ³	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
229	m ³	Hormigón en zapatas y zanjas de garita y cerram.	12,52	0,2 h/m ³	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
230	m ³	Hormigón en murete	1,67	0,25 h/m ³	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
231	m ²	Placa alveolar techo garita	19,54	200 m ² /d	1			Ferrallas	1
232	ud/m ²	Paneles AV garita	3/18,92	80 m ² /d	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
233	ud/m ²	Paneles AV cerramiento	2/30,03	80 m ² /d	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
234	m	Cantонера garita	10,53		1	Equipo de obra	1		
235	ud	Puerta garita	1,00		1	Cerrajeros	1		
236	m	Cerramiento perimetral	110,22		5	Cerrajeros	1		
237	ud	Instalación eléctrica garita	1,00		1	Electricistas	1		
238	m ²	Pavimento continuo garita	19,03		1	Soldadores y alicatadores	1		
239	m ³	Excavación en vaciado piscina	393,18	500 m ³ /d	2	Retroexcavadora	1		
240	m ³	Excavación en zanjas y pozos	10,73	20 m ³ /d	1	Retropala	1		
241	ud	Instalación de sumideros piscina y zona ajardinada	15,00	0,2 h/ud	2	Equipo de obra	1		
242	m ³	Hormigón de limpieza piscina	23,79	0,6 h/m ³	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
243	m ³	Hormigón losa de cimentación piscina	49,97	0,2 h/m ³	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
244	m ³	Hormigonado zapatas piscina	30,31	0,2 h/m ³	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
245	m ³	Hormigonado muros de contención piscina	26,45	0,25 h/m ³	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
246	ud/m ²	Paneles AV piscina	8/74,07	80 m ² /d	2	Encofradores	1	Ferrallas	
247	m	Cantонера piscina	53,14		2	Equipo de obra	1		
248	m ²	Revestimiento vitreo piscina	135,94		4	Soldadores y Alicatadores	1		
249	ud	Instalación completa piscina	1,00		3	Piscina	1		
250	m ²	Solera armada zona piscina	67,22	150 m ² /d	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
251	m ²	Ejecución solera armada zona ajardinada	469,79	150 m ² /d	3	Encofradores	1	Ferrallas	1
252	ud	Ejecución de grada	1,00		1	Encofradores	1	Ferrallas	1
253	m ²	Ejecución solado pav. Terrizo	348,07		6	Jardineros	2		
254	m ²	Ejecución solado tierra caliza	443,95		7	Jardineros	2		
255	m ²	Ejecución cubierta ajardinada	574,86	0,1 h/m ²	5	Impermeabilizadores	2		
256	ud	Ejecución circuito eléctrico	1,00		2	Electricistas	1		
257	ud	Colocación iluminación exterior	37,00		3	Electricistas	2		
258	ud	Ejecución instalación de riego	1,00		4	Jardineros	2		
259	ud	Ejecución trabajos de jardinería	1,00		5	Jardineros	2		
260		VARIOS	-	-	-				
261	ud	Colocación de buzones	54,00		1	Equipo de obra	1		
262	ud	Colocación de felpudos en portales	1,00		1	Equipo de obra	1		
263	ud	Colocación de señalética incendios y evacuaciones	125,00		2	PCI	1		
264	ud	Colocación de espejos	97,00	20 ud/d	1	Equipo de obra	1		
265	ud	Colocación de rotulación en viviendas	54,00		2	Pintores	1		
266	ud	Limpieza de viviendas y zonas comunes	55,00		10	Equipo de obra	2		
267		FIN	-	-	-				

Tabla 3.2. Duraciones, rendimientos y recursos. Elaboración propia.

Por último, en la siguiente tabla, se establecen las vinculaciones lógicas entre las actividades. Con esta vinculación, terminaría toda la información que es necesaria recopilar antes de empezar el desarrollo de la planificación del proyecto.

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

RELACIÓN DE SUCESOS/ACTIVIDADES		OBRA: 54 Viv. Sparcela RB-2AA, Sector 14			TIPO: Elevado grado de industrialización					
		LOCALIDAD: Albacete			Fecha: 1 de Septiembre de 2011					
ANTECEDENTES		SUCESOS/ACTIVIDADES			CONSECUENTES, TIPOS DE RELACIONES Y DESFASES					
		Nº	DESCRIPCIÓN	DUR.						
		-	1	COMIENZO DE OBRA	-	3				
		-	2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	-	-				
		1	3	Excavación en vaciado	25	4				
		3	4	Excavación en losa de cimentación	9	5				
		4	5	Excavación zapatas bajo muro	2	6	34			
		5	6	Excavación pozos cimentación	4	21	33			
		8	7	Excavación zapatas bajo panales (-1,50)	7	27				
		15	8	Relleno, terraplaneado y compactado de trasdós de muro	6	7				
		30	9	Relleno, terraplaneado sin compactación	3	31				
		-	10	RED DE SANEAMIENTO	-	-				
		19	11	Acometida red general	1	267				
24	23	22	12	Colocación de arquetas y pozos	2	14				
		18	13	Colocación de colectores colgados	10	19				
		12	14	Colocación colectores enterrados	6	26				
		16	15	Colocación tubería drenaje perimetral	4	8				
		25	16	Colocación membrana drenante	14	15				
	103	64	17	Colocación de sumideros	2	267				
		59	18	Colocación de bajantes de PVC	15	13	19			
	18	13	19	Grupo de bombeo fecales	1	11				
		-	20	CIMENTACIONES	-	-				
		6	21	Hormigón de limp. losa, pozos y zanjas (-7,95)	5	22				
		21	22	Hormigonado losa de cimentación (-7,95)	8	12	23			
		22	23	Hormigonado de pozos de cimentación (-7,95)	2	12	24			
		23	24	Hormigonado zanjas bajos muro (-7,95)	4	12	25			
		24	25	Hormigonado muro de contención (-7,95)	8	16	108			
108	34	14	26	Ejecución solera armada (-7,95)	15	36				
		7	27	Hormigón de limp. Losa y zapatas (-1,50)	5	28				
		27	28	Hormigonado losa de cimentación (-1,50)	6	29				
		28	29	Hormigonado zapatas (-1,50)	2	30				
		29	30	Hormigonado de muretes (-1,50)	2	9	31	40		
	30	9	31	Ejecución solera armada (-1,50)	2	42				
		-	32	ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	-	-				
	34	6	33	Ejecución de pilares P.Sótano -2	1	35				
		5	34	Ejecución muros de hormigón	5	26	33			
		33	35	Ejec. vigas de cuelgue forjado P.Sótano -1	1	36				
	35	26	36	Ejecución de forjado P.Sótano -1	8	39				
		39	37	Ejecución pilares P.Sótano -1	1	38				
		37	38	Ejec. Vigas de cuelgue forjado P.Semisótano	1	40				
		36	39	Ejecución muros de hormigón	3	37				
	38	30	40	Ejecución forjado P. Semisótano	7	41				
		40	41	Ejecución paneles P. Semisótano	6	42				
	31	41	42	Ejecución forjado P. Baja	4	43				
		42	43	Ejecución paneles P. Baja	6	44				
		43	44	Ejecución forjado P. Primera	4	45				
		44	45	Ejecución paneles P. Primera	6	46				
		45	46	Ejecución forjado P. Segunda	4	47				
		46	47	Ejecución paneles P. Segunda	6	48				
		47	48	Ejecución forjado P. Tercera	4	49				
		48	49	Ejecución paneles P. Tercera	6	50				
		49	50	Ejecución forjado P. Cuarta	4	51				
		50	51	Ejecución paneles P. Cuarta	6	52				
		51	52	Ejecución forjado P. Quinta	4	53				
		52	53	Ejecución paneles P. Quinta	6	54				
		53	54	Ejecución forjado P. Sexta	4	55				
		54	55	Ejecución paneles P. Sexta	6	56				
		55	56	Ejecución forjado P. Séptima	4	57				
		56	57	Ejecución paneles P. Séptima	6	58				
		57	58	Ejecución forjado P. Cubierta	4	59	62	65	72	90

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

				58	59	Ejecución paneles P.Cubierta	6	18	61	88	78	79	80	81	227		
				90	60	Colocación de cantoneras	4	267									
		64		59	61	Ejecución de pérgola	3	267									
				58	62	Ejecución de bancadas	2	64	88								
				-	63	CUBIERTAS	-	-									
		88	72	62	64	Ejecución de cubierta transitable	10	17	61	91	205						
				58	65	Colocación de bajantes	4	136									
				-	66	ALBAÑILERÍA	-	-									
				78	67	Ejecución 1º fase de divisiones caja de escalera y portales	2	119									
				79	68	Ejecución 1º fase de divisiones zonas comunes	6	112-113	114-115	116-117	118-121	132-133	134-135	136-143	150-167	175-176	
				80	69	Ejecución 1º fase de divisiones sótanos y trasteros	3	120	156								
				81	70	Ejecución 1º fase de divisiones entre viviendas	6	71	112								
				70	71	Ejecución 1º fase de divisiones interior viviendas	30	117	168								
				58	72	Ejecución de chimeneas	3	64	203								
				119	73	Ejecución 2º fase de divisiones caja de escalera y portales	2	105	94	95	124						
176	59-161	43-143	34-134	121-113	74	Ejecución 2º fase de divisiones zonas comunes	3	105	96	123	126	165	173	184	197		
				133	120	Ejecución 2º fase de divisiones sótanos y trasteros	2	105	106	125	152	172					
				132	118	Ejecución 2º fase de divisiones entre viviendas	3	104									
145	177	142	136	117	77	Ejecución 2º fase de divisiones interior viviendas	10	82	83	86	88	93	97	122	198	207	
				59	78	Recibido de cercos en Caja de escalera y Portales	5	67	192								
				59	79	Recibido de cercos en zonas comunes	6	68	191								
				59	80	Recibido de cercos en Sótanos y trasteros	6	69	190								
				59	81	Recibido de cercos en viviendas	17	70									
				77	82	Colocación de conductos de extracción campana	3	104									
				77	83	Colocación de conductos de ventilación cocinas y baños	3	104									
				104	84	Colocación de rejillas de ventilación	3	267									
			122	100	85	Colocación de aspiradores estáticos	3	267									
				77	86	Recibido de bañeras y duchas	10	99									
				-	87	 AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN	-	-									
				62	59	88	Aislamiento térmico hormigón celular	4	64								
				77	89	Zócalo perimetral para suelo radiante	17	146									
				58	90	Impermeabilización resina terrazas y tendedero	6	60									
				64	91	Remate impermeabilización cubierta	2	267									
				-	92	REVESTIMIENTOS Y ACABADOS	-	-									
			105	104	93	Recricido con mortero	14	94	98	99							
				93	94	Ejecución de solado de escaleras	2	95									
				94	95	Ejecución de peldaños	5	96	195	212							
				95	96	Ejecución de solado zonas comunes	5	191	192	213							
			146	99	97	Ejecución de solado linóleo FORBO en viviendas	15	101	211								
				93	98	Ejecución de solado con caucho en rollo UNITO en cocinas	4	139	194								
				93	86	99	Ejecución de solado con caucho en rollo UNITO en baños	4	97	102							
				102	100	Ejecución de escocia caucho en baños	4	137	138	211							
				97	101	Ejecución de pavimento Sikafloor 400-N en aleros	5	196									
				99	102	Ejecución de revestimientos de caucho UNITO en baños	5	100	219								
				106	103	Ejecución pavimento resina en parking	10	160	158	190	202	204					
83	82	76		104	104	Ejecución de falso techo viviendas	27	93									
75	74	73		105	105	Ejecución de falso techo z. comunes	8	93									
				75	106	Ejecución de solado trasteros	3	103	214								
				-	107	INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD	-	-									

				25	108	Ejecución de Red de Toma de Tierra	1	26						
126	125	124	123	122	109	Colocación de tomas de tierra con pica	1	111						
				111	110	Línea general de Alimentación y acometida	1	256						
				109	111	Colocación de módulos de contadores	3	110						
			70	68	112	Ejecución de derivación individual a Viviendas	4	117						
				68	113	Ejecución de derivación individual a Zonas Comunes	1	118						
				68	114	Ejecución de derivación individual a Ascensor	1	119						
				68	115	Ejecución de derivación individual a Garaje	1	120						
				68	116	Ejecución de derivación individual a local comercial	1	121						
			112	71	117	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Viviendas	4	77						
			113	68	118	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Zonas Comunes	3	76						
			114	67	119	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Ascensor	1	73						
			115	69	120	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Garaje	2	75						
			116	68	121	Ejecución de 1ª Fase electricidad en loc. Comercial	1	74						
				77	122	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Viviendas	21	85	109					
				74	123	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Zonas Comunes	3	109						
				73	124	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Ascensor	1	109						
				75	125	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Garaje	7	109						
				74	126	Ejecución de 2ª Fase electricidad en loc. Comercial	1	109	188					
				-	127	INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	-	-						
				135	128	Ejecución de tubería de distribución de la Acometida al Grupo de Presión	1	129						
				128	129	Colocación de Depósitos y Grupo de Presión	1	130						
				129	130	Ejecución de tubería de distribución del Grupo de Presión a Contadores	1	131						
				130	131	Colocación de batería de contadores	3	267						
				68	132	Ejecución de tubería distribución individual Viviendas	4	74	76	136				
				68	133	Ejecución de tubería distribución individual Garaje	2	75	135					
				68	134	Ejecución de tubería distribución individual local comercial	1	74						
			133	68	135	Ejecución de tubería distribución individual Urbanización	1	74	128	258				
			132	68	136	Ejecución de fontanería interior de viviendas	5	77	137	138				
			100	136	137	Colocación de Bañeras y Duchas	5	267						
			100	136	138	Colocación de Aparatos Sanitarios	8	267						
				136	98	Colocación de grifo lavadora y lavavajillas	5	267						
				-	140	INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS	-	-						
				142	141	Ejecución de calderas, depósitos y grupos de presión	1	267						
				186	142	Ejecución conexión energía solar con caldera centralizada	1	77	141					
				68	143	Ejecución columnas de ACS patinillos	4	74	144	145				
				143	144	Ejecución columnas de calefacción patinillos	4	74	146					
				143	145	Ejecución instalación ACS interior viviendas	9	77						
			144	88	146	Ejecución instalación suelo radiante interior viv.	15	97						
				-	147	INSTALACIÓN DE GAS	-	-						
				149	148	Ejecución de tubería de distribución de Acometida a Contador centralizado	1	267						
				150	149	Instalación contador centralizado	1	148						

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

	96	79	191	Colocación de puertas RF Zonas comunes	2	213													
	96	78	192	Colocación puerta entrada portal	1	216													
			233	193 Colocación puerta cancela acceso parcela	1	216													
		98	194	Colocación puertas de chapa	3	216													
		95	195	Colocación barandillas escaleras	3	216													
		101	196	Colocación barandillas balcones y terrazas	20	216													
		74	197	Colocación puertas RF patinillos	1	213													
		77	198	Colocación de persianas lamas fijas	5	199													
		198	199	Colocación entramado de tramex	2	200													
		199	200	Colocación de lamas ventilación garaje	1	216													
		233	201	Colocación puertas acometidas gas y electricidad cierre de parcela	1	216													
		103	202	Colocación protección bajantes en garaje	1	267													
		72	203	Colocación caperuzas chimeneas	3	267													
		103	204	Colocación puerta abatible acceso garaje	1	216													
		64	205	Colocación de cajón de chapa	2	267													
		-	206	CARPINTERIA DE ALUMINIO	-	-													
		77	207	Colocación de ventanas y balcones de Aluminio	7	209													
		-	208	VIDRIO	-	-													
		207	209	Colocación de vidrio proección fuego RF-60	1	267													
		-	210	PINTURAS	-	-													
	178	100	97	211 Pintura en Viviendas	28	221	222	264	263										
			95	212 Pintura en Cajas de escalera y Portales	2	221	263												
		197	191	96 213 Pintura en Zonas Comunes	9	221	263												
			106	214 Pintura en Trasteros	8	267													
			190	215 Pintura Garaje 2 colores y cenefa	10	162	217	263											
	201-204-96-20(94-191)92-19			216 Pintura sobre cerrajería	6	267													
			215	217 Marcado de plazas de garaje	5	218													
			217	218 Rotulación	1	267													
			102	219 Pintura plástica antimoho en baños	9	221	222	264											
		-	220	CARPINTERIA DE MADERA	-	-													
		213	212	211 221 Colocación de puertas blindadas en entradas a viviendas	5	222													
				221 222 Colocación de puertas de paso en viviendas	16	223													
				222 223 Colocación de frentes de armario	10	224													
				223 224 Encimeras lavabo	9	225													
				224 225 Colocación rodapie DM	18	266													
		-	226	URBANIZACIÓN	-	-													
			59	227 Excavación en pozos y zanjas de garita y cerram.	1	228													
			227	228 Hormigón de limpieza de garita y cerram.	1	229													
			228	229 Hormigón en zapatas y zanjas de garita y cerram.	1	230													
			229	230 Hormigón en murete	1	232	233												
			232	231 Placa alveolar techo garita	1	234	237												
			230	232 Paneles AV garita	1	231													
			230	233 Paneles AV cerramiento	2	193	201	236											
			231	234 Cantonera garita	1	267													
			238	235 Puerta garita	1	267													
			233	236 Cerramiento perimetral	5	239													
			231	237 Instalación eléctrica garita	1	231	238												
			237	238 Pavimento continuo garita	1	235													
			236	239 Excavación en vaciado piscina	2	240													
			239	240 Excavación en zanjas y pozos	1	242													
		255	249	241 Instalación de sumideros piscina y zona ajardinada	2	267													
			240	242 Hormigón de limpieza piscina	1	243													
			242	243 Hormigón losa de cimentación piscina	2	244													
			243	244 Hormigonado zapatas piscina	1	245													
			244	245 Hormigonado muros de contención piscina	2	247	250												
			250	246 Paneles AV piscina	2	253													

			245	247	Cantenera piscina	2	248													
			247	248	Revestimiento vitreo piscina	4	249													
			248	249	Instalación completa piscina	3	241													
			245	250	Solera armada zona piscina	1	246	251												
			250	251	Ejecución solera armada zona ajardinada	3	252	255												
			251	252	Ejecución de grada	1	267													
			246	253	Ejecución solado pav. Terrizo	6	254													
			253	254	Ejecución solado tierra caliza	7	259													
			251	255	Ejecución cubierta ajardinada	5	259	241												
		110	250	256	Ejecución circuito eléctrico	2	257													
			256	257	Colocación iluminación exterior	3	258													
			257	135	258	Ejecución instalación de riego	4	259												
		258	255	254	259	Ejecución trabajos de jardinería	5	267												
			-	260	VARIOS	-	-													
			265	261	Colocación de buzones	1	262													
			261	262	Colocación de felpudos en portales	1	266													
		215	213	212	211	263	Colocación de señalética incendios y evacuaciones	2	265											
					211	264	Colocación de espejos	1	266											
					263	265	Colocación de rotulación en viviendas	2	261											
					225	266	Limpieza de viviendas y zonas comunes	10	267											
						267	FIN	-	-											

Tabla 3.3. Vínculos. Elaboración propia.

Una vez recopilada toda la información proveniente de las tablas anteriores, se procede a realizar la planificación de la obra con un elevado grado de industrialización. Para ello vamos a servirnos del soporte informático “Microsoft Project”. Hablamos de planificación y no de programación porque, no se está tratando de establecer un calendario de tareas, sino que se pretende analizar las tareas individuales del proyecto y poner de manifiesto las relaciones lógicas entre ellas.

Todos los datos que se han incluido para realizar la planificación, están estrechamente relacionados con los resultados que vamos buscando, a fin de establecer las diferencias resultantes entre las dos obras.

La planificación completa de la obra con un elevado grado de industrialización queda recogida en el **Anexo 2**, los detalles sobre los resultados que van a servir para realizar el análisis comparativo aparecen en el punto siguiente.

3.2. Resultados

Tras la elección de una obra concreta que permita la homogenización de los aspectos que afectan a su planificación y el posterior estudio de los mismos, en este apartado se muestran los resultados obtenidos del estudio. Estos resultados se dividen en tres grupos claramente diferenciados: el tiempo, los recursos y el coste.

La elección de estos grupos pretende que los resultados sean medibles de alguna forma medianamente estandarizada. Por ese motivo, se ha tratado de definir minuciosamente estos grupos, tratándolos por separado para así poder además ver el peso que tienen en la comparativa que se hará en un apartado posterior.

Tiempo

De acuerdo con la planificación realizada, la obra con un elevado grado de industrialización, tendría una duración total de **443 días laborables**. Tomando como fecha de comienzo el 01 de Septiembre de 2011, la obra terminaría el 30 de Mayo de 2013.

A continuación se muestra una tabla en la que aparece: la fecha de comienzo, fecha de fin y duración de cada uno de los capítulos de la obra acabada. Las fechas de comienzo y fin del capítulo indican el comienzo de la primera actividad perteneciente al capítulo y la fecha de fin refleja la fecha en la que concluye la última tarea ejecutada del capítulo. Esto quiere decir que dentro de la duración del capítulo puede haber días en los que no se esté ejecutando ninguna tarea. Además, la duración puede variar puesto que, como se ve reflejado en la planificación (Anexo 2), muchas de las actividades que engloban estos capítulos tienen una holgura, que podría hacer que alguna de estas fechas varíe. Aun así, nos sirve para poder establecer una comparativa con las fechas que tras su estudio presenten las actividades de la obra tradicional.

CAPÍTULOS	Fecha de comienzo	Fecha de fin	Duración (d)
MOVIMIENTO DE TIERRAS	01/09/2011	19/01/2012	96
RED DE SANEAMIENTO	09/11/2011	07/11/2012	251
CIMENTACIONES	14/10/2011	23/01/2012	68
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	17/10/2011	08/11/2012	268
CUBIERTAS	06/06/2012	05/11/2012	106
ALBAÑILERIA	08/06/2012	21/12/2012	138
AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN	06/06/2012	19/12/2012	138
REVESTIMIENTOS Y ACABADOS	26/07/2012	29/01/2013	130
INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD	17/07/2012	21/11/2012	88
INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	20/07/2012	21/01/2013	128
INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS	17/07/2012	01/01/2013	117
INSTALACIÓN DE GAS	17/07/2012	23/07/2012	5
INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN	26/07/2012	21/09/2012	41

INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	13/07/2012	11/01/2013	127
INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN	13/09/2012	26/09/2012	10
PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO	17/07/2012	28/09/2012	53
INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES	17/07/2012	18/09/2012	45
INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR	13/09/2012	27/09/2012	11
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO	14/09/2012	18/09/2012	3
CERRAJERÍA	13/06/2012	26/02/2013	181
CARPINTERÍA DE ALUMINIO	16/10/2012	24/10/2012	7
VIDRIO	25/10/2012	25/10/2012	1
PINTURAS	31/07/2012	06/03/2013	153
CARPINTERÍA DE MADERA	25/02/2013	15/05/2013	58
URBANIZACIÓN	14/06/2012	11/12/2012	126
VARIOS	04/03/2013	30/05/2013	63

Tabla 3.2.1. Duraciones capítulos. Elaboración propia.

A continuación se muestra una imagen en la que aparece como se distribuyen a lo largo del tiempo que dura la obra los diferentes capítulos que forman parte de la misma.

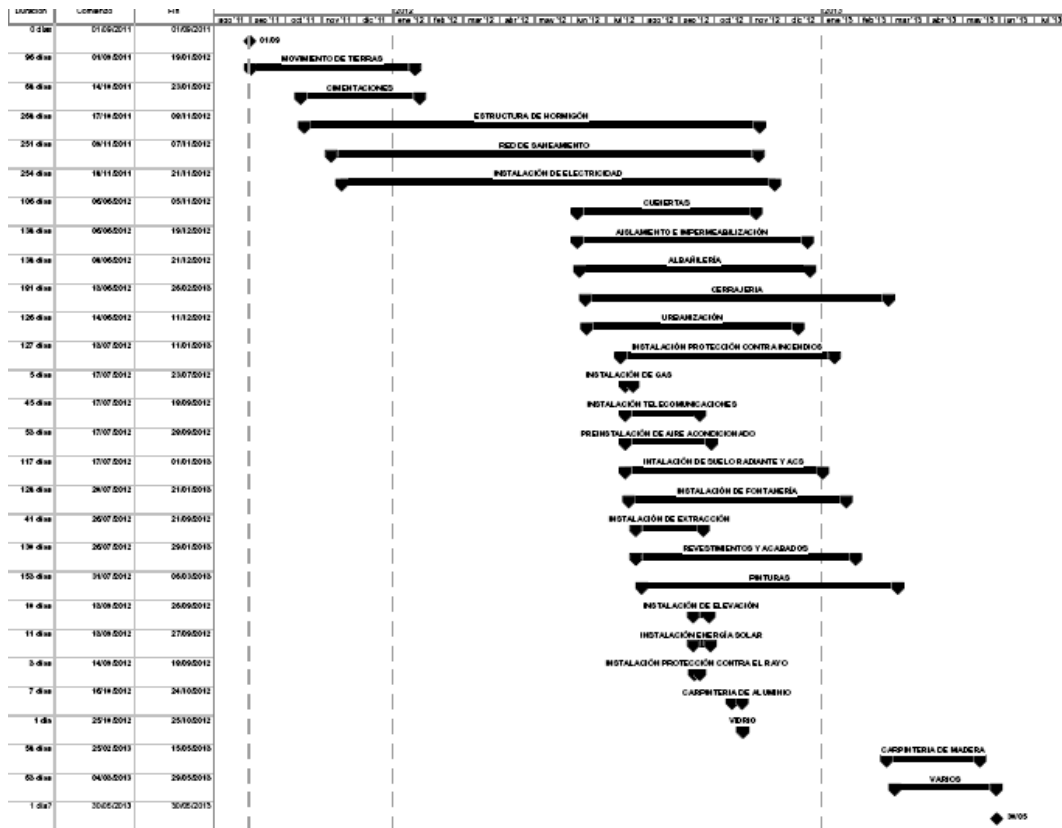


Imagen 3.2.1. Diagrama de barras Capítulos.

Recursos

La planificación de una obra conlleva saber no sólo lo que se desea obtener, sino también los medios necesarios para obtenerlo. Es decir hay que conocer los recursos que se necesitan, por lo que, tradicionalmente a estos recursos, se les define como los medios necesarios para llevar a cabo la realización de un producto, en este caso la obra.

Tomando como base la planificación indicada, se procede a la asignación y nivelación de los recursos. Para la resolución de los problemas de asignación y nivelación de recursos, generados por la normal limitación de los mismos, se recurre al soporte informático "Microsoft Project".

Se entiende por **asignación** de recursos, aquel método que tiene por objetivo el que, en ningún momento, los recursos de mano de obra necesarios para realizar un determinado trabajo, superen a los disponibles, aunque ello suponga un incremento de tiempo en el plazo final de ejecución de la obra. En consecuencia, se trata de minimizar el plazo de ejecución sin incrementar los recursos de mano de obra disponibles.

Análogamente, se entiende por **nivelación** de recursos, aquel método que tiene por objetivo, el mantener lo más uniforme posible el consumo de mano de obra y, en consecuencia, su histograma de cargas, sin que el plazo inicial de ejecución de la obra se incremente⁷.

A continuación aparecen: los tipos de recursos que se le han asignado a la obra con un elevado grado de industrialización, los recursos máximo disponibles de cada uno de ellos y los recursos mínimos que se han empleado para realizar la obra.

NOMBRE RECURSO	Recursos mínimos	Recursos máximos
	necesarios	disponibles
RETROEXCAVADORA	2	2
RETROPALA	1	1
ENCOFRADORES	3	3
FERRALLAS	3	3
POCEROS	2	2
FONTANEROS	3	3
IMPERMEABILIZADORES	2	2
PLADUR	7	7
CALEFACTORES	4	4
ELECTRICISTAS	5	5
TELECOMUNICACIONES	3	3

⁷ MEDINA RAMÓN, F.J. *Diseño óptimo de redes para la programación de obras de edificación, para una nivelación y distribución de recursos personales constante*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Julio, 2008.

GAS	1	1
ENERGIA SOLAR	2	2
PCI	3	3
ASCENSORES	1	1
AIRE ACONDICIONADO	3	3
AISLAMIENTO	4	4
SOLADORES Y ALICATADOES	3	3
ALUMINIO	1	1
VIDRIEROS	1	1
PINTORES	5	5
CARPINTEROS	2	2
CERRAJEROS	3	3
JARDINEROS	2	2
EQUIPO DE OBRA	2	2
PISCINA	1	1

Tabla 3.2.2. Número de recursos. Elaboración propia.

En la tabla siguiente se ve reflejado como van a pareciendo los distintos recursos a lo largo de todo el periodo que dura la obra. Esto nos permitirá realizar una comparativa con respecto a la obra tradicional, de manera que comprendamos de una forma más gráfica cuando se realizan las diferentes actividades y que número de recursos participan en las mismas.

	sep'11	oct'11	nov'11	dic'11	ene'12	feb'12	mar'12	abr'12	may'12	jun'12	jul'12	ago'12	sep'12	oct'12	nov'12	dic'12	ene'13	feb'13	mar'13	abr'13	may'13	
Retroexcavadora	2	2		1	1					1	1											
Retropala		1		1						1	1											
Encofradores		3	3	2	2	1	1	1	1	2	2											
Ferrallas		3	3	2	2	1	1	1	1	2	2											
Poceros			1								1		2			1						
Fontaneros			1							3	3	3				2	2					
Impermeabilizadores			2	2						2	2			1	1							
Pladur										6	6	6	3	7	7	3						
Calefactores											2	2	1	1		4	4					
Electricistas			1							1	5	2	4	2	2							
Telecomunicaciones											3	2	1									
Gas											1											
Energía Solar													2									
PCI																	1	1				
Ascensores													1									
Aire Acondicionado											2	2	3									
Aislamiento														1	4	4						
Soladores y Alicatadores										1	2	2				3	3	2				
Aluminio														1								
Vidrieros														1								
Pintores											2	2	1			4	4	5	5			
Carpinteros																		1	1	2	2	
Cerrajeros										3		3	1	2	2	3	2	2				
Jardineros											2	2			2	2						
Equipo de obra											2	1							1	2		
Piscina											1											

Tabla 3.2.3. Reparto mensual de recursos. Elaboración propia.

Coste

Los resultados económicos se consideran uno de los aspectos más importantes a la hora de decidirse por una de las dos soluciones constructivas, por ese motivo, no se ha pretendido simplemente dar un valor total de lo que cuesta la obra. Además de determinar como se reparten esos costes según los diferentes capítulos de la obra, la intención es analizar el reparto de los mismos a lo largo del tiempo.

En primer lugar, aparece en la siguiente tabla, los costes directos. Estos costes representan lo que cuesta realizar cada una de las actividades en las que se ha dividido la planificación de la obra y que son necesarias para finalizar la obra en su totalidad. Para ello previamente se ha determinado la medición de cada una de las actividades (con la ayuda de las mediciones del proyecto) y se les ha asignado el importe que aparece el presupuesto del proyecto.

