



Facultad de  
Ciencias Exactas  
Físicas y Naturales

## PRÁCTICA SUPERVISADA

“Asistencia técnica en obra – Sistema EMMEDUE”

CARRERA: Ingeniería Civil  
ALUMNO: MONASTERIO, Santiago  
TUTOR INTERNO: ING. STUMPF, Pablo  
TUTOR EXTERNO: ING. BERNARDI, Nicolás

AÑO 2019



## **AGRADECIMIENTOS:**

A mi profesor tutor Ingeniero Pablo Stumpf, por guiarme en el transcurso de esta práctica supervisada, escucharme y alentarme a terminarla.

A mi tutor externo Ingeniero Nicolás Bernardi y a todo su equipo de trabajo, quienes con calidez me han ayudado en la realización de esta práctica supervisada.

A la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba y profesores, ejemplo de educación pública, gratuita y de calidad.

A la empresa constructora EDISUR S.A. por haberme permitido tener mi primera experiencia de obra en uno de sus proyectos.

Por último, a mis padres por su apoyo incondicional.

## INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 Objetivos .....	9
1.1.1 Objetivos Generales de la Práctica Supervisada.....	9
1.1.2 Objetivos específicos de la Práctica Supervisada.....	10
1.1.3 Objetivos personales de la Práctica Supervisada .....	10
1.2 Actividades desarrolladas en la práctica supervisada. Rol del pasante en la empresa.....	10
2. Información General de la Empresa e Introducción a la Obra. ....	12
2.1 Empresa: EDISUR S.A.....	12
2.2 Introducción a la obra.....	12
2.2.1 Ubicación geográfica .....	12
2.2.2 Descripción del proyecto: Housing de Miradores.....	14
3. Sistema constructivo EMMEDUE. ....	16
3.1 Lineamientos Generales.....	16
3.2 Componentes del material.....	17
3.3 Algunas consideraciones de costos.....	19
4. Estudio de la obra - Proceso constructivo con EMMEDUE.....	20
4.1 Secuencia constructiva .....	20
4.2 Plan de avance de la obra .....	37
4.2.1 Cronograma de obra.....	37
4.2.2 Diagrama del método del camino crítico (CPM) .....	39
5. Control y Seguimiento en Obra.....	42
5.1 Controles desarrollados en obra .....	42
5.1.1 Control sobre paneles.....	42
5.1.2 Control sobre instalaciones.....	43
5.1.4 Control de losas .....	48
5.2 Seguimiento de tareas en obra .....	50
5.3 Conclusiones del control y seguimiento de la obra. Nuevo diagrama CPM51	
6. Conceptos de productividad y constructibilidad.....	55

7.	Algunas Consideraciones para la Planificación de las Etapas Subsiguientes en el Proyecto Housing de Miradores .....	58
7.1	Dependencia de tareas.....	58
7.2	Parámetros de rendimientos reales, relevados en obra .....	58
7.3	Pautas para optimizar la productividad .....	58
7.4	Pautas para optimizar la constructibilidad.....	63
8.	Estandarización o Industrialización en la Construcción .....	64
8.1	Capacitación de los trabajadores.....	65
8.2	Estandarización de procesos del trabajo .....	66
8.3	Estandarización de producciones de trabajo .....	67
9.	Conclusiones .....	68
	BIBLIOGRAFÍA .....	70
	ANEXO.....	71

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 - Ubicación del barrio Manantiales en la ciudad de Córdoba. ....	12
Figura N° 2 - Planimetría Barrio Manantiales. ....	13
Figura N° 3 - Ubicación Housing de Miradores en Manantiales. ....	14
Figura N° 4 - Publicidad Housing de Miradores. ....	14
Figura N° 5 - Tipología de las casas en el Housing.....	15
Figura N° 6 - Etapas de construcción del proyecto. ....	15
Figura N° 7 - Mano de obra Etapa I.....	16
Figura N° 8 - Ilustración de ejemplo EMMEDUE.....	17
Figura N° 9 - Materiales componentes del sistema EMMEDUE.....	18
Figura N° 10 - Módulos de escalera y losa.....	18
Figura N° 11 - Hormigonado de platea.....	23
Figura N° 12 - Varillas de anclaje en platea. ....	24
Figura N° 13 - Trabajador colocando varillas de anclaje. ....	24
Figura N° 14 - Corte de panel con distintas herramientas.....	25
Figura N° 15 - Aplomado de paneles, puntos de apuntalamiento. ....	25
Figura N° 16 - Refuerzos en esquinas y borde de losa. ....	26
Figura N° 17 - Disposición de cañerías corrugadas y rígidas.....	26
Figura N° 18 - Tipos de sistemas de proyección. ....	27
Figura N° 19 - Compresor de aire y conexión eléctrica. ....	27
Figura N° 20 - Proyecto de planta baja. ....	28
Figura N° 21 - Preparado de mezcla y superficie de contrapiso. ....	29
Figura N° 22 - Distribución de la mezcla sobre contrapiso.....	29
Figura N° 23 - Disposición de puntales y armado de viga.....	30
Figura N° 24 - Bombeado de hormigón a losa, distribución de hormigón en escalera. .....	31
Figura N° 25 - Paneles previamente y posteriormente al llenado de capa de compresión.....	31
Figura N° 26 - Disposición inicial de losa radiante. ....	32
Figura N° 27 - Carpeta de nivelación terminada.....	33
Figura N° 28 – Izado de mezcla al primer piso.....	33
Figura N° 29 – Fajas guía para revoque. ....	34
Figura N° 30 - Detalle de cubierta. ....	35
Figura N° 31 – Termo tanque solar. ....	35
Figura N° 32 - Fachada con terminaciones. ....	36
Figura N° 33 - Nomenclatura diagrama CPM.....	40
Figura N° 34 - Diagrama CPM con duraciones de plan de avance. ....	41
Figura N° 35 - Panel fuera de plomo.....	43
Figura N° 36 - Control de instalaciones de agua y gas. ....	44
Figura N° 37 - Distinta terminación de proyectado alrededor de las cañerías.....	45

Figura N° 38 - Control de paso de cañerías corrugadas por losa. ....	46
Figura N° 39 - Tomacorrientes corregidos con Sikaboom. ....	46
Figura N° 40 - Consistencia de la mezcla. ....	47
Figura N° 41 - Espacio de mezclado. ....	47
Figura N° 42 - Muro cargado en exceso. ....	48
Figura N° 43 - Disposición final de puntales, previo a hormigonado. ....	49
Figura N° 44 - Control de cono de Abrams y control de llenado de losa. ....	50
Figura N° 45 - Diagrama CPM con duración verificada en obra. ....	53
Figura N° 46 - Capacidad de influir en el costo final de un proyecto, a lo largo de su ciclo de vida; Fuente: Administración de Operaciones de Construcción; Alredo Serpell B. (2002). ....	57
Figura N° 47 - Prueba de maquinaria ofrecida por Weber y continúa por vía. ....	60
Figura N° 48 - Maquina Mtec Duo Mix Plus. ....	61
Figura N° 49 - Operarios proyectando cara externa de vivienda con maquinaria Turbosol. ....	61
Figura N° 50 - Corte de la falta de espacio para proyectar escalera. ....	63
Figura N° 51 - Ajuste mutuo; Fuente: Diseño de Organizaciones Eficientes; Mintzberg, (1991). ....	65
Figura N° 52 - Plantilla estandarizada para instalaciones en caldera. ....	66
Figura N° 53 - Modulo de escalera. ....	67