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

COSTES DIRECTOS OBRA GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN ELEVADO							
Nº		DESCRIPCIÓN	MEDIDA	Precio	Importe	TOTAL CAPÍTULO	TOTAL
1		COMIENZO DE OBRA	-	-	-		
2		MOVIMIENTO DE TIERRAS	-	-	-		
3	m³	Excavación en vaciado	10.729,39	4,43	47.509,74 €		
4	m³	Excavación en losa de cimentación	388,64	10,69	4.155,34 €		
5	m³	Excavación zapatas bajo muro	92,89	10,69	993,18 €		
6	m³	Excavación pozos cimentación	43,23	10,69	462,22 €		
7	m³	Excavación zapatas bajo panales (-1,50)	461,87	10,69	4.938,31 €		
8	m³	Relleno, terraplaneado y compactado de trasdós de muro	1.131,04	6,21	7.028,64 €		
9	m³	Relleno, terraplaneado sin compactación	573,79	4,97	2.850,59 €		
						67.938,02 €	
10		RED DE SANEAMIENTO	-	-	-		
11	ud	Acometida red general	1,00	1.528,20	1.528,20 €		
12	ud	Colocación de arquetas y pozos	3,00	1.691,65	5.074,94 €		
13	m	Colocación de colectores colgados	245,60	12,67	3.112,48 €		
14	m	Colocación colectores enterrados	253,50	12,88	3.266,20 €		
15	m	Colocación tubería drenaje perimetral	144,25	33,52	4.835,72 €		
16	m²	Colocación membrana drenante	970,06	4,86	4.714,49 €		
17	ud	Colocación de sumideros	29,00	77,32	2.242,20 €		
18	m	Colocación de bajantes de PVC	743,50	14,43	10.727,81 €		
19	ud	Grupo de bombeo fecales	1,00	8.758,11	8.758,11 €		
						44.260,15 €	
20		CIMENTACIONES	-	-	-		
21	m³	Hormigón de limp. losa, pozos y zanjas (-7,95)	62,16	69,75	4.335,44 €		
22	m³	Hormigonado losa de cimentación (-7,95)	342,81	153,48	52.614,07 €		
23	m³	Hormigonado de pozos de cimentación (-7,95)	38,02	168,40	6.402,57 €		
24	m³	Hormigonado zanjas bajos muro (-7,95)	85,42	315,40	26.941,56 €		
25	m³	Hormigonado muro de contención (-7,95)	324,84	292,06	94.874,20 €		
26	m²	Ejecución solera armada (-7,95)	1.043,53	21,47	22.405,01 €		
27	m³	Hormigón de limp. Losa y zapatas (-1,50)	526,99	69,75	36.755,66 €		
28	m³	Hormigonado losa de cimentación (-1,50)	207,80	160,40	33.331,45 €		
29	m³	Hormigonado zapatas (-1,50)	40,77	87,54	3.569,20 €		
30	m³	Hormigonado de muretes (-1,50)	15,50	71,44	1.107,35 €		
31	m²	Ejecución solera armada (-1,50)	152,33	28,80	4.387,34 €		
						286.723,83 €	
32		ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	-	-	-		
33	ud	Ejecución de pilares P.Sótano -2	8,00	268,89	2.151,10 €		
34	m³	Ejecución muros de hormigón	111,89	280,80	31.418,70 €		
35	m³	Ejec. Vigas de cuelgue forjado P.Sótano -1	10,53	296,83	3.125,59 €		
36	m²	Ejecución de forjado P.Sótano -1	1.088,39	67,41	73.372,29 €		
37	ud	Ejecución pilares P.Sótano -1	8,00	268,89	2.151,10 €		
38	m³	Ejec. Vigas de cuelgue forjado P.Semisótano	24,91	296,83	7.393,97 €		
39	m³	Ejecución muros de hormigón	129,76	280,80	36.436,59 €		
40	m²	Ejecución forjado P. Semisótano	1.422,04	67,41	95.864,84 €		
41	ud/m²	Ejecución paneles P. Semisótano (33ud)	474,24	230,53	109.324,43 €		
42	m²	Ejecución forjado P. Baja	725,21	67,41	48.889,02 €		
43	ud/m²	Ejecución paneles P. Baja (24 ud)	426,17	230,53	98.243,07 €		
44	m²	Ejecución forjado P. Primera	716,12	67,41	48.276,23 €		
45	ud/m²	Ejecución paneles P. Primera (23ud)	415,20	230,53	95.714,21 €		
46	m²	Ejecución forjado P. Segunda	677,36	67,41	45.663,28 €		
47	ud/m²	Ejecución paneles P. Segunda (22ud)	404,54	230,53	93.256,80 €		
48	m²	Ejecución forjado P. Tercera	677,36	67,41	45.663,28 €		
49	ud/m²	Ejecución paneles P. Tercera(22ud)	404,54	230,53	93.256,80 €		
50	m²	Ejecución forjado P. Cuarta	677,36	67,41	45.663,28 €		
51	ud/m²	Ejecución paneles P. Cuarta(22ud)	404,54	230,53	93.256,80 €		
52	m²	Ejecución forjado P. Quinta	677,36	67,41	45.663,28 €		
53	ud/m²	Ejecución paneles P. Quinta (22ud)	404,54	230,53	93.256,80 €		
54	m²	Ejecución forjado P. Sexta	677,36	67,41	45.663,28 €		
55	ud/m²	Ejecución paneles P. Sexta (22ud)	404,54	230,53	93.256,80 €		
56	m²	Ejecución forjado P. Séptima	676,70	67,41	45.618,78 €		
57	ud/m²	Ejecución paneles P. Séptima (23ud)	412,95	230,53	95.195,52 €		
58	m²	Ejecución forjado P. Cubierta	723,91	67,41	48.801,38 €		
59	ud/m²	Ejecución paneles P.Cubierta (23ud)	143,75	230,53	33.138,05 €		
60	m	Colocación de cantoneras	401,89	119,72	48.113,47 €		
61	ud	Ejecución de pérgola	1,00	6.171,18	6.171,18 €		
62	m²	Ejecución de bancadas	80,97	48,60	3.935,14 €		
						1.627.935,05 €	
63		CUBIERTAS	-	-	-		
64	m²	Ejecución de cubierta transitable	655,35	67,08	43.960,09 €		
65	m	Colocación de bajantes pluviales	208,00	12,97	2.697,93 €		
						46.658,02 €	
66		ALBAÑILERÍA	-	-	-		
67	m²	Ejecución 1º fase de divisiones caja de escalera y portales	160,51	53,99	6.932,65 €		
68	m²	Ejecución 1º fase de divisiones zonas comunes	820,07	57,11	37.468,78 €		
69	m²	Ejecución 1º fase de divisiones sótanos y trasteros	496,37	37,39	14.847,26 €		
70	m²	Ejecución 1º fase de divisiones entre viviendas	868,92	30,92	21.493,88 €		
71	m²	Ejecución 1º fase de divisiones interior viviendas	4.945,27	36,95	146.169,52 €		
72	m²	Ejecución de chimeneas	21,00	270,00	5.670,00 €		
73	m²	Ejecución 2º fase de divisiones caja de escalera y portales	-	-	1.733,16 €		
74	m²	Ejecución 2º fase de divisiones zonas comunes	-	-	9.367,20 €		

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

75	m²	Ejecución 2ª fase de divisiones sótanos y trasteros			-	3.711,82 €
76	m²	Ejecución 2ª fase de divisiones entre viviendas			-	5.373,47 €
77	m²	Ejecución 2ª fase de divisiones interior viviendas			-	36.542,38 €
78	ud	Recibido de cercos en Caja de escalera y Portales	43,00	48,60		2.089,80 €
79	ud	Recibido de cercos en zonas comunes	54,00	48,60		2.624,40 €
80	ud	Recibido de cercos en Sótanos y trasteros	54,00	48,60		2.624,40 €
81	ud	Recibido de cercos en viviendas	364,00	12,96		4.717,44 €
82	ud	Colocación de conductos de extracción campana	54,00	26,30		1.420,09 €
83	ud	Colocación de conductos de ventilación cocinas y baños	54,00	116,91		6.313,14 €
84	ud	Colocación de rejillas de ventilación	73,00	13,81		1.008,36 €
85	ud	Colocación de aspiradores estáticos	97,00	126,74		12.294,26 €
86	ud	Recibido de bañeras y duchas	66,00	48,00		3.168,04 €
						325.570,05 €
87		AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN				
88	m²	Aislamiento térmico hormigón celular	655,35	6,57		4.303,29 €
89	m	Zócalo perimetral para suelo radiante	4.550,00	1,51		6.879,60 €
90	m²	Impermeabilización resina terrazas y tendadero	422,47	19,71		8.326,88 €
91	m	Remate impermeabilización cubierta	224,98	12,37		2.782,10 €
						22.291,88 €
92		REVESTIMIENTOS Y ACABADOS				
93	m²	Recrecio con mortero	4.631,07	8,16		37.806,90 €
94	m	Ejecución de solado de escaleras	86,64	66,04		5.721,88 €
95	m	Ejecución de peldaños	211,20	71,40		15.079,42 €
96	m²	Ejecución de solado zonas comunes	469,38	38,99		18.300,19 €
97	m²	Ejecución de solado linóleo FORBO en viviendas	2.989,18	34,18		102.176,15 €
98	m²	Ejecución de solado con caucho en rollo UNITO en cocinas	348,08	39,92		13.894,24 €
99	m²	Ejecución de solado con caucho en rollo UNITO en baños	330,01	38,88		12.830,79 €
100	m	Ejecución de escocia caucho en baños	724,00	11,02		7.975,58 €
101	m²	Ejecución de pavimento Sikafloor 400-N en aleros	441,50	42,01		18.548,30 €
102	m²	Ejecución de revestimientos de caucho UNITO en baños	497,75	36,27		18.051,60 €
103	m²	Ejecución pavimento resina en parking	1.875,42	13,72		25.722,68 €
104	m²	Ejecución de falso techo viviendas	3.516,44	21,71		76.334,88 €
105	m²	Ejecución de falso techo z. comunes	392,60	21,71		8.522,56 €
106	m²	Ejecución de solado trasteros	227,12	25,92		5.886,95 €
						366.852,13 €
107		INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD				
108	ud	Ejecución de Red de Toma de Tierra	1,00	1.808,19		1.446,55 €
109	ud	Colocación de tomas de tierra con pica	1,00	127,17		101,74 €
110	ud	Línea general de Alimentación y acometida	1,00	36.521,84		29.217,47 €
111	ud	Colocación de módulos de contadores	54,00	103,26		4.460,78 €
112	ud	Ejecución de derivación individual a Viviendas	54,00	1.129,38		48.789,38 €
113	ud	Ejecución de derivación individual a Zonas Comunes	1,00	1.641,71		1.313,37 €
114	ud	Ejecución de derivación individual a Ascensor	2,00	192,86		308,57 €
115	ud	Ejecución de derivación individual a Garaje	6,00	82,93		398,08 €
116	ud	Ejecución de derivación individual a local comercial	1,00	1.176,11		940,89 €
117	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Viviendas	54,00	698,72		30.184,74 €
118	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Zonas Comunes	1,00	15.081,93		12.065,55 €
119	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Ascensor	2,00	895,90		1.433,43 €
120	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Garaje	6,00	733,18		3.519,27 €
121	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en loc. Comercial	5,00	247,79		991,15 €
122	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Viviendas	54,00	534,88		23.106,81 €
123	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Zonas Comunes	1,00	36.679,36		29.343,49 €
124	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Ascensor	2,00	266,77		426,83 €
125	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Garaje	6,00	1.673,91		8.034,77 €
126	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en loc. Comercial	5,00	504,82		2.019,29 €
						198.102,14 €
127		INSTALACIÓN DE FONTANERÍA				
128	ud	Ejecución de tubería de distribución de la Acometida al Grupo de Presión	1,00			0,00 €
129	ud	Colocación de Depósitos y Grupo de Presión	1,00	13.100,91		13.100,91 €
130	ud	Ejecución de tubería de distribución del Grupo de Presión a Contadores	1,00			0,00 €
131	ud	Colocación de batería de contadores	2,00	7.232,58		14.465,16 €
132	ud	Ejecución de tubería distribución individual Viviendas	54,00	789,80		42.649,41 €
133	ud	Ejecución de tubería distribución individual Garaje	2,00	358,66		717,33 €
134	ud	Ejecución de tubería distribución individual local comercial	5,00	216,00		1.079,98 €
135	ud	Ejecución de tubería distribución individual Urbanización	1,00	807,94		807,94 €
136	ud	Ejecución de fontanería interior de viviendas	54,00	2.023,39		109.263,13 €
137	ud	Colocación de Bañeras y Duchas	74,00	183,51		13.579,64 €
138	ud	Colocación de Aparatos Sanitarios	271,00	132,61		35.937,69 €
139	ud	Colocación de grifo lavadora y lavavajillas	109,00	18,83		2.052,86 €
						233.654,04 €

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

140		INTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS	-	-	-	
141	ud	Ejecución de calderas, depósitos y grupos de presión	1,00	52.603,55	52.603,55 €	
142	ud	Ejecución conexión energía solar con caldera centralizada	1,00	2.565,00	2.565,00 €	
143	ud	Ejecución columnas de ACS patinillos	6,00	2.285,89	13.715,35 €	
144	ud	Ejecución columnas de calefacción patinillos	6,00	2.624,98	15.749,86 €	
145	ud	Ejecución instalación ACS interior viviendas	54,00	965,97	52.162,28 €	
146	ud	Ejecución instalación suelo radiante interior viv.	54,00	3.409,74	184.126,00 €	
						320.922,04 €
147		INSTALACIÓN DE GAS	-	-	-	
148	ud	Ejecución de tubería de distribución de Acometida a Contador centralizado	1,00	94,28	94,28 €	
149	ud	Instalación contador centralizado	1,00	94,28	94,28 €	
150	ud	Ejecución de tubería de distribución de gas a calderas centralizadas	1,00	94,28	94,28 €	
						282,85 €
151		INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN	-	-	-	
152	ud	Colocación de maquinaria en cuartos de extracción	4,00	2.243,97	8.975,88 €	
153	m²	Colocación de conductos de chapa en Garaje	1.270,57	28,59	36.324,83 €	
154	ud	Ejecución de instalación de detección	1,00	2.199,05	2.199,05 €	
						47.499,76 €
155		INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	-	-	-	
156	ud	Acometida de agua para incendios desde red general	1,00	-	0,00 €	
157	ud	Instalación de contador y puesto simplificado	1,00	2.801,93	2.801,93 €	
158	m	Instalación Tubería Acero negro	224,00	29,26	6.554,97 €	
159	ud	Ejecución 1ª fase detección de incendios	1,00	5.751,21	5.751,21 €	
160	ud	Ejecución 2ª fase detección de incendios	1,00	8.626,82	8.626,82 €	
161	ud	Instalación central analógica y módulos	1,00	3.899,89	3.899,89 €	
162	ud	Instalación de BIES	6,00	265,95	1.595,70 €	
163	ud	Colocación de extintor polvo y señalización	37,00	78,29	2.896,72 €	
						32.127,25 €
164		INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN	-	-	-	
165	ud	Instalación de ascensores	2,00	27.350,11	54.700,23 €	
						54.700,23 €
166		PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO	-	-	-	
167	m	Instalación montantes tubería cobre frigorífico	685,00	8,88	6.085,98 €	
168	m	Instalación tubería cobre frigorífico viviendas	3.512,00	8,86	31.099,43 €	
169	m	Instalación tubería cobre frigorífico locales	296,00	10,80	3.197,88 €	
170	ud	Instalación líneas de control	59,00	52,77	3.113,64 €	
						43.496,94 €
171		INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES	-	-	-	
172	ud	Instalación eléctrica RITI	1,00	1.029,12	823,29 €	
173	ud	Instalación eléctrica RITS	1,00	504,67	403,73 €	
174	ud	Ejecución de conjunto de captación y equipo de cabecera TV	1,00	3.389,95	2.711,96 €	
175	ud	Ejecución de derivación individual viviendas	54,00	90,57	3.912,74 €	
176	ud	Ejecución de derivación individual locales comerciales	5,00	161,69	646,77 €	
177	ud	Ejecución 1ª fase de instalación de Telecomunicaciones en interior de viviendas	54,00	162,98	7.040,86 €	
178	ud	Ejecución 2ª fase de instalación de Telecomunicaciones en interior de viviendas	54,00	140,82	6.083,41 €	
						21.622,76 €
179		INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR	-	-	-	
180	ud	Colocación de conjunto de paneles	1,00	36.573,10	36.573,10 €	
181	ud	Colocación de tubería ida (desde Contador a Depositos y grupos de cubierta)	1,00	2.135,70	2.135,70 €	
182	ud	Instalación de ida (a paneles)	1,00	4.983,29	4.983,29 €	
183	ud	Instalación de retorno	1,00	5.695,19	5.695,19 €	
184	ud	Colocación de depositos y grupos de energía solar	1,00	16.438,28	16.438,28 €	
185	ud	Instalación de contador centralizado	1,00	1.063,80	1.063,80 €	
186	ud	Ejecución tubería de ACS a caldera centralizada	1,00	1.423,80	1.423,80 €	
						68.313,15 €
187		INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO	-	-	-	
188	ud	Instalación protección contra el rayo	1,00	3.080,43	3.080,43 €	
						3.080,43 €
189		CERRAJERIA	-	-	-	
190	ud	Colocación puertas RF Sótanos	15,00	186,84	2.802,60 €	
191	ud	Colocación de puertas RF Zonas comunes	28,00	212,14	5.940,04 €	
192	ud	Colocación puerta entrada portal	1,00	990,19	990,19 €	
193	ud	Colocación puerta cancela acceso parcela	1,00	5.653,80	5.653,80 €	
194	ud	Colocación puertas de chapa	71,00	141,07	10.015,94 €	
195	m	Colocación barandillas escaleras	55,26	110,16	6.087,44 €	
196	m	Colocación barandillas balcones y terrazas	490,26	105,07	51.512,23 €	
197	ud	Colocación puertas registro patinillos	12,00	453,60	5.443,20 €	
198	m²	Colocación de persianas lamas fijas	109,00	1.530,75	166.851,62 €	
199	m²	Colocación entramado de tramex	61,53	98,74	6.075,38 €	
200	ud	Colocación de lamas ventilación garaje y trasteros	4,00	2.642,36	10.569,42 €	
201	m²	Colocación puertas acometidas gas y electricidad cierre de parcela	3,42	486,00	1.662,12 €	
202	ud	Colocación protección bajantes en garaje	1,00	5.113,36	5.113,36 €	

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

203	ud	Colocación caperuzas chimeneas	21,00	286,20	6.010,20 €	
204	ud	Colocación puerta abatible acceso garaje	1,00	2.016,36	2.016,36 €	
205	ud	Colocación de cajón de chapa	3,00	2.364,80	7.094,40 €	
						293.838,30 €
206		CARPINTERIA DE ALUMINIO	-	-	-	
207	ud	Colocación de ventanas y balcones de Aluminio	85,00	1.730,72	147.111,39 €	
						147.111,39 €
208		VIDRIO	-	-	-	
209	m²	Colocación de vidrio proyección fuego RF-60	2,84	486,00	1.380,24 €	
						1.380,24 €
210		PINTURAS	-	-	-	
211	m²	Pintura en Viviendas	12.627,04	3,16	39.907,07 €	
212	m²	Pintura en Cajas de escalera y Portales	157,03	3,02	474,85 €	
213	m²	Pintura en Zonas Comunes	1.360,82	3,07	4.173,91 €	
214	m²	Pintura en Trasteros	1.165,01	3,02	3.522,99 €	
215	m²	Pintura Garaje 2 colores y cenefa	1.092,50	6,59	7.197,39 €	
216	m²	Pintura sobre cerrajería	480,85	11,06	5.317,82 €	
217	m²	Marcado de plazas de garaje	657,00	2,81	1.844,86 €	
218	ud	Rotulación	54,00	25,92	1.399,68 €	
219	m²	Pintura plástica antimoho en baños	1.337,93	5,18	6.935,83 €	
						70.774,39 €
220		CARPINTERIA DE MADERA	-	-	-	
221	ud	Colocación de puertas blindadas en entradas a viviendas	54,00	449,03	24.247,65 €	
222	ud	Colocación de puertas de paso en viviendas	368,00	194,12	71.435,87 €	
223	m²	Colocación de frentes de armario	697,88	135,54	94.590,66 €	
224	m²	Encimeras lavabo	90,06	340,20	30.638,41 €	
225	m	Colocación rodapie DM	6.933,90	5,51	38.191,92 €	
						259.104,50 €
226		URBANIZACIÓN	-	-	-	
227	m³	Excavación en pozos y zanjas de garita y cerram.	18,77	12,69	238,24 €	
228	m³	Hormigón de limpieza de garita y cerram.	4,40	196,56	864,86 €	
229	m³	Hormigón en zapatas y zanjas de garita y cerram.	12,52	89,87	1.125,22 €	
230	m³	Hormigón en murete	1,67	248,15	414,42 €	
231	m²	Placa alveolar techo garita	19,54	36,07	704,85 €	
232	ud/m²	Paneles AV garita (3ud)	18,92	262,62	4.968,86 €	
233	ud/m²	Paneles AV cerramiento (2ud)	30,03	128,66	3.863,58 €	
234	m	Cantонера garita	10,53	11,43	120,32 €	
235	ud	Puerta garita	1,00	510,62	510,62 €	
236	m	Cerramiento perimetral	110,22	198,46	21.874,59 €	
237	ud	Instalación eléctrica garita	1,00	297,00	297,00 €	
238	m²	Pavimento continuo garita	19,03	42,01	799,49 €	
239	m³	Excavación en vaciado piscina	393,18	4,43	1.741,00 €	
240	m³	Excavación en zanjas y pozos	10,73	9,72	104,30 €	
241	ud	Instalación de sumideros piscina y zona ajardinada	15,00	248,40	3.726,00 €	
242	m³	Hormigón de limpieza piscina	23,79	69,75	1.659,27 €	
243	m³	Hormigón losa de cimentación piscina	49,97	84,21	4.207,85 €	
244	m³	Hormigonado zapatas piscina	30,31	87,54	2.653,48 €	
245	m³	Hormigonado muros de contención piscina	26,45	339,88	8.989,91 €	
246	ud/m²	Paneles AV piscina (8ud)	74,07	305,41	22.622,04 €	
247	m	Cantонера piscina	53,14	119,72	6.361,81 €	
248	m²	Revestimiento vitreo piscina	135,94	83,70	11.378,18 €	
249	ud	Instalación completa piscina	1,00	20.314,09	20.314,09 €	
250	m²	Solera armada zona piscina	67,22	146,96	9.878,54 €	
251	m²	Ejecución solera armada zona ajardinada	469,79	21,03	9.878,51 €	
252	ud	Ejecución de grada	1,00	4.975,29	4.975,29 €	
253	m²	Ejecución solado pav. Terrizo	348,07	16,42	5.713,92 €	
254	m²	Ejecución solado tierra caliza	443,95	40,80	18.112,76 €	
255	m²	Ejecución cubierta ajardinada	574,86	37,85	21.760,06 €	
256	ud	Ejecución circuito eléctrico	1,00	7.911,82	7.911,82 €	
257	ud	Colocación iluminación exterior	37,00	40,86	1.512,00 €	
258	ud	Ejecución instalación de riego	1,00	12.682,33	12.682,33 €	
259	ud	Ejecución trabajos de jardinería	1,00	22.717,22	22.717,22 €	
						234.682,41 €
260		VARIOS	-	-	-	
261	ud	Colocación de buzones	54,00	-	0,00 €	
262	ud	Colocación de felpudos en portales	1,00	847,00	847,00 €	
263	ud	Colocación de señalética incendios y evacuaciones	125,00	9,20	1.150,20 €	
264	ud	Colocación de espejos	97,00	96,19	9.330,54 €	
265	ud	Colocación de rotulación en viviendas	54,00	6,70	361,97 €	
266	ud	Linpieza de viviendas y zonas comunes	55,00	98,28	5.405,40 €	
						17.095,12 €
267		FIN	-	-	-	
						TOTAL 4.836.017,09 €

Tabla 3.2.4. Costes Directos, Obra grado de industrialización elevado. Elaboración propia.

En la siguiente tabla, se exponen los Costes Indirectos asociados a esta obra en concreto. Para calcular estos costes se han tenido en cuenta los medios que se necesitan para la construcción. En este caso, dentro de los Costes Indirectos contabilizaremos: la mano de obra, la maquinaria, las instalaciones generales, gastos varios y el plan de seguridad y salud.

CATEGORIA	Nº	COSTE/MES	MESES	TOTAL
MANO DE OBRA				
J.Producción	1,00	2.800,00	21,00	58.800,00 €
J.Obra	1,00	3.800,00	21,00	79.800,00 €
Ayte. Obra	1,00	1.500,00	21,00	31.500,00 €
Topografo	1,00	2.000,00	1,00	2.000,00 €
Encargado	1,00	3.000,00	21,00	63.000,00 €
Capataz				- €
Maquinista				- €
Gruista	1,00	2.200,00	15,00	33.000,00 €
Oficial 1ª	1,00	2.000,00	21,00	42.000,00 €
Peón/Ayudante	1,00	1.500,00	21,00	31.500,00 €
MAQUINARIA				
Medios Auxiliares				- €
Grua Torre	1,00	1.775,00	15,00	26.625,00 €
Andamios				- €
Manipuladora				- €
Montacargas				- €
INSTALACIONES GENERALES				
Oficina	1,00	400,00	21,00	8.400,00 €
Aseos y vestuarios	1,00	400,00	21,00	8.400,00 €
Of. Propiedad	1,00	350,00	21,00	7.350,00 €
Almacen	1,00	150,00	21,00	3.150,00 €
Aco.Inst.Agua	1,00	-		600,00 €
Aco.Inst. Elect	1,00			600,00 €
Implantación	1,00			5.000,00 €
GASTOS VARIOS				
Consumo agua				5.000,00 €
Consumo elect.				5.500,00 €
Grupo ele.				- €
Consumo telef.				5.400,00 €
Limpieza obra				10.800,00 €
Carteles y señalización				3.500,00 €
Tasas saneam.				250,00 €
Levantamiento de obra				6.000,00 €
Medio ambiente				6.000,00 €
SEGURIDAD Y SALUD				
Plan Seg. Y Salud				59.492,29 €
TOTAL C.I.				503.667,29 €

Tabla 3.2.5. Costes Indirectos, Obra grado de industrialización elevado. Elaboración propia.

Para analizar los datos económicos de la obra en base a los capítulos del presupuesto, hay que tener en cuenta que al tratarse de una obra con peculiaridades distintas a una obra convencional, estos capítulos pueden incluir partidas distintas. Se modifica el proceso constructivo y, con ello, el contenido de cada capítulo del presupuesto. Para aclarar este concepto, sirve el ejemplo de la carpintería de aluminio; en el presupuesto de la obra con un alto grado de prefabricación, el importe correspondiente a la carpintería exterior de aluminio viene incluido dentro del capítulo de estructura, ya que los paneles de fachada la incluyen. Otro ejemplo distinto es el capítulo de albañilería; en la obra que estamos analizando, el importe correspondiente a la ejecución del cerramiento y algunas divisiones entre viviendas, se incluye en el capítulo de estructura, ya que se soluciona mediante los paneles de A.V.

CAPÍTULOS	Importe	Porcentaje respecto al total
MOVIMIENTO DE TIERRAS	67.938,02 €	1,40%
RED DE SANEAMIENTO	44.260,15 €	0,92%
CIMENTACIONES	286.723,83 €	5,93%
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	1.627.935,05 €	33,66%
CUBIERTAS	46.658,02 €	0,96%
ALBAÑILERIA	325.570,05 €	6,73%
AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN	22.291,87 €	0,46%
REVESTIMIENTOS Y ACABADOS	366.852,12 €	7,59%
INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD	198.102,14 €	4,10%
INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	233.654,04 €	4,83%
INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS	320.922,04 €	6,64%
INSTALACIÓN DE GAS	282,85 €	0,01%
INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN	47.499,76 €	0,98%
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	32.127,25 €	0,66%
INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN	54.700,23 €	1,13%
PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO	43.496,94 €	0,90%
INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES	21.622,76 €	0,45%
INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR	68.313,15 €	1,41%
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO	3.080,43 €	0,06%
CERRAJERÍA	293.838,30 €	6,08%
CARPINTERÍA DE ALUMINIO	147.111,39 €	3,04%
VIDRIO	1.380,24 €	0,03%
PINTURAS	70.774,39 €	1,46%
CARPINTERÍA DE MADERA	259.104,50 €	5,36%
URBANIZACIÓN	234.682,41 €	4,85%
VARIOS	17.095,16 €	0,35%
TOTAL	4.836.017,09 €	100,00%

Tabla 3.2.6. Importe capítulos, Obra grado de industrialización elevado. Elaboración propia.

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

A continuación se presenta el flujo de caja con el fin de determinar de qué forma se reparten los costes directos a lo largo de la duración de la obra. En él se pueden observar los 21 meses de duración de obra, detectando los meses con más volumen de trabajo, así como aquellos meses en los que existe una producción inferior.

	sep 11	oct 11	nov 11	dic 11	ene 12	feb 12	mar 12	abr 12	may 12	jun 12	jul 12
MOVIMIENTO DE TIERRAS	43.655,39 €	9.465,09 €		11.966,95 €	2.850,59 €						
RED DE SANEAMIENTO			12.718,88 €	5.172,47 €						8.582,25 €	15.544,35 €
CIMENTACIONES		60.150,79 €	136.966,38 €	39.860,19 €	49.746,47 €						
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN		31.418,70 €	5.276,69 €	73.372,29 €	210.337,00 €	298.687,56 €	293.006,30 €	255.183,70 €	280.577,24 €	119.790,55 €	
CUBIERTAS										2.697,93 €	
ALBAÑILERÍA										14.248,76 €	154.814,02 €
AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN										8.326,88 €	
REVESTIMIENTOS Y ACABADOS											8.459,22 €
INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD			1.808,19 €								92.918,72 €
INSTALACIÓN DE FONTANERÍA											45.254,64 €
INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS											41.056,83 €
INSTALACIÓN DE GAS											282,85 €
INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN											12.608,36 €
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS											2.801,93 €
INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN											
PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO											6.085,98 €
INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES											18.909,24 €
INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR											
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO											
CERRAJERÍA										13.326,12 €	
CARPINTERÍA DE ALUMINIO											
VIDRIO											
PINTURAS											440,37 €
CARPINTERÍA DE MADERA											
URBANIZACIÓN										36.652,55 €	147.991,43 €
VARIOS											
	43.655,39 €	101.034,58 €	156.770,14 €	130.371,90 €	262.934,06 €	298.687,56 €	293.006,30 €	255.183,70 €	280.577,24 €	203.625,04 €	547.167,94 €

	ago 12	sep 12	oct 12	nov 12	dic 12	ene 13	feb 13	mar 13	abr 13	may 13	TOTAL PARTIDA
				2.242,20 €							67.938,02 €
											44.260,15 €
				6.161,73 €							286.723,83 €
			35.168,07 €	8.792,02 €							1.627.935,05 €
86.353,71 €	9.367,20 €	47.126,76 €	12.611,06 €	1.048,54 €							46.658,02 €
		4.303,29 €	4.400,83 €	5.260,87 €							22.291,87 €
23.150,42 €	8.522,56 €	25.444,96 €	80.595,34 €	99.955,18 €	120.724,44 €						366.852,12 €
42.568,80 €	39.203,48 €	16.504,86 €	54.603,63 €								198.102,14 €
136.021,26 €				17.968,85 €	33.601,35 €						233.654,04 €
40.570,66 €	2.565,00 €	52.603,55 €		171.850,94 €	12.275,06 €						320.922,04 €
											282,85 €
32.692,35 €	2.199,05 €										47.899,76 €
6.554,97 €	19.873,62 €					2.896,73 €					32.127,25 €
		54.700,23 €									54.700,23 €
10.366,48 €	27.044,48 €										43.496,94 €
4.224,59 €	3.894,62 €										21.622,76 €
	68.313,15 €										68.313,15 €
	3.080,43 €										3.080,43 €
9.932,32 €	5.443,20 €	183.496,42 €	7.094,40 €	13.017,67 €	15.167,16 €	46.361,01 €					293.838,30 €
		147.111,39 €									147.111,39 €
		1.380,24 €									1.380,24 €
11.017,95 €	2.506,59 €			8.031,33 €	13.530,02 €	30.277,66 €	4.970,46 €				70.774,38 €
						19.398,12 €	114.121,66 €	102.245,21 €	23.339,51 €		259.104,50 €
5.175,07 €			15.764,99 €	29.098,37 €							234.682,41 €
							11.689,76 €		5.405,40 €		17.095,16 €
408.628,58 €	246.713,61 €	513.139,54 €	192.266,20 €	346.231,75 €	198.194,76 €	96.036,79 €	130.781,88 €	102.245,21 €	28.744,91 €		4.836.017,09 €

Tabla 3.2.7. Flujo de Caja, Obra grado de industrialización elevado. Elaboración propia.

4. Estudio de una obra tradicional

La obra sigue siendo el lugar de producción del edificio, la “fábrica” donde llegan todos los materiales, la mano de obra y la maquinaria auxiliar. Es, en definitiva, una construcción artesanal que no obstante ha de ejecutarse sin artesanos, dado que ya hace tiempo que han ido cambiando las condiciones que conservaban el esquema de valores de los antiguos oficios tradicionales, con la gran contradicción que en la actualidad sólo podemos utilizar un repertorio limitadísimo de lo que le era propio al sistema en las condiciones del pasado, y sólo construimos paramentos bidimensionales de obra vista con simples perforaciones adinteladas allá donde antes construíamos vueltas de escalera, arcos en sardinel, celosías, cúpulas...⁸

Hemos de reconocer que, al menos desde el punto de vista constructivo, nuestro sistema convencional no se basa en evitar los errores sino, principalmente en encajarlos sin demasiados problemas, sustituyendo el concepto de tolerancia entre piezas por la imprecisión de un proceso basado en el relleno.

Dentro de este contexto, la edificación residencial es poco permeable a los avances técnicos, constituyendo en sí mismo un cierto anacronismo dentro de un modelo actual en donde la innovación es una necesidad permanente de las empresas que garantiza su propia pervivencia. Pese a que a este tipo de construcción tradicional se le atribuyen una serie de desventajas, los métodos de trabajo que se han venido utilizando de forma mayoritaria en el sector, siguen siendo los mismos. Esta situación nos lleva a plantear la necesidad de determinar si los inconvenientes que se le atribuyen a la construcción tradicional en comparación con obras con un elevado grado de industrialización, son reales o responden a las mismas estrategias comerciales de las que hablábamos cuando hacíamos referencia a las ventajas que se le suponían a obras industrializadas.

4.1. Estudio de la obra

Antes de comenzar con el estudio de la obra tradicional, es preciso comentar que el edificio elegido para hacer el análisis es el mismo que se ha empleado para el estudio de la obra con un grado de industrialización elevado. Se ha tratado de mantener las mismas superficies en lo que refiere a su arquitectura, de manera que la comparación pueda ser homogénea. Los principales cambios aparecen en aquellas partidas que se han considerado que podrían realizarse mediante un proceso constructivo más convencional, entendiendo por convencional, aquellas actividades que no presentan ningún grado de prefabricación ni de

⁸ PICH-AGUILERA, F., BATLLE, T., CASALDÀLIGA, P.(2008). *La arquitectura residencial como una realidad industrial. Tres ejemplos reciente*. Informes de la Construcción. Vol. 60, 512, 47-60, octubre-diciembre 2008

premontaje y que se han venido utilizando de forma mayoritaria en la construcción a lo largo de estos últimos años.

Siguiendo el criterio del capítulo interior, a la hora de definir la obra, hay que aclarar lo que es la obra acabada, es decir, concretar las partidas que entran en el presupuesto. Por ello, se ha procedido al análisis pormenorizado del proyecto, a fin de determinar las diferentes partidas que son necesarias llevar a cabo para una correcta ejecución del mismo.

Este análisis de las partidas queda reflejado de un modo general en la siguiente tabla, de manera que cuando se realice el estudio comparativo, se puedan establecer las pertinentes diferencias entre ambos conceptos de construcción.

PARTIDA		DEFINICIÓN
Movimiento de tierras		Excavación necesaria para la ejecución de dos sótanos
Estructura	Cimentación	La cimentación se resuelve mediante: <ul style="list-style-type: none"> • Zapatas aisladas • Zapatas bajo muro • Losa de cimentación
	Bajo rasante	La estructura de las dos plantas de sótano se resuelve mediante: <ul style="list-style-type: none"> • Pilares y vigas de cuelgue de hormigón • Muros de hormigón • Forjado bidireccional de casetones
	Sobre rasante	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura de Hormigón armado (pilares, vigas, zunchos y voladizos) • Forjado unidireccional de bovedilla cerámica y semiviguetas resistente.
Cerramiento		Formado por: <ul style="list-style-type: none"> • Fábrica L.C.V. • Aislamiento térmico • Cámara de aire • Trasdosado ladrillo
Divisiones Interiores	Zonas comunes	Tabiquería húmeda de fábrica de ladrillo
	División entre viviendas	
	Interior viviendas	
Cubierta		Cubierta invertida plana

		transitable, acab/ solado piedra caliza.
Solados	Interior viviendas	Pavimento de tarima de madera
	Aseos, baños y cocinas	Pavimento de gres
	Zonas comunes	Pavimento de gres
	Garajes	Pavimento continuo de resina
Alicatados		Alicatado de gres en baños y cocinas
Acabados		Pintura plástica sobre guarnecido y enlucido de yeso
Falsos techos		Falso techo escayola
Carpintería exterior		Carpintería de aluminio con vidrios incluidos
Carpintería interior		<ul style="list-style-type: none"> • Puerta entrada vivienda • Puerta de paso • Frente de armarios • Encimera lavabo
Instalaciones	Saneamiento	
	Electricidad	Es necesario la realización de rozas
	Fontanería	Es necesario la realización de rozas
	Calefacción	Suelo radiante
	Gas	Caldera centralizada
	Extracción	En garajes
	Elevación	2 ascensores
	Telecomunicaciones	Es necesario la realización de rozas
Energía solar		
Urbanización		<ul style="list-style-type: none"> • Parte del cerramiento de la parcela se realiza con fábrica de L.CV. • Cerramiento metálico. • Piscina. • Zona Ajardinada.

Tabla 4.1.Partidas de la obra tradicional. Elaboración propia.

Una vez realizado el análisis del proyecto, lo que se pretende es definir el conjunto de actividades del proyecto claramente identificables en orden de ejecución. Para ello se han dividido cada una de estas partidas en diferentes actividades, puesto que en la mayoría de los casos no coinciden.

En la siguiente tabla, aparecen todas las actividades en las que está dividida la obra sometida a estudio. A cada una de las actividades se le ha establecido un rendimiento con la intención de obtener la duración de las mismas. Además, se ha determinado el número de recursos necesarios para llevar a cabo cada una de las actividades.

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

RELACION DE DURACIONES Y RECURSOS		OBRA: 54 Viv. Sparcela RB-2AA, Sector 14			TIPO: Sistema tradicional				
		LOCALIDAD: Albacete			Fecha: 1 de Septiembre de 2011				
		SUCESOS / ACTIVIDADES			RECURSOS				
Nº		DESCRIPCIÓN	MEDIDA	RENDIMIENTO	DURACION	Id	nº	Id	nº
1		COMIENZO DE OBRA	-	-	-				
2		MOVIMIENTO DE TIERRAS	-	-	-				
3	m³	Excavación en vacío	11.122,97	500 m³/d	25	Retroexcavadora	1		
4	m³	Excavación en losa de cimentación	388,64	20 m³/d	9	Retroexcavadora	1		
5	m³	Excavación zapatas bajo muro	92,89	20 m³/d	2	Retropala	1		
6	m³	Excavación pozos cimentación	101,98	20 m³/d	4	Retropala	1		
7	m³	Excavación zapatas bajo muretes (-1,50)	461,87	20 m³/d	7	Retropala	1		
8	m³	Relleno, terraplanado y compactado de trasdós de muro	1.131,04	0,045 h/m³	6	Retroexcavadora	1		
9	m³	Relleno, terraplanado sin compactación	573,79	0,02 h/m³	3	Retroexcavadora	1		
10		RED DE SANEAMIENTO	-	-	-				
11	ud	Acometida red general	1,00		1	Poceros	1		
12	ud	Colocación de arquetas y pozos	3,00	2 h/ud	2	Poceros	1		
13	m	Colocación de colectores colgados	245,60	0,3 h/m	10	Fontaneros	1		
14	m	Colocación colectores enterrados	253,50	0,2 h/m	6	Fontaneros	1		
15	m	Colocación tubería drenaje perimetral	145,25		4	Impermeabilizadores	1		
16	m²	Colocación membrana drenante	970,06	0,5 h/m	14	Impermeabilizadores	2		
17	ud	Colocación de sumideros	29,00	0,2 h/ud	2	Poceros	1		
18	m	Colocación de bajantes de PVC	743,50	0,2 h/m	15	Fontaneros	3		
19	ud	Grupo de bombeo fecales	1,00		1	Poceros	1		
20		CIMENTACIONES	-	-	-				
21	m³	Hormigón de limp. losa, pozos y zanjas (-7,95)	65,62	0,6 h/m³	5	Encofradores	1	Ferrallas	1
22	m³	Hormigonado losa de cimentación (-7,95)	342,81	0,2 h/m³	8	Encofradores	1	Ferrallas	1
23	m³	Hormigonado de pozos de cimentación (-7,95)	63,94	0,2 h/m³	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
24	m³	Hormigonado zanjas bajos muro (-7,95)	85,42	0,2 h/m³	4	Encofradores	1	Ferrallas	1
25	m³	Hormigonado muro de contención (-7,95)	324,84	0,25 h/m³	8	Encofradores	2	Ferrallas	2
26	m²	Ejecución solera armada (-7,95)	1.043,53	100 m²/d	15	Encofradores	2	Ferrallas	2
27	m³	Hormigón de limp. Losa y zapatas (-1,50)	530,45	0,6 h/m³	5	Encofradores	1	Ferrallas	1
28	m³	Hormigonado losa de cimentación (-1,50)	207,80	0,2 h/m³	6	Encofradores	1	Ferrallas	1
29	m³	Hormigonado zapatas (-1,50)	66,69	0,2 h/m³	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
30	m³	Hormigonado de muretes (-1,50)	15,50	0,25 h/m³	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
31	m²	Ejecución solera armada (-1,50)	152,33	150 m²/d	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
32		ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	-	-	-				
33	ud	Ejecución de pilares P. Sótano -2	14,00	20 ud/d	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
34	m³	Ejecución muros de hormigón	111,76	0,25 h/m³	5	Encofradores	1	Ferrallas	1
35	m²	Encofrado forjado P. Sótano -1	1.088,39	0,1 h/m²	6	Encofradores	3		
36	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	1.088,39	-	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
37	m²	Ejecución de forjado P. Sótano -1	1.088,39	0,2 h/m²	6			Ferrallas	2
38	ud	Ejecución de pilares P. Sótano -1	14,00	20 ud/d	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
39	m³	Ejecución muros de hormigón	129,76	0,25 h/m³	3	Encofradores	1	Ferrallas	1
40	m²	Encofrado forjado P. Semisótano	1.422,04	0,1 h/m²	5	Encofradores	3		
41	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	1.422,04	-	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
42	m²	Ejecución de forjado P. Semisótano	1.422,04	0,2 h/m²	6			Ferrallas	2
43	ud	Ejecución de pilares P. Semisótano	47,00	20 ud/d	3	Encofradores	1	Ferrallas	1
44	m²	Encofrado forjado P. Baja	725,21	0,1 h/m²	5	Encofradores	3		
45	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	725,21	-	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
46	m²	Ejecución de forjado P. Baja	725,21	0,2 h/m²	5			Ferrallas	2
47	ud	Ejecución de pilares P. Baja	47,00	20 ud/d	3	Encofradores	1	Ferrallas	1
48	m²	Encofrado forjado P. Primera	716,12	0,1 h/m²	4	Encofradores	3		
49	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	716,12	-	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
50	m²	Ejecución de forjado P. Primera	716,12	0,2 h/m²	5			Ferrallas	2
51	ud	Ejecución de pilares P. Primera	47,00	20 ud/d	3	Encofradores	1	Ferrallas	1
52	m²	Encofrado forjado P. Segunda	677,36	0,1 h/m²	4	Encofradores	3		
53	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	677,36	-	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
54	m²	Ejecución de forjado P. Segunda	677,36	0,2 h/m²	5			Ferrallas	2
55	ud	Ejecución de pilares P. Segunda	47,00	20 ud/d	3	Encofradores	1	Ferrallas	1
56	m²	Encofrado forjado P. Tercera	677,36	0,1 h/m²	4	Encofradores	3		
57	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	677,36	-	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
58	m²	Ejecución de forjado P. Tercera	677,36	0,2 h/m²	5			Ferrallas	2
59	ud	Ejecución de pilares P. Tercera	47,00	20 ud/d	3	Encofradores	1	Ferrallas	1
60	m²	Encofrado forjado P. Cuarta	677,36	0,1 h/m²	4	Encofradores	3		
61	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	677,36	-	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
62	m²	Ejecución de forjado P. Cuarta	677,36	0,2 h/m²	5			Ferrallas	2
63	ud	Ejecución de pilares P. Cuarta	47,00	20 ud/d	3	Encofradores	1	Ferrallas	1
64	m²	Encofrado forjado P. Quinta	677,36	0,1 h/m²	4	Encofradores	3		
65	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	677,36	-	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
66	m²	Ejecución de forjado P. Quinta	677,36	0,2 h/m²	5			Ferrallas	2
67	ud	Ejecución de pilares P. Quinta	47,00	20 ud/d	3	Encofradores	1	Ferrallas	1
68	m²	Encofrado forjado P. Sexta	677,36	0,1 h/m²	4	Encofradores	3		
69	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	677,36	-	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
70	m²	Ejecución de forjado P. Sexta	677,36	0,2 h/m²	5			Ferrallas	2
71	ud	Ejecución de pilares P. Sexta	47,00	20 ud/d	3	Encofradores	1	Ferrallas	1
72	m²	Encofrado forjado P. Séptima	676,70	0,1 h/m²	4	Encofradores	3		
73	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	676,70	-	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
74	m²	Ejecución de forjado P. Séptima	676,70	0,2 h/m²	5			Ferrallas	2
75	ud	Ejecución de pilares P. Séptima	47,00	20 ud/d	3	Encofradores	1	Ferrallas	1
76	m²	Encofrado forjado P. Cubierte	723,91	0,1 h/m²	4	Encofradores	3		
77	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	723,91	-	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
78	m²	Ejecución de forjado P. Cubierte	723,91	0,2 h/m²	5			Ferrallas	2
79	ud	Ejecución de pérgola	1,00		3	Cerrajeros	1		
80	m²	Ejecución de bancadas	80,97		2	Equipo de obra	1		

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

81		CUBIERTAS	-	-	-		
82	m²	Ejecución de cubierta transitable	655,35	0,1 h/m²	10	Impermeabilizadores	1
83	m	Colocación de bajantes	208,00	0,1 h/m	4	Fontaneros	2
84		ALBAÑILERÍA	-	-	-		
85	m²	Ejecución de cerramiento fachada LCV hoja exterior	2.155,76	1,25 m²/h	39	Albañiles	4
86	m²	Enfoscado de cámara	1.904,37	0,12 h/m²	9	Albañiles	3
87	m²	Colocación de precerros hoja exterior	400,68	0,4 h/m²	14	Albañiles	3
88	m²	Ejecución de trasdosado fachada hoja exterior	1.904,37	30 m²/d	24	Albañiles	3
89	m²	Ejecución de divisiones caja de escalera y portales	344,22	30 m²/d	8	Albañiles	3
90	m²	Ejecución de divisiones zonas comunes	820,07	30 m²/d	12	Albañiles	3
91	m²	Ejecución de divisiones sótanos y trasteros	610,41	30 m²/d	12	Albañiles	3
92	m²	Ejecución de divisiones entre viviendas	1.666,29	30 m²/d	15	Albañiles	3
93	m²	Ejecución de divisiones interior viviendas	4.945,27	30 m²/d	36	Albañiles	3
94	m²	Ejecución de chimeneas	21,00	1,25 m²/h	3	Albañiles	1
95		Apertura de rozas caja de escalera y portales			1	Rozas	3
96		Apertura de rozas zonas comunes			1	Rozas	3
97		Apertura de rozas sótanos y trasteros			2	Rozas	3
98		Apertura de rozas en viviendas			3	Rozas	3
99		Tapado de rozas caja de escalera y portales			2	Rozas	3
100		Tapado de rozas zonas comunes			2	Rozas	3
101		Tapado de rozas sótanos y trasteros			4	Rozas	3
102		Tapado de rozas en viviendas			6	Rozas	3
103	ud	Recibido de cercos en Caja de escalera y Portales	43,00	10 ud/d	5	Albañiles	4
104	ud	Recibido de cercos en zonas comunes	54,00	10 ud/d	6	Albañiles	3
105	ud	Recibido de cercos en Sótanos y trasteros	54,00	10 ud/d	6	Albañiles	3
106	ud	Recibido de cercos en viviendas	364,00	10 ud/d	25	Albañiles	3
107	m	Colocación de albardillas y vierteaguas	303,28	0,3 h/m	4	Portlandistas	3
108	ud	Colocación de conductos de extracción campana	54,00	15 ud/d	4	Albañiles	3
109	ud	Colocación de conductos de ventilación cocinas y baños	54,00	15 ud/d	4	Albañiles	3
110	ud	Colocación de rejillas de ventilación	73,00	25 ud/d	3	Albañiles	3
111	ud	Colocación de aspiradores estáticos	97,00	25 ud/d	3	Albañiles	3
112	ud	Recibido de bañeras y duchas	66,00	1,2 h/ud	10	Albañiles	3
113		AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN	-	-	-		
114	m²	Aislamiento térmico hormigón celular	655,35	200 m²/d	4	Aislamiento	1
115	m	Zócalo permitral para suelo radiante	4.550,00	150 m/d	17	Aislamiento	3
116	m²	Impermeabilización resina terrazas y tendadero	422,47	75 m²/d	6	Impermeabilizadores	2
117	m	Remate impermeabilización cubierta	224,98	150 m/d	2	Impermeabilizadores	1
118	m²	Ejecución de aislamiento cerramiento fachada	1.904,37	20 m²/d	12	Aislamiento	3
119	m	Impermeabilización vierteaguas	216,90	150 m/d	2	Impermeabilizadores	3
120		REVESTIMIENTOS Y ACABADOS	-	-	-		
121	m²	Enfoscado de sótanos	373,77	125 m²/d	4	Yeseros	4
122	m²	Tendido de yeso en patinillos y ascensor	202,00	250 m²/d	3	Yeseros	2
123	m²	Guarnecido y enlucido de yeso en cajas de escalera y portales	825,45	200 m²/d	5	Yeseros	2
124	m²	Guarnecido y enlucido de yeso en zonas comunes	645,89	200 m²/d	4	Yeseros	2
125	m²	Guarnecido y enlucido de yeso en viviendas	2.914,43	200 m²/d	22	Yeseros	2
126	m²	Alicatado de cocina y baños	1.478,34	50 m²/d	20	Soladores y Alicatadores	2
127	m²	Ejecución de solado Gres en baños y cocinas	678,09	100 m²/d	12	Soladores y Alicatadores	2
128	m²	Ejecución de solado Tarima en viviendas	2.989,18	100 m²/d	28	Soladores y Alicatadores	2
129	m²	Ejecución de solado Gres en escaleras y zonas comunes	556,02	100 m²/d	7	Soladores y Alicatadores	2
130	m²	Recrecido con mortero	4.631,07	100 m²/d	20	Soladores y Alicatadores	2
131	m	Ejecución de solado peldaños	211,20	0,3 h/m	7	Soladores y Alicatadores	2
132	m	Ejecución de escocia caucho en baños	724,00		6	Soladores y Alicatadores	
133	m²	Ejecución de pavimento Sikafloor 400-N en aleros	441,50		8	Pavimentos continuos	1
134	m²	Ejecución pavimento resina en parking	1.875,42	200 m²/d	10	Pavimentos continuos	1
135	m²	Ejecución de falso techo viviendas	3.516,44	50 m²/d	10	Escayolistas	4
136	m²	Ejecución de falso techo z. comunes	392,60	50 m²/d	8	Escayolistas	2
137	m²	Ejecución de solado trasteros	227,12	100 m²/d	3	Soladores y Alicatadores	1
138		INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD	-	-	-		
139	ud	Ejecución de Red de Toma de Tierra	1,00		1	Electricistas	1
140	ud	Colocación de tomas de tierra con pica	1,00		1	Electricistas	1
141	ud	Línea general de Alimentación y acometida	1,00		1	Electricistas	1
142	ud	Colocación de módulos de contadores	54,00		3	Electricistas	1
143	ud	Ejecución de derivación individual a Viviendas	54,00		4	Electricistas	1
144	ud	Ejecución de derivación individual a Zonas Comunes	1,00		1	Electricistas	1
145	ud	Ejecución de derivación individual a Ascensor	2,00		1	Electricistas	1
146	ud	Ejecución de derivación individual a Garaje	6,00		1	Electricistas	1
147	ud	Ejecución de derivación individual a local comercial	1,00		1	Electricistas	1
148	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Viviendas	54,00		5	Electricistas	2
149	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Zonas Comunes	1,00		3	Electricistas	2
150	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Ascensor	2,00		1	Electricistas	2
151	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Garaje	6,00		2	Electricistas	2
152	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Loc. Comercial	5,00		1	Electricistas	2

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

153	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Viviendas	54,00		25	Electricistas	2		
154	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Zonas Comunes	1,00		3	Electricistas	2		
155	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Ascensor	2,00		1	Electricistas	2		
156	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Garaje	6,00		7	Electricistas	2		
157	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en loc. Comercial	5,00		1	Electricistas	2		
158		INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	-	-	-				
159	ud	Ejecución de tubería de distribución de la Acometida al Grupo de Presión	1,00		1	Fontaneros	1		
160	ud	Colocación de Depósitos y Grupo de Presión	1,00		1	Fontaneros	1		
161	ud	Ejecución de tubería de distribución del Grupo de Presión a Contadores	1,00		1	Fontaneros	1		
162	ud	Colocación de batería de contadores	2,00		3	Fontaneros	1		
163	ud	Ejecución de tubería distribución individual Viviendas	54,00		4	Fontaneros	2		
164	ud	Ejecución de tubería distribución individual Garaje	2,00		2	Fontaneros	2		
165	ud	Ejecución de tubería distribución individual local comercial	5,00		1	Fontaneros	2		
166	ud	Ejecución de tubería distribución individual Urbanización	2,00		1	Fontaneros	1		
167	ud	Ejecución de fontanería interior de viviendas	54,00		5	Fontaneros	2		
168	ud	Colocación de Bañeras y Duchas	74,00		5	Fontaneros	2		
169	ud	Colocación de Aparatos Sanitarios	271,00		8	Fontaneros	2		
170	ud	Colocación de grifo lavadora y lavavajillas	109,00		5	Fontaneros	2		
171		INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS	-	-	-				
172	ud	Ejecución de calderas, depósitos y grupos de presión	1,00		1	Calefactores	1		
173	ud	Ejecución conexión energía solar con caldera centralizada	1,00		1	Calefactores	1		
174	ud	Ejecución columnas de ACS patinillos	6,00		4	Calefactores	2		
175	ud	Ejecución columnas de calefacción patinillos	6,00		4	Calefactores	2		
176	ud	Ejecución instalación ACS interior viviendas	54,00		9	Calefactores	2		
177	ud	Ejecución instalación suelo radiante interior viv.	54,00		15	Calefactores	2		
178		INSTALACIÓN DE GAS	-	-	-				
179	ud	Ejecución de tubería de distribución de Acometida a Contador centralizado	1,00		1	Gas	1		
180	ud	Instalación contador centralizado	1,00		1	Gas	1		
181	ud	Ejecución de tubería de distribución de gas a calderas centralizadas	1,00		3	Gas	1		
182		INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN	-	-	-				
183	ud	Colocación de maquinaria en cuartos de extracción	4,00		2	PCI	1		
184	m²	Colocación de conductos de chapa en Garaje	1.270,57		20	PCI	2		
185	ud	Ejecución 1ª fase de instalación de detección	1,00		5	PCI	2		
186		INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	-	-	-				
187	ud	Acometida de agua para incendios desde red general	1,00		1	PCI	1		
188	ud	Instalación de contador y puesto simplificado	1,00		2	PCI	1		
189	m	Instalación Tubería Acero negro	224,00		4	PCI	2		
190	ud	Ejecución 1ª fase detección de incendios	1,00		5	PCI	2		
191	ud	Ejecución 2ª fase detección de incendios	1,00		5	PCI	2		
192	ud	Instalación central analógica y módulos	1,00		2	PCI	1		
193	ud	Instalación de BIES	6,00		4	PCI	1		
194	ud	Colocación de extintor polvo	37,00		3	PCI	1		
195		INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN	-	-	-				
196	ud	Instalación de ascensores	2,00		10	Ascensores	1		
197		PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO	-	-	-				
198	m	Instalación montantes tubería cobre frigorífico	685,00		5	Aire Acondicionado	2		
199	m	Instalación tubería cobre frigorífico viviendas	3.512,00		15	Aire Acondicionado	2		
200	m	Instalación tubería cobre frigorífico locales	296,00		3	Aire Acondicionado	2		
201	ud	Instalación líneas de control	59,00		8	Aire Acondicionado	1		
202		INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES	-	-	-				
203	ud	Instalación eléctrica RITI	1,00		2	Telecomunicaciones	1		
204	ud	Instalación eléctrica RITS	1,00		2	Telecomunicaciones	1		
205	ud	Ejecución de conjunto de captación y equipo de cabecera TV	1,00		2	Telecomunicaciones	1		
206	ud	Ejecución de derivación individual viviendas	54,00		3	Telecomunicaciones	1		
207	ud	Ejecución de derivación individual locales comerciales	5,00		1	Telecomunicaciones	1		
208	ud	Ejecución 1ª fase de instalación de Telecomunicaciones en interior de viviendas	54,00		5	Telecomunicaciones	2		
209	ud	Ejecución 2ª fase de instalación de Telecomunicaciones en interior de viviendas	54,00		11	Telecomunicaciones	2		
210		INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR	-	-	-				
211	ud	Colocación de conjunto de paneles	1,00		3	Energía solar	1		
212	ud	Colocación de tubería ida (desde Contador a Depósitos y grupos de cubierta)	1,00		1	Energía solar	1		

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

213	ud	Instalación de ida (a paneles)	1,00		2	Energía solar	1		
214	ud	Instalación de retorno	1,00		2	Energía solar	1		
215	ud	Colocación de depositos y grupos de energia solar	1,00		2	Energía solar	1		
216	ud	Instalación de contador centralizado	1,00		1	Energía solar	1		
217	ud	Ejecución tubería de ACS a caldera centralizada	1,00		1	Energía solar	1		
218		INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO							
219	ud	Instalación protección contra el rayo	1,00		3	Electricista	1		
220		CERRAJERIA	-	-	-				
221	ud	Colocación puertas RF Sótanos	15,00	20 ud/d	1	Cerrajeros	1		
222	ud	Colocación de puertas RF Zonas comunes	28,00	20 ud/d	2	Cerrajeros	2		
223	ud	Colocación puerta entrada portal	1,00	5 ud/d	1	Cerrajeros	1		
224	ud	Colocación puerta cancela acceso parcela	1,00	2 ud/d	1	Cerrajeros	1		
225	ud	Colocación puertas de chapa	71,00	20 ud/d	3	Cerrajeros	2		
226	m	Colocación barandillas escaleras	55,26	25 m/d	5	Cerrajeros	1		
227	m	Colocación barandillas balcones y terrazas	490,26	25 m/d	20	Cerrajeros	2		
228	ud	Colocación puertas RF patinillos	12,00	20 ud/d	1	Cerrajeros	1		
229	m²	Colocación de persianas lamas fijas	109,00	40 m²/d	5	Cerrajeros	2		
230	ud	Colocación entramado de tramex	61,53	40 m²/d	2	Cerrajeros	1		
231	ud	Colocación de lamas ventilación garaje	4,00	40 m²/d	1	Cerrajeros	1		
232	m²	Colocación puertas acometidas gas y electricidad cierre de parcela	3,42		1	Cerrajeros	1		
233	ud	Colocación protección bajantes en garaje	1,00	6 ud/d	1	Cerrajeros	1		
234	ud	Colocación caperuzas chimeneas	21,00	6 ud/d	2	Cerrajeros	1		
235	ud	Colocación puerta abatible acceso garaje	1,00	2 ud/d	1	Cerrajeros	1		
236	ud	Colocación de cajón de chapa	3,00		2	Cerrajeros	1		
237		CARPINTERIA DE ALUMINIO	-	-	-				
238	ud	Colocación de ventanas y balcones de Aluminio	285,00	20 ud/d	15	Aluminio	3		
239		VIDRIO	-	-	-				
240	m²	Colocación de vidrio proteccion fuego RF-60	2,84		1	Vidrieros	1		
241		PINTURAS	-	-	-				
242	m²	Pintura en Viviendas	12.627,04	150 m²/d	38	Pintores	2		
243	m²	Pintura en Cajas de escalera y Portales	157,03	150 m²/d	2	Pintores	1		
244	m²	Pintura en Zonas Comunes	1.360,82	150 m²/d	9	Pintores	2		
245	m²	Pintura en Trasteros	1.165,01	150 m²/d	8	Pintores	2		
246	m²	Pintura Garaje 2 colores y cenefa	1.092,50	100 m²/d	10	Pintores	2		
247	m²	Pintura sobre cerrajería	480,85	80 m²/d	6	Pintores	2		
248	m²	Marcado de plazas de garaje	657,00	150 m/d	5	Pintores	1		
249	ud	Rotulación	54,00	150 ud/d	1	Pintores	1		
250	m²	Pintura plástica antimoho en baños	1.337,93	150 m²/d	9	Pintores	2		
251		CARPINTERIA DE MADERA	-	-	-				
252	ud	Colocación de puertas blindadas en entradas a viviendas	54,00	12 ud/d	4	Carpinteros	1		
253	ud	Colocación de puertas de paso en viviendas	368,00	15 ud/d	15	Carpinteros	1		
254	m²	Colocación de frentes de armario	697,88	20 ud/d	10	Carpinteros	1		
255	m²	Encimeras lavabo	90,06	10 ud/d	7	Carpinteros	1		
256		URBANIZACIÓN	-	-	-				
257	m³	Excavación en pozos y zanjas de garita y cerram.	18,77	20 m³/d	1	Retropala	1		
258	m³	Hormigón de limpieza de garita y cerram.	4,40	0,6 h/m³	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
259	m³	Hormigón en zapatas y zanjas de garita y cerram.	12,52	0,2 h/m³	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
260	m³	Hormigón en murete	1,67	0,25 h/m³	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
261	m²	Placa alveolar techo garita	19,54		1	Ferallas	1		
262	m²	Cerramiento Garita L.C.V.	18,92	1,25 m²/h	2	Albañiles	1		
263	m²	Cerramiento Parcela L.C.V.	30,03	1,25 m²/h	3	Albañiles	2		
264	m	Cantонера garita	10,53		1	Albañiles	1		
265	ud	Puerta garita	1,00		1	Cerrajeros	1		
266	m	Cerramiento perimetral	110,22		5	Cerrajeros	1		
267	ud	Instalación eléctrica garita	1,00		1	Electricistas	1		
268	m²	Pavimento garita	19,03		1	Soladores y alicadores	1		
269	m³	Excavación en vaciado piscina	393,18	500 m³/d	2	Retroexcavadora	1		
270	m³	Excavación en zanjas y pozos	10,73	20 m³/d	1	Retropala	1		
271	ud	Instalación de sumideros piscina y zona ajardinada	15,00	0,2 h/ud	2	Equipo de obra	1		
272	m³	Hormigón de limpieza piscina	23,79	0,6 h/m³	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
273	m³	Hormigón losa de cimentación piscina	49,97	0,2 h/m³	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
274	m³	Hormigonado zapatas piscina	30,31	0,2 h/m³	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
275	m³	Hormigonado muros de contención piscina	26,45	0,25 h/m³	2	Encofradores	1	Ferrallas	1
276	m²	Muros interiores piscina fábrica L.C.V.	74,07	1,25 m²/h	3	Albañiles	1		
277	m	Cantонера piscina	53,14		2	Albañiles	1		
278	m²	Revestimiento vitreo piscina	135,94		4	Soladores y Alicadores	1		
279	ud	Instalación completa piscina	1,00		3	Piscina	1		
280	m²	Solera armada zona piscina	67,22	150 m²/ d	1	Encofradores	1	Ferrallas	1
281	m²	Ejecución solera armada zona ajardinada	469,79	150 m²/ d	3	Encofradores	1	Ferrallas	1
282	ud	Ejecución de grada	1,00		1	Encofradores	1	Ferrallas	1
283	m²	Ejecución solado pav. Terrizo	348,07		6	Jardineros	2		
284	m²	Ejecución solado tierra caliza	443,95		7	Jardineros	2		
285	m²	Ejecución cubierta ajardinada	574,86	0,1 h/m²	5	Impermeabilizadores	2		
286	ud	Ejecución circuito eléctrico	1,00		2	Electricistas	1		
287	ud	Colocación iluminación exterior	37,00		3	Electricistas	2		
288	ud	Ejecución instalación de riego	1,00		4	Jardineros	2		

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

289	ud	Ejecución trabajos de jardinería	1,00		5	Jardineros	2		
290		VARIOS	-	-	-				
291	ud	Colocación de buzones	54,00		1	Equipo de obra	1		
292	ud	Colocación de felpudos en portales	1,00		1	Equipo de obra	1		
293	ud	Colocación de señalética incendios y evacuaciones	125,00		2	PCI	1		
294	ud	Colocación de espejos	97,00	20 ud/d	1	Equipo de obra	1		
295	ud	Colocación de rotulación en viviendas	54,00		2	Pintores	1		
296	ud	Limpieza de viviendas y zonas comunes	55,00		6	Equipo de obra	2		
297		FIN	-	-	-				

Tabla 4.2. Duraciones, rendimientos y recursos. Elaboración propia.

Por último, en la siguiente tabla, se establecen las vinculaciones lógicas entre las actividades. Con esta vinculación, terminaría toda la información que es necesaria recopilar antes de empezar el desarrollo de la planificación del proyecto.

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

				68	69	Replanteo y colocación de pasatubos	2	70								
				69	70	Ejecución de forjado P. Sexta	5	71								
				70	71	Ejecución de pilares P. Sexta	3	72								
				71	72	Encofrado forjado P. Séptima	4	73								
				72	73	Replanteo y colocación de pasatubos	2	74								
				73	74	Ejecución de forjado P. Séptima	5	75								
				74	75	Ejecución de pilares P. Séptima	3	76								
				75	76	Encofrado forjado P. Cubierta	4	77								
				76	77	Replanteo y colocación de pasatubos	2	78								
				77	78	Ejecución de forjado P. Cubierta	5	18	79	85	87	94				
		82		78	79	Ejecución de pérgola	3	297								
				78	80	Ejecución de bancadas	2	82	114	211						
				-	81	CUBIERTAS	-	-								
	114	94		80	82	Ejecución de cubierta transitable	10	17	79	83	117	205	236			
				82	83	Colocación de bajantes	4	297								
				-	84	ALBAÑILERÍA	-	-								
				78	80	Ejecución de cerramiento fachada LCV hoja exterior	39	86	119	257						
				87	85	Enfoscado de cámara	9	118								
				78	87	Colocación de precerros hoja exterior	14	86								
				118	88	Ejecución de trasdosado fachada hoja exterior	24	92	103	105	106	137				
				103	89	Ejecución de divisiones caja de escalera y portales	8	95	104							
				104	90	Ejecución de divisiones zonas comunes	12	96	122	215						
				105	91	Ejecución de divisiones sótanos y trasteros	12	97	183	187						
				88	92	Ejecución de divisiones entre viviendas	15	98	104	106						
				106	93	Ejecución de divisiones interior viviendas	36	98	108	109	112					
				78	94	Ejecución de chimeneas	3	82	114	234						
				89	95	Apertura de rozas caja de escalera y portales	1	145								
				90	96	Apertura de rozas zonas comunes	1	144	147	165	207	200				
				91	97	Apertura de rozas sótanos y trasteros	2	146	164							
				93	92	Apertura de rozas en viviendas	3	143	163	176	199	201	206			
				150	99	Tapado de rozas caja de escalera y portales	2	123								
				149	100	Tapado de rozas zonas comunes	2	124								
			165	164	101	Tapado de rozas sótanos y trasteros	4	121								
208	201	176	167	148	102	Tapado de rozas en viviendas	6	125								
				88	103	Recibido de cercos en Caja de escalera y Portales	5	89	223							
				92	89	Recibido de cercos en zonas comunes	6	90	222							
				88	105	Recibido de cercos en Sótanos y trasteros	6	91	221							
				92	88	Recibido de cercos en viviendas	25	93								
				119	107	Colocación de albardillas y vierteaguas	4	238								
				93	108	Colocación de conductos de extracción campana	4	135								
				93	109	Colocación de conductos de ventilación cocinas y baños	4	135								
				126	110	Colocación de rejillas de ventilación	3	2971								
			153	135	111	Colocación de aspiradores estáticos	3	297								
				93	112	Recibido de bañeras y duchas	10	126								
				-	113	 AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN 	-	-								
			94	80	114	Aislamiento térmico hormigón celular	4	82								
				130	115	Zócalo perimetral para suelo radiante	17	177								
				119	116	Impermeabilización resina terrazas y tendadero	6	133								
				82	117	Remate impermeabilización cubierta	2	297								
				86	118	Ejecución de aislamiento cerramiento fachada	12	88								
				85	119	Impermeabilización vierteaguas	2	107	116							
				-	120	 REVESTIMIENTOS Y ACABADOS 	-	-								
				101	121	Enfoscado de sótanos	4	156	245	246						
				90	122	Tendido de yeso en patinillos y ascensor	3	143-144	145-146	146-147	163-164	165-166	181-196	174-175	198	
				99	123	Guarnecido y enlucido de yeso en cajas de escalera y portales	5	136	155	243						
				100	124	Guarnecido y enlucido de yeso en zonas comunes	4	136	154	157	244					
				102	125	Guarnecido y enlucido de yeso en viviendas	22	135	153	209						
			130	112	126	Alicatado de cocina y baños	20	110	127	170	294	255				
				126	127	Ejecución de solado Gres en baños y cocinas	12	128	132	169	225					

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

			177	127	128	Ejecución de solado Tarima en viviendas	28	129	133	242							
			131	128	129	Ejecución de solado Gres en escaleras y zonas comunes	7	222	223	226	228						
			136	135	130	Recrecido con mortero	20	115	126								
			136		131	Ejecución de solado peldaños	7	129									
				127	132	Ejecución de escocía caucho en baños	6	242									
			128	116	133	Ejecución de pavimento Sikafloor 400-N en aleros	8	227									
				137	134	Ejecución pavimento resina en parking	10	17	191	193	221	235	233				
		125	109	108	135	Ejecución de falso techo viviendas	10	111	130								
			124	123	136	Ejecución de falso techo z. comunes	8	130	131								
				88	137	Ejecución de solado trasteros	3	134									
					-	138 INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD	-	-									
				25	139	Ejecución de Red de Toma de Tierra	1	26									
		156	155	154	153	Colocación de tomas de tierra con pica	1	142									
				142	141	Línea general de Alimentación y acometida	1	286									
				140	142	Colocación de módulos de contadores	3	141									
			122	98	143	Ejecución de derivación individual a Viviendas	4	148									
			122	96	144	Ejecución de derivación individual a Zonas Comunes	1	149									
			122	95	145	Ejecución de derivación individual a Ascensor	1	150									
			122	97	146	Ejecución de derivación individual a Garaje	1	151									
			122	96	147	Ejecución de derivación individual a local comercial	1	152									
				143	148	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Viviendas	5	102	153								
				144	149	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Zonas Comunes	3	100	154								
				145	150	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Ascensor	1	99	155								
				146	151	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Garaje	2	156									
				147	152	Ejecución de 1ª Fase electricidad en loc. Comercial	1	157									
			148	125	153	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Viviendas	25	111	140								
			149	124	154	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Zonas Comunes	3	140									
			150	123	155	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Ascensor	1	140									
			151	121	156	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Garaje	7	140									
			152	124	157	Ejecución de 2ª Fase electricidad en loc. Comercial	1	219									
					-	158 INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	-	-									
				166	159	Ejecución de tubería de distribución de la Acometida al Grupo de Presión	1	160									
				159	160	Colocación de Depósitos y Grupo de Presión	1	161									
				160	161	Ejecución de tubería de distribución del Grupo de Presión a Contadores	1	162									
				161	162	Colocación de batería de contadores	3	297									
			122	98	163	Ejecución de tubería distribución individual Viviendas	4	167									
			122	97	164	Ejecución de tubería distribución individual Garaje	2	101	166								
			122	96	165	Ejecución de tubería distribución individual local comercial	1	101									
			164	122	166	Ejecución de tubería distribución individual Urbanización	1	159	288								
				163	167	Ejecución de fontanería interior de viviendas	5	102	168	169	170						
				167	168	Colocación de Bañeras y Duchas	5	297									
				167	127	169	Colocación de Aparatos Sanitarios	8	297								
				167	126	170	Colocación de grifo lavadora y lavavajillas	5	297								
					-	171 INTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS	-	-									
				173	172	Ejecución de calderas, depósitos y grupos de presión	1	297									
				217	173	Ejecución conexión energía solar con caldera centralizada	1	172									
				122	174	Ejecución columnas de ACS patinillos	4	175	176								