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Dosificación mortero estructural de paneles; Fuente: Antecedentes de obra .....	18
Tabla 2 - Secuencia constructiva con paneles EMMEDUE en Housing de Miradores .....	21
Tabla 3 - Cronograma o plan de avance inicial de la etapa I del proyecto Housing Miradores; Fuente: Antecedentes de obra .....	38
Tabla 4 - Duraciones propuestas inicialmente para proyecto; Fuente: Antecedentes de obra .....	39
Tabla 5 - Operaciones con duración y precedencia para CPM; Fuente: Elaboración propia .....	40
Tabla 6 - Duración de operaciones relevadas en obra; Fuente: Elaboración propia .....	51
Tabla 7 - Comparación entre duración plan de avance y medidas en obra; Fuente: Elaboración propia .....	51
Tabla 8 - Seguimiento de operación de Turbosol; Fuente: Elaboración propia .....	62
Tabla 9 - Comparación entre Pala de proyección discontinua y Turbosol; Fuente: Elaboración propia .....	62
Tabla 10 – Etapas críticas de control .....	66



## 1. INTRODUCCIÓN

A los fines de cumplimentar con los requisitos para la culminación de los estudios de la carrera de Ingeniería Civil en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, se presenta el presente informe técnico de Práctica Supervisada (PS), previo cumplimiento de las 200 horas de trabajo en obra, habiendo efectuando tareas de campo y de gabinete bajo la supervisión del Ing. Nicolas Bernardi, tutor externo, y el Ing. Pablo Stumpf, tutor interno.

La obra en cuestión, el proyecto Housing de Miradores, es uno de los desarrollos inmobiliarios de la empresa constructora Grupo EDISUR S.A. Este proyecto está ubicado en el Barrio Manantiales, al sur-oeste de la ciudad de Córdoba, y consiste en una serie de 145 viviendas confeccionadas con un sistema innovador de paneles de poliestireno expandido de la marca italiana EMMEDUE.

Durante el trabajo de campo se pudo observar la utilización de este nuevo material de construcción, cuya utilización en el marco de sistemas tradicionales de edificación podría requerir de ajustes en el proceso constructivo, los que se traducen en la estandarización y sistematización de ciertas prácticas constructivas tendientes a la optimización del uso de este material en proyectos tan complejos como el de Housing de Miradores.

El presente informe técnico de carácter teórico-práctico contiene:

- 1) descripción del proyecto de viviendas
- 2) desarrollo acerca de la planificación del proyecto con el uso del nuevo material
- 3) planteo de algunas conclusiones y observaciones que podrían aportar a la optimización del uso del nuevo material en procesos constructivos tradicionales.

### 1.1 Objetivos

#### 1.1.1 Objetivos Generales de la Práctica Supervisada

- Cumplir con el rol como pasante en obra, asistiendo a la dirección técnica de la misma.
- Aplicar los conocimientos adquiridos durante el cursado de la carrera mediante la interacción con los distintos actores en la obra.
- Analizar la utilización del material constructivo de paneles de poliestileno de la marca italiana EMMEDUE empleado en el marco de un sistema constructivo tradicional en el proyecto de viviendas Housing de Miradores del Grupo EDISUR S.A.

### 1.1.2 Objetivos específicos de la Práctica Supervisada

- Estudiar las características técnicas del material constructivo de paneles de poliestireno expandido de la marca italiana EMMEDUE, utilizado en el proyecto Housing de Miradores de la empresa constructora grupo EDISUR S.A.
- Analizar el plan de avance propuesto para la primera etapa en la planificación del proyecto Housing de Miradores.
- Analizar e interpretar los planos, informes y antecedentes de la obra.
- Comparar el plan de avance propuesto con el avance que se verificó en obra.
- Reconocer las operaciones de mayor importancia, que constituyen el camino crítico del proyecto.
- Redactar un informe que sintetice el trabajo realizado y que contenga algunas sugerencias para las buenas prácticas con este material en el marco de un sistema de construcción tradicional, que pudieran ser de utilidad para próximos estudios e investigaciones.

### 1.1.3 Objetivos personales de la Práctica Supervisada

- Comprender las responsabilidades profesionales relacionadas con las actividades que se desarrollan en la obra y cómo afecta a la obra la toma de decisiones.
- Desarrollar las habilidades profesionales en un ámbito de trabajo cotidiano, entendiendo las actividades diarias que se desarrollan en obra y su seguimiento a través del cronograma.
- Interactuar con el grupo de profesionales y técnicos en ingeniería a cargo de la obra mediante la interacción continua durante la pasantía.
- Comprender los procesos constructivos desarrollados en obra.
- Familiarizarse con el instrumental utilizado frecuentemente en obra.

## 1.2 Actividades desarrolladas en la práctica supervisada. Rol del pasante en la empresa.

La presente práctica supervisada se llevó a cabo en la obra Housing de Miradores de la empresa constructora grupo EDISUR S.A. ubicado en el barrio Manantiales al sur-oeste de la ciudad de Córdoba. Housing de Miradores consiste en una serie de 145 viviendas confeccionadas con un sistema innovador de paneles de poliestireno expandido de la marca italiana EMMEDUE. Durante la práctica, se desempeñó el

rol de Asistente de Jefe de Obra, el que podría definirse como el personal que sirve de apoyo técnico al encargado de la obra, brindando soporte en las tareas cotidianas, y facilitando el control del desarrollo más eficiente de la obra.

Dentro de las tareas más habituales se encuentran:

- Asistencia sobre planos constructivos, siguiendo instrucciones emitidas por el jefe de obra.
- Asistencia, control y ejecución de tareas planialtimétricas, tales como replanteo, definición de niveles, mediciones, entre otros.
- Coordinar y controlar tareas diarias con contratistas.
- Tramitar y recibir pedidos de materiales a los proveedores en tiempo y en forma.
- Verificar que se cumplan especificaciones relacionadas con los controles de higiene y seguridad de la obra.

El presente informe da cuenta de las tareas realizadas por el alumno en obra; expone en líneas generales las características técnicas del sistema de construcción utilizado para la confección de las viviendas y analiza la secuencia constructiva para su utilización. Asimismo, el informe da cuenta de algunos problemas que se observaron al trabajar con un material de construcción innovador en el marco de un sistema constructivo tradicional. Por último, se ofrecen algunas observaciones basadas en fundamentos teóricos, que podrían ser de utilidad para la administración de la obra en cuanto a la planificación y proyecto de las diferentes etapas.

Es importante destacar que, durante el trabajo con el equipo interdisciplinario, la integración del pasante permitió la interacción con los profesionales y los operadores, propiciando el aprendizaje en el intercambio. Se pudo comprobar que, si bien la teoría vista en la carrera es imprescindible, en la práctica profesional surgen problemáticas que son resueltas mediante la experiencia que únicamente se adquiere con el devenir de su ejercicio.