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

			122	174	Ejecución columnas de ACS patinillos	4	175	176											
		174	122	175	Ejecución columnas de calefacción patinillos	4	177												
		174	98	176	Ejecución instalación ACS interior viviendas	9	102												
		175	115	177	Ejecución instalación suelo radiante interior viv.	15	128												
			-	178	INSTALACIÓN DE GAS	-	-												
			180	179	Ejecución de tubería de distribución de Acometida a Contador centralizado	1	297												
			181	180	Instalación contador centralizado	1	179												
			122	181	Ejecución de tubería de distribución de gas a calderas centralizadas	3	180												
			-	182	INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN	-	-												
			91	183	Colocación de maquinaria en cuartos de extracción	2	184												
			183	184	Colocación de conductos de chapa en Garaje	20	185												
			184	185	Ejecución 1ª fase de instalación de detección	5	297												
			-	186	INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	-	-												
			91	187	Acometida de agua para incendios desde red general	1	188												
			187	188	Instalación de contador y puesto simplificado	2	189												
			188	189	Instalación Tubería Acero negro	4	193	190											
			189	190	Ejecución 1ª fase detección de incendios	5	191												
		190	134	191	Ejecución 2ª fase detección de incendios	5	192												
			191	192	Instalación central analógica y módulos	2	297												
	246	189	134	193	Instalación de BIES	4	297												
		244	243	194	Colocación de extintor polvo	3	297												
			-	195	INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN	-	-												
			122	196	Instalación de ascensores	10	297												
			-	197	PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO	-	-												
			122	198	Instalación montantes tubería cobre frigorífico	5	199												
		198	98	199	Instalación tubería cobre frigorífico viviendas	15	201												
			96	200	Instalación tubería cobre frigorífico locales	3	297												
		199	98	201	Instalación líneas de control	8	102												
			-	202	INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES	-	-												
			208	203	Instalación eléctrica RITI	2	204												
			203	204	Instalación eléctrica RITS	2	205												
		204	82	205	Ejecución de conjunto de captación y equipo de cabecera TV	2	297												
			98	206	Ejecución de derivación individual viviendas	3	208												
			96	207	Ejecución de derivación individual locales comerciales	1	297												
			206	208	Ejecución 1ª fase de instalación de Telecomunicaciones en interior de viviendas	5	102	203	209										
		208	125	209	Ejecución 2ª fase de instalación de Telecomunicaciones en interior de viviendas	11	297												
			-	210	INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR	-	-												
		213	80	211	Colocación de conjunto de paneles	3	214												
			216	212	Colocación de tubería ida (desde Contador a Depósitos y grupos de cubierta)	1	297												
			215	213	Instalación de ida (a paneles)	2	211												
			211	214	Instalación de retorno	2	216												
			90	215	Colocación de depósitos y grupos de energía solar	2	213												
			214	216	Instalación de contador centralizado	1	212	217											
			216	217	Ejecución tubería de ACS a caldera centralizada	1	173												

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

			-	218	INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO	-	-		
			157	219	Instalación protección contra el rayo	3	297		
			-	220	CERRAJERIA	-	-		
	134	105		221	Colocación puertas RF Sótanos	1	245		
	129	104		222	Colocación de puertas RF Zonas comunes	2	244		
	129	103		223	Colocación puerta entrada portal	1	247		
		263		224	Colocación puerta cancela acceso parcela	1	247		
		127		225	Colocación puertas de chapa	3	247		
		129		226	Colocación barandillas escaleras	5	247		
		133		227	Colocación barandillas balcones y terrazas	20	229		
		129		228	Colocación puertas RF patinillos	1	297		
		227		229	Colocación de persianas lamas fijas	5	230		
		229		230	Colocación entramado de tramex	2	231		
		230		231	Colocación de lamas ventilación garaje	1	247		
		263		232	Colocación puertas acometidas gas y electricidad cierre de parcela	1	247		
		134		233	Colocación protección bajantes en garaje	1	247		
		94		234	Colocación caperuzas chimeneas	2	297		
		134		235	Colocación puerta abatible acceso garaje	1	247		
		82		236	Colocación de cajón de chapa	2	297		
			-	237	CARPINTERIA DE ALUMINIO	-	-		
		107		238	Colocación de ventanas y balcones de Aluminio	15	240		
			-	239	VIDRIO	-	-		
		238		240	Colocación de vidrio proecciñon fuego RF-60	1	297		
			-	241	PINTURAS	-	-		
	132	128		242	Pintura en Viviendas	38	252	253	
		123		243	Pintura en Cajas de escalera y Portales	2	194	252	293
		222	124	244	Pintura en Zonas Comunes	9	194	252	293
		221	121	245	Pintura en Trasteros	8	297		
			121	246	Pintura Garaje 2 colores y cenefa	10	193	293	
	233-233	231-231	23-22	247	Pintura sobre cerrajería	6	297		
		134		248	Marcado de plazas de garaje	5	249		
		248		249	Rotulación	1	297		
		127		250	Pintura plástica antimoho en baños	9	253		
			-	251	CARPINTERIA DE MADERA	-	-		
	244	243	242	252	Colocación de puertas blindadas en entradas a viviendas	250	253		
		252	250	253	Colocación de puertas de paso en viviendas	15	254		
			253	254	Colocación de frentes de armario	10	296		
			126	255	Encimeras lavabo		296		
			-	256	URBANIZACIÓN	-	-		
		85		257	Excavación en pozos y zanjas de garita y cerram.	1	258		
		257		258	Hormigón de limpieza de garita y cerram.	1	259		
		258		259	Hormigón en zapatas y zanjas de garita y cerram.	1	260		
		259		260	Hormigón en murete	1	262		
		262		261	Placa alveolar techo garita	1	264		
		260		262	Cerramiento Garita L.C.V.	2	261	263	
		262		263	Cerramiento Parcela L.C.V.	3	224	232	266
		261		264	Cantonera garita	1	267		
		268		265	Puerta garita	1	297		
		263		266	Cerramiento perimetral	5	269		
		264		267	Instalación eléctrica garita	1	268		
		267		268	Pavimento garita	1	265		
		266		269	Excavación en vaciado piscina	2	270		
		269		270	Excavación en zanjas y pozos	1	272		
		279		271	Instalación de sumideros piscina y zona ajardinada	2	297		
		270		272	Hormigón de limpieza piscina	1	273		
		272		273	Hormigón losa de cimentación piscina	2	274		
		273		274	Hormigonado zapatas piscina	1	275		
		274		275	Hormigonado muros de contención piscina	2	277	280	
		280		276	Muros interiores piscina fábrica L.C.V.	3	283		

			275	277	Cantонера piscina	2	278												
			277	278	Revestrimiento vitreo piscina	4	279												
			278	279	Instalación completa piscina	3	271												
			275	280	Solera armada zona piscina	1	276	281											
			280	281	Ejecución solera armada zona ajardinada	3	282	285	286										
			281	282	Ejecución de grada	1	297												
			276	283	Ejecución solado pav. Terrizo	6	284												
			283	284	Ejecución solado tierra caliza	7	289												
			281	285	Ejecución cubierta ajardinada	5	289												
		281	141	286	Ejecución circuito eléctrico	2	287												
			286	287	Colocación iluminación exterior	3	288												
			287	166	288	Ejecución instalación de riego	4	289											
		288	285	284	289	Ejecución trabajos de jardinería	5	297											
			-	290	VARIOS	-	-												
			295	291	Colocación de buzones	1	292												
			291	292	Colocación de felpudos en portales	1	296												
		246	244	243	293	Colocación de señalética incendios y evacuaciones	2	295											
			126	294	Colocación de espejos	1	296												
			293	295	Colocación de rotulación en viviendas	2	291												
		294	292	255	254	296	Limpieza de viviendas y zonas comunes	6											
					297	FIN	-	-											

Tabla 4.3. Vínculos. Elaboración propia.

Al igual que con la obra industrializada, una vez recopilada toda la información proveniente de las tablas anteriores, se procede a realizar la planificación de la obra con un elevado grado de industrialización. Para ello vamos a servirnos del soporte informático “Microsoft Project”.

Todos los datos que se han incluido para realizar la planificación, están estrechamente relacionados con los resultados que vamos buscando, a fin de establecer las diferencias resultantes entre las dos obras.

La planificación completa de la obra con un elevado grado de industrialización queda recogida en el **Anexo 3**, los detalles sobre los resultados que van a servir para realizar el análisis comparativo aparecen en el punto siguiente.

4.2. Resultados

De la misma manera que se ha establecido para la obra con un grado de industrialización elevado en este apartado se muestran los resultados obtenidos del estudio tras la realización de los cambios pertinentes sobre la obra elegida, a fin de transformarla en una obra convencional de manera que permita la homogenización de los aspectos que afectan a su planificación y el posterior estudio de los mismos. Estos resultados se dividen en tres grupos claramente diferenciados: el tiempo, los recursos y el coste.

La elección de estos grupos pretende que los resultados sean medibles de alguna forma medianamente estandarizada. Por ese motivo, se ha tratado de definir minuciosamente estos grupos, tratándolos por separado para así poder además ver el peso que tienen en la comparativa que se hará en un apartado posterior.

Tiempo

De acuerdo con la planificación realizada, la obra tradicional, tendría una duración total de **537 días laborables**. Tomando como fecha de comienzo el 01 de Septiembre de 2011, la obra terminaría el 10 de Octubre de 2013.

A continuación se muestra una tabla en la que aparece: la fecha de comienzo, fecha de fin y duración de cada uno de los capítulos de la obra acabada. Las fechas de comienzo y fin del capítulo indican el comienzo de la primera actividad perteneciente al capítulo y la fecha de fin refleja la fecha en la que concluye la última tarea ejecutada del capítulo. Esto quiere decir que dentro de la duración del capítulo puede haber días en los que no se esté ejecutando ninguna tarea. Además, la duración puede variar puesto que, como se ve reflejado en la planificación (Anexo 3), muchas de las actividades que engloban estos capítulos tienen una holgura, que podría hacer que alguna de estas fechas varíe. Aun así, nos sirve para poder establecer una comparativa con las fechas que tras su estudio presenten las actividades de la obra tradicional.

CAPÍTULOS	Fecha de comienzo	Fecha de fin	Duración (d)
MOVIMIENTO DE TIERRAS	01/09/2011	17/01/2012	94
RED DE SANEAMIENTO	08/11/2011	28/11/2012	267
CIMENTACIONES	14/10/2011	18/01/2012	65
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	17/11/2011	12/09/2012	207
CUBIERTAS	27/08/2011	13/09/2012	14
ALBAÑILERIA	26/07/2011	28/05/2013	214
AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN	21/08/2012	20/05/2013	191
REVESTIMIENTOS Y ACABADOS	08/11/2012	30/07/2013	187
INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD	01/01/2013	18/04/2013	67
INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	01/01/2013	20/06/2013	123
INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS	01/01/2013	10/06/2013	115
INSTALACIÓN DE GAS	01/01/2013	07/01/2013	5
INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN	12/12/2012	07/02/2013	41
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	12/12/2012	16/08/2013	177
INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN	01/01/2013	14/01/2013	10
PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO	28/12/2012	05/02/2013	28

INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES	28/12/2012	22/03/2013	61
INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR	27/12/2012	10/01/2013	11
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO	25/01/2013	29/01/2013	3
CERRAJERÍA	21/08/2012	09/09/2013	271
CARPINTERÍA DE ALUMINIO	28/09/2012	19/10/2012	15
VIDRIO	22/10/2012	22/10/2012	1
PINTURAS	27/11/2012	17/09/2013	209
CARPINTERÍA DE MADERA	24/05/2013	02/10/2013	94
URBANIZACIÓN	20/09/2012	08/05/2013	161
VARIOS	24/05/2013	10/10/2013	100

Tabla 4.2.1. Duraciones capítulos. Elaboración propia.

A continuación se muestra una imagen en la que aparece como se distribuyen a lo largo del tiempo que dura la obra los diferentes capítulos que forman parte de la misma.

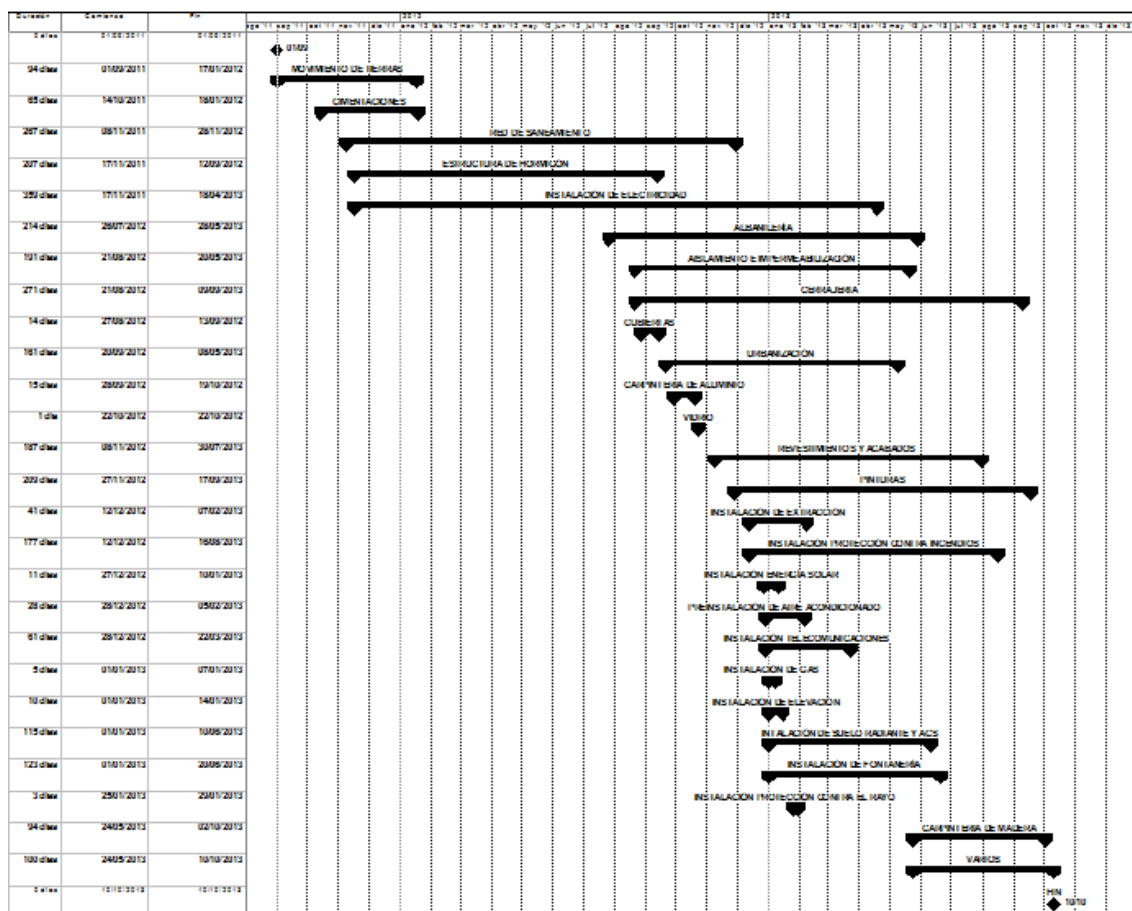


Imagen 4.2.1. Diagrama de barras Capítulos.

Recursos

En el caso de la obra tradicional se ha procedido a la asignación y nivelación de recursos, empleando el mismo número de recursos máximos disponibles que se utilizaron para la obra industrializada. Lo único que sufre variación es la aparición de nuevos tipos de recursos.

Manteniendo el número máximo de recursos disponibles en un número fijo, para resolver la sobreasignación tenemos que aumentar el margen de demora; dando lugar a unos resultados que puedan ser comparables con los obtenidos en la obra industrializada.

A continuación aparecen: los tipos de recursos que se le han asignado a la obra tradicional, los recursos máximos disponibles de cada uno de ellos y los recursos que se han sido necesarios para realizar la obra.

NOMBRE RECURSO	Recursos mínimos	Recursos máximos
	necesarios	disponibles
RETROEXCAVADORA	2	2
RETROPALA	1	1
ENCOFRADORES	3	3
FERRALLAS	3	3
POCEROS	1	1
FONTANEROS	3	3
IMPERMEABILIZADORES	2	2
ALBAÑILES	7	7
ROZAS	3	3
CALEFACTORES	4	4
ELECTRICISTAS	4	4
TELECOMUNICACIONES	2	2
GAS	1	1
ENERGIA SOLAR	2	2
PCI	3	3
ASCENSORES	1	1
AIRE ACONDICIONADO	3	3
AISLAMIENTO	4	4
YESEROS	4	4
SOLADORES Y ALICATADOES	3	3
ESCAVOLISTAS	4	4
PORLANDISTAS	3	3
ALUMINIO	1	1
VIDRIEROS	1	1
PINTORES	4	4
CARPINTEROS	2	2
CERRAJEROS	3	3
JARDINEROS	2	2
EQUIPO DE OBRA	2	2
PISCINA	1	1

Tabla 4.2.2. Número de recursos. Elaboración propia.

En la tabla siguiente se ve reflejado como van a pareciendo los distintos recursos a lo largo de todo el periodo que dura la obra. Esto nos permitirá realizar una comparativa con respecto a la obra tradicional, de manera que comprendamos de una forma más gráfica cuando se realizan las diferentes actividades y que número de recursos participan en las mismas.

	sep'11	oct'11	nov'11	dic'11	ene'12	feb'12	mar'12	abr'12	may'12	jun'12	jul'12	ago'12	sep'12	oct'12	nov'12	dic'12	ene'13	feb'13	mar'13	abr'13	may'13	jun'13	jul'13	ago'13	sep'13	oct'13	
Retroexcavadora	2	2		1	1									1													
Retropala		1		1										1	1												
Encofradores		2	3	3	3	3	3	3	3	3	3		1	1													
Ferrallas		2	3	3	3	2	2	2	2	2	2		1	1													
Poceros			1									1	1		1												
Fontaneros			1								3	3	2			3						2	2				
Impermeabilizadores			2	2								1	2	2	2												
Albañiles											7	7	7	7	7	7	7			3	3						
Rozas															3	3	3	3									
Calefactores															3							4	4				
Electricistas			1											1			4	2	2	2							
Telecomunicaciones																1	2		2								
Gas																1											
Energía Solar																1	2										
PCI																3	2	3						2			
Ascensores																1											
Aire Acondicionado																2	3	1									
Aislamiento											1	4	4							4	4						
Yeseros															2	2	4	4									
Soladores y Alicatadores																1	1		2	2	2	2	2	2	3		
Escayolistas																	2		4								
Porlandistas													3														
Aluminio														1	1												
Vidrieros															1												
Pintores															1	1	4	4									
Carpinteros																							1	1		2	2
Cerrajeros												1	2	3	3								2	3	3	2	
Jardineros																				2	2						
Equipo de obra											1											1			1		2
Piscina																											

Tabla 4.2.3. Reparto mensual de recursos. Elaboración propia.

Coste

De la misma manera que en los resultados económicos de la obra con un grado de industrialización elevado, en primer lugar, aparece en la siguiente tabla, los costes directos. Estos costes son lo que cuesta cada una de las actividades en las que se ha dividido la planificación de la obra y que son necesarias para finalizar la obra en su totalidad. Para ello previamente se ha determinado la medición de cada una de las actividades (para ello nos hemos ayudado de las mediciones del proyecto) y se les ha asignado un importe.

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

COSTES DIRECTOS OBRA GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN ELEVADO							
Nº		DESCRIPCIÓN	MEDIDA	Precio	Importe	TOTAL CAPÍTULO	TOTAL
1		COMIENZO DE OBRA	-				
2		MOVIMIENTO DE TIERRAS	-				
3	m³	Excavación en vaciado	11.122,97	4,43	49.252,51 €		
4	m³	Excavación en losa de cimentación	388,64	10,69	4.155,34 €		
5	m³	Excavación zapatas bajo muro	92,89	10,69	993,18 €		
6	m³	Excavación pozos cimentación	101,98	10,69	1.090,39 €		
7	m³	Excavación zapatas bajo muretes (-1,50)	461,87	10,69	4.938,31 €		
8	m³	Relleno, terraplaneado y compactado de trasdós de muro	1.131,04	6,21	7.028,64 €		
9	m³	Relleno, terraplaneado sin compactación	573,79	4,97	2.850,59 €		
						70.308,97 €	
10		RED DE SANEAMIENTO	-				
11	ud	Acometida red general	1,00	1.528,20	1.528,20 €		
12	ud	Colocación de arquetas y pozos	3,00	1.691,65	5.074,94 €		
13	m	Colocación de colectores colgados	245,60	12,67	3.112,48 €		
14	m	Colocación colectores enterrados	253,50	12,88	3.266,20 €		
15	m	Colocación tubería drenaje perimetral	145,25	33,52	4.869,24 €		
16	m²	Colocación membrana drenante	970,06	4,86	4.714,49 €		
17	ud	Colocación de sumideros	29,00	77,32	2.242,20 €		
18	m	Colocación de bajantes de PVC	743,50	14,43	10.727,81 €		
19	ud	Grupo de bombeo fecales	1,00	8.758,11	8.758,11 €		
						44.293,68 €	
20		CIMENTACIONES	-				
21	m³	Hormigón de limp. losa, pozos y zanjas (-7,95)	65,62	69,75	4.576,48 €		
22	m³	Hormigonado losa de cimentación (-7,95)	342,81	153,48	52.614,07 €		
23	m³	Hormigonado de pozos de cimentación (-7,95)	63,94	168,40	10.767,50 €		
24	m³	Hormigonado zanjas bajos muro (-7,95)	85,42	315,40	26.941,56 €		
25	m³	Hormigonado muro de contención (-7,95)	324,84	292,06	94.874,20 €		
26	m²	Ejecución solera armada (-7,95)	1.043,53	21,47	22.405,01 €		
27	m³	Hormigón de limp. Losa y zapatas (-1,50)	530,45	69,75	36.996,70 €		
28	m³	Hormigonado losa de cimentación (-1,50)	207,80	160,40	33.331,45 €		
29	m³	Hormigonado zapatas (-1,50)	66,69	87,54	5.838,36 €		
30	m³	Hormigonado de muretes (-1,50)	15,50	71,44	1.107,35 €		
31	m²	Ejecución solera armada (-1,50)	152,33	28,80	4.387,34 €		
						293.840,01 €	
32		ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	-				
33	ud	Ejecución de pilares P. Sótano -2	14,00	268,89	3.764,43 €		
34	m³	Ejecución muros de hormigón	111,89	280,80	31.419,89 €		
35	m²	Encofrado forjado P. Sótano -1	1.088,39	8,53	9.283,97 €		
36	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	1.088,39	2,56	2.786,28 €		
37	m²	Ejecución de forjado P. Sótano -1	1.088,39	74,17	80.725,89 €		
38	ud	Ejecución de pilares P. Sótano -1	14,00	268,89	3.764,43 €		
39	m³	Ejecución muros de hormigón	129,76	280,80	36.435,54 €		
40	m²	Encofrado forjado P. Semisótano	1.422,04	9,13	12.983,23 €		
41	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	1.422,04	2,74	3.896,39 €		
42	m²	Ejecución de forjado P. Semisótano	1.422,04	79,41	112.924,20 €		
43	ud	Ejecución de pilares P. Semisótano	47,00	268,89	12.637,72 €		
44	m²	Encofrado forjado P. Baja	725,21	6,62	4.797,26 €		
45	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	725,21	1,98	1.439,25 €		
46	m²	Ejecución de forjado P. Baja	725,21	57,55	41.738,74 €		
47	ud	Ejecución de pilares P. Baja	47,00	268,89	12.637,72 €		
48	m²	Encofrado forjado P. Primera	716,12	6,62	4.737,13 €		
49	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	716,12	1,98	1.421,21 €		
50	m²	Ejecución de forjado P. Primera	716,12	57,55	41.215,57 €		
51	ud	Ejecución de pilares P. Primera	47,00	268,89	12.637,72 €		
52	m²	Encofrado forjado P. Segunda	677,36	6,62	4.480,74 €		
53	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	677,36	1,98	1.344,29 €		
54	m²	Ejecución de forjado P. Segunda	677,36	57,55	38.984,78 €		
55	ud	Ejecución de pilares P. Segunda	47,00	268,89	12.637,72 €		
56	m²	Encofrado forjado P. Tercera	677,36	6,62	4.480,74 €		
57	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	677,36	1,98	1.344,29 €		
58	m²	Ejecución de forjado P. Tercera	677,36	57,55	38.984,78 €		
59	ud	Ejecución de pilares P. Tercera	47,00	268,89	12.637,72 €		
60	m²	Encofrado forjado P. Cuarta	677,36	6,62	4.480,74 €		
61	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	677,36	1,98	1.344,29 €		
62	m²	Ejecución de forjado P. Cuarta	677,36	57,55	38.984,78 €		
63	ud	Ejecución de pilares P. Cuarta	47,00	268,89	12.637,72 €		
64	m²	Encofrado forjado P. Quinta	677,36	6,62	4.480,74 €		
65	m²	Replanteo y colocación de pasatubos	677,36	1,98	1.344,29 €		
66	m²	Ejecución de forjado P. Quinta	677,36	57,55	38.984,78 €		
67	ud	Ejecución de pilares P. Quinta	47,00	268,89	12.637,72 €		
68	m²	Encofrado forjado P. Sexta	677,36	6,62	4.480,74 €		

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

69	m ²	Replanteo y colocación de pasatubos	677,36	1,98	1.344,29 €
70	m ²	Ejecución de forjado P. Sexta	677,36	57,55	38.984,78 €
71	ud	Ejecución de pilares P. Sexta	47,00	268,89	12.637,72 €
72	m ²	Encofrado forjado P. Séptima	676,70	6,62	4.476,37 €
73	m ²	Replanteo y colocación de pasatubos	676,70	1,98	1.342,98 €
74	m ²	Ejecución de forjado P. Séptima	676,70	57,55	38.946,79 €
75	ud	Ejecución de pilares P. Séptima	47,00	268,89	12.637,72 €
76	m ²	Encofrado forjado P. Cubierta	723,91	6,62	4.788,66 €
77	m ²	Replanteo y colocación de pasatubos	723,91	1,98	1.436,67 €
78	m ²	Ejecución de forjado P. Cubierta	723,91	57,55	41.663,92 €
79	ud	Ejecución de pérgola	1,00	6.161,77	6.161,77 €
80	m ²	Ejecución de bancadas	80,97	48,60	3.935,14 €
					833.874,16 €
81		CUBIERTAS	-		
82	m ²	Ejecución de cubierta transitable	655,35	67,08	43.960,09 €
83	m	Colocación de bajantes	208,00	12,97	2.697,93 €
					46.658,02 €
84		ALBAÑILERÍA	-		
85	m ²	Ejecución de cerramiento fachada LCV hoja exterior	2.155,76	47,54	102.484,72 €
86	m ²	Enfoscado de cámara	1.904,37	8,41	16.015,75 €
87	m ²	Colocación de precercos hoja exterior	400,68	13,30	5.329,00 €
88	m ²	Ejecución de trasdosado fachada hoja exterior	1.904,37	13,30	25.328,12 €
89	m ²	Ejecución de divisiones caja de escalera y portales	344,22	23,68	8.151,08 €
90	m ²	Ejecución de divisiones zonas comunes	820,07	23,68	19.419,26 €
91	m ²	Ejecución de divisiones sótanos y trasteros	610,41	14,36	8.765,50 €
92	m ²	Ejecución de divisiones entre viviendas	1.666,29	29,81	49.672,04 €
93	m ²	Ejecución de divisiones interior viviendas	4.945,27	14,76	72.992,19 €
94	m ²	Ejecución de chimeneas	21,00	51,81	1.088,01 €
95		Apertura de rozas caja de escalera y portales			0,00 €
96		Apertura de rozas zonas comunes			0,00 €
97		Apertura de rozas sótanos y trasteros			0,00 €
98		Apertura de rozas en viviendas			0,00 €
99		Tapado de rozas caja de escalera y portales			0,00 €
100		Tapado de rozas zonas comunes			0,00 €
101		Tapado de rozas sótanos y trasteros			0,00 €
102		Tapado de rozas en viviendas			0,00 €
103	ud	Recibido de cercos en Caja de escalera y Portales	43,00	48,60	2.089,80 €
104	ud	Recibido de cercos en zonas comunes	54,00	48,60	2.624,40 €
105	ud	Recibido de cercos en Sótanos y trasteros	54,00	48,60	2.624,40 €
106	ud	Recibido de cercos en viviendas	364,00	12,96	4.717,44 €
107	m	Colocación de albardillas y vierteaguas	303,28	26,85	8.143,07 €
108	ud	Colocación de conductos de extracción campana	54,00	26,30	1.420,09 €
109	ud	Colocación de conductos de ventilación cocinas y baños	54,00	116,91	6.313,14 €
110	ud	Colocación de rejillas de ventilación	73,00	13,81	1.008,36 €
111	ud	Colocación de aspiradores estáticos	97,00	126,74	12.294,26 €
112	ud	Recibido de bañeras y duchas	66,00	48,00	3.168,04 €
					353.648,67 €
113		AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN	-		
114	m ²	Aislamiento térmico hormigón celular	655,35	6,57	4.303,29 €
115	m	Zócalo perimetral para suelo radiante	4.550,00	1,51	6.879,60 €
116	m ²	Impermeabilización resina terrazas y tendadero	422,47	19,71	8.326,88 €
117	m	Remate impermeabilización cubierta	224,98	12,37	2.782,10 €
118	m ²	Ejecución de aislamiento cerramiento fachada	1.904,37	7,31	13.920,94 €
119	m	Impermeabilización vierteaguas	216,90	6,69	1.451,06 €
					37.663,88 €
120		REVESTIMIENTOS Y ACABADOS	-		
121	m ²	Enfoscado de sótanos	373,77	10,84	4.051,67 €
122	m ²	Tendido de yeso en patinillos y ascensor	202,00	5,84	1.179,68 €
123	m ²	Guarnecido y enlucido de yeso en cajas de escalera y portales	825,45	7,06	5.827,68 €
124	m ²	Guarnecido y enlucido de yeso en zonas comunes	645,89	7,06	4.559,98 €
125	m ²	Guarnecido y enlucido de yeso en viviendas	2.914,43	7,06	20.575,85 €
126	m ²	Alicatado de cocina y baños	1.478,34	27,25	40.284,77 €
127	m ²	Ejecución de solado Gres en baños y cocinas	678,09	25,03	16.972,59 €
128	m ²	Ejecución de solado Tarima en viviendas	2.989,18	24,42	111.187,70 €
129	m ²	Ejecución de solado Gres en escaleras y zonas comunes	556,02	36,54	20.316,97 €
130	m ²	Recricido con mortero	4.631,07	8,16	37.806,90 €
131	m	Ejecución de solado peldaños	211,20	15,22	3.214,46 €
132	m	Ejecución de escocia caucho en baños	724,00	11,02	7.978,48 €

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

133	m²	Ejecución de pavimento Sikafloor 400-N en aleros	441,50	42,01	18.547,42 €	
134	m²	Ejecución pavimento resina en parking	1.875,42	13,72	25.730,76 €	
135	m²	Ejecución de falso techo viviendas	3.516,44	23,85	83.867,09 €	
136	m²	Ejecución de falso techo z. comunes	392,60	23,85	9.363,51 €	
137	m²	Ejecución de solado trasteros	227,12	25,29	5.743,86 €	
						417.209,38 €
138		INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD	-			
139	ud	Ejecución de Red de Toma de Tierra	1,00	1.808,19	1.808,19 €	
140	ud	Colocación de tomas de tierra con pica	1,00	127,17	127,17 €	
141	ud	Línea general de Alimentación y acometida	1,00	36.521,84	36.521,84 €	
142	ud	Colocación de módulos de contadores	54,00	103,26	5.575,98 €	
143	ud	Ejecución de derivación individual a Viviendas	54,00	1.129,38	60.986,73 €	
144	ud	Ejecución de derivación individual a Zonas Comunes	1,00	1.641,71	1.641,71 €	
145	ud	Ejecución de derivación individual a Ascensor	2,00	192,86	385,71 €	
146	ud	Ejecución de derivación individual a Garaje	6,00	82,93	497,60 €	
147	ud	Ejecución de derivación individual a local comercial	1,00	1.176,11	1.176,11 €	
148	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Viviendas	54,00	698,72	37.730,92 €	
149	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Zonas Comunes	1,00	15.081,93	15.081,93 €	
150	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Ascensor	2,00	895,90	1.791,79 €	
151	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Garaje	6,00	733,18	4.399,08 €	
152	ud	Ejecución de 1ª Fase electricidad en Loc. Comercial	5,00	247,79	1.238,94 €	
153	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Viviendas	54,00	534,88	28.883,51 €	
154	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Zonas Comunes	1,00	36.679,37	36.679,37 €	
155	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Ascensor	2,00	266,77	533,54 €	
156	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Garaje	6,00	1.673,91	10.043,46 €	
157	ud	Ejecución de 2ª Fase electricidad en Loc. Comercial	5,00	504,82	2.524,11 €	
						247.627,69 €
158		INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	-			
159	ud	Ejecución de tubería de distribución de la Acometida al Grupo de Presión	1,00	-	0,00 €	
160	ud	Colocación de Depósitos y Grupo de Presión	1,00	12.292,97	12.292,97 €	
161	ud	Ejecución de tubería de distribución del Grupo de Presión a Contadores	1,00	-	0,00 €	
162	ud	Colocación de batería de contadores	2,00	7.232,58	14.465,16 €	
163	ud	Ejecución de tubería distribución individual Viviendas	54,00	789,80	42.649,41 €	
164	ud	Ejecución de tubería distribución individual Garaje	2,00	358,66	717,33 €	
165	ud	Ejecución de tubería distribución individual local comercial	5,00	216,00	1.079,98 €	
166	ud	Ejecución de tubería distribución individual Urbanización	2,00	807,94	1.615,87 €	
167	ud	Ejecución de fontanería interior de viviendas	54,00	2.023,39	109.263,13 €	
168	ud	Colocación de Bañeras y Duchas	74,00	183,51	13.579,64 €	
169	ud	Colocación de Aparatos Sanitarios	271,00	132,61	35.937,69 €	
170	ud	Colocación de grifo lavadora y lavavajillas	109,00	18,83	2.052,86 €	
						233.654,04 €
171		INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS	-			
172	ud	Ejecución de calderas, depósitos y grupos de presión	1,00	52.603,55	52.603,55 €	
173	ud	Ejecución conexión energía solar con caldera centralizada	1,00	2.565,00	2.565,00 €	
174	ud	Ejecución columnas de ACS patinillos	6,00	2.285,89	13.715,35 €	
175	ud	Ejecución columnas de calefacción patinillos	6,00	2.624,98	15.749,86 €	
176	ud	Ejecución instalación ACS interior viviendas	54,00	965,97	52.162,28 €	
177	ud	Ejecución instalación suelo radiante interior viv.	54,00	3.409,74	184.126,00 €	
						320.922,04 €
178		INSTALACIÓN DE GAS	-			
179	ud	Ejecución de tubería de distribución de Acometida a Contador centralizado	1,00	94,28	94,28 €	
180	ud	Instalación contador centralizado	1,00	94,28	94,28 €	
181	ud	Ejecución de tubería de distribución de gas a calderas centralizadas	1,00	94,28	94,28 €	
						282,85 €
182		INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN	-			
183	ud	Colocación de maquinaria en cuartos de extracción	4,00	2.243,97	8.975,88 €	
184	m²	Colocación de conductos de chapa en Garaje	1.270,57	28,59	36.324,83 €	
185	ud	Ejecución 1ª fase de instalación de detección	1,00	2.199,05	2.199,05 €	
						47.499,76 €

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

186		INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS			
187	ud	Acometida de agua para incendios desde red general	1,00	-	0,00 €
188	ud	Instalación de contador y puesto simplificado	1,00	2.801,93	2.801,93 €
189	m	Instalación Tubería Acero negro	224,00	29,26	6.554,97 €
190	ud	Ejecución 1ª fase detección de incendios	1,00	5.751,21	5.751,21 €
191	ud	Ejecución 2ª fase detección de incendios	1,00	8.626,82	8.626,82 €
192	ud	Instalación central analógica y módulos	1,00	3.899,89	3.899,89 €
193	ud	Instalación de BIES	6,00	265,95	1.595,70 €
194	ud	Colocación de extintor polvo	37,00	78,29	2.896,72 €
					32.127,25 €
195		INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN	-		
196	ud	Instalación de ascensores	2,00	27.350,11	54.700,23 €
					54.700,23 €
197		PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO	-		
198	m	Instalación montantes tubería cobre frigorífico	685,00	8,88	6.085,98 €
199	m	Instalación tubería cobre frigorífico viviendas	3.512,00	8,86	31.099,43 €
200	m	Instalación tubería cobre frigorífico locales	296,00	10,80	3.197,88 €
201	ud	Instalación líneas de control	59,00	52,77	3.113,64 €
					43.496,94 €
202		INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES	-		
203	ud	Instalación eléctrica RITI	1,00	1.029,12	1.029,12 €
204	ud	Instalación eléctrica RITS	1,00	504,67	504,67 €
205	ud	Ejecución de conjunto de captación y equipo de cabecera TV	1,00	3.389,95	3.389,95 €
206	ud	Ejecución de derivación individual viviendas	54,00	90,57	4.890,92 €
207	ud	Ejecución de derivación individual locales comerciales	5,00	161,69	808,46 €
208	ud	Ejecución 1ª fase de instalación de Telecomunicaciones en interior de viviendas	54,00	162,98	8.801,07 €
209	ud	Ejecución 2ª fase de instalación de Telecomunicaciones en interior de viviendas	54,00	140,82	7.604,26 €
					27.028,45 €
210		INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR	-		
211	ud	Colocación de conjunto de paneles	1,00	36.573,10	36.573,10 €
212	ud	Colocación de tubería ida (desde Contador a Depósitos y grupos de cubierta)	1,00	2.135,70	2.135,70 €
213	ud	Instalación de ida (a paneles)	1,00	4.983,29	4.983,29 €
214	ud	Instalación de retorno	1,00	5.695,19	5.695,19 €
215	ud	Colocación de depósitos y grupos de energía solar	1,00	16.438,28	16.438,28 €
216	ud	Instalación de contador centralizado	1,00	1.063,80	1.063,80 €
217	ud	Ejecución tubería de ACS a caldera centralizada	1,00	1.423,80	1.423,80 €
					68.313,15 €
218		INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO	-		
219	ud	Instalación protección contra el rayo	1,00	3.080,43	3.080,43 €
					3.080,43 €
220		CERRAJERIA	-		
221	ud	Colocación puertas RF Sótanos	15,00	186,84	2.802,60 €
222	ud	Colocación de puertas RF Zonas comunes	28,00	212,14	5.940,04 €
223	ud	Colocación puerta entrada portal	1,00	990,19	990,19 €
224	ud	Colocación puerta cancela acceso parcela	1,00	5.653,80	5.653,80 €
225	ud	Colocación puertas de chapa	71,00	141,07	10.015,94 €
226	m	Colocación barandillas escaleras	55,26	110,16	6.087,44 €
227	m	Colocación barandillas balcones y terrazas	490,26	105,07	51.512,23 €
228	ud	Colocación puertas RF patinillos	12,00	453,60	5.443,20 €
229	m²	Colocación de persianas lamas fijas	109,00	1.530,75	166.851,62 €
230		Colocación entramado de tramex	61,53	98,74	6.075,38 €
231	ud	Colocación de lamas ventilación garaje	4,00	2.642,36	10.569,42 €
232	m²	Colocación puertas acometidas gas y electricidad cierre de parcela	3,42	486,00	1.662,12 €
233	ud	Colocación protección bajantes en garaje	1,00	5.113,36	5.113,36 €
234	ud	Colocación caperuzas chimeneas	21,00	286,20	6.010,20 €
235	ud	Colocación puerta abatible acceso garaje	1,00	2.016,36	2.016,36 €
236	ud	Colocación de cajón de chapa	3,00	2.364,80	7.094,40 €
					293.838,30 €
237		CARPINTERIA DE ALUMINIO	-		
238	ud	Colocación de ventanas y balcones de Aluminio	285,00	807,04	230.005,05 €
					230.005,05 €
239		VIDRIO	-		
240	m²	Colocación de vidrio proección fuego RF-60	2,84	486,00	1.380,24 €
					1.380,24 €

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

241		PINTURAS	-		
242	m ²	Pintura en Viviendas	12.627,04	3,16	39.907,07 €
243	m ²	Pintura en Cajas de escalera y Portales	157,03	3,02	474,85 €
244	m ²	Pintura en Zonas Comunes	1.360,82	3,07	4.173,91 €
245	m ²	Pintura en Trasteros	1.165,01	3,02	3.522,99 €
246	m ²	Pintura Garaje 2 colores y cenefa	1.092,50	6,59	7.197,39 €
247	m ²	Pintura sobre cerrajería	480,85	11,06	5.317,82 €
248	m ²	Marcado de plazas de garaje	657,00	2,81	1.844,86 €
249	ud	Rotulación	54,00	25,92	1.399,68 €
250	m ²	Pintura plástica antimoho en baños	1.337,93	5,18	6.935,83 €
					70.774,39 €
251		CARPINTERIA DE MADERA	-		
252	ud	Colocación de puertas blindadas en entradas a viviendas	54,00	449,03	24.247,65 €
253	ud	Colocación de puertas de paso en viviendas	368,00	194,12	71.435,87 €
254	m ²	Colocación de frentes de armario	697,88	135,54	94.590,66 €
255	m ²	Encimeras lavabo	90,06	340,20	30.638,41 €
					220.912,58 €
256		URBANIZACIÓN	-		
257	m ³	Excavación en pozos y zanjas de garita y cerram.	18,77	12,69	238,24 €
258	m ³	Hormigón de limpieza de garita y cerram.	4,40	196,56	864,86 €
259	m ³	Hormigón en zapatas y zanjas de garita y cerram.	12,52	89,87	1.125,22 €
260	m ³	Hormigón en murete	1,67	248,15	414,42 €
261	m ²	Placa alveolar techo garita	19,54	36,07	704,85 €
262	m ²	Cerramiento Garita L.C.V.	18,92	47,54	899,46 €
263	m ²	Cerramiento Parcela L.C.V.	30,03	47,54	1.427,63 €
264	m	Cantонера garita	10,53	11,43	120,32 €
265	ud	Puerta garita	1,00	510,62	510,62 €
266	m	Cerramiento perimetral	110,22	198,46	21.874,59 €
267	ud	Instalación eléctrica garita	1,00	297,00	297,00 €
268	m ²	Pavimento garita	19,03	42,01	799,49 €
269	m ³	Excavación en vaciado piscina	393,18	4,43	1.741,00 €
270	m ³	Excavación en zanjas y pozos	10,73	9,72	104,30 €
271	ud	Instalación de sumideros piscina y zona ajardinada	15,00	248,40	3.726,00 €
272	m ³	Hormigón de limpieza piscina	23,79	69,75	1.659,27 €
273	m ³	Hormigón losa de cimentación piscina	49,97	84,21	4.207,85 €
274	m ³	Hormigonado zapatas piscina	30,31	87,54	2.653,48 €
275	m ³	Hormigonado muros de contención piscina	26,45	339,88	8.989,91 €
276	m ²	Muros interiores piscina fábrica L.C.V.	74,07	47,54	3.521,29 €
277	m	Cantонера piscina	53,14	119,72	6.361,81 €
278	m ²	Revestimiento vitreo piscina	135,94	83,70	11.378,18 €
279	ud	Instalación completa piscina	1,00	20.314,09	20.314,09 €
280	m ²	Solera armada zona piscina	67,22	146,96	9.878,54 €
281	m ²	Ejecución solera armada zona ajardinada	469,79	21,03	9.878,51 €
282	ud	Ejecución de grada	1,00	4.975,29	4.975,29 €
283	m ²	Ejecución solado pav. Terrizo	348,07	16,42	5.713,92 €
284	m ²	Ejecución solado tierra caliza	443,95	40,80	18.112,76 €
285	m ²	Ejecución cubierta ajardinada	574,86	37,85	21.760,06 €
286	ud	Ejecución circuito eléctrico	1,00	7.911,82	7.911,82 €
287	ud	Colocación iluminación exterior	37,00	40,86	1.512,00 €
288	ud	Ejecución instalación de riego	1,00	12.682,33	12.682,33 €
289	ud	Ejecución trabajos de jardinería	1,00	22.717,22	22.717,22 €
					209.076,30 €
290		VARIOS	-		
291	ud	Colocación de buzones	54,00	-	0,00 €
292	ud	Colocación de felpudos en portales	1,00	847,04	847,04 €
293	ud	Colocación de señalética incendios y evacuaciones	125,00	9,20	1.150,20 €
294	ud	Colocación de espejos	97,00	96,19	9.330,54 €
295	ud	Colocación de rotulación en viviendas	54,00	6,70	361,97 €
296	ud	Limpieza de viviendas y zonas comunes	55,00	98,28	5.405,40 €
					17.095,16 €
297		FIN	-		
TOTAL					4.219.311,62 €

Tabla 4.2.4. Costes Directos, Obra tradicional. Elaboración propia.

En la siguiente tabla, se exponen los Costes Indirectos asociados a esta obra en concreto. Para calcular estos costes se han tenido en cuenta los medios que se necesitan para la construcción. En este caso, dentro de los Costes Indirectos contabilizaremos: la mano de obra, la maquinaria, las instalaciones generales, gastos varios y el plan de seguridad y salud.

CATEGORIA	Nº	COSTE/MES	MESES	TOTAL
MANO DE OBRA				
J.Producción	1,00	2.800,00	26,00	72.800,00 €
J.Obra	1,00	3.800,00	26,00	98.800,00 €
Ayte. Obra	1,00	1.500,00	26,00	39.000,00 €
Topografo	1,00	2.000,00	1,00	2.000,00 €
Encargado	1,00	3.000,00	26,00	78.000,00 €
Capataz				- €
Maquinista				- €
Gruista	1,00	2.200,00	20,00	44.000,00 €
Oficial 1ª	1,00	2.000,00	26,00	52.000,00 €
Peón/Ayudante	1,00	1.500,00	26,00	39.000,00 €
MAQUINARIA				
Medios Auxiliares				- €
Grua Torre	1,00	1.775,00	20,00	35.500,00 €
Andamios	4,00	3.500,00	2,00	28.000,00 €
Manipuladora				- €
Montacargas				- €
INSTALACIONES GENERALES				
Oficina	1,00	400,00	26,00	10.400,00 €
Aseos y vestuarios	1,00	400,00	26,00	10.400,00 €
Of. Propiedad	1,00	350,00	26,00	9.100,00 €
Almacén	1,00	150,00	26,00	3.900,00 €
Aco.Inst.Agua	1,00	-		600,00 €
Aco.Inst. Elect	1,00			600,00 €
Implantación	1,00			5.000,00 €
GASTOS VARIOS				
Consumo agua				5.000,00 €
Consumo elect.				5.500,00 €
Grupo ele.				- €
Consumo telef.				5.400,00 €
Limpieza obra				10.800,00 €
Carteles y señalización				3.500,00 €
Tasas saneam.				250,00 €
Levantamiento de obra				6.000,00 €
Medio ambiente				6.000,00 €
SEGURIDAD Y SALUD				
Plan Seg. Y Salud				99.153,82 €
TOTAL C.I.				670.703,82 €

Tabla 4.2.5. Costes Indirectos, Obra tradicional. Elaboración propia.

A continuación se muestra la tabla con los importes por capítulos del presupuesto. También se incluye una segunda columna, al igual que en la tabla de resultados de la obra con un elevado grado de prefabricación, con el porcentaje del capítulo respecto al importe total de la obra.

Como ya se explicó anteriormente, el objetivo de esta tabla es poder analizar y comparar los resultados económicos de las dos obras. Para ello hay que tener en cuenta las diferencias que existen entre ambas en cuanto a sus características constructivas. Las dos obras tienen en común los capítulos del presupuesto, aunque cada uno de ellos posee unas partidas distintas según se trate de una obra o de otra. Por esta razón, la mejor forma de comprobar las diferencias económicas, además de por el resultado final, es analizar el presupuesto por capítulos.

CAPÍTULOS	Importe	Porcentaje respecto al total
MOVIMIENTO DE TIERRAS	70.308,97 €	1,67%
RED DE SANEAMIENTO	44.293,68 €	1,05%
CIMENTACIONES	293.840,01 €	6,96%
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	833.874,16 €	19,76%
CUBIERTAS	46.658,02 €	1,11%
ALBAÑILERIA	353.648,67 €	8,38%
AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN	37.663,88 €	0,89%
REVESTIMIENTOS Y ACABADOS	417.209,38 €	9,89%
INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD	247.627,69 €	5,87%
INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	233.654,04 €	5,54%
INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS	320.922,04 €	7,61%
INSTALACIÓN DE GAS	282,85 €	0,01%
INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN	47.499,76 €	1,13%
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	32.127,25 €	0,76%
INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN	54.700,23 €	1,30%
PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO	43.496,94 €	1,03%
INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES	27.028,45 €	0,64%
INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR	68.313,15 €	1,62%
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO	3.080,43 €	0,07%
CERRAJERÍA	293.838,30 €	6,96%

CARPINTERÍA DE ALUMINIO	230.005,05 €	5,45%
VIDRIO	1.380,24 €	0,03%
PINTURAS	70.774,39 €	1,68%
CARPINTERÍA DE MADERA	220.912,58 €	5,24%
URBANIZACIÓN	209.076,30 €	4,96%
VARIOS	17.095,16 €	0,41%
TOTAL	4.219.311,62 €	100,00%

Tabla 4.2.6. Importe capítulos, Obra tradicional. Elaboración propia.

A continuación se presenta el flujo de caja con el fin de determinar de qué forma se reparten los costes directos a lo largo de la duración de la obra. En él se pueden observar los 26 meses de duración de obra, detectando los meses con más volumen de trabajo, así como aquellos meses en los que existe una producción inferior.

	sep'11	oct'11	nov'11	dic'11	ene'12	feb'12	mar'12	abr'12	may'12
MOVIMIENTO DE TIERRAS	45.189,03 €	10.302,39 €		11.966,95 €	2.850,60 €				
RED DE SANEAMIENTO			11.708,63 €	6.216,24 €					
CIMENTACIONES		62.574,30 €	133.174,18 €	64.537,52 €	33.554,01 €				
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN			35.184,32 €	25.524,56 €	180.813,26 €	130.897,07 €	103.637,16 €	73.445,80 €	103.109,35 €
CUBIERTAS									
ALBAÑILERÍA									
AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN									
REVESTIMIENTOS Y ACABADOS									
INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD			1.808,19 €						
INSTALACIÓN DE FONTANERÍA									
INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS									
INSTALACIÓN DE GAS									
INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN									
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS									
INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN									
PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO									
INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES									
INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR									
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO									
CERRAJERÍA									
CARPINTERÍA DE ALUMINIO									
VIDRIO									
PINTURAS									
CARPINTERÍA DE MADERA									
URBANIZACIÓN									
VARIOS									
	45.189,03 €	72.876,69 €	181.875,32 €	108.245,27 €	217.217,87 €	130.897,07 €	103.637,16 €	73.445,80 €	103.109,35 €

	jun'12	jul'12	ago'12	sep'12	oct'12	nov'12	dic'12	ene'13	feb'13
MOVIMIENTO DE TIERRAS									
RED DE SANEAMIENTO		2.860,75 €	19.737,65 €	1.528,20 €		2.242,21 €			
CIMENTACIONES									
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	78.183,15 €	96.917,77 €		6.161,72 €					
CUBIERTAS			21.980,05 €	24.677,97 €					
ALBAÑILERÍA		12.033,82 €	62.706,33 €	58.320,39 €	40.975,59 €	69.935,93 €	62.514,29 €	25.094,19 €	
AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN			4.303,29 €	22.773,02 €	3.707,97 €				
REVESTIMIENTOS Y ACABADOS						31.474,62 €	1.179,68 €	22.047,22 €	16.817,94 €
INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD								159.770,86 €	
INSTALACIÓN DE FONTANERÍA								166.572,16 €	
INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS								136.796,04 €	
INSTALACIÓN DE GAS								282,85 €	
INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN									
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS							3.080,43 €		
INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN								54.700,23 €	
PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO									
INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES							2.131,92 €	40.197,40 €	1.167,62 €
INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR							808,46 €	18.615,73 €	
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO							18.929,93 €	49.383,22 €	
CERRAJERÍA			6.010,20 €	7.094,40 €	7.315,92 €	7.129,72 €	2.802,60 €	3.080,43 €	
CARPINTERÍA DE ALUMINIO				15.333,67 €	214.671,38 €				
VIDRIO					1.380,24 €				
PINTURAS						1.475,88 €	1.768,65 €	474,85 €	
CARPINTERÍA DE MADERA									
URBANIZACIÓN				4.722,93 €	100.511,86 €	59.018,16 €			
VARIOS									
	78.183,15 €	111.812,34 €	114.737,52 €	140.612,30 €	368.562,96 €	171.276,52 €	93.215,96 €	677.015,18 €	17.985,56 €

INFLUENCIA DEL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

	mar'13	abr'13	may'13	jun'13	jul'13	ago'13	sep'13	oct'13	TOTAL PARTIDA
MÓVIMIENTO DE TIERRAS									70.308,97 €
RED DE SANEAMIENTO									44.293,68 €
CIMENTACIONES									293.840,01 €
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN									833.874,16 €
CUBIERTAS									46.658,02 €
ALBAÑILERÍA	8.765,51 €	12.294,26 €	1.008,36 €						353.648,67 €
AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN		1.214,05 €	5.665,55 €						37.663,88 €
REVESTIMIENTOS Y ACABADOS	90.433,77 €	46.010,94 €	42.728,35 €	72.058,63 €	94.458,23 €				417.209,38 €
INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD	18.485,45 €	31.041,35 €	36.521,84 €						247.627,69 €
INSTALACIÓN DE FONTANERÍA		29.091,33 €	2.052,86 €	35.937,69 €					233.654,04 €
INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS			110.475,60 €	73.650,40 €					320.922,04 €
INSTALACIÓN DE GAS									282,85 €
INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN	4.487,94 €	40.812,77 €	2.199,05 €						47.499,76 €
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS		4.440,67 €	21.709,53 €				2.896,72 €		32.127,35 €
INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN									54.700,23 €
PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO									43.496,94 €
INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES	7.604,26 €								27.028,45 €
INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR									68.313,15 €
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO									3.080,43 €
CERRAJERÍA				10.015,94 €	9.009,00 €	94.534,42 €	159.926,10 €		303.838,30 €
CARPINTERÍA DE ALUMINIO									230.005,05 €
VIDRIO									1.380,24 €
PINTURAS		10.720,38 €		6.935,83 €	7.351,30 €	26.814,23 €	15.233,27 €		70.774,39 €
CARPINTERÍA DE MADERA			26.261,50 €	4.376,92 €			166.593,64 €	23.680,52 €	220.912,58 €
URBANIZACIÓN			44.823,35 €						209.076,30 €
VARIOS			9.330,54 €				2.359,21 €	5.405,41 €	17.095,16 €
	129.776,93 €	175.625,75 €	302.776,53 €	202.975,41 €	110.818,53 €	121.348,65 €	347.008,94 €	29.085,93 €	4.219.311,62 €

Tabla 4.2.7. Flujo de caja, Obra tradicional. Elaboración propia.

5. Análisis de resultados

Una vez se han realizado las planificaciones de obra y con ellas se han obtenido los resultados de las mismas, se pretende realizar un análisis comparando cada uno de los resultados obtenidos en las dos obras.

Para realizar la comparación, una vez se han obtenido todos los resultados, hay que combinarlos con el objeto de obtener una clasificación de los distintos métodos y poder decir cuál de ellos es mejor, de una forma lógica e imparcial y cuantificando todos los aspectos.

Definir el punto de vista a partir del que se realiza esta comparación es muy importante, ya que, los aspectos que son vitales para un determinado sector de la sociedad, para otro carecen de importancia.

En este caso se ha dado una gran importancia al concepto económico, a los plazos, los recursos y los momentos en la ejecución. Esta importancia se debe a que se mira la construcción desde el punto de vista del empresario constructor, que será al fin y al cabo quien se decida a cambiar de forma de forma de construir si los números son favorables.

También es justo decir que los resultados que se obtengan de este análisis pueden ser distintos si las variables más influyentes que actúan cambian sustancialmente. Un caso sería si cambia la tipología de la obra sobre la que se hace la comparativa, el ejemplo más claro podría ser que en vez de ser una obra de edificación en bloque pasara a ser una obra de edificación aislada; otro caso, que la comparación se realizara en un país donde la mano de obra de obra fuera más cara, o bien los materiales empleados de más difícil accesibilidad, o bien la industria que apoya la construcción está lejos o sea inexistente en la zona donde se realiza el proyecto.

5.1. Análisis temporal

El plazo influye en el rendimiento extraordinario de la construcción; un menor plazo es un menor coste de personal para la constructora además de la posibilidad de entregar la obra con anterioridad, que supone a su vez menor coste financiero (importante cuando se actúa de promotor y se venden las viviendas o si se explotador de un negocio y se puede abrir el negocio con anterioridad). Este hecho puede llegar a desaprovecharse si la reducción del plazo de construcción en esta parte de la obra se amortigua con demoras en las fases posteriores o bien si por motivos de mercado, la venta de viviendas o la apertura del negocio no puede acabarse justo al acabar la obra.

En el **Anexo 2** y **Anexo 3** se adjunta una muestra detallada de la distribución de las tareas necesarias y sus duraciones estimadas. Se ha utilizado "Microsoft Project" para su realización.

Dado que el sistema constructivo (Arquitectura Vertida) utilizado en la obra con un grado de industrialización elevado sólo se ha construido en una ocasión, los plazos tomados para la realización del plan de obra, han sido conservadores; es decir, existe la posibilidad de que con el tiempo, el sistema se vaya perfeccionando y se consiga acotar los plazos. Con el fin de conseguir que el estudio sea lo más real posible, para la planificación de la obra tradicional, también se han empleado plazos conservadores.

De acuerdo con las planificaciones llevadas a cabo para cada una de las obras, la duración total de cada una de ellas es la siguiente:

TIPO DE OBRA	Duración total (d)
Elevado grado de industrialización	443
Tradicional	537

Tabla 5.1.1. Comparativa duración total. Elaboración propia.

Como se puede observar la obra con un grado de industrialización elevado presenta un plazo inferior. Teniendo en cuenta que estamos hablando de días laborables, la obra industrializada duraría 21 meses y la obra tradicional 26 meses.

A continuación se ha elaborado una tabla en la que aparece la fecha de comienzo de cada uno de los capítulos de las obras, esto nos permite conocer los días de desfase que existe entre el comienzo de las actividades de un determinado capítulo de la obra industrializada y comienzo de las mismas actividades de la obra tradicional.

CAPÍTULOS	Fecha de comienzo Obra industrializada	Fecha de comienzo Obra tradicional	Desfase (d)
MOVIMIENTO DE TIERRAS	01/09/2011	01/09/2011	0
RED DE SANEAMIENTO	09/11/2011	08/11/2011	1
CIMENTACIONES	14/10/2011	14/10/2011	0
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	17/10/2011	17/11/2011	22
CUBIERTAS	06/06/2012	27/08/2012	57
ALBAÑILERIA	08/06/2012	26/07/2012	34

AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN	06/06/2012	21/08/2012	53
REVESTIMIENTOS Y ACABADOS	26/07/2012	08/11/2012	72
INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD	17/07/2012	01/01/2013	116
INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	20/07/2012	01/01/2013	113
INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS	17/07/2012	01/01/2013	116
INSTALACIÓN DE GAS	17/07/2012	01/01/2013	116
INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN	26/07/2012	12/12/2012	96
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	13/07/2012	12/12/2012	105
INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN	13/09/2012	01/01/2013	75
PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO	17/07/2012	28/12/2012	114
INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES	17/07/2012	28/12/2012	114
INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR	13/09/2012	27/12/2012	72
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO	14/09/2012	25/01/2013	92
CERRAJERÍA	13/06/2012	21/08/2012	48
CARPINTERÍA DE ALUMINIO	16/10/2012	28/09/2012	11
VIDRIO	25/10/2012	22/10/2012	3
PINTURAS	31/07/2012	27/11/2012	82
CARPINTERÍA DE MADERA	25/02/2013	24/05/2013	64
URBANIZACIÓN	14/06/2012	20/09/2012	69
VARIOS	04/03/2013	24/05/2013	59

Tabla 5.1.2. Desfase inicio de capítulos. Elaboración propia.

Con el propósito de que los datos de la tabla anterior cobren un mayor significado y su interpretación sea más sencilla, a continuación aparece un gráfico en el que se pueden comparar la fecha de comienzo y la fecha de finalización de cada uno de los capítulos de las obras.

En el gráfico se puede apreciar que las actividades que engloban los primeros capítulos (movimiento de tierras, cimentación, saneamiento e incluso estructura) no sufren ninguna variación importante de una obra a otra. A partir de entonces y como consecuencia de que en la obra con un grado de industrialización elevado no existe la necesidad de realizar cerramiento exterior, todas las actividades de la obra tradicional empiezan a retrasarse. Hecho que permite que se empiecen a realizar las divisiones interiores con anterioridad.

Lo mismo ocurre con las instalaciones que, al retraso mencionado anteriormente, hay que sumarle la necesidad de la apertura de rozas y que parte de las instalaciones de la obra industrializada se encuentran en el interior de los paneles.

Todos estos retrasos hacen que el inicio de actividades como acabados, pintura o carpintería de madera se prolongue en el tiempo puesto que son sucesoras de las anteriores.

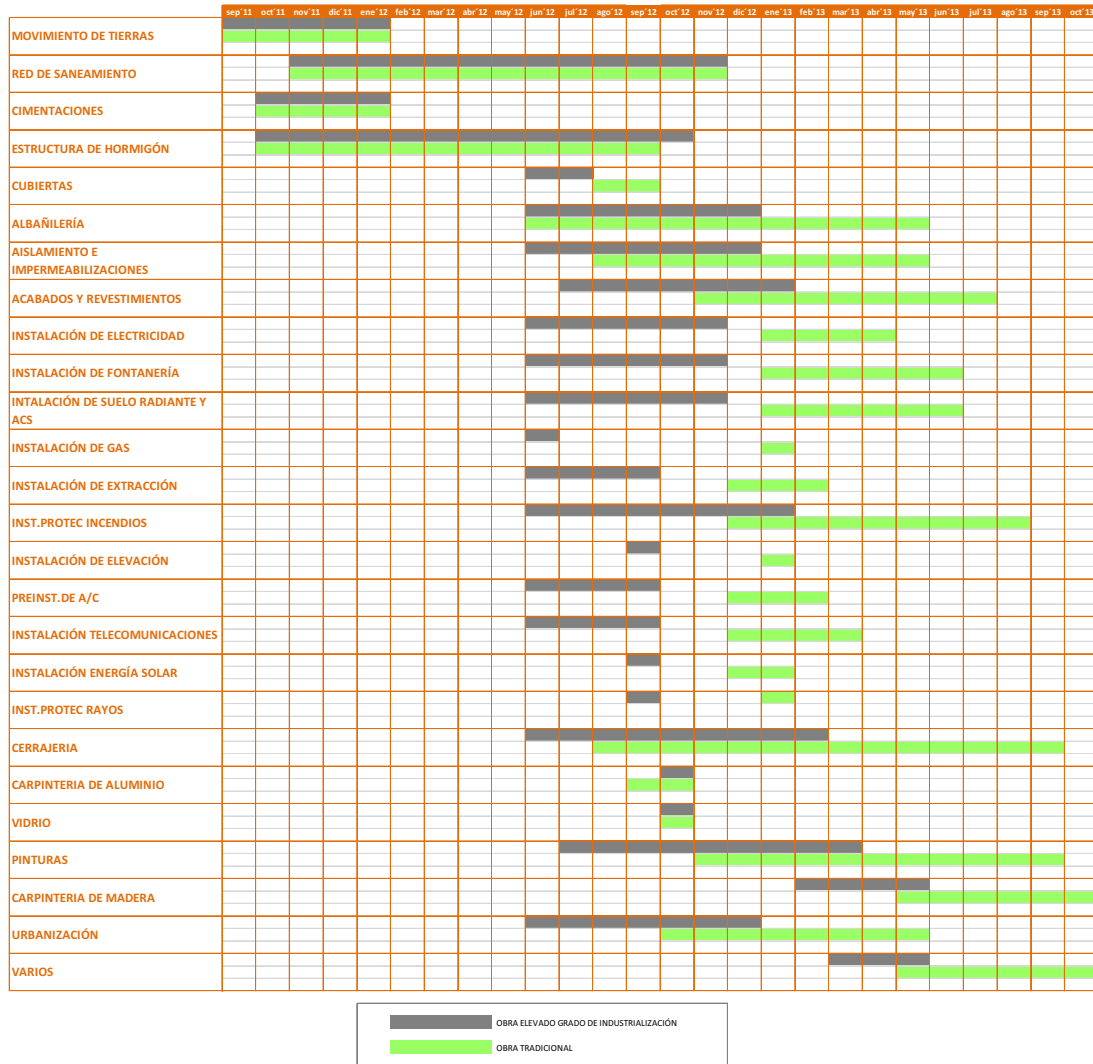


Tabla 5.1.3. Diagrama barras capítulos. Elaboración propia.

A partir del análisis realizado se puede concluir que desde el punto de vista de los plazos, la obra con un grado de industrialización elevado es más ventajosa que la obra realizada con técnicas tradicionales.

5.2. Análisis de recursos

Como se ha comentado en el apartado 4.2. *Resultados*, en la obra tradicional se ha mantenido el número máximo de recursos disponibles que se le había aplicado a la obra industrializada, de tal manera que a la hora de resolver la sobreasignación en la obra tradicional, se produce un aumento en el margen de demora. Esto facilita que se puedan comparar homogéneamente los resultados desde el punto de vista del plazo, es decir, cuánto dura la obra tradicional teniendo el mismo número de recursos disponibles que en la industrializada.

Para la ejecución de la obra tradicional se emplea un mayor número de recursos puesto que aparecen nuevos recursos que realizan actividades que en la obra industrializadas no son necesarias, estos recursos son: Rozas, Yeseros, Escayolistas y Porlandistas. También conviene señalar que en la obra tradicional la albañilería la realiza el recurso "Albañiles", mientras que en la obra industrializada, la realiza el recurso "Pladur". Todos los demás recursos empleados son los mismos.

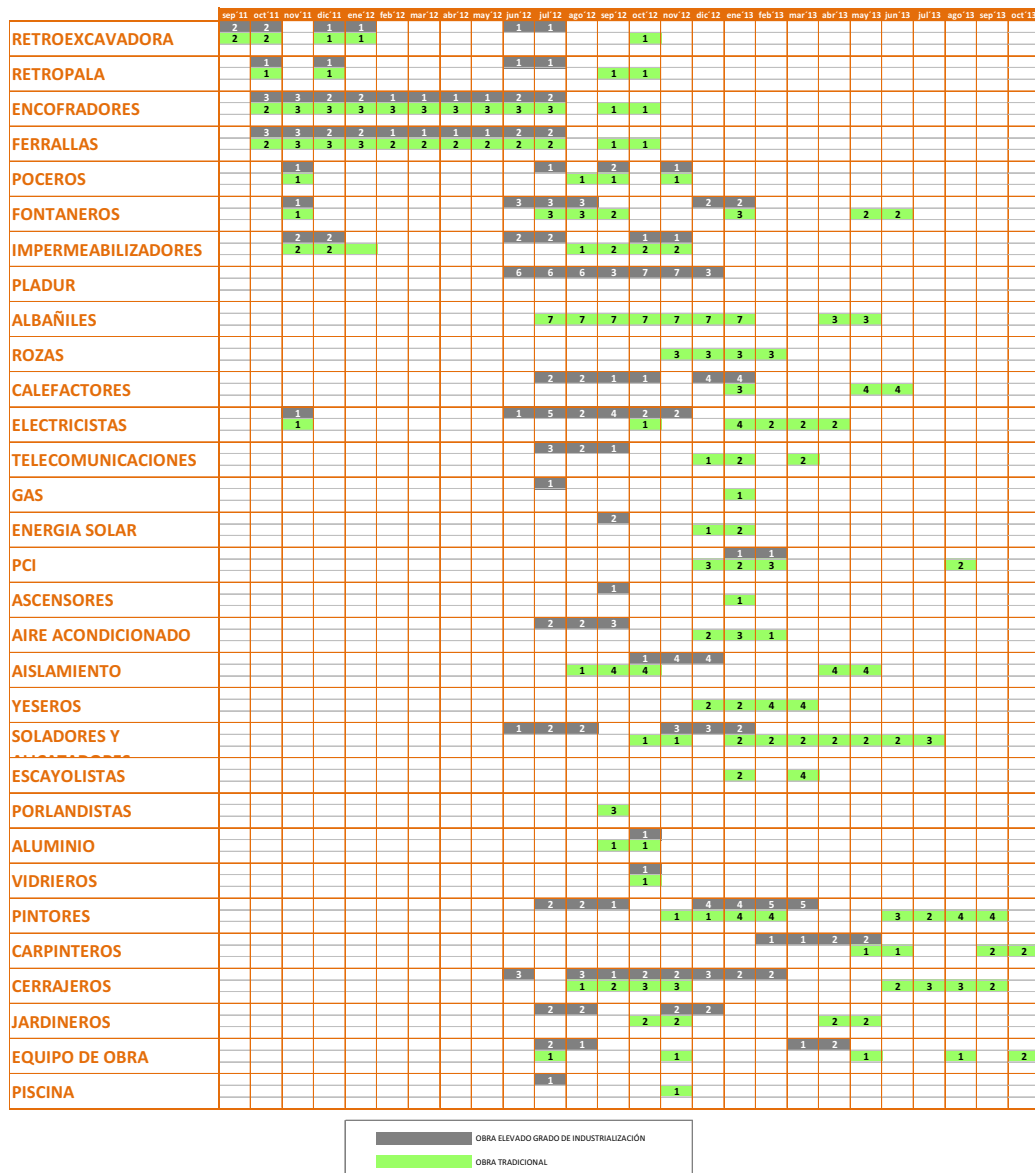


Tabla 5.2.1. Diagrama Comparativa recursos. Elaboración propia.