## 2. Información General de la Empresa e Introducción a la Obra.

### 2.1 Empresa: EDISUR S.A.

Para el desarrollo de la práctica supervisada, se cumplieron las 200 horas como pasante en la obra aludida de la empresa EDISUR S.A. Esta empresa cordobesa desarrollista inmobiliaria cuenta con una larga trayectoria de 20 años, durante los cuales ha concretado más de 40 emprendimientos en la provincia de Córdoba, Argentina, y en la ciudad de Punta del Este, Uruguay, con desarrollos de distinta envergadura, desde departamentos, casonas, urbanizaciones y *countries*. La empresa apuesta a la calidad de los productos, utilizando novedosos sistemas constructivos, y buscando permanentemente la captación de nuevos segmentos en el mercado. EDISUR S.A. desarrolla sus proyectos ocupándose del diseño y la construcción como así también de la promoción y de la comercialización, brindando una atención personalizada de posventa.

### 2.2 Introducción a la obra

#### 2.2.1 Ubicación geográfica

En el año 2014, el Grupo EDISUR incorporó a su banco de tierras más de 500 hectáreas en la zona sur-oeste de la ciudad de Córdoba, dando origen a una nueva zona urbanizada o barrio al que dio el nombre de Manantiales (figura 1).



Figura N° 1 - Ubicación del barrio Manantiales en la ciudad de Córdoba.

Posteriormente el barrio Manantiales extendió su escala hasta alcanzar las 1000 hectáreas, donde el Grupo EDISUR S.A. desarrolla varios proyectos constructivos, tales como loteos, casonas, casas, edificios, locales comerciales y la modalidad de vivienda *country*. En la figura 2 se observa la planimetría de dichos proyectos.



Figura N° 2 - Planimetría Barrio Manantiales.

En el presente, y desde hace 10 años, el barrio cuenta con seguridad integral propia, parques y espacios verdes, polos de actividades, áreas deportivas, zona comercial, capillas y demás, siendo un emprendimiento en constante crecimiento.

Como se dijo, dentro del barrio se llevan adelante distintos proyectos constructivos, uno de los cuales son los llamados *Housing*, compuestos por un número determinado de viviendas, que se rige por el régimen de Propiedad Horizontal. Esta modalidad de viviendas propone una vida en comunidad, ofreciendo espacios sociales de uso común, como los *club house*, entre otros. Dentro del barrio Manantiales, se encuentran el Housing de Manantiales, el Housing de Miradores, el Housing del Parque Sur y el Housing del Parque Centro. El proyecto donde se desarrolló la presente práctica supervisada es el Housing de Miradores (figura 3).





Figura N° 3 - Ubicación Housing de Miradores en Manantiales.

### 2.2.2 Descripción del proyecto: Housing de Miradores

Este emprendimiento es un proyecto de vivienda basado en el concepto de *housing*, compuesto por un total de 145 casas de 1, 2 y 3 dormitorios, asador, patio y cochera, con una superficie que va desde 82 m<sup>2</sup> a 127 m<sup>2</sup> (figura 4).



Figura N° 4 - Publicidad Housing de Miradores.

Esta propuesta inmobiliaria ofrece lotes de diferentes tamaños, en los que se construyen tres tipologías de viviendas, de 1, 2 y 3 dormitorios (figura 5). Asimismo, se cuenta con una tipología en lotes esquineros, asignándose para éstos, unidades de 3 dormitorios.

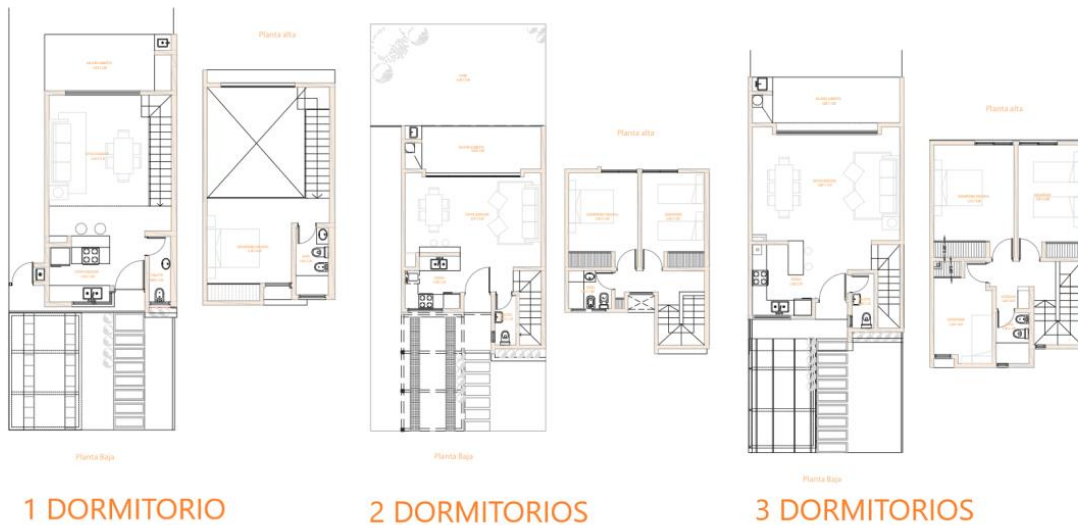


Figura N° 5 - Tipología de las casas en el Housing.

El proyecto en sí se dividió en 5 etapas de construcción (figura 6), y fue durante la primera de estas etapas en la que se desarrolló la práctica supervisada. En esta primera etapa, se proyectó la construcción de 27 unidades en un plazo de 14 meses.

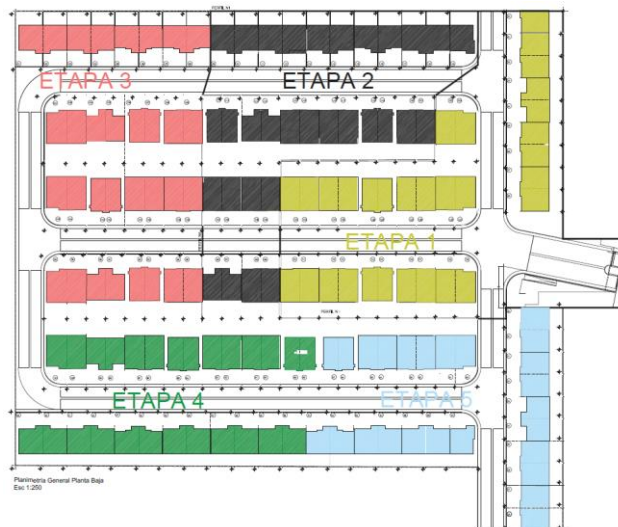


Figura N° 6 - Etapas de construcción del proyecto.

Habiendo construido cuatro casas modelo, de distinta tipología, para la exhibición al público durante la comercialización, la empresa optó por la designación de mano de obra propia para la construcción de diez de las veintisiete unidades planificadas para la primera etapa, y mano de obra subcontratada a la empresa INGAV S.A para las diecisiete unidades restantes (figura 7).

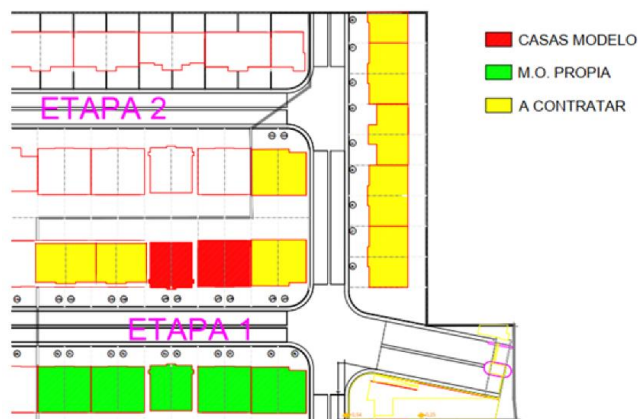


Figura N° 7 - Mano de obra Etapa I.

### 3. Sistema constructivo EMMEDUE.

#### 3.1 Lineamientos Generales

Uno de los lemas de la empresa es ser innovadora en cuanto a los sistemas constructivos empleados en sus proyectos, pudiendo así diferenciarse de la competencia brindando una amplia gama de productos de calidad y dando respuesta a los requisitos de sustentabilidad que le permitan el ahorro de energía. Según indica la publicidad en la página web del Grupo EDISUR: “Housing de Miradores es uno de los primeros emprendimientos con Certificación Edge, lo que acredita su construcción sostenible y eficiente.” Para obtener este tipo de certificación, la empresa debió cumplir con un ahorro en las unidades del 20% menos de consumo de energía, 20% menos de consumo de agua y 20% menos energía incorporada en los materiales en obra.

El sistema de paneles EMMEDUE es un sistema constructivo italiano sismo resistente, basado en un conjunto de paneles estructurales de poliestireno expandido ondulado, que contienen una armadura básica adosada a sus caras y constituida por mallas de acero galvanizado de alta resistencia, vinculadas entre sí por conectores de acero electro-soldados. Estos paneles colocados en obra según la disposición de plantas y losas, son completados in-situ, mediante la aplicación del proyectado de un mortero estructural a través de dispositivos de impulsión



neumática. De esta manera, los paneles conforman los elementos estructurales de cerramiento vertical y horizontal de la edificación, con una capacidad portante que responde a las solicitaciones de su correspondiente cálculo estructural, pudiendo utilizarse también sólo como cerramiento. En el manual técnico de la marca, se detallan con profundidad las características técnicas del material, ensayos realizados, entre otros (figura 8).



Figura N° 8 - Ilustración de ejemplo EMMEDUE.

### 3.2 Componentes del material

El sistema constructivo de paneles EMMEDUE tiene 3 componentes, y se puede utilizar estructuralmente como portante y/o como cerramiento, cumpliendo con las características técnicas especificadas para cada caso. Los paneles están compuestos por:

- Núcleo central: Alma de poliestireno expandido, auto extingible, químicamente inerte, densidad  $13,0 \frac{Kg}{m^3}$ , de morfología variable según el modelo. Una de las ventajas es que evita el paso del agua y la humedad creando además una barrera térmica que evita la condensación en muros. Existen paneles de 4, 6, 8 y 12 cm.
- Acero de refuerzo: La malla electro-soldada compuesta por alambres lisos de acero galvanizado, colocada en ambas caras del alma de poliestireno, unidas entre sí por conectores del mismo material con similares características.
- Mortero: Como revoque de los paneles se utiliza un “micro-concreto”, en proporción según la Tabla 1, con una resistencia mínima de  $f'c = 20MPa$ , con espesor en cada cara del panel de 3 cm. Además, se debe aplicar fibra de polipropileno.

Se observan en la figura 9, un corte en planta de los componentes del sistema EMMEDUE.

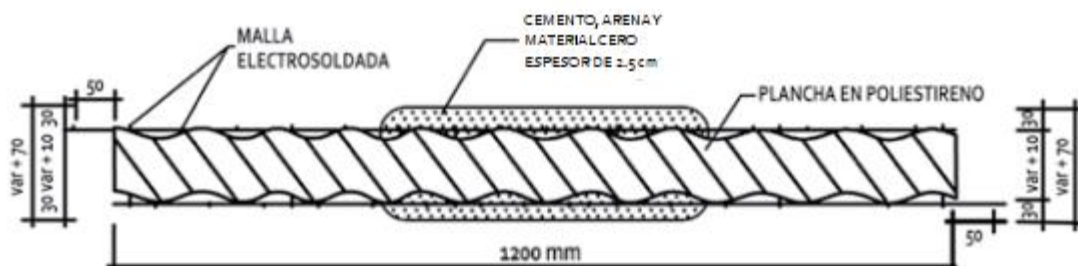


Figura N° 9 - Materiales componentes del sistema EMMEDUE.

Además de paneles para muros, la marca también ofrece diferentes módulos de losas y módulos de escalera, para facilitar la construcción (figura 10).

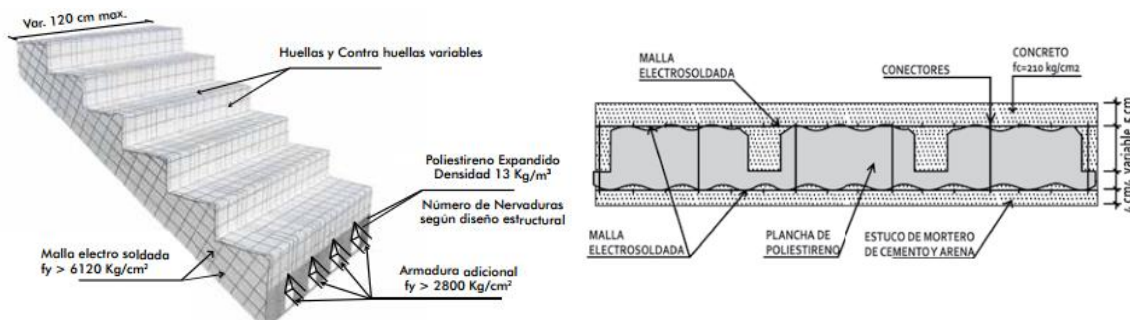


Figura N° 10 - Módulos de escalera y losa.

En la tabla 1, se puede observar la dosificación del mortero estructural utilizado en obra.

DOSIFICACION DE MORTERO				
	HORMIGONERA 400lts	HORMIGONERA 90 lts	HORMIGONERA 180 lts	Hormigonera chica
CEMENTO	2 bolsas	3 baldes	6 baldes	2 baldes
ARENA GRUESA	32 baldes	8 baldes	16 baldes	5 baldes
ARENA FINA	12 baldes	3 baldes	6 baldes	2 baldes
ADITIVO SIKAMENT	8 medidas	2 medidas	4 medidas	1,5 medidas
FIBRA	4 medidas	1 medida	2 medida	1 medida
AGUA	5/7 baldes	1 a 2 baldes	2 a 3,5 baldes	0,5 a 1,2 baldes
NOTA: Hidrofugo para caras exteriores 3 baldes en 200 lts de agua.				

Tabla 1 - Dosificación mortero estructural de paneles; Fuente: Antecedentes de obra

### 3.3 Algunas consideraciones de costos

Brevemente, y respecto de la inversión para la utilización del nuevo material EMMEDUE para la construcción de viviendas, se puede decir que, aunque la diferencia en los costos puede parecer elevada, las bondades del material la justifican. Según los índices de la Cámara de Construcción Argentina, en el mes de Julio de 2019, el valor del metro cuadrado de construcción tradicional era de \$ 22.993,28 para una vivienda tipo, de aproximadamente 50,25 m<sup>2</sup>; integrada por cocina-comedor, dos dormitorios y un baño, y construida con mampostería de bloque cerámico, revoque grueso y fino, pisos de cerámica y techo de losa de viguetas.