En el diagrama anterior se observa cómo van apareciendo los recursos a lo largo de la ejecución de la obra. Esto nos permite realizar una comparativa entre las dos obras y conocer en qué momentos específicos se ejecutan las actividades dentro del capítulo.

En este gráfico queda evidente la misma idea que se contemplaba en el análisis de tiempos, ya que muestra cómo a partir de la actividad de cerramiento, todas las actividades comienzan a sufrir retrasos. Éstos se ven aumentados al llegar a las instalaciones y los acabados, como consecuencia de que la obra tradicional emplea tabiquería en húmedo y ello conlleva la inclusión de las actividades de apertura y tapado de rozas, y guarnecido y enlucido de yeso. A partir de aquí, todas las actividades que suceden se ven afectadas por este retraso, provocando un aumento de la duración total de la obra tradicional.

Tal y como se apuntaba en el párrafo introductorio de la *Tabla 4.2.1. Duraciones capítulos*, las duraciones de los capítulos han estado condicionadas por la fecha de comienzo de la primera actividad del capítulo y la fecha de fin de la última actividad del mismo. Este asunto no queda evidente hasta este punto, en el que el empleo de los recursos marca los momentos en que se desarrollan las actividades dentro de cada capítulo.

A modo de conclusión podemos decir que desde el punto de vista de los recursos, la obra con un elevado grado de industrialización es más eficiente. Este tipo de obra requiere un menor número de tipos de recursos, como consecuencia de que algunas actividades han sido eliminadas (ej, colocación de albardillas) y otras son realizadas por los mismos recursos (ej, al emplear tabiquería en seco, no es necesario dar yeso).

5.3. Análisis de momentos en la ejecución

El paso de un proceso de obra tradicional (en el que el solar es también el lugar de producción) a un proceso industrial (donde el edificio es el resultante del ensamblaje in situ de componentes producidos en fábrica) es determinante en el modo de concebir el edificio.

En este sentido, la organización y logística de obra, así como la documentación de proyecto es del todo determinante ya que se basa en la supresión del error entre las partes, o más bien el acuerdo sobre el máximo error posible de cada parte (tolerancia). Esto conlleva un proceso de trabajo basado en la ejecución a medida que parametriza las deficiencias y las hace aflorar. Así pues, un proyecto altamente industrializado ha de pensar y definir muchos aspectos que normalmente se confían a la rutina del quehacer de otros. No sólo se trata de evitar improvisaciones en obra sino sobre todo de repensar procesos y detalles tradicionalmente sancionados por la "buena construcción". De este modo se ha de ir reflejando en la documentación de proyecto, la revisión de ciertos procesos y partidas de obra en aras a una ejecución industrial del conjunto, procurando, no obstante, evitar encerrarnos en las particularidades de una solución unívoca, que, a la postre, impediría la alternativa propia de una sana competencia en la licitación final. De este modo, ya desde la fase de proyecto, ha de contener las directrices inalterables de una lógica productiva y ha de parametrizar su nivel de calidad, aún manteniéndose permeable a las sugerencias de mejora y adaptación que la industria y sus circunstancias logísticas pueden indicar con posterioridad a la licitación. Así, durante la fase de obra, de acuerdo con la empresa constructora, la industria fabricante y la dirección facultativa, se ha de fijar un procedimiento de explicación, revisión y validación para elaborar los planos de fabricación industrial de las distintas piezas y las condiciones para su aceptación y puesta en obra.

A continuación se va estudiar individualmente cada uno de los capítulos en los que se han dividido las obras con el fin de homogeneizar el análisis. Este estudio principalmente nos va a permitir identificar como se altera el orden en el que se realizan las actividades según sea una obra con un grado de industrialización elevado o una obra tradicional.

Movimiento de tierras

Los procesos empleados para la excavación de vaciado en sótanos han sido considerados iguales para las dos obras y por lo tanto no ha existido diferencia alguna. La única diferencia aparece en la excavación de pozos de cimentación como consecuencia de los cambios que son necesarios introducir en la cimentación.

Cimentaciones

La excavación de los sótanos hace necesaria la creación de un sistema de contención de tierras, en el proyecto original de la obra industrializada; esto se resuelve mediante muros de contención, solución que no ha sido modificada en la planificación de la obra tradicional y por lo tanto en este sentido, no ha habido diferencia.

La principal diferencia aparece como consecuencia de la reducción de luces de los forjados que se produce en la obra tradicional (la obra industrializada estaba formada por losas alveolares). Es necesaria la ejecución de pilares en sustitución de los muros de hormigón situados en los sótanos (que a la vez servían de estructura vertical para la sustentación de los paneles A.V. de las plantas superiores). Estos pilares requieren de una cimentación distinta a los muros y por lo tanto se generan diferencias, principalmente desde el punto de vista de los costes.

Estructura de hormigón

Es en este capítulo en el que se produce uno de los cambios más significativos ya que se trata de sistemas constructivos totalmente distintos.

Mientras que con el sistema constructivo tradicional de forjados de bovedilla cerámica y pórticos de hormigón armado simplemente se resuelve la estructura, con el sistema que presenta la obra industrializada (paneles prefabricados y losas alveolares) se resuelve al mismo tiempo la estructura y el cerramiento.

El proceso constructivo es muy parecido, cuando la planta inferior está construida, se pasa a la siguiente. Sin embargo, el sistema de Arquitectura Vertida no requiere el empleo de encofrados y la utilización losas alveolares reduce gran número de las operaciones que son necesarias realizar para la ejecución de un forjado con métodos tradicionales. Aunque aparecen algunos problemas porque es necesario emplear medios auxiliares específicos como por ejemplo para el apuntalamiento de los paneles o el vertido del hormigón a través de los paneles.

Cubiertas

En la planificación de las dos obras, la realización de la cubierta está prevista una vez se ha terminado la estructura, por lo tanto, el único cambio se produce en la fecha de inicio. Al ejecutarse el forjado de planta cubierta con anterioridad en la obra industrializada, la cubierta comienza antes en esa obra. El proceso constructivo es igual, pues se trata del mismo tipo de cubierta.

Albañilería

El hecho de que el cerramiento exterior se resuelva durante la fase de estructura, favorece a que se empiece con anterioridad las divisiones interiores, a diferencia que con el sistema tradicional, que es necesario esperar a que termine la cara interior del cerramiento para empezar con las divisiones.

Los paneles prefabricados interiores además de tener una función estructural, sirven para realizar la división entre las viviendas y las zonas comunes, con lo que se consigue reducir la cantidad de tabiques interiores.

Respecto al empleo de la tabiquería en seco que se hace en la obra industrializada afecta principalmente a las instalaciones y los acabados.

A diferencia que con el método tradicional, la tabiquería no se puede acabar hasta que no se ha terminado de colocar la 1ª fase de las instalaciones. Mientras que con la tabiquería en húmedo la 1ª fase de las instalaciones empieza cuando se ha terminado la tabiquería y se han abierto las rozas.

Con la tabiquería de cartón-yeso no es necesario aplicar ningún revestimiento, se procede directamente a dar el acabado final sobre su superficie.

Aislamiento e impermeabilizaciones

La principal diferencia entre las dos obras en lo que respecta a este capítulo es el aislamiento del cerramiento exterior. En la obra industrializada el aislamiento se encuentra incluido en el panel prefabricado, esto hace que no exista esta actividad en la planificación de la obra, con la consiguiente reducción de tiempo.

Revestimientos y acabados

Al emplear la obra industrializada losa alveolar, requiere poner falso techo en todas las viviendas, a diferencia de la obra tradicional que sólo se pone falso techo en los cuartos húmedos.

Como se ha comentado con anterioridad la obra tradicional resuelve sus divisiones con tabiquería en húmedo lo que requiere un revestimiento posterior antes de aplicar la pintura.

Instalaciones

Para las dos obras se ha determinado el mismo tipo de instalaciones con la finalidad de que el análisis se realice de la forma más homogénea posible. Por lo tanto el proceso de instalación es muy similar en los dos tipos de obra exceptuando las siguientes diferencias:

- a) Parte de la 1ª fase de las instalaciones de electricidad y telecomunicaciones se encuentra instalada dentro del panel prefabricado.
- b) A diferencia de la obra tradicional en la que es necesario abrir rozas para ejecutar la 1ª fase de las instalaciones y esperar a ejecutar el tapado de rozas y el guarnecido y enlucido para ejecutar la 2ª fase. En la obra industrializada en la que se utiliza tabiquería en seco, primero se ejecuta la estructura portante de las divisiones y se pone una de las caras, posteriormente se realiza la 1ª fase las instalaciones y finalmente se termina las divisiones con la instalación de la segunda cara. Una vez realizadas las divisiones se ejecuta la 2ª fase de las instalaciones, sin necesidad de revestir las divisiones.

Cerrajería

Este capítulo no presenta ninguna diferencia remarcable de una obra a otra, más allá de los retrasos en su fecha de comienzo, en la obra tradicional, como consecuencia de que las actividades que la preceden también lo sufren.

Carpintería de aluminio

Este capítulo sufre un gran cambio. El hecho de que los paneles del sistema "Arquitectura Vertida" (sistema constructivo con el que se realiza la obra industrializada) incorpore las carpinterías de las fachadas, reduce de una forma muy sustancial el tiempo que se ha de emplear para su colocación. Esto hace que se puedan iniciar con bastante antelación las actividades del capítulo acabados en las viviendas y se evitan actividades como recibido de cercos en hoja exterior o colocación de albardillas, que si aparecen en la obra tradicional.

Vidrio

La carpintería de aluminio que viene instalada en los paneles de "Arquitectura Vertida" también incorpora los vidrios desde fábrica. Esto no suele ocurrir en las obras tradicionales, pues en estas, la colocación de vidrio suele considerarse como una actividad distinta que se realiza una vez se ha colocado la carpintería de aluminio.

Pinturas

Independientemente de la obra que consideremos (industrializada o tradicional) los procesos aparejados a este capítulo no sufren ningún cambio más allá del tipo superficie sobre la que se aplica. En la obra industrializada la pintura se aplica directamente sobre las divisiones de cartón yeso, mientras que en la obra tradicional es necesario aplicar un guarnecido y enlucido previo a la pintura.

Carpintería de madera

Tanto para el solado en viviendas como para el solado en zonas comunes, la obra industrializada utiliza pavimentos continuos que provocan la necesidad de requerir otro recurso distinto que coloque el rodapié y como consecuencia este pase a ser una actividad nueva. Sin embargo, en la obra tradicional el mismo recurso que coloca la tarima, coloca el rodapié.

Urbanización

En el capítulo de urbanización no aparece ningún cambio remarcable entre la obra industrializada y la obra tradicional.

Desde el punto de vista de los momentos de ejecución la obra con un elevado grado de industrialización presenta mayores ventajas, puesto que con el sistema constructivo que emplea (paneles ``Arquitectura Vertida´´) reduce un gran número de actividades. Al igual que ocurre con el empleo de la tabiquería en seco que evita la necesidad de realizar rozas o el empleo de losas alveolares que evita la necesidad de encofrar. Si bien es verdad que este tipo de obra necesita un mayor control durante la fase de proyecto y la de ejecución, hecho que puede llevar a pensar que la ejecución es más complicada y laboriosa que la de una obra tradicional.

5.4. Análisis de costes

Una vez realizado el análisis exhaustivo de los resultados obtenidos del estudio económico realizado a cada una de las obras, se pasa a realizar una comparativa de las distintas opciones. Este comparativo servirá para declinar una alternativa en pro de la otra. Para ello se han elaborado las siguientes tablas en las que se ha intentado incluir todos los aspectos que intervienen en un análisis económico, para no quedarse meramente en cuál de los dos tipos de construcción es más caro o más barato.

En la siguiente tabla se hace una recapitulación de los costes directos e indirectos de cada una de las obras a fin de obtener un precio final como resultado de la suma de ambos. Este precio final nos va a permitir realizar una primera elección entre un tipo de obra u otro.

Los costes directos son los Euros que cuesta cada una de las partidas de las que consta la obra. Para ello previamente se ha dividido la obra en actividades y se le ha asignado una medición y un importe. Esta parte está contabilizado según los precios del presupuesto de adjudicación de obra en el caso de la obra industrializada y de la base de precios centro 2010 para la obra tradicional. La comparación se realiza teniendo en cuenta la obra acabada, con lo que hay que añadir las partidas necesarias para finalizar la obra. Esta parte está expuesta a variaciones debido a cambios en las tarifas, el precio de la materia prima, la mano de obra, etc.

Para completar la obra tradicional y poder comparar las distintas soluciones, se ha añadido una serie de partidas distintas que engloben el resto de elementos necesarios para finalizar la obra. Todos los precios que se han utilizado, y los detalles sobre las mediciones y los conceptos que engloba cada partida están recogidos en el punto del trabajo en el que se realiza el estudio de las obras.

Para calcular los Costes Indirectos se ha tenido en cuenta los medios que se necesitan para la construcción. En este caso, dentro de los Costes Indirectos se ha contabilizado: la mano de obra, la maquinaria, las instalaciones generales, gastos varios y el plan de seguridad y salud.

	GRADO INDUSTR. ELEV.		TRADICIONAL	
	COSTE TOTAL	€/m ²	COSTE TOTAL	€/m ²
TOTAL COSTE DIRECTO	4.836.017,09 €	632,09	4.219.311,62 €	551,49
TOTAL COSTE INDIRECTO	503.667,29 €	65,83	670.703,82 €	87,66
TOTAL FINAL	5.339.684,38 €	697,93	4.890.015,44 €	639,15
DIFERENCIA FINAL			- 449.668,94 €	

Tabla 5.4.1. Comparativa Precio Final. Elaboración propia.

Tras la realización de este primer análisis y, en términos globales, se podría decir que la obra tradicional es más económica que la obra con un elevado grado de industrialización. A pesar de que los Costes Indirectos son menores en la obra industrializada, debido al menor plazo de ejecución, que en la obra tradicional, éstos no llegan a igualar la diferencia que existe entre los Costes Directos.

Por todo ello parece conveniente realizar una comparativa entre los Costes Directos de las dos obras, de esa manera podemos conocer la diferencia de precios que existe entre los diferentes capítulos e interpretar cuál es la consecuencia de esas diferencias económicas.

CAPÍTULOS DE OBRA	OBRA ELEVADO GRADO DE INDUST.	OBRA TRADICIONAL	DIFERENCIA TOTAL (€)	DIFERENCIA TOTAL (%)
MOVIMIENTO DE TIERRAS	67.938,02 €	70.308,97 €	-2.370,95 €	3,37%
RED DE SANEAMIENTO	44.260,15 €	44.293,68 €	-33,52 €	0,08%
CIMENTACIONES	286.723,83 €	293.840,01 €	-7.116,18 €	2,42%
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	1.627.935,05 €	833.874,16 €	794.060,89 €	48,78%
CUBIERTAS	46.658,02 €	46.658,02 €	0,00 €	-
ALBAÑILERÍA	325.570,05 €	353.648,67 €	-28.078,62 €	7,94%
AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN	22.291,87 €	37.663,88 €	-15.372,01 €	40,81%
REVESTIMIENTOS Y ACABADOS	366.852,12 €	417.209,38 €	-50.357,26 €	12,07%
INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD	198.102,14 €	247.627,69 €	-49.525,55 €	20,00%
INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	233.654,04 €	233.654,04 €	0,00 €	-
INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS	320.922,04 €	320.922,04 €	0,00 €	-
INSTALACIÓN DE GAS	282,85 €	282,85 €	0,00 €	-
INSTALACIÓN DE EXTRACCIÓN	47.499,76 €	47.499,76 €	0,00 €	-
INST.PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	32.127,25 €	32.127,25 €	0,00 €	-
INSTALACIÓN DE ELEVACIÓN	54.700,23 €	54.700,23 €	0,00 €	-
PREINSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO	43.496,94 €	43.496,94 €	0,00 €	-
INSTALACIÓN TELECOMUNICACIONES	21.622,76 €	27.028,45 €	-5.405,69 €	20,00%
INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR	68.313,15 €	68.313,15 €	0,00 €	-
INST. PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO	3.080,43 €	3.080,43 €	0,00 €	-
CERRAJERIA	293.838,30 €	293.838,30 €	0,00 €	-
CARPINTERIA DE ALUMINIO	147.111,39 €	230.005,05 €	-82.893,66 €	36,04%
VIDRIO	1.380,24 €	1.380,24 €	0,00 €	-
PINTURAS	70.774,39 €	70.774,39 €	0,00 €	-
CARPINTERIA DE MADERA	259.104,50 €	220.912,58 €	38.191,92 €	14,74%
URBANIZACIÓN	234.682,41 €	209.076,30 €	25.606,11 €	10,91%
VARIOS	17.095,15 €	17.095,16 €	0,00 €	-
	4.836.017,09 €	4.219.311,62 €		

Tabla 5.4.2.Comparativa Costes Directos. Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, la principal diferencia en lo que respecta a los Costes Directos es el capítulo de estructura. En la obra con un elevado grado de industrialización el capítulo de estructuras es casi un 50% superior al de la obra tradicional. Otros capítulos también son superiores como es el caso de carpintería de madera (14,74%), ya que el rodapié en esta obra se ha considerado en una partida aparte, o el capítulo de urbanización (10,91%) como consecuencia de que en la obra industrializada parte del cerramiento de la parcela se realiza con paneles prefabricados del sistema Arquitectura Vertida.

En la obra industrializada existen otras partidas que al contrario que las anteriores, presentan unos costes menores a los de la obra tradicional. Una de ellas es la albañilería, este menor precio se debe a que con el sistema de Arquitectura Vertida se solucionan parte de las divisiones entre viviendas y zonas comunes, de manera que su medición es menor. Algo parecido ocurre con la instalación de electricidad y telecomunicaciones, que como parte de la instalación se encuentra incluida en los paneles prefabricados, su medición es menor.

También resulta significativa la diferencia de precio de los capítulos de aislamiento e impermeabilizaciones y acabados y revestimientos. El coste del primero es inferior puesto que todo el aislamiento de fachada se encuentra incluido en el panel prefabricado. Por lo que respecta al segundo el coste inferior en comparación con la obra tradicional debido básicamente a dos factores: a) al realizarse la tabiquería en seco, no existe la necesidad de guarnecido y enlucido y b) en la obra con elevado grado de industrialización el solado se realiza mediante pavimentos continuos, que aunque su duración es menor, su precio es superior al solado de gres empleado en la obra tradicional.

Existe otro grupo de capítulos cuya diferencia de precio entre los tipos de obras es nula. Esto se debe a que a la hora de homogeneizar el proyecto para que sea comparable, se ha determinado que se realizan de la misma forma tanto en la obra industrializada como en la obra tradicional.

En la *tabla 5.4.2.* se ha observado cómo afectan los Costes Directos capítulo por capítulo, a continuación se ofrece una gráfica con el objetivo de mostrar cómo se reparten los Costes Directos de cada capítulo a lo largo de los meses que duran las obras.

En él se puede observar, al igual que ocurre en las tablas anteriores, como en los primeros meses los costes directos son muy similares. En el mes de febrero, coincidiendo con el inicio aproximado de la estructura sobre rasante, los costes de la obra industrializada son muy superiores, debido a que el sistema constructivo de paneles es más caro. A partir de la finalización de la estructura no se puede hacer una comparativa muy homogénea puesto que algunas actividades son distintas y otras se ejecutan en momentos distintos según el tipo de obra.

Lo que sí nos permite apreciar es que la obra tradicional se alarga 5 meses más que la obra industrializada, hecho que es determinante para los Costes Indirectos como se ha analizado anteriormente y para los costes financieros, cuyo análisis escapa a los límites de este trabajo.

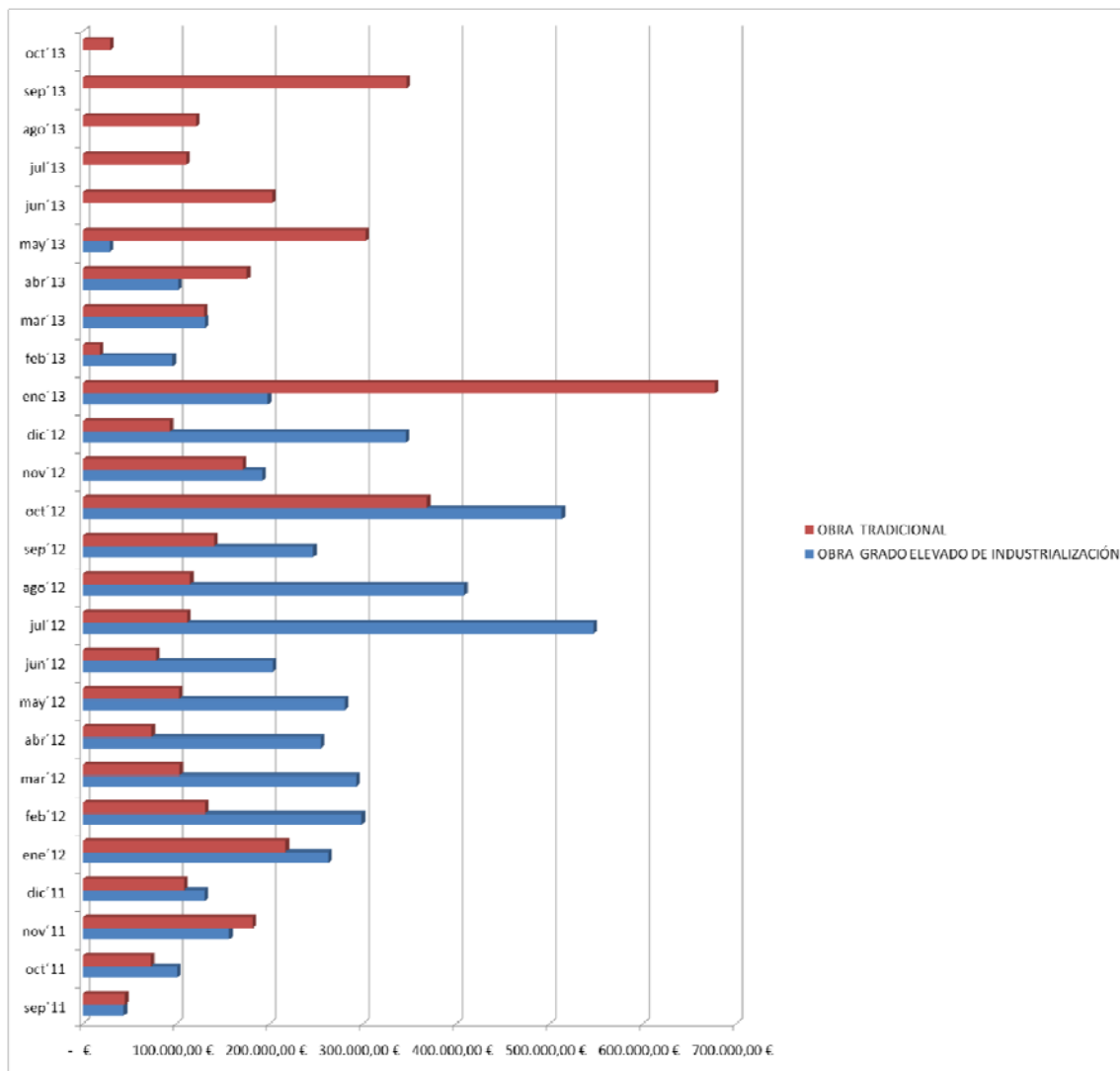


Tabla 5.4.3. Comparativa Flujos de caja. Elaboración propia.

Tras el análisis de los costes directos se puede concluir diciendo que: a pesar de que el sistema de paneles Arquitectura Vertida presenta numerosas ventajas, puesto que con un elemento constructivo se puede solucionar cosas tan diferentes como la estructura, cerramiento, la carpintería de aluminio, parte las instalaciones...etc; su precio es lo suficientemente elevado en comparación con un sistema tradicional como para afirmar que económicamente, no es rentable.

6. Nuevos paradigmas. Aplicación de la nueva filosofía productiva a la construcción

Los problemas de la construcción son bien conocidos. La productividad de este sector es inferior a la de muchos otros. La seguridad es notablemente peor que en otras industrias y, debido a unas condiciones de trabajo inferiores, hay escasez de mano de obra en muchos países. La calidad de la construcción se considera insuficiente.

Como se ha comentado en puntos anteriores, durante todos estos años, se han ofrecido una serie de soluciones o visiones para aliviar los problemas crónicos en la construcción. Aspectos como la modularización o la prefabricación se han visto como una dirección de progreso desde hace mucho tiempo. En la actualidad aspectos como la mecanización es vista como una forma importante de reducir la fragmentación en el sector, que se considera como una de las principales causas de los problemas existentes. La visión de la construcción robotizada o automatizada, estrechamente asociada con la construcción integrada por el ordenador, es otra solución promovida por los investigadores.

El sector industrial ha sido un punto de referencia y una fuente de innovaciones en la construcción desde hace muchas décadas. Por ejemplo, la idea de la industrialización viene directamente de la fabricación. La integración informática y la automatización también tienen su origen en la industria, donde su aplicación está muy por delante en comparación con la construcción.

Ahora, hay otra tendencia de desarrollo en la industria, el impacto de lo que parece ser mucho mayor que la de la información y la tecnología de automatización. Esta tendencia, se basa en una nueva filosofía productiva, más que en las nuevas tecnologías; destaca la importancia de las teorías y principios básicos relacionados con los procesos de producción. Atendiendo a la definición de industrialización que se hizo en las primeras líneas de este trabajo, estos procesos, formarían parte de la racionalización.

En la construcción, ha habido más bien poco interés en esta filosofía de producción. Y todos los esfuerzos se han llevado a cabo en otros sentidos, como puede ser: la prefabricación, mecanización, automatización...etc. El objetivo de este apartado es evaluar si la nueva filosofía productiva tiene implicaciones para la construcción.

Origen, desarrollo y principales ideas

Las ideas de esta nueva filosofía productiva se originaron en Japón en la década de 1950. La aplicación más importante fue el sistema de producción Toyota. La idea básica en el sistema de producción Toyota es la eliminación de los inventarios y otros residuos a través de la

producción de pequeños lotes, la reducción de los tiempos de preparación, las máquinas semiautónomas, la cooperación con los proveedores, y otras técnicas.

Al mismo tiempo, los problemas de calidad fueron atendidos por la industria japonesa bajo la guía de asesores americanos como Deming, Juran y Feigenbaum. La filosofía de la calidad ha evolucionado a partir de un método estadístico de control de calidad hacia un enfoque más amplio, incluyendo los círculos de calidad y otras herramientas para el desarrollo de toda la compañía.

Estas ideas fueron desarrolladas por los ingenieros industriales en un largo proceso de ensayo y error. En consecuencia, hasta el comienzo de la década de 1980, la información y la comprensión de este nuevo enfoque era limitado. Sin embargo, las ideas fueron difundidas a Europa y América a partir del año 1975, especialmente en la industria del automóvil.

A principios de la década de 1990, la nueva filosofía productiva, también conocida como "lean production" o "nuevo sistema de producción", se convirtió en la corriente dominante. Se puso en práctica, por lo menos parcialmente, por las empresas de fabricación en Estados Unidos y Europa. El nuevo enfoque también se ha difundido a nuevos campos, como la producción personalizada, los servicios, la administración y el desarrollo de productos.

Hay varios factores que hacen que sea difícil presentar un panorama coherente de las ideas y técnicas de la nueva filosofía productiva. El campo está en constante evolución. Los nuevos conceptos surgen y el contenido de los viejos conceptos cambia. El mismo concepto se utiliza para referirse a un fenómeno en varios niveles de abstracción. No está claro dónde poner los límites entre los conceptos relacionados.

Se ha elegido como base de este breve repaso dos términos de importancia histórica y que se consideran la raíz de la nueva filosofía productiva, Just In Time (JIT) y Control Total de Calidad (TQC), que se describen brevemente a continuación.

- Just In Time (JIT): El punto de partida de la nueva filosofía de producción industrial estaba en desarrollos de ingeniería en las fábricas de automóviles Toyota en la década de 1950. La idea motriz es el enfoque de reducción o eliminación de los inventarios (en preparación). Esto, a su vez, dio lugar a otras técnicas que se vieron obligados a hacer frente a las respuestas con menos inventario: reducción de tamaño del lote, la reconfiguración del diseño, la cooperación con el proveedor, y la puesta en marcha de reducción de tiempo. Se introdujo el tipo de método de control de empuje de la producción, donde la producción se inicia con la demanda real y no por planes basados en las previsiones. El concepto de los residuos es uno de los pilares del JIT. Los

siguientes residuos fueron reconocidos por el JIT: la sobreproducción, la espera, transporte, demasiada mecanización, los inventarios, el movimiento y las piezas defectuosas y productos. La eliminación de estos residuos a través de la mejora continua de las operaciones, equipos y procesos es otro de los pilares de JIT.

- Control Total de la Calidad (TQC): El punto de partida del movimiento de la calidad era la inspección de las materias primas y productos mediante métodos estadísticos. El movimiento de calidad en Japón ha evolucionado desde la mera inspección de productos hacia el control de calidad total. El total se refiere a tres extensiones: (1) ampliar el control de calidad de la producción a todos los departamentos, (2) ampliar el control de calidad de los trabajadores a la gestión, y (3) ampliar la noción de calidad para cubrir todas las operaciones de la empresa.

Las metodologías de calidad se han desarrollado en correspondencia con la evolución del concepto de calidad. El enfoque ha cambiado a partir de una orientación de inspección (teoría del muestreo), a través del control de proceso (control estadístico de procesos), la mejora continua de procesos (las siete nuevas herramientas), y en la actualidad se ha desarrollado el diseño de la calidad en el producto y de proceso (función de la calidad implementación).

Muchos nuevos conceptos han surgido en base al JIT y TQC. Éstos se han desarrollado y ampliado rápidamente, a partir de una vida propia. Algunos de estos conceptos son: Participación de los empleados, Mejora continua, Competencia basada en el tiempo (propia del sector servicios), Benchmarking...etc.

Base conceptual

El núcleo de la nueva filosofía productiva se encuentra en la observación de que hay dos clases de fenómenos en todos los sistemas de producción: las conversiones y los flujos. Mientras que todas las actividades cuestan dinero y consumen tiempo, sólo las actividades de conversión agregan valor a los productos. Por lo tanto, la mejora de las actividades de flujo debe estar principalmente centrada en la reducción o eliminación de las mismas, mientras que las actividades de conversión deben ser más eficientes. En el diseño, control y mejora de los sistemas de producción, ambos aspectos han de ser considerados. En los principios tradicionales de gestión se han considerado sólo las conversiones, o todas las actividades han sido tratadas como si añadieran valor.

Debido a estos principios de gestión tradicionales, los procesos de flujo no han sido controlados o mejorados de una manera ordenada. Esto ha llevado a procesos de flujo

complejos, inciertos y confusos, a la expansión de las actividades que no tienen valor añadido, y la reducción del valor de salida.

A lo largo de estos años se han desarrollado una serie de principios para el diseño y mejora de los procesos de flujo. Hay una amplia evidencia de que a través de estos principios, la eficiencia de los procesos de flujo ha tenido una rápida y considerable mejora:

1. Reducir la proporción de actividades que no presentan valor añadido.
2. Aumentar el valor de la producción a través de la consideración sistemática de las necesidades del cliente.
3. Reducir la variabilidad.
4. Reducir los tiempos de ciclo.
5. Simplificar, reduciendo al mínimo el número de pasos, las partes y los vínculos.
6. Aumentar la flexibilidad de la producción.
7. Aumentar la transparencia del proceso.
8. El control se ha de centrar en el proceso completo.
9. Construcción de la mejora continua en el proceso.
10. Balance de la mejora del flujo con la mejora de la conversión.
11. Benchmark (Competencia como punto de referencia).

A modo de resumen se puede concluir que: mientras la filosofía tradicional concibe las actividades de producción como un conjunto de operaciones o funciones, que son controladas, una a una, con el fin de reducir costes y mejorar periódicamente la productividad a través de la implementación de nuevas tecnologías. La nueva filosofía productiva concibe las actividades de producción como procesos de flujo de materiales e información, que son controlados con una variabilidad y un ciclo de tiempo mínimos, tratando de mejorar continuamente su valor, y periódicamente su eficiencia mediante la aplicación de las nuevas tecnologías.

Construcción como actividad

Con mucho, el concepto más general parece ser la comprensión de la construcción como un conjunto de actividades dirigidas a una determinada producción, es decir, las conversiones. Desde este punto de vista, la actividad de la construcción es compartida tanto por las viejas tradiciones de la construcción como por los métodos más nuevos.

El método tradicional de estimación de costes se encuentra en el corazón de este punto de vista de la actividad. El edificio (u otra estructura) se divide en sus elementos constructivos, y para cada elemento, se estiman los costos de los materiales necesarios y mano de obra (conversión de entrada a la salida). En etapas posteriores, se establecen los contratos que especifican una parte del edificio como la salida, y una remuneración como entrada. Esto es exactamente el modelo de conversión: se supone que el proceso de la producción total se compone de un conjunto de subprocesos que convierten una entrada en una salida, y pueden ser recogidas y analizadas de manera aislada unas de otras. También en la planificación de la red del proyecto (redes CPM), las actividades necesarias para la producción de los distintos elementos del edificio son la unidad básica de análisis.

Las críticas a estos conceptos convencionales de gestión se puede estructurar en tres grupos: método secuencial de realización del proyecto, la falta de consideraciones de calidad y control segmentado.

En el mundo de la industria, existe una abrumadora evidencia de los efectos contraproducentes de estos principios de gestión. Además de estos conceptos de gestión genéricos, los métodos de la red CPM (método del camino crítico) son una fuente de problemas específicos en la construcción. Estos principios violan los principios de gestión de diseño y mejora de los procesos de flujo, y por lo tanto dar lugar a flujos poco óptimos y a una expansión de las actividades que no crean valor añadido.

Los muchos problemas que presenta el sector de la construcción han llevado a desarrollar diferentes esfuerzos con el fin de reducirlos. Sin embargo, la conceptualización deficiente, puede dar lugar a resultados y acciones poco concluyentes o contraproducentes. La prefabricación o la construcción integrada por el ordenador, son ejemplos de los esfuerzos que en un principio se han basado en la concepción tradicional, pero el descuido de los procesos de flujo parece haberse convertido en una barrera para el progreso.

Los objetivos tradicionales de la prefabricación de la construcción coinciden bien con los objetivos de mejora de procesos: la construcción prefabricada simplifica los procesos in situ y proporciona beneficios de la repetición. Sin embargo, en el proceso total de la construcción

tienden a ser más complejos y vulnerables debido al uso de dos centros de producción (fábrica y sitio) y las necesidades de una mayor coordinación.