En comparación, analizando una de las tipologías desarrolladas en el proyecto Housing de Miradores similares a la considerada por la Cámara de Construcción Argentina, es decir, una unidad de aproximadamente 53 m<sup>2</sup>, 3 dormitorios, 2 baños y cocina-comedor, el costo por metro cuadrado ascendía a \$ 30.604,00 en abril de 2018. Si aplicamos un índice de inflación de aproximadamente 40%, para actualizar los costos a julio del 2019, se obtiene un valor de construcción de \$ 42.845,00 por metro cuadrado con el sistema EMMEDUE.

Se observa, entonces, una diferencia de \$ 19.851,80 entre el metro cuadrado de construcción tradicional y el de construcción con EMMEDUE. Sin embargo, esta diferencia se justifica por el ahorro energético y la mayor eficiencia en el proceso de construcción que este sistema constructivo permite si se lo utiliza apropiadamente, como se verá en el presente informe.

#### **4. Estudio de la obra - Proceso constructivo con EMMEDUE.**

La primera etapa del proyecto fue planificada para un plazo de obra de 14 meses, el que comenzó a principios de mayo del 2018. El ingreso a la obra como pasante fue en marzo del 2019. Debido a los atrasos y desfasajes entre el plan de avance y lo realmente ejecutado, se consideró oportuno la asistencia a la dirección de obra para contribuir en el control de las operaciones llevadas a cabo por la mano de obra propia y la del subcontratista, y así poder mantener un control de avance más eficiente.

Al ingresar a la obra como pasante, y a los fines de una adecuada familiarización con los procesos de construcción del sistema para poder asistir a la supervisión de las distintas etapas, se procedió al estudio y análisis del método constructivo con paneles EMMEDUE. En este sentido, el material cuenta con un manual técnico que expone detalladamente todas sus características técnicas, y cuenta con ilustraciones y ensayos de procedimientos constructivos, herramientas a utilizar, y demás.

En el presente capítulo se expondrá la metodología de trabajo de la empresa grupo EDISUR S.A. para la utilización del sistema constructivo de paneles y las bases tomadas para su planificación.

##### **4.1 Secuencia constructiva**

Los paneles para muros estructurales del sistema EMMEDUE se utilizan en construcciones de 4 a 6 pisos como máximo, como así también en entresijos y en losas de cubierta con luces hasta 5,00 m. En el proyecto Housing de Miradores se utilizaron los paneles como muros estructurales en todas las unidades, independientemente de su tipología. En este punto, debe considerarse la incorporación de acero de refuerzo adicional, según los cálculos efectuados por la empresa consultora contratada para tal fin.

A continuación, se enumera la secuencia constructiva con el sistema EMMEDUE en el proyecto Housing de Miradores, con su posterior explicación.

Secuencia constructiva con paneles EMMEDUE en Housing Miradores	
Operación	Tareas
1. Trabajos preliminares	a. Limpieza del terreno. b. Almacenaje de paneles.
2. Movimiento de suelos	a. Excavación (relleno o terraplén). b. Compactación de subbase (pata de cabra) y de base granular (95% el proctor estandar). c. Colocación de material 0-20.
3. Fundaciones	a. Replanteo de los bordes de platea. b. Armado de platea: encofrados, armaduras y cañerías de desagüe para sistema de calefacción. c. Hormigonado de platea.
4. Panelizado de planta baja	a. Replanteo de paneles: se isponen de anclajes en platea. b. Montaje de paneles muros. c. Montaje de paneles losa.
5. Disposición de instalaciones planta baja.	a. Instalaciones eléctricas y señales débiles. b. Instalaciones de gas. c. Instalación sanitaria.
6. Proyectado de planta baja	a. Revoque interior (bajo/alto). b. Revoque exterior (bajo/alto). c. Revoque cielorraso.
7. Disposición de contrapiso	a. Pintura asfáltica. b. Piedra granza. c. Mezcla de baja resistencia confeccionada en obra.
8. Losa de primer piso	a. Disposición de mallas en losa. b. Encofrado y apuntalado. c. Armado de losa. d. Armado de viga.
9. Panelizado de planta alta	a. Replanteo de paneles. b. Montaje de paneles muros. c. Montaje de paneles losa.
10. Losa radiante planta baja.	Ejecutada por subcontrato.
11. Carpeta de nivelación planta baja.	Ejecutada con el mismo material que el contrapiso.
12. Disposición de instalaciones en primer piso.	ídem punto 5.
13. Proyectado de primer piso.	a. Izado de mezcla. b. Revoque interior (bajo/alto). c. Revoque exterior (bajo/alto). d. Revoque cielorraso.
14. Losa de planta alta	Ídem punto 6.
15. Losa radiante planta alta	Ídem punto 10.
16. Carpeta de nivelación planta alta	Ídem punto 11.
17. Cubierta.	a. Hormigón de pendiente proyectado. b. Impermeabilización.
18. Colocación de tanques	a. Tanque de consumo sanitario 1000 lts. b. Termotanque solar.
19. Detalles finales	a. Yesos y revestimiento plástico exterior. b. Pisos y revestimientos. c. Pintura.
20. Obras exteriores	Elementos ejecutados paralelamente a la construcción.

Tabla 2 - Secuencia constructiva con paneles EMMEDUE en Housing de Miradores

Es importante destacar, que, al momento de comenzar con la práctica supervisada, la obra se encontraba en un estado de avance en el que algunas unidades estaban más avanzadas que otras, lo cual no se ajustaba al plan de avance original. En general, la obra se encontraba en la etapa de panelizado de planta alta (punto 9, tabla 2), por lo que no se pudo observar el desarrollo de las etapas anteriores. Sin embargo, la documentación técnica y antecedentes de la obra permitieron el estudio de todo el proceso constructivo correspondiente al material.

Con respecto al obrador, éste no difería de los que se utilizan para sistemas constructivos tradicionales. Sin embargo, y a pesar de que la marca recomienda el almacenamiento de los paneles en lugares cerrados protegiéndolos de la intemperie y los efectos del viento y el clima, el obrador no preveía el acopio de los paneles, dejándoselos al aire libre, sólo asegurándolos a puntos fijos. En el anexo se pueden observar imágenes del obrador de la etapa 1 del proyecto Housing de Miradores.

A continuación, se presenta una breve descripción de cada una de las etapas en la secuencia constructiva, especialmente de las operaciones correspondientes al sistema EMMEDUE:

### **1. Trabajos preliminares**

Previo a la construcción de las fundaciones, se procede a la limpieza del terreno. Asimismo, es necesario prever el almacenamiento cercano de paneles y de las herramientas necesarias para un trabajo más organizado y limpio, como también disponer de los servicios ineludibles para las maquinarias a utilizar.

### **2. Movimiento de suelos**

Para la preparación del terreno de fundación de las viviendas, se dispone de las siguientes tareas en el movimiento de suelos:

- a. Excavación, limpieza del terreno natural: con maquinaria Bobcat, se hicieron ambas tareas, donde se hace excavación o terraplenado, según sea el nivel correspondiente de la vivienda.
- b. Compactación: se prepara el terreno de asiento de la platea compactando con rodillo pata de cabra, siendo éste el utilizado por encontrarse con suelo limoso en los lotes, y posteriormente con compactador canguro, o rodillo, hasta conseguir el 95% del Proctor estándar realizado en laboratorio.
- c. Preparación con capas sucesivas no mayores a 20 cm de espesor cada una, con suelo granular tipo 0-20, con un contenido de finos menor al 10%, hasta el nivel de apoyo de la platea.

### **3. Fundación**

Las fundaciones que se disponen para las viviendas son de tipo platea. Consisten en una base de hormigón armado con cañerías de desagüe para evacuar



cualquier pérdida existente en el sistema de calefacción por losa radiante. Proceso que se lleva a cabo mediante:

- a. Replanteo de bordes de platea: se replanteó utilizando equipo topográfico, por ejemplo, mojoneros.
- b. Armado de platea: se dispuso de las armaduras necesarias, donde también se plantean una serie de cañerías, con una pendiente del 1% hacia embudos, para permitir el escurrimiento (figura 11).
- c. Hormigonado de platea: con hormigón elaborado, proveído por Holcim, con un asentamiento de no más de 15 cm y una  $f'c$  de 20 MPa (figura 11).



*Figura N° 11 - Hormigonado de platea.*

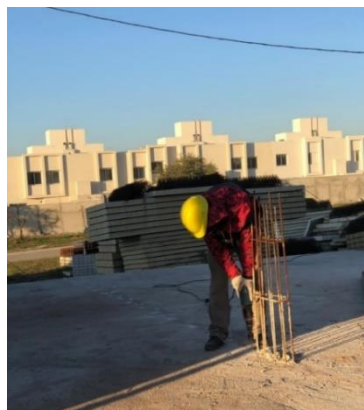
#### 4. Panelizado de planta baja

Los paneles EMMEDUE van apoyados sobre la superficie de la platea, adosados en sus mallas con varillas de anclaje dispuestas en la misma. Para ello se replantean sobre la platea los ejes de muro, los ejes de anclaje y ejes de acabado de pared. Las varillas de anclaje, de 6mm, se disponen cada 30 cm a 40 cm (figura 12).



*Figura N° 12 - Varillas de anclaje en platea.*

El anclaje de las varillas no debe ser mayor a 10 cm de profundidad, y la perforación debe iniciarse una vez que el hormigón del sistema de la platea haya fraguado (figura 13).



*Figura N° 13 - Trabajador colocando varillas de anclaje.*

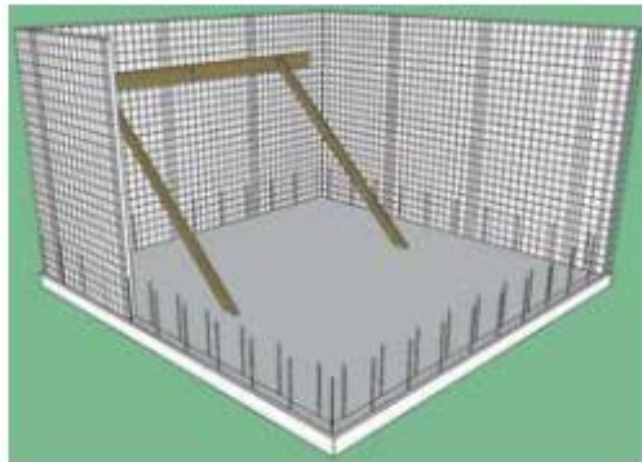


Una vez dispuestas las varillas de anclaje, se procede a la colocación de los paneles. Para ello, se colocan los paneles de manera sucesiva, y luego, se amarran con alambres, donde se utilizan al menos dos amarres por varilla. En el caso de haber aberturas, y previo a la colocación del panel, se realizan en los mismos, los cortes respectivos, luego se procede con su colocación. Para estos cortes se puede utilizar una amoladora o una cizalla corta y una sierra pequeña (figura 14).



*Figura N° 14 - Corte de panel con distintas herramientas.*

Para la colocación de los paneles, se debe verificar el plomo y la escuadra de los mismos, utilizando plomada y disponiendo puntos de apuntalamiento a  $2/3$  de la altura de la pared (ver figura 15).



*Figura N° 15 - Aplomado de paneles, puntos de apuntalamiento.*

Finalmente se disponen las mallas de refuerzo en las esquinas, bordes de losa, esquinas de aberturas y uniones entre paneles. Estas mallas de refuerzo hacen que el sistema sea monolítico (figura 16).

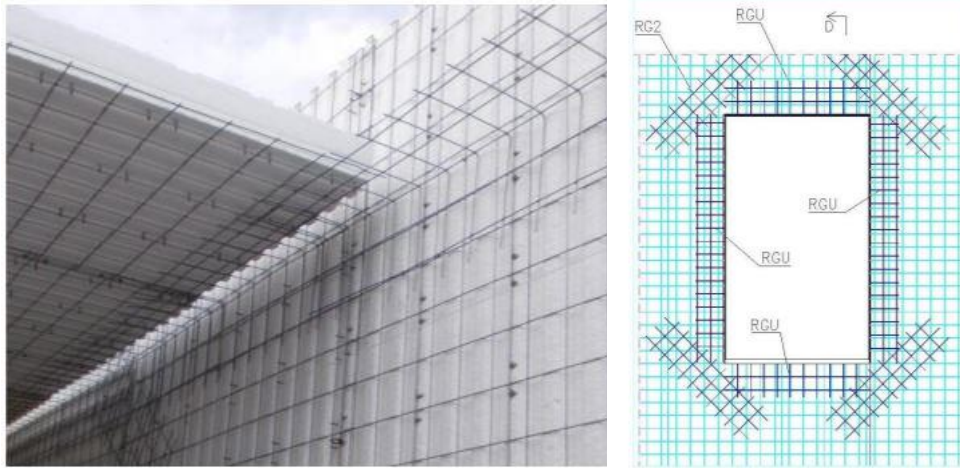


Figura N° 16 - Refuerzos en esquinas y borde de losa.

## 5. Disposición de instalaciones

Antes de colocar las mallas de refuerzo, y eventuales armaduras de cálculo, se procede a la colocación de las instalaciones. Para ello se utiliza una pistola de calor, que permite canalizar las cañerías correspondientes.

Como se puede ver en la figura 17, los tubos flexibles se pasan fácilmente debajo de la malla, mientras que los tubos rígidos pueden requerir cortar la malla, siendo este el caso, se deberá reponer la malla. Finalmente, se procede a realizar las pruebas de instalaciones correspondientes.



Figura N° 17 - Disposición de cañerías corrugadas y rígidas.

## 6. Proyecto planta baja

Es condición necesaria que el grupo de paneles esté proyectado con la mezcla de mortero estructural específico del este sistema para tener la capacidad portante necesaria. El proyectado puede hacerse con distintas herramientas (figura 18).

SISTEMAS DE PROYECCIÓN DISPONIBLES



Figura N° 18 - Tipos de sistemas de proyección.