En la prefabricación, la mejora del proceso no se ha tomado como un objetivo en sí mismo. Esto ha sido perjudicial, porque los procesos de la construcción prefabricada requiere mayores controles que los procesos de la construcción in situ. Por ejemplo, los requisitos de precisión dimensional, así como la cooperación en los procesos de diseño y la planificación son más importantes en este tipo de construcción.

Por lo tanto, parece ser una hipótesis plausible que un mal control del diseño, la prefabricación y los procesos consumen los beneficios teóricos que se derivan de la industrialización.

Así, siguiendo con el ejemplo de la industria, la tarea siguiente es reconceptualizar la construcción como flujos. El punto de partida para la mejora de la construcción es cambiar la forma de pensar, en lugar de buscar soluciones aisladas a los diversos problemas.

Construcción como flujo

Existen dos procesos principales de un proyecto de construcción:

- Proceso de diseño: es una etapa de mejora de las especificaciones, donde las necesidades y los deseos vagos se convierten, a través de un número variable de pasos, en diseños detallados. Al mismo tiempo, este es un proceso de detección de problemas y resolución de los mismos. Puede ser dividido en subprocesos y procesos individuales de apoyo.
- Proceso de construcción: se compone de dos diferentes tipos de flujos:
 - Proceso material, consistente en flujos de material in situ, incluyendo el procesamiento y montaje en obra.
 - Los procesos de trabajo de los equipos de construcción. Los flujos temporales y espaciales de los equipos de construcción in situ a menudo están estrechamente relacionados con los procesos materiales.

Los procesos pueden ser caracterizados por el coste, la duración y el valor para el cliente. El valor consta de dos componentes: el rendimiento del producto y la ausencia de defectos (conformidad con las especificaciones). El valor tiene que ser evaluado desde la perspectiva del cliente final. El coste y la duración dependerán de la eficiencia de actividades que generan valor añadido y la cantidad de actividades que no añaden valor.

Como se indica en el apartado anterior, los conceptos de gestión tradicionales no sólo han ignorado sino que han deteriorado activamente los flujos de la construcción. Por lo tanto, es de vital importancia para introducir métodos alternativos, que éstos conduzcan a la mejora del flujo. Algunos de estos métodos son los siguientes:

- Alternativas para el modo secuencial de la realización del proyecto: las soluciones se han orientado a reducir el tiempo de ciclo, una mayor consideración de las siguientes etapas y los procesos completos como enfoque de control. Estos son exactamente los principios que no han sido tenidos en cuenta por el método secuencial. Un ejemplo de esto sería: que la parte técnica del diseño sea transferida a las partes que antes eran sólo responsables de su ejecución.
- Mejora de la calidad: a modo de simplificación, podríamos reducirlos en tres recomendaciones:
 - Diseñar y mejorar procesos con el fin de disminuir la variabilidad.
 - Establecer los medios para la rápida detección y corrección de cualquier defecto o desviación.
 - Mejorar el mecanismo por el cual se definen las especificaciones para cada actividad de conversión.
- Control no segmentado: se trata de que el control se centre en los procesos de flujo completo. Por lo general, esto significa que los flujos son la base de la organización, en lugar de especialidades o funciones como en una organización jerárquica. Por ejemplo, un fabricante de componentes, debe ser responsable de toda la cadena material, incluido las instalaciones.
- De la planificación de redes a planificación del flujo: en la planificación del trabajo y de gestión de materiales, el énfasis debe cambiar para completar los procesos de flujo en lugar de actividades distintas.

Debido a sus peculiaridades, la industria de la construcción se ve a menudo en una clase propia, diferente de la industrial. Estas peculiaridades se presentan a menudo como razones - o excusas - cuando los procedimientos bien establecidos y útiles de fabricación no se aplican en la construcción.

Cuando hablamos de las peculiaridades de la construcción nos referimos especialmente a las siguientes características:

- Un único producto

- El lugar de producción
- Multiorganización temporal
- Intervención reguladora

Estas peculiaridades tienden a dificultar el control y la mejora por violar los principios de diseño y mejora del flujo, y el aumento de la proporción de actividades que no generan valor añadido. Sin embargo, mediante la implementación de soluciones estructurales, estas particularidades se pueden evitar o al menos minimizarlas. Las peculiaridades de la construcción no pueden servir de excusa para el abandono de la mejora de procesos.

Estas soluciones se perfeccionarán y seguramente surgirán soluciones novedosas a través de los esfuerzos por mejorar la práctica.

Implementación de la nueva filosofía productiva en la construcción

En el sector de la construcción, la atención a la nueva filosofía productiva ha crecido lentamente.

El Control Total de la Calidad (TQC) ha sido adoptado por un número creciente de organizaciones en la construcción, por primera vez en materiales de construcción y fabricación de componentes, y más tarde en el diseño y la construcción. El nuevo enfoque, orientado al Just in Time (JIT), se ha sido utilizado por los fabricantes de componentes, por ejemplo en la fabricación de ventanas y viviendas prefabricadas. A pesar de esto, la difusión global de la nueva filosofía en las aplicaciones constructivas parece ser más bien limitada e incompleta.

¿Por qué la difusión de la nueva filosofía productiva ha sido tan lenta en la construcción? Las barreras más importantes para la aplicación de estas ideas en la construcción parecen ser las siguientes:

- Los casos y los conceptos que comúnmente se presentan para enseñar y difundir sobre el nuevo enfoque a menudo han sido específicos para ciertos tipos de fabricación, y por lo tanto no es fácil de asimilar y generalizar desde el punto de vista de la construcción.
- Cierta falta de competencia internacional en la construcción.
- Retraso de respuesta de las instituciones académicas.

La forma tradicional de organización de la construcción ha sido en numerosos países un obstáculo para la mejora del rendimiento y la innovación. La idea de cambiar la organización a fin de eliminar estos obstáculos ha sido la motivación de las siguientes iniciativas destinadas a introducir cambios en toda la industria:

- El procedimiento secuencial

La idea principal del procedimiento secuencial es planificar el lugar de trabajo como realizaciones sucesivas de secuencias autónomas. Una secuencia se define en términos de la reagrupación de las tareas por las funciones del edificio, no en términos de técnicas tradicionales o artesanales. Durante una secuencia una empresa puede funcionar sin interferencias, ya que es la única organización en el sitio. Después de cada secuencia, hay una inspección de calidad y una vuelta a los trabajos. Las fechas de vencimiento de las secuencias están estrictamente controladas.

El procedimiento secuencial sigue de cerca las ideas de la nueva filosofía productiva. Esto lo hace desde el punto de vista de los principios aplicables de la mejora de procesos:

- Reducción de los residuos. El objetivo es reducir el tiempo que no genera valor añadido debido a la excesiva especialización: sin embargo, otros componentes de los residuos no son tan explícitamente atacados.
- La reducción de la variabilidad. Con varias fechas de vencimiento y estrictos puntos de control de calidad durante el proyecto, los defectos y problemas aparecen en menor medida. La planificación previa se ve facilitada por la reducción de la incertidumbre exterior.
- Reducción del tiempo de ciclo. La secuencia del tiempo de ciclo (tiempo de sitio de cada secuencia) es comprimido por la utilización de más prefabricación y montaje previo (por supuesto, el tiempo total de ciclo puede ser mayor que en la construcción convencional debido a la preparación y la prefabricación)
- Simplificación. Mediante el establecimiento de paquetes de trabajo estrictamente secuenciales, las actividades interdependientes se reducen y la organización y planificación de la construcción se simplifica.
- Flexibilidad. Desarrollo de múltiples habilidades del personal.
- Transparencia. En el marco de cada secuencia, los flujos de material e información que son transparentes, son más fáciles de organizar.
- Control de procesos completos. Las secuencias bruscas corresponden a los distintos procesos materiales de flujo en la construcción. Los procesos por lo

tanto han de ser aislados de las perturbaciones recíprocas. Se recomienda un desarrollo y optimización de todo el curso de un proceso.

- La mejora continua. Se generan relaciones a largo plazo entre las empresas de un determinado sector, lo que facilita la mejora continua y la innovación.

- El sistema de construcción abierto

El sistema de construcción abierto es un conjunto integrado de normas y acuerdos relativos a la organización del diseño y la construcción. Las siguientes funciones están basadas en:

- Concepto de rendimiento
- Coordinación modular
- La separación de la "ayuda" (estructural) y "relleno" (trabajo interior) partes de los edificios
- Los equipos especializados y multifuncionales.

Especialmente el diseño del proceso y los principios siguientes mejoras se enfatiza:

- La flexibilidad de las soluciones de diseño, a pesar de contar con COMPONENTES prediseñados y prefabricados.
- Simplificación mediante la coordinación modular y la estandarización de las interfaces entre los componentes de construcción diferentes.
- Control de procesos completos, permitiendo al mismo tiempo el poder de decisión para todas las partes interesadas.
- La mejora continua a través de proyectos independientes de desarrollo de productos las empresas proveedoras.

- El nuevo modo de construcción

El objetivo de este nuevo proceso de construcción es eliminar las causas de los problemas actuales inherentes en la construcción. Se combina una actuación basada en diseño y el producto final (en lugar de los recursos de entrada) orientada a la contratación de la construcción. Sobre la base de requisitos de actuación, las empresas proveedoras (o grupos de empresas) ofrecen a sus soluciones prefabricadas para diferentes subconjuntos de la construcción.

Ha sido preparado un nuevo modelo de procedimiento que sirve de aplicación a la ejecución de proyectos de construcción.

Este modelo en particular, se encuentra respaldado por los siguientes principios:

- Simplificación: A través de la aparición de los sub-proyectos, el efecto de las perturbaciones se ve disminuido.
- Control de procesos completos: con esto conseguimos aumentar la integración del diseño y la construcción. Así, el aprendizaje a través de la retroalimentación se mejora y facilita el desarrollo de los productos.
- La mejora continua: La continua colaboración ha de ser reforzado dentro de las empresas y entre empresas.

Llama la atención que estas iniciativas tratan de evitar o aliviar los problemas causados por las peculiaridades de la construcción:

- Los inconvenientes del producto único, se reducen a través de la normalización, la coordinación modular y la ampliación del papel de los contratistas y proveedores.
- Las dificultades de la producción in situ se alivian mediante un aumento de la prefabricación, el desacoplamiento temporal, y a través de equipos especializados o multifuncionales.
- El número de vínculos temporales entre las organizaciones se reduce a través de fomento de alianzas estratégicas a largo plazo.

El llevar a cabo este tipo de iniciativas en todo el sector podría ser especialmente beneficioso para activar la mejora de las empresas constructoras medianas y pequeñas. La recomendación inherente a la nueva filosofía a los profesionales de la construcción es clara: la proporción de actividades que no presentan un valor añadido en todos los procesos tiene que ser sistemática y persistentemente disminuida. Continuando en paralelo con el aumento de la eficiencia de las actividades que crean valor añadido.

La guía básica de mejora es la siguiente:

- Comenzar. A menudo es el problema más difícil. La Gestión de calidad total a menudo parece ser un buen primer paso. Por otro lado, hay expertos que sugieren un enfoque más centrado en resolver los problemas inmediatos y en el aprendizaje mediante la práctica, en lugar de seguir la aplicación de metodologías específicas.
- Definición y medida del proceso. En primer lugar los procesos de trabajo han de ser transparentes. A continuación las deficiencias que presenta el proceso ha de ser visible a través de adecuadas mediciones, y la monitorización debe centrarse en ella. Como se señaló anteriormente, una cuestión importante es encontrar medidas que son

independientes del proyecto. Incluso si las mediciones no son tan sencillas como en la fabricación, no son un problema insuperable.

- Potencial de mejora. Las relaciones con otras organizaciones a menudo pueden ser observadas como fuentes de problemas. Sin embargo, por razones obvias, es mejor comenzar con la solución de los problemas internos.
- Utilizar sistemáticamente los principios, técnicas y herramientas apropiadas.
- Los propietarios. Pueden estar en una posición crítica para avanzar en el pensamiento basado en el flujo del proceso. Los propietarios tienen a menudo una posición única para controlar el proceso completo y para la conducción de todo el proyecto de mejora.

La aplicación de la nueva filosofía se puede iniciar con diferentes niveles de ambición. Es un cambio multidimensional y un proceso de aprendizaje, que puede ser lanzado para recoger sólo unos pocos principios y técnicas. Si se trata de éxito institucional, la adopción de nuevos principios será más fácilmente aceptada.

En muchos países, los recursos más importantes han sido y son canalizados para el desarrollo de objetivos como la prefabricación, la informática integrada en la construcción y la construcción automatizada. Es de suma importancia que estos términos se redefinan en términos de una nueva base conceptual.

- Prefabricación

La prefabricación por lo general alarga los procesos de flujo completo y hace que las obras en las que aparece sean más complejas que las obras de construcción convencionales (aunque los procesos in situ, sin duda, se hayan acortado y simplificado). Estos procesos deben ser mejorados con el fin de aprovechar todo el potencial que ofrece la prefabricación.

- Construcción integrada por el ordenador

La integración informática no debe ser un objetivo primordial, sino un medio entre otros para la consecución de los objetivos de mejora de procesos. La necesidad de mejora de procesos es a menudo urgente y se debe iniciar con los medios disponibles (ingeniería simultánea, la definición de trabajo y mejora de procesos, enfoque de equipo, programas de proveedores de calidad), mientras que en muchas ocasiones la integración de la informática, tarda un largo periodo en madurar.

Por otro lado, los sistemas informáticos a menudo proporcionan soluciones únicas y superiores para la mejora de procesos (por ejemplo, la sistematización de las actividades de comprobación de errores), sin embargo, sino existe unidad para la mejora de los procesos, estas aplicaciones informáticas sirven de poco.

- Construcción automatizada

La automatización deberá centrarse principalmente en actividades que generen valor añadido.

Por lo general, es más eficaz eliminar o reducir las actividades que no generan valor añadido que automatizarlas. Si la eliminación no es posible, estas actividades deben ser automatizadas con tecnología simple y de bajo coste. No vale la pena automatizar con alta tecnología, debido a que un competidor podría encontrar los medios para eliminar estas actividades. Por lo tanto, los esfuerzos de automatización deben ser dirigidas a actividades de valor añadido.

La mejora de procesos debe preceder a la automatización.

Por lo tanto, en el camino hacia la automatización, la primera etapa es mejorar la capacidad de control del proceso a través de la reducción de la variabilidad y de la no supresión de actividades que generen valor añadido a través del diseño y modificaciones en el proceso.

La segunda etapa consiste en la automatización con tecnología simple y de bajo coste. A menudo, la maquinaria existente se ve aumentada por medio de simples dispositivos mecánicos o electro mecánico, que permiten una autonomía de funcionamiento de la maquinaria durante un período o reducir las actividades humanas en el proceso de trabajo.

Sólo en la tercera etapa, después de una acumulación de la comprensión y la eficiencia del proceso, la automatización con la alta tecnología será justificada como el siguiente paso hacia la reducción de costes.

La mejora continua debe estar presente en todas las etapas.

La actual investigación académica y la enseñanza en ingeniería y gestión de la construcción se basan en una base conceptual e intelectual obsoleta. Esto, requiere que la investigación académica y la educación se enfrenten a los desafíos planteados por esta nueva filosofía productiva. En primer lugar, se ha de explicar la nueva filosofía productiva en el contexto de la construcción. Otros aspectos como la formalización de los fundamentos científicos de la ingeniería y gestión de la construcción deberían ser abordados a largo plazo.

7. Conclusiones

7.1. Conclusiones

Se procede a la finalización del trabajo desarrollado con una exposición de las conclusiones, a partir de los objetivos que se habían marcado en un principio.

En primer lugar se ha de indicar que una obra no tiene un mayor o menor grado de industrialización por la perfección de fabricación de todos o parte de los elementos constructivos que la componen, sino que ese grado lo fija la totalidad del hecho constructivo. Igualmente, la producción en fábrica de una mayor o menor cantidad de los elementos que constituyen una obra no implica tampoco que la obra sea industrializada, pues depende, como se ha indicado antes, de la totalidad del proceso constructivo.

También hay que decir aquí que la *industrialización* no implica el uso de materiales nuevos, sino que es la forma de emplear los materiales lo que puede dar a los elementos resultantes el carácter de industrializados.

Resumiendo todo lo anterior se ha llegado a la definición de *industrialización*, según la ecuación en la que: **INDUSTRIALIZACIÓN = PREFABRICACIÓN + MECANIZACIÓN + AUTOMATIZACIÓN + ROBOTIZACIÓN + RACIONALIZACIÓN**

Se trata de una definición "tecnológica", en la que se entiende que la *mecanización* y la *prefabricación* son las mayores posibles, la *racionalización* es de todo el proceso (proyecto, gestión y tecnologías) y la *automatización* y la *robotización* están presentes al máximo en todas las tareas, y todo ello con el fin de hacer un mayor número de edificios, a menor precio y de mayor calidad.

Con el fin de determinar si es más ventajosa una obra con un elevado grado de industrialización frente a una obra tradicional desde el punto de vista del empresario constructor y promotor, que será al fin y al cabo quien se decida a cambiar de forma de construir si los números son favorables; y en base a los aspectos sobre los que se ha realizado la comparativa entre la planificación de ambas obras, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- Tiempo: A partir del análisis realizado se puede concluir que desde el punto de vista de los plazos, la obra con un grado de industrialización elevado es más ventajosa que la obra realizada con técnicas tradicionales.
- Recursos: desde el punto de vista de los recursos, la obra con un elevado grado de industrialización es más eficiente. Este tipo de obra requiere un menor número de

tipos de recursos, como consecuencia de que algunas actividades han sido eliminadas (ej, colocación de albardillas) y otras son realizadas por los mismos recursos (ej, al emplear tabiquería en seco, no es necesario dar yeso).

- Momentos en la ejecución: la obra con un elevado grado de industrialización presenta mayores ventajas, puesto que con el sistema constructivo que emplea (paneles ``Arquitectura Vertida´´) reduce un gran número de actividades. Al igual que ocurre con el empleo de la tabiquería en seco, que evita la necesidad de realizar rozas, o el empleo de losas alveolares, que evita la necesidad de encofrar. Si bien es verdad que este tipo de obra necesita un mayor control durante la fase de proyecto y la de ejecución, hecho que puede llevar a pensar que la ejecución es más complicada y laboriosa que la de una obra tradicional.
- Costes: a pesar de que el sistema de construcción industrializada elegido para realizar la comparación (paneles ``Arquitectura Vertida´´) presenta numerosas ventajas, puesto que, con un elemento constructivo, se puede solucionar cosas tan diferentes como la estructura, cerramiento, la carpintería de aluminio, parte las instalaciones...etc; su precio es lo suficientemente elevado en comparación con un sistema tradicional como para certificar que económicamente es una solución menos interesante.

En vista a estos resultados, en un primer momento se puede afirmar que la obra con elevado grado de industrialización es más ventajosa, puesto que de los cuatro aspectos estudiados, tres le son favorables. Pero la realidad nos demuestra que las empresas constructoras y promotoras otorgan una gran importancia al concepto económico, hecho que determina el por qué la industrialización en el sector de la construcción no está extendida.

Los objetivos tradicionales de la industrialización de la construcción coinciden bien con los objetivos de mejora de procesos: la construcción prefabricada simplifica los procesos in situ y proporciona beneficios de la repetición. Sin embargo, en el proceso total de la construcción tienden a ser más complejos y vulnerables debido al uso de dos centros de producción (fábrica y sitio) y las necesidades de una mayor coordinación. Lo que genera el mayor precio del que hablamos en el párrafo anterior.

Los muchos problemas que presenta el sector de la construcción han llevado a desarrollar diferentes esfuerzos con el fin de reducirlos. Sin embargo, la conceptualización deficiente, puede dar lugar a resultados y acciones poco concluyentes o contraproducentes. Las técnicas actuales de industrialización, prefabricación o la construcción integrada por el ordenador, son

ejemplos de los esfuerzos que en un principio se han basado en la concepción tradicional, pero el descuido de los procesos parece haberse convertido en una barrera para el progreso.

Así, siguiendo con el ejemplo de la industria, la tarea siguiente es reconceptualizar la construcción como flujos. El punto de partida para la mejora de la construcción es cambiar la forma de pensar, en lugar de buscar soluciones aisladas a los diversos problemas.

7.2. Futuras líneas de investigación

A lo largo del trabajo presentado se ha puesto de relieve otras líneas futuras de investigación en el marco de los temas que se ha tratado en esta tesis. De entre ellas cabe destacar las que se exponen a continuación.

Una primera línea de investigación debe centrarse en una profundización en las **tecnologías avanzadas en el campo de la industrialización** e integración de la construcción mediante la aplicación de tecnologías innovadoras y una nueva manera de construir.

Hoy en día, este campo de la construcción ya de por sí es innovador y muchas de las técnicas que aparecen en el estudio están en continua evolución lo que implica que todavía muchos de los resultados que se están obteniendo son susceptibles de ser mejorados con pequeños cambios de tecnología.

Estos cambios principalmente se tienen que conducir a la **reducción de precios** de estos tipos de sistemas constructivos. Como hemos visto con anterioridad, el elevado precio de estas innovaciones en la construcción es la principal causa de que su uso no esté ampliamente extendido, por lo que parece conveniente elaborar una línea de investigación que resuelva este problema.

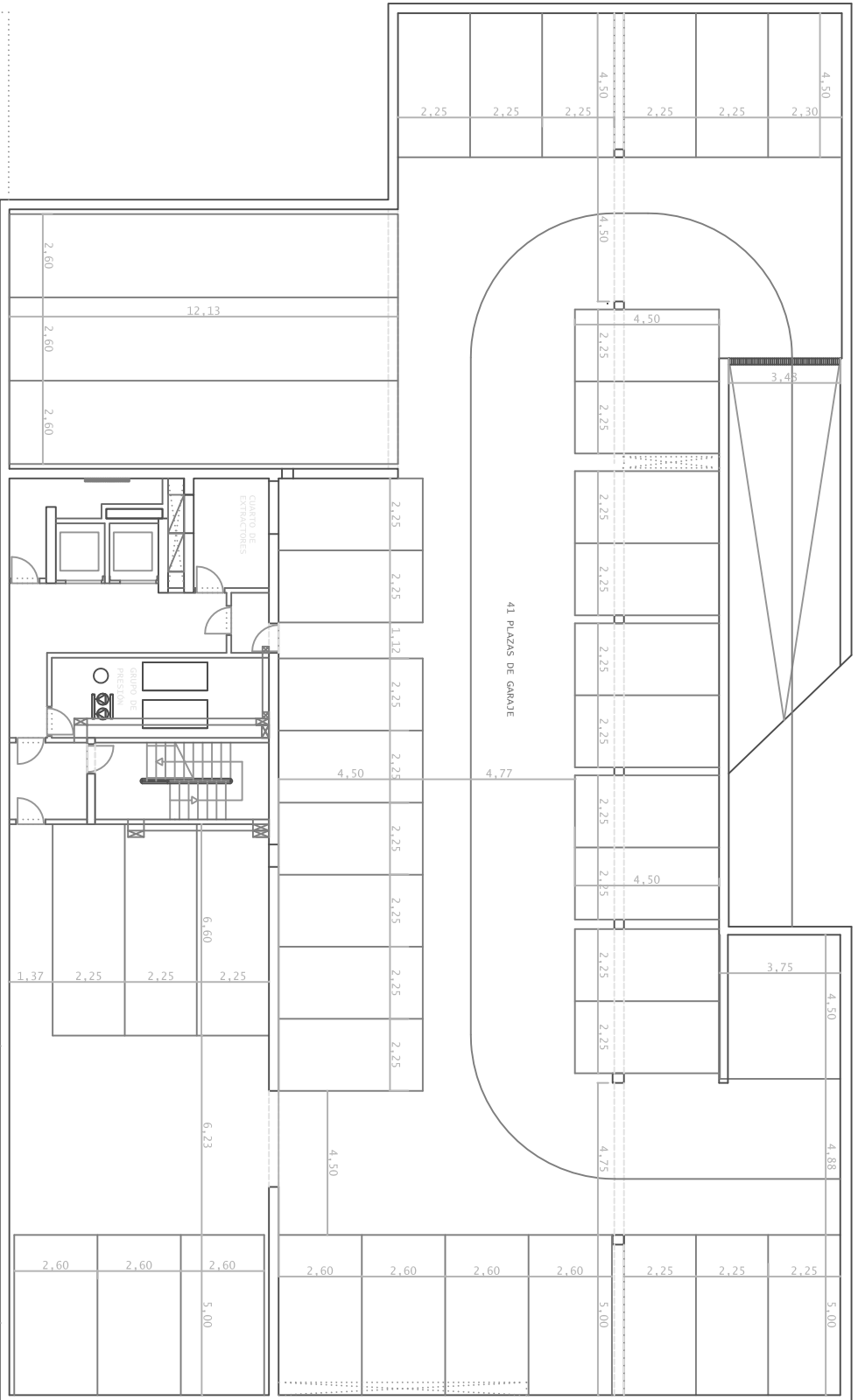
Otra línea de investigación complementaria debe ir encaminada a la **mejora de proceso**. La construcción presenta una serie de peculiaridades (un único producto, el lugar de producción, multiorganización temporal e intervención reguladora) que la industrialización del sector, tal y como está concebida en la actualidad, es incapaz de resolver. Estas peculiaridades tienden a dificultar el control y la mejora por violar los principios de diseño y mejora de los procesos, y el aumento de la proporción de actividades que no generan valor añadido. Sin embargo, mediante la implementación de soluciones estructurales, estas particularidades se pueden evitar o al menos minimizarlas. Las peculiaridades de la construcción no pueden servir de excusa para el abandono de la mejora de procesos.

8. Referencias

- ÁGUILA del GARCÍA, A. *La industrialización de la edificación de viviendas*. Tomo 1. Mairea Libros. Madrid, 2006.
- CASSINELLO, P. *Eduardo Torroja y la industrialización de la "machine à habiter" 1949-1961*. Informes de la Construcción Vol. 60, 512, 5-18, octubre-diciembre 2008
- ESCRIG PÉREZ, CHRISTIAN. *Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón*. Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras a la Ingeniería. Universidad Politécnica de Cataluña.
- FAGERLUND, W. R. *Decision Framework for Prefabrication, Pre-assembly and Modularization in Industrial Construction*. M.S. Thesis. The University of Texas at Austin. 2001
- GÓMEZ MUÑOZ, DIEGO. *Estudio comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas*. Tesina de especialización, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2008.
- HAAS, C. T., O'CONNOR, J. T., TUCKER, R. T., EICKMANN, J. A., and FAGERLUND, W. R. (2000). *Prefabrication and Preassembly Trends and Effects on the Construction Workforce*. Report No. 14. Center for Construction Industry Studies, The University of Texas at Austin, 2000.
- HAAS, C. T and FAGERLUND, W. R. *Preliminary research on prefabrication, pre-assembly, modularization and off-site fabrication in construction*. The Department of Civil Engineering University of Texas at Austin. Austin, Texas. July 2002.
- HEIZER, J. and RENDER, B. *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones tácticas*. Pearson Educación. Madrid, 2008.
- KHOSHNEVIS, B. *Towards total automation of on-site construction-an integrated approach based on contour crafting*. Proceedings of ISARC 2003, Eindhoven, 2003, pp. 61–66.
- KIERAN, S. AND TIMBERLAKE, J. *Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies Are Poised to Transform Building Construction*. McGraw Hill, New York, 2004.
- MEDINA RAMÓN, F.J. *Diseño óptimo de redes para la programación de obras de edificación, para una nivelación y distribución de recursos personales constante*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Julio, 2008.
- PICH-AGUILERA, F., BATLLE, T. Y CASALDÀLIGA, P. *La arquitectura residencial como una realidad industrial. Tres ejemplos recientes*. Informes de la Construcción Vol. 60, 512, 47-60, octubre-diciembre 2008
- ROGER-BRUNO, RICHARD. *Industrialised building systems: reproduction before automation and robotics*. Automation in Construction 14 (2005) 442– 451
- SALAS, J. *De los sistemas de prefabricación cerrada a la industrialización sutil de la edificación: algunas claves del cambio tecnológico*. Informes de la Construcción Vol. 60, 512, 19-34, octubre-diciembre 2008.

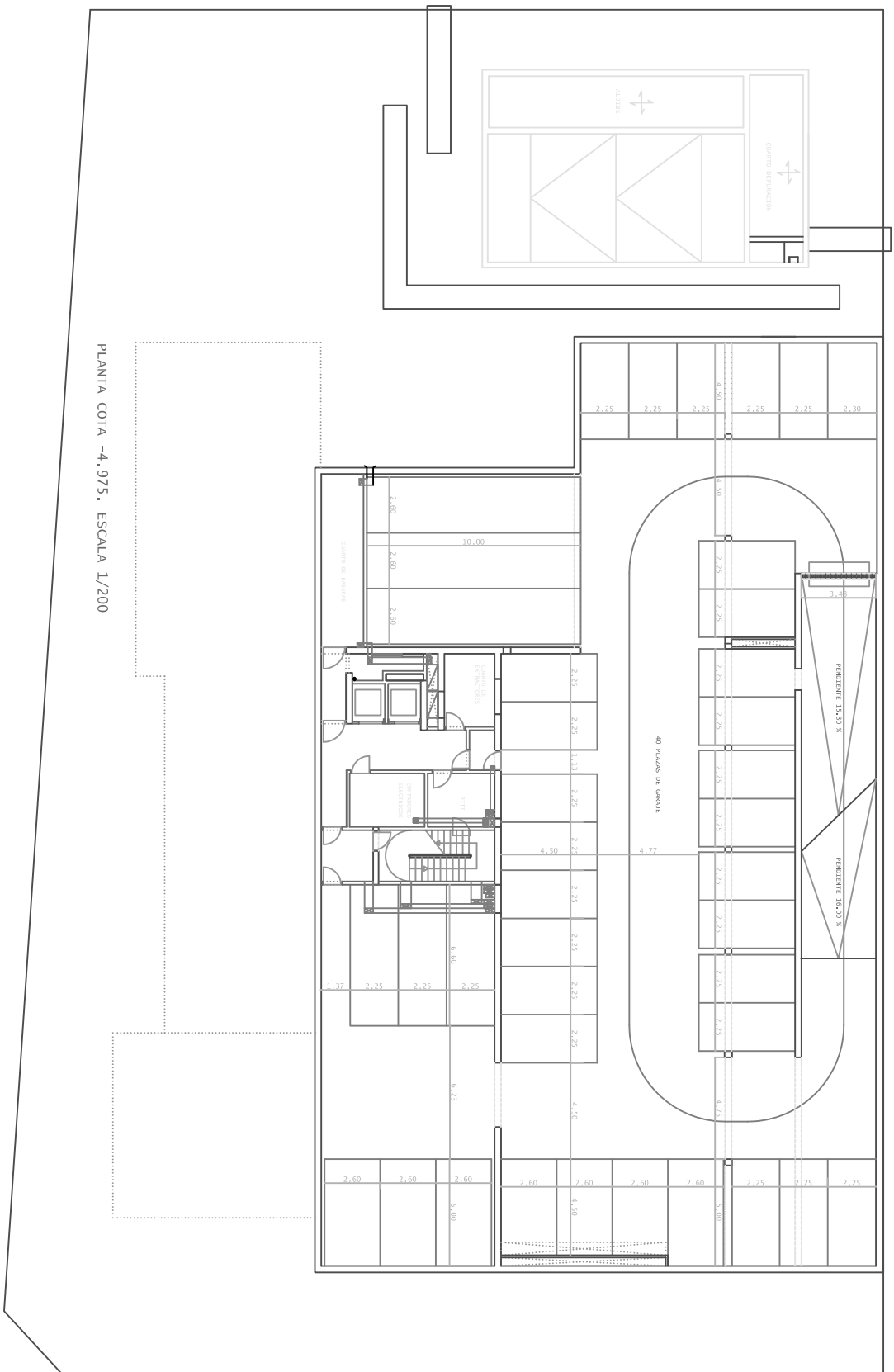
- SALAS, JULIÁN. *Construcción Industrializada: Prefabricación*, Ed. UNED, Madrid. 1987
- SALAS, JULIÁN. *Alojamiento y Tecnología : ¿Industrialización Abierta?*, IETcc -CSIC, Madrid. 1982
- SALAS, JULIÁN. *Producción flexible versus producción masiva: arquitectura para grandes necesidades*. Revista: a + t, nº 10, págs. 22-33. Vitoria, 1997.
- SALAS, JULIÁN; P. ARROYO, SALVADOR, et alters. *Arquitectura - Industria*. Editorial: PRONAOS, Madrid. 1991
- TING YH. *The economic implications of subcontracting practice on building prefabrication*. Automation in Construction 1997;6(3):163–74.
- VIVIAN W.Y. TAM, C.M. TAM, S.X. ZENG, WILLIAM C.Y. NG. *Towards adoption of prefabrication in construction*. Building and Environment 42 (2007) 3642–3654.