- a. Sistemas de proyección discontinuas
- b. Máquinas de proyección continua vía húmeda
- c. Máquinas de proyección continua vía seca

En el caso proyecto de Housing de Miradores, y durante la etapa 1, el sistema utilizado es el de proyección discontinua. En él, es necesario contar con:

- i. Conexión eléctrica
- ii. Compresores de aire
- iii. Palas de proyectado

Se puede ver la disposición de los compresores en obra (figura 19), los cuales necesitan de un tablero eléctrico en sus cercanías, donde los cables deben cumplir con normativas de seguridad.



Figura N° 19 - Compresor de aire y conexión eléctrica.



Para poder efectuar el proyectado es necesario controlar que las instalaciones en las unidades estén correctamente dispuestas. Una vez realizado el control de instalaciones, se procede al lanzamiento del revoque estructural propiamente dicho, para lo cual, debió haberse documentado y establecido el volumen de mortero a ser lanzado, y controlar la preparación de la mezcla. El proyectado se hace en dos capas, la primera de ellas siendo de 1 cm, mientras que la segunda de 2 cm, completando un total de 3 cm (figura 20).

Una vez proyectada la primera capa, es posible la disposición de contramarcos y marcos de las aberturas correspondientes.



Figura N° 20 - Proyectado de planta baja.

## 7. Disposición de contrapiso

Se procede a la construcción del contrapiso una vez terminada la colocación de paneles, instalaciones y proyectado. El mismo, está compuesto por:

- i. Pintura asfáltica
- ii. Piedra granza
- iii. Mezcla de baja resistencia confeccionada en obra

La mezcla utilizada es de arena y cemento, mezclado y preparado por una mezcladora, donde se introducen los componentes. Paralelamente también se prepara la superficie del contrapiso (figura 21).



*Figura N° 21 - Preparado de mezcla y superficie de contrapiso.*

Una vez preparada la mezcla, se distribuye sobre el piso, luego de haber sido nivelado con el nivel laser. La distribución se realiza con regla, fratás, y tanzas para indicar el nivel de lomo de contrapiso (figura 22).



*Figura N° 22 - Distribución de la mezcla sobre contrapiso.*

## 8. Disposición de losas

Según expone el manual técnico de EMMEDUE, existen dos metodologías para el montaje de losas:

- a. Proceder al armado de la losa previo a la construcción del contrapiso.
- b. Proceder al armado de la losa posteriormente a la construcción del contrapiso.

En esta obra, EDISUR trabajó con la metodología b; luego de haber dispuesto el contrapiso en planta baja, procedió a la confección del apuntalamiento y armado de la losa.

En la figura 23, se puede observar la disposición de los puntales sobre el contrapiso ya terminado. Se procede a la disposición de puntales para permitir el armado de la losa, con su correspondiente viga. Paralelamente, se arma y encofra la escalera, la cual está dispuesta con paneles inclinados y armaduras.



*Figura N° 23 - Disposición de puntales y armado de viga.*

Finalmente, se bombea hormigón elaborado sobre la losa y la escalera, con un asentamiento recomendado de no más de 15 cm y una resistencia  $f_c$  de 20 MPa (figura 24). En la figura 24 se observa la distribución del hormigón en la escalera.





*Figura N° 24 - Bombeado de hormigón a losa, distribución de hormigón en escalera.*

## 9. Panelizado de primer piso

En planta alta, las tareas no varían mucho de su realización en planta baja; la única diferencia es que, al estar en altura, los materiales deberán ser izados, lo que puede llegar a reducir el rendimiento de las tareas y debe ser tenido en cuenta.

En el caso del panelizado en primer piso, los anclajes no pueden ser colocados perforando la losa, por lo que, previo al hormigonado de la losa, se replantea la planta alta, y se disponen los paneles de 1 metro de alto adosados con barras de acero en L de 8 mm de diámetro y mallas angulares, asegurando el monolitismo, como se puede ver en la figura 25. Luego de terminada la capa de compresión de la losa, se procede al panelizado total de la planta alta.



*Figura N° 25 - Paneles previamente y posteriormente al llenado de capa de compresión.*

## 10. Losa radiante en planta baja

Una vez desapuntalada la planta baja, se disponen las cañerías correspondientes al sistema de calefacción de losa radiante, ejecutado por subcontrato con empresa especialista en el rubro (figura 26).



*Figura N° 26 - Disposición inicial de losa radiante.*

## 11. Carpeta de nivelación

Una vez instaladas las cañerías de la losa radiante, tanto en planta baja como en planta alta, se dispone de una carpeta de nivelación para poder tener de una superficie apta para la colocación posterior del piso. La carpeta de nivelación se compone del mismo material que el contrapiso, elaborando la mezcla con las mismas maquinarias. Se utiliza como referencia el nivel metro dispuesto en las paredes por medio del uso de la chocla, y posteriormente se define el nivel de lomo de carpeta con tanzas. Por último, se distribuye la mezcla con ayuda de reglas. En la figura 27 se puede ver la carpeta de nivelación ya terminada.





*Figura N° 27 - Carpeta de nivelación terminada.*

## **12. Instalaciones primer piso**

Al igual que en planta baja, una vez panelizado el primer piso, se procede con las instalaciones sanitarias, de gas y electricidad. Posteriormente, las instalaciones del primer piso son ensambladas con las de planta baja.

## **13. Proyectoado de primer piso**

Como se dijo en el punto 9, las tareas en primer piso se ven afectadas por el hecho de que se deben izar los materiales. En el caso del proyectado, es necesario subir la mezcla a proyectar, como se observa en la figura 28



*Figura N° 28 – Izado de mezcla al primer piso.*

Luego de izar la mezcla, se proyecta igual que en planta baja, en dos capas, la primera de ellas de 1 cm, luego la restante de 2 cm. Para mejor terminación de la segunda capa, se disponen de fajas guía para el revoque estructural (figura 29).



*Figura N° 29 – Fajas guía para revoque.*

#### **14. Losa azotea**

Luego de haber terminado el proyectado del primer piso, se instalan los correspondientes puntales para el armado de la losa de azotea, que se dispone de la misma manera que en primer piso, con la diferencia de que en azotea no existen vigas, por lo que el armado se confeccionará con mayor rapidez.

#### **15. Losa radiante planta alta**

Al igual que la planta baja, una vez terminada la losa de azotea, y retirados los puntales de la misma, se dispone el sistema de cañerías en la planta del primer piso dando por terminada la instalación del sistema de calefacción.

#### **16. Carpeta de nivelación planta alta**

Al igual que la planta baja, luego de disponer la losa radiante, se procede a la confección de la carpeta de nivelación en planta alta.

#### **17. Cubierta**

Finalmente, la cubierta se lleva a cabo según el siguiente detalle (figura 30).