ANEXO 1: Planos de arquitectura edificio

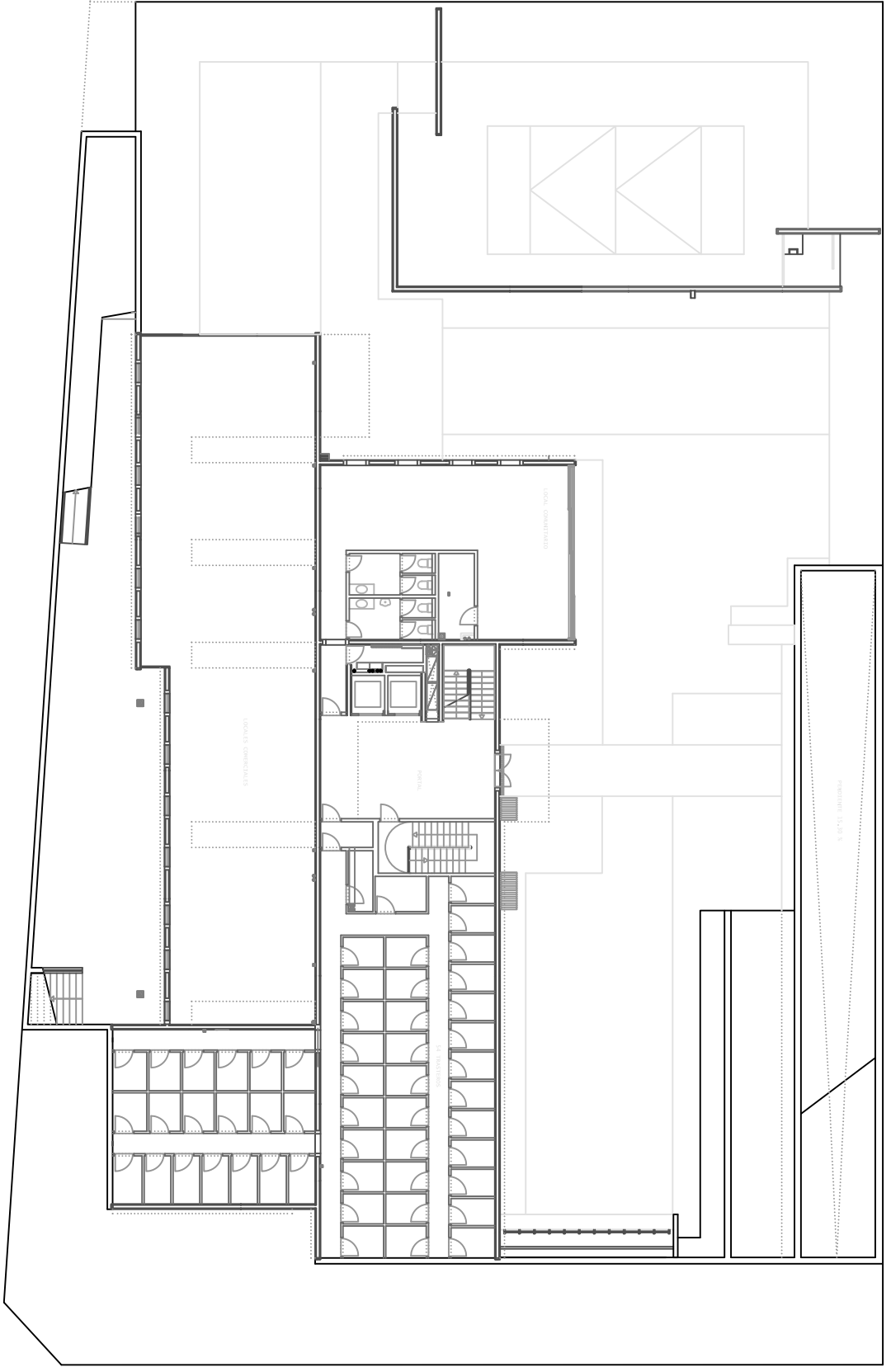


PLANTA COTA -7.950. ESCALA 1/200

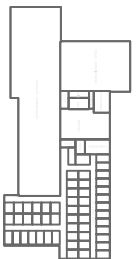
<small>Proyecto de arquitectura presentado en el Registro de la Propiedad de la Comunidad Autónoma de Madrid</small>		<small>PLAZAS AS-BUILT</small>	
ARQUITOS MIGUEL FIASAC SERNA FERNANDO SANCHEZ-MORA SARA GONZALEZ CARCEDO		EDIFICIO DE 54 VIVIENDAS DE RENTA LIBRE GARAJES Y LOCALES COMERCIALES "ARQUITECTURA VERTIDA"	
SITUACIÓN : CALLE MOLINICOS Nº19 ALBACETE	FECHA : MAYO 2010	ESCALA : 1:200	PLANO : AP-09
PLANTA SÓTANO -2 COTA -7.950			



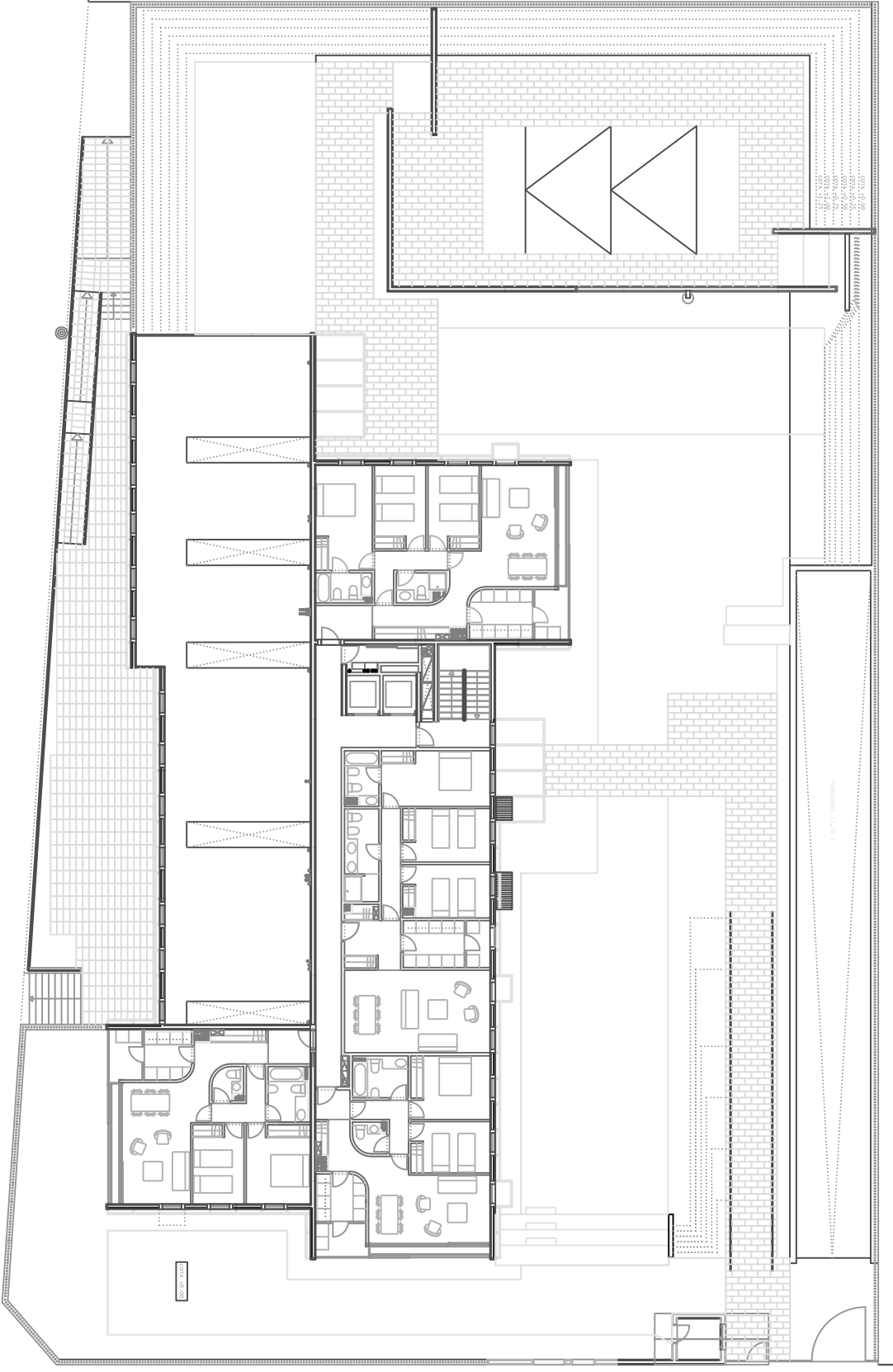
<p>ARQUITECTOS</p> <p>MIGUEL TSAC SERNA FRANCO SANCERAMBA SARA GONZALEZ GARCERÓ</p> <p>SITUACION : CALE INDUSTRIES 919 ALBERTE</p>	<p style="font-size: small;">PLANO INDUSTRIAL EDIFICIO DE 64 VIVIENDAS DE SERVA LIBRE GABARIT Y LOCALS COMERCIALES "ARQUITECTURA VERTIDA"</p> <p>PLANTA SOTANO -1 COTA -4,975</p> <p>FECHA : MARZO 2010 ESCALA : 1:200 PLANO : AP-08</p>
--	--



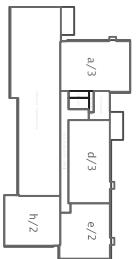
PLANTA COTA -1.475. ESCALA 1/200



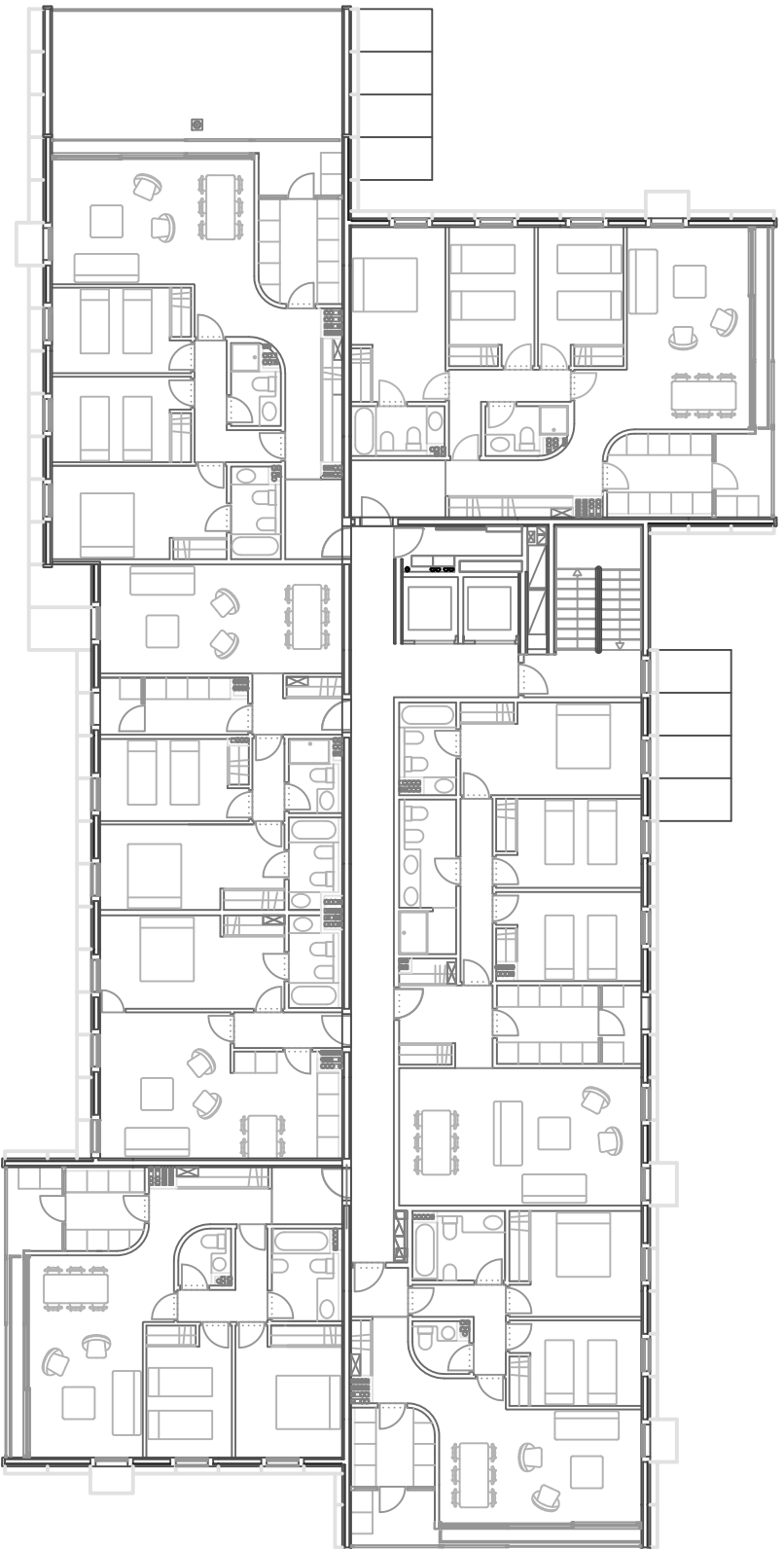
ARQUITOS MIGUEL TSAC SERNA FERNANDO SANCHEZ-RODRIGUEZ SARA GONZALEZ CORDERO	PLANTA SEMISOTANO COTA -1.475
SITUACION : CALLE MICHUMOS N°19 ALBERCETE	EDIFICIO DE 54 VIVIENDAS DE SERVICIO LIBRE "ARQUITECTURA VERTIDA" FECHA : MARZO 2010 ESCALA : 1:200 PLANO : AP-07



PLANTA COTA +1.50 ESCALA 1/200



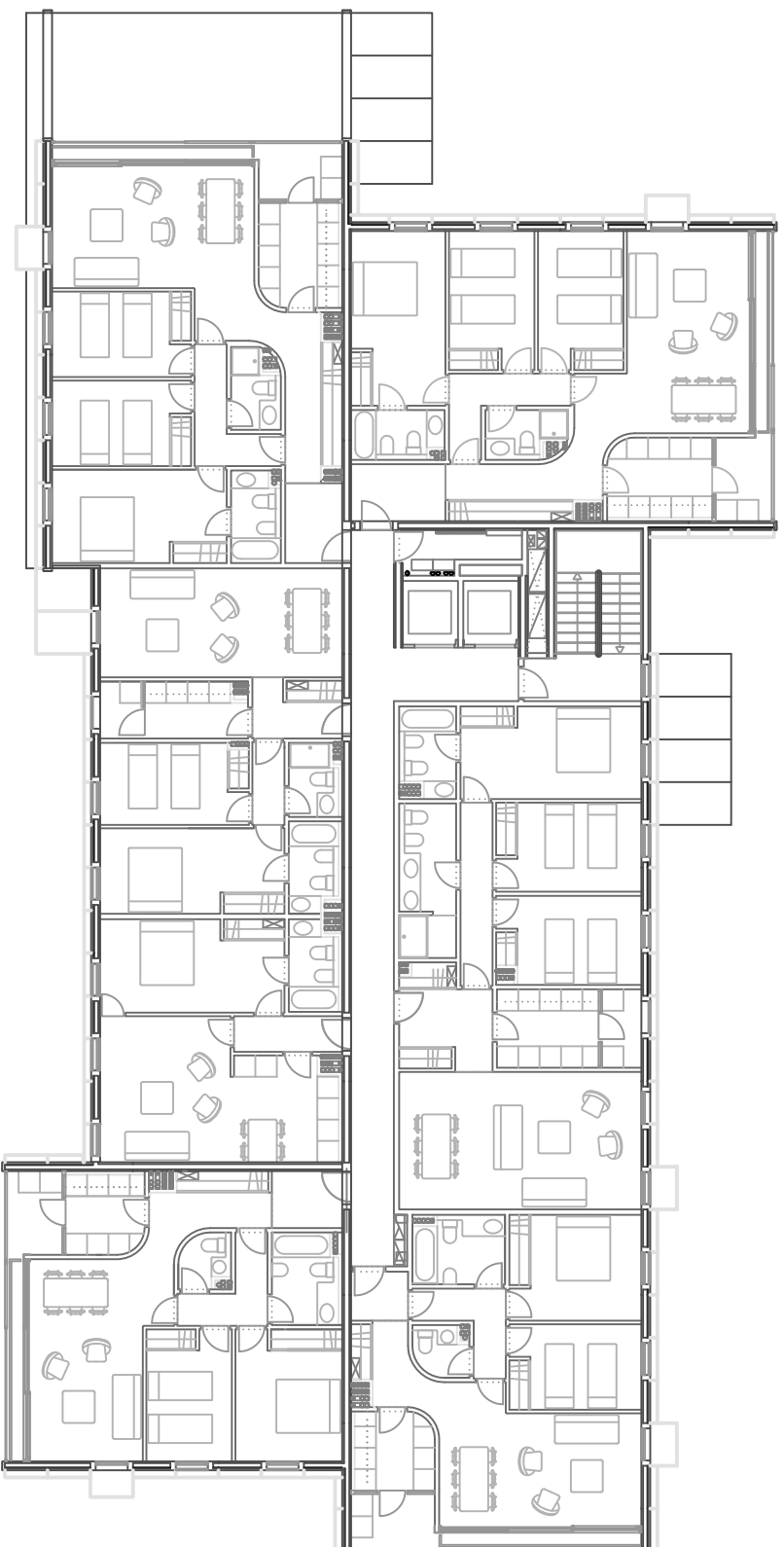
ARQUITOS MIGUEL TSAC SERNA FERNANDO SANCHEZ-MORA SARA GONZALEZ CARCERO	PLANTA BAJA COTA +1.500
SITUACION : CALLE MOLINEROS Nº19 ALBERTO	FECHA : MARZO 2010
ESTUDIO DE 34 VIVIENDAS DE SERVA LIBRE GABARITES Y LOCALS COMERCIALES "ARQUITECTURA VERTIDA"	ESCALA : 1:200
PLANO : AP-06	



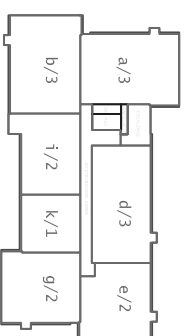
PLANTA COTA +4.475 ESCALA 1/200



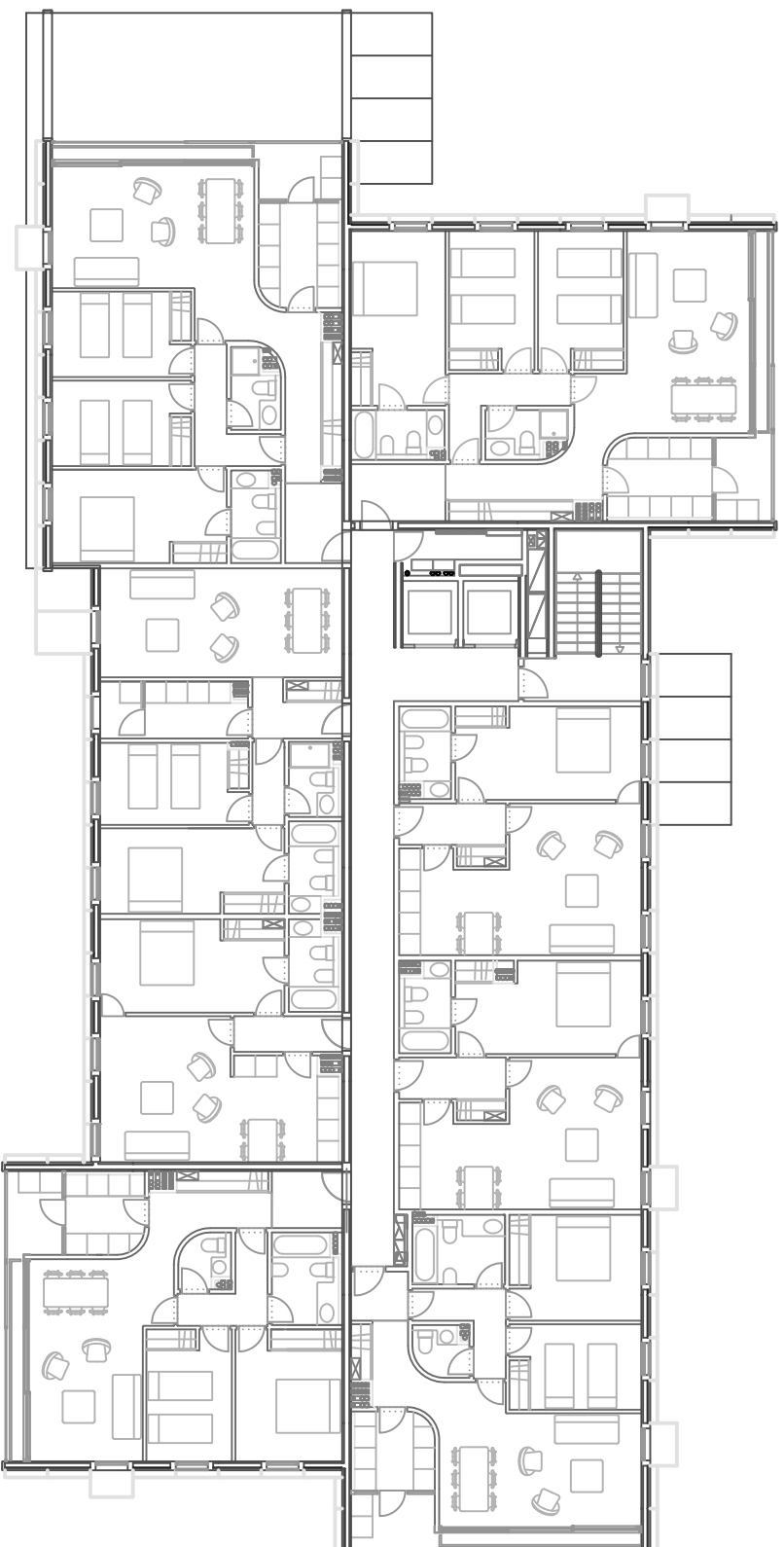
<small>https://www.moodle.up.edu.pe/pluginfile.php/1234567/course/view.php?id=1234567</small>		PLAZAS AS-BUILT EDIFICIO DE 54 VIVIENDAS DE RENTA LIBRE GARAJES Y LOCALES COMERCIALES	
ARQUITOS MIGUEL FISAC SERNA FERNANDO SANCHEZ-MORA SARA GONZALEZ CARCEDO		" ARQUITECTURA VERTIDA "	
SITUACIÓN : CALLE MOLINICOS Nº19 ALBACETE		FECHA : MAYO 2010	ESCALA : 1:200
		PLANO : AP-05	



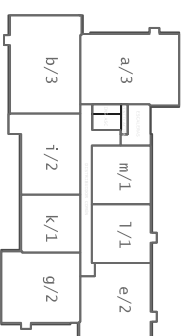
PLANTAS COTAS +7.450, +10.425, +13.400
 ESCALA 1/200



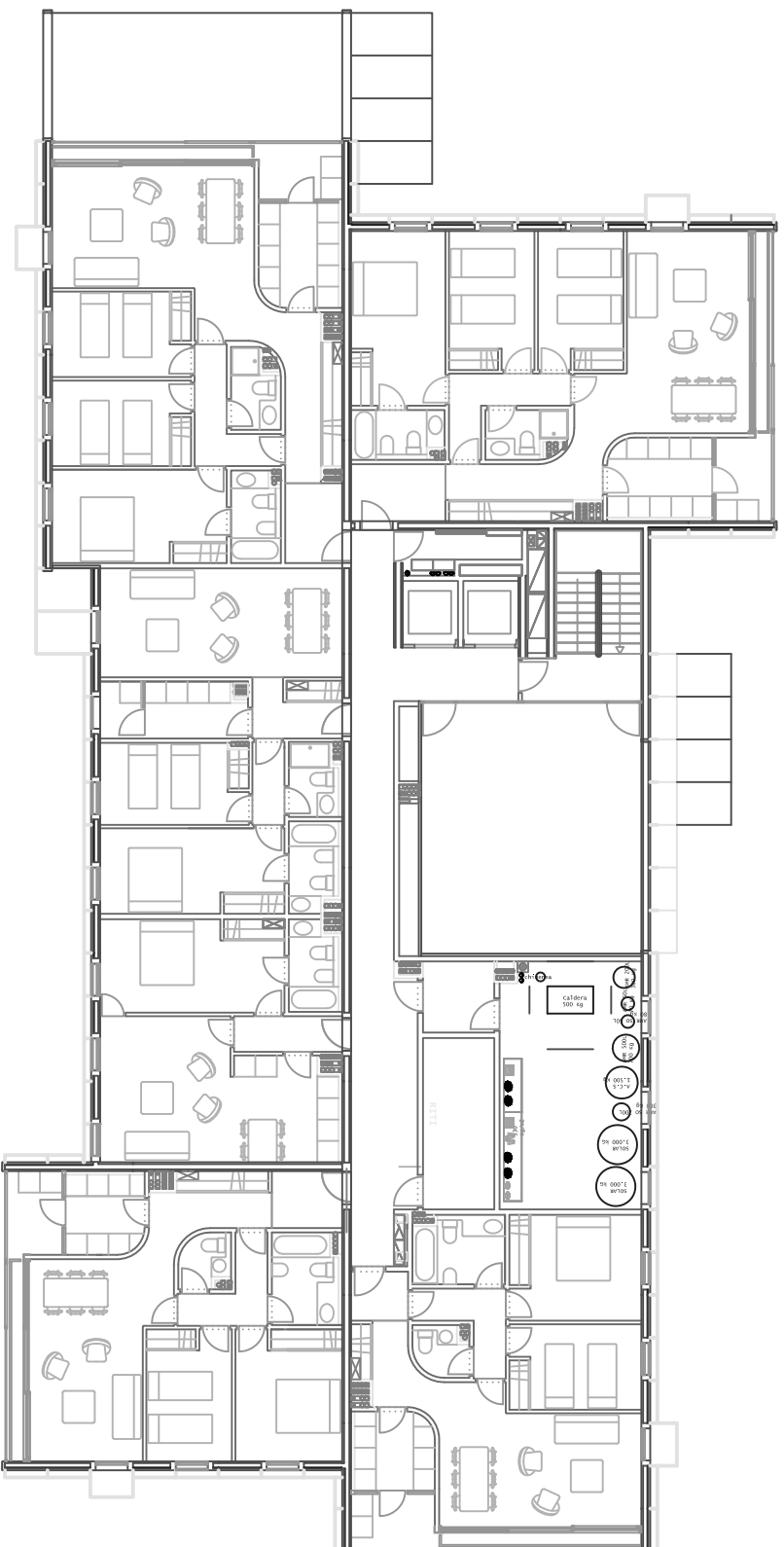
<small>Verificación de la información contenida en este expediente en el portal de transparencia de la Municipalidad de Lima</small> ARQUITOS		<small>PLAZAS AS-BULET</small> EDIFICIO DE 34 VIVIENDAS DE RENTA LIBRE GARAJES Y LOCALES COMERCIALES "ARQUITECTURA VERTIDA"	
MIGUEL FISAC SERNA FERNANDO SANCHEZ-MORA SARA GONZALEZ CARCEDO		PLANTA SEGUNDA COTA +7.450 PLANTA TERCERA COTA +10.425 PLANTA CUARTA COTA +13.400	
SITUACIÓN : CALLE MOLINICOS Nº19 ALBACETE	FECHA : MAYO 2010	ESCALA : 1:200	PLANO : AP-04



PLANTAS COTA +16.375 Y +19.350 ESCALA 1/200



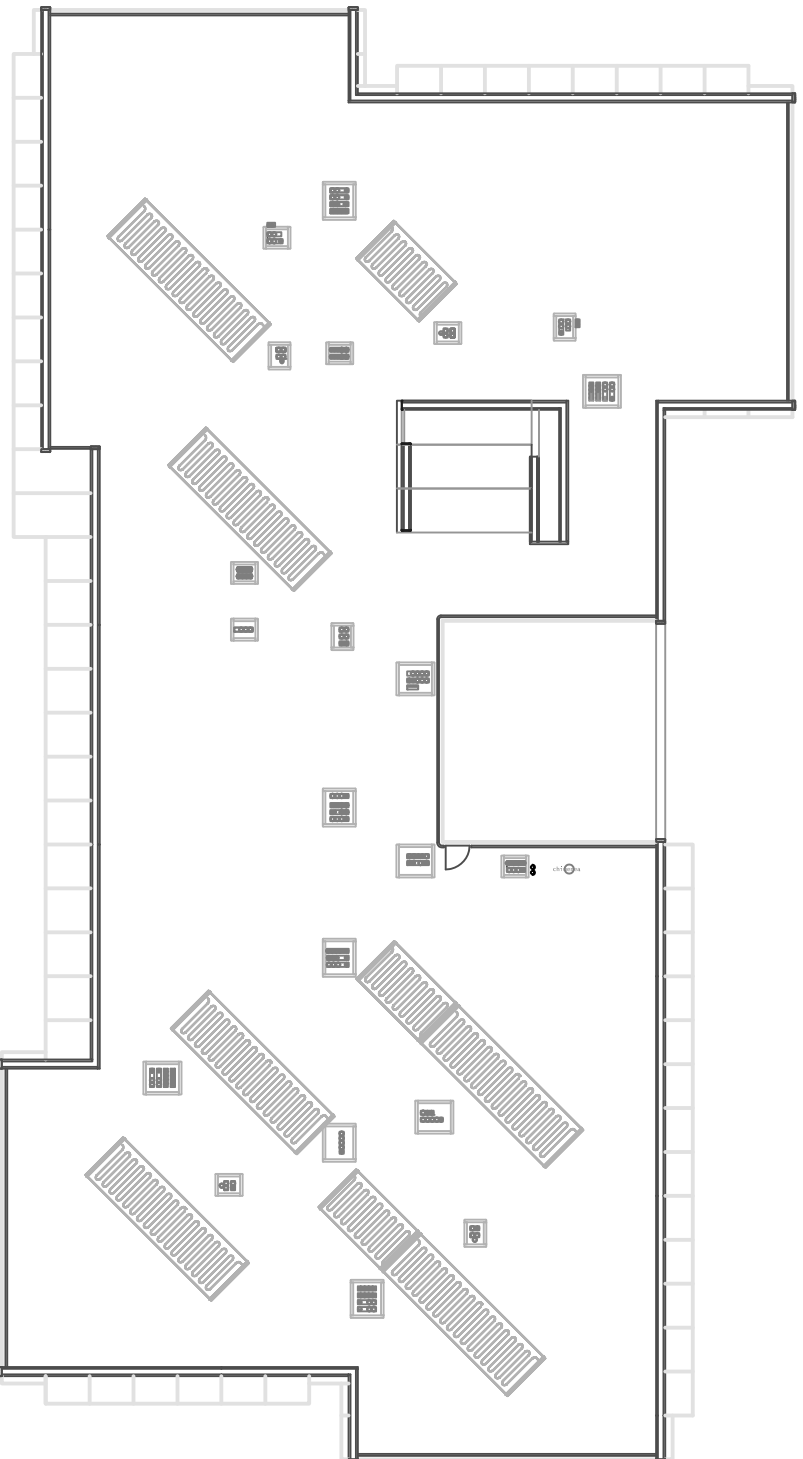
<small>Verificación de datos en el sistema de información geográfica municipal</small> ARQTO's		<small>PLAMOS AS-BUILT</small> EDIFICIO DE 24 VIVIENDAS DE RENTA LIBRE GARAJES Y LOCALES COMERCIALES " ARQUITECTURA VERTIDA "	
MIGUEL FISCAC SERNA FERNANDO SANCHEZ-MORA SARA GONZALEZ CARCEDO		PLANTA QUINTA COTA +16.375 PLANTA SEXTA COTA +19.350	
SITUACIÓN : CALLE MOLINICOS Nº19 ALBACETE	FECHA : MAYO 2010	ESCALA : 1:200	PLANO : AP-03



PLANTA COTA +22.325 ESCALA 1/200



<small>Visualización generada por el sistema de información geográfica de la municipalidad de Lima</small> ARQUITOS		PLAZAS AS-BOULEVARD EDIFICIO DE 34 VIVIENDAS DE RENTA LIBRE GARAJES Y LOCALES COMERCIALES ARQUITECTURA VERTIDA II	
MIGUEL FISAC SERNA FERNANDO SANCHEZ-MORA SARA GONZALEZ CARCEDO		PLANTA SÉPTIMA COTA +22.325	
SITUACIÓN : CALLE MOLINICOS Nº19 ALBACETE	FECHA : MAYO 2010	ESCALA : 1:200	PLANO : AP-02

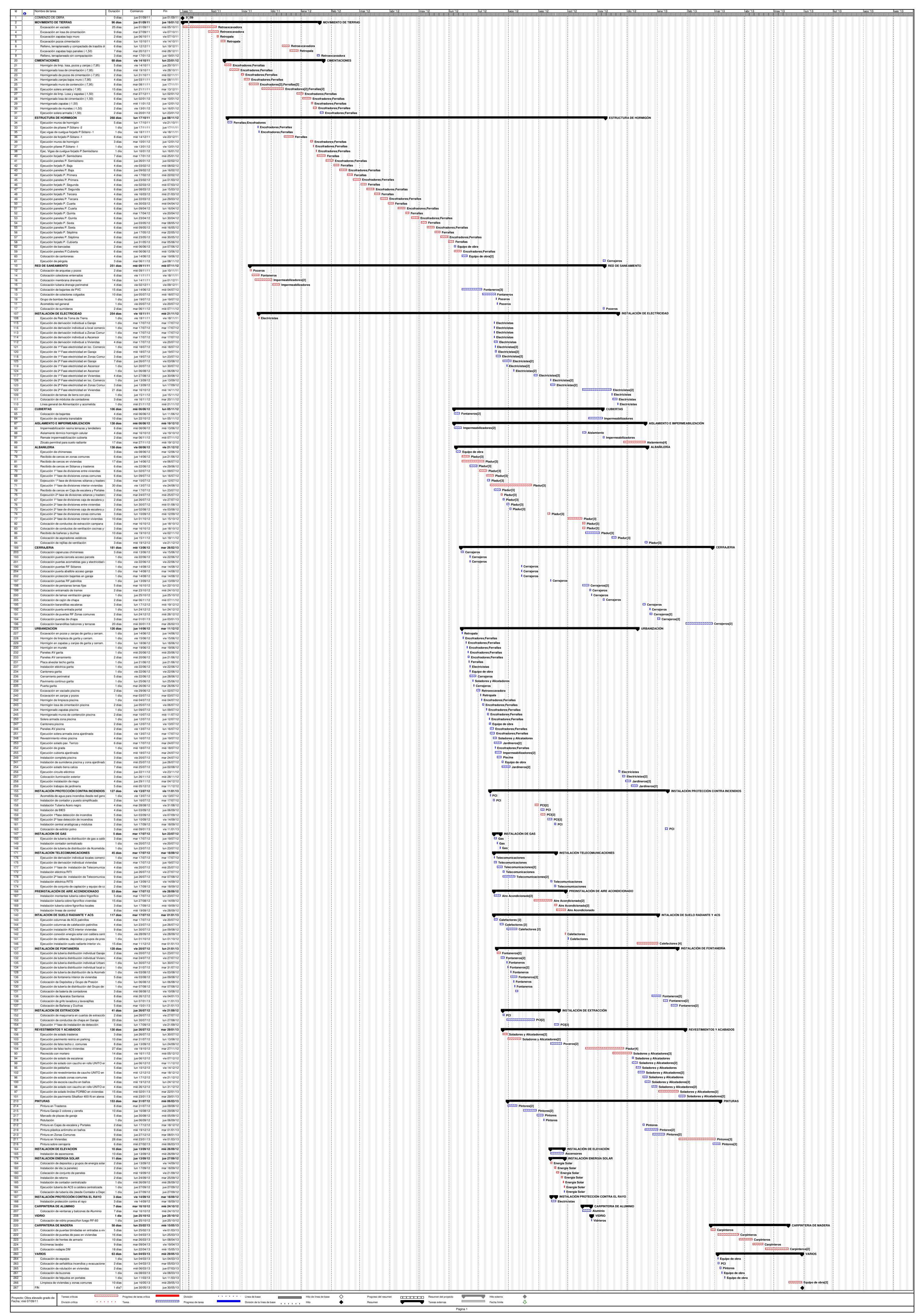


PLANTA DE CUBIERTAS . ESCALA 1/200



<p>PLANO AS-BUILD EDIFICIO DE 24 VIVIENDAS DE RENTA LIBRE GRANDES Y LOCALES COMERCIALES "ARQUITECTURA VERDIDA"</p>		<p>PLANTA DE CUBIERTAS</p>	
<p>ARQTS MIGUEL FISAC SERNA FERNANDO SANCHEZ-MORA SARA GONZALEZ CARCEDO</p>		<p>FECHA : MAYO 2010</p>	
<p>SITUACIÓN : CALLE MOLINICOS Nº19 ALBACETE</p>		<p>ESCALA : 1:200</p>	
<p>PLANO : AP-01</p>			

ANEXO 2: Planificación obra elevado grado de industrialización



ANEXO 3: Planificación obra tradicional