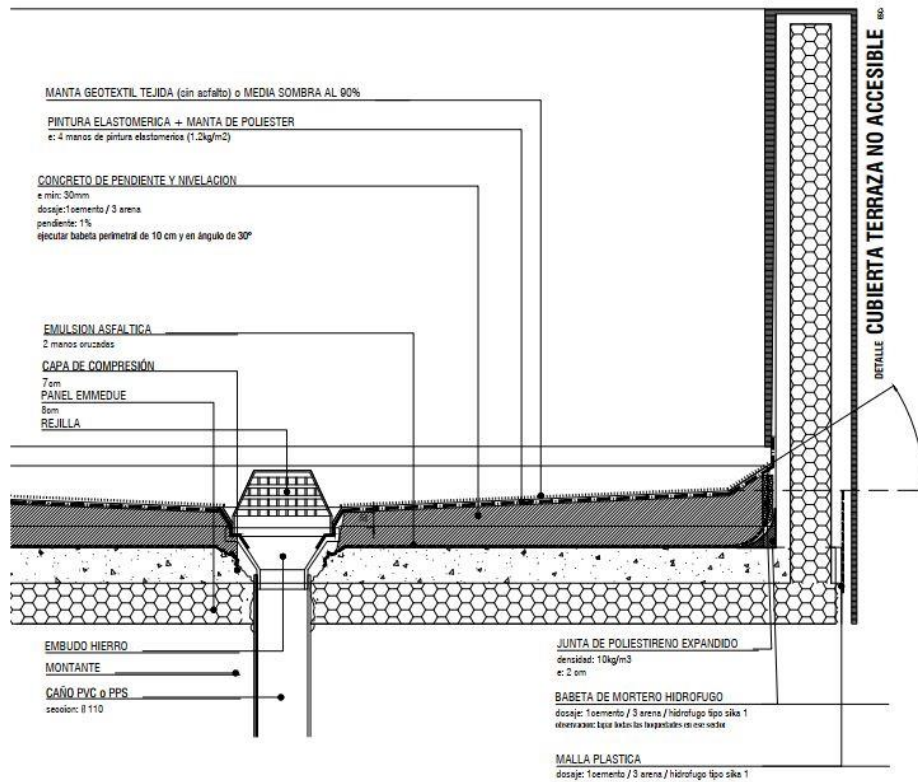


Figura N° 30 - Detalle de cubierta.

## 18. Colocación de tanques

Las viviendas cuentan con dos tanques para consumo, uno para el consumo sanitario de agua fría, y otro, un termo tanque solar, que provee el agua caliente para el sistema de calefacción y consumo sanitario. La incorporación de un termo tanque solar (figura 31) permite el ahorro energético de la caldera, proveyendo, además, agua caliente para consumo.



Figura N° 31 – Termo tanque solar.

## 19. Detalles finales

En la etapa final de la construcción, se utilizan los siguientes materiales en las terminaciones:

- a. Yesos y revestimiento plástico exterior (ejecutado por yeseros especializados).
- b. Pisos y revestimientos.
- c. Pintura.

Se expone un detalle constructivo de fachada con las distintas terminaciones especificadas (figura 32).

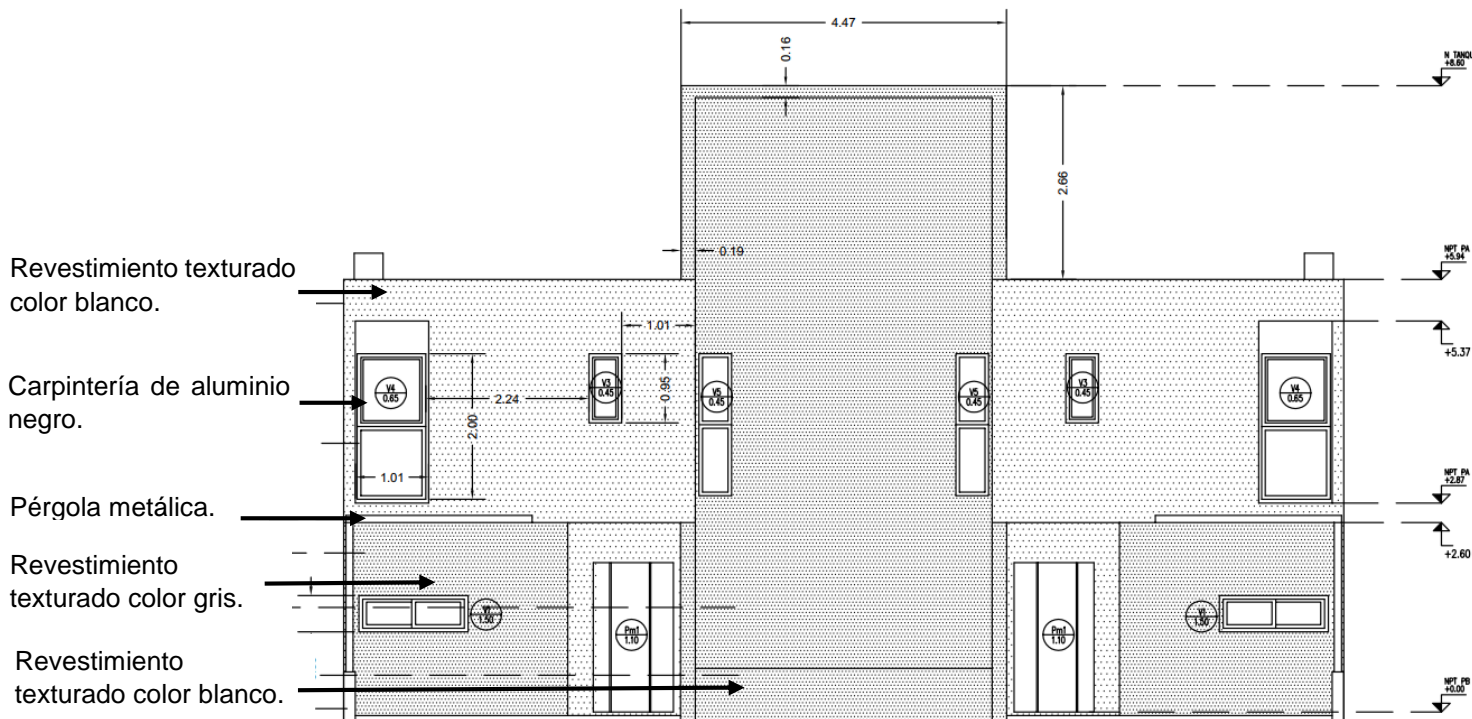


Figura N° 32 - Fachada con terminaciones.

## 20. Obras exteriores

Paralelamente a la construcción de las unidades, se deben de realizar las siguientes obras exteriores:

- a. Verja
- b. Asador
- c. Conducto de ventilación asador
- d. Cerco perimetral
- e. Pérgola galería, cubierta y cielorraso
- f. Pérgola cochera
- g. Pintura en pérgolas
- h. Vereda de ingreso peatonal
- i. Huella de auto

## **4.2 Plan de avance de la obra**

La empresa EDISUR S.A. posee una estructura organizacional compleja con un área de planificación y costos dentro del departamento de producción. Dicho departamento analiza el proceso de la obra en la etapa de la construcción de las unidades modelo, generando una base de datos que le permite desarrollar la planificación que se estima más eficiente, según los parámetros obtenidos en ese análisis.

Como se señaló anteriormente, previo al inicio de la primera etapa del proyecto Housing de Miradores, se llevó a cabo la construcción de 4 unidades modelo para la exhibición en los procesos de publicidad y venta, destacando las bondades que ofrece el sistema constructivo con los paneles de poliestireno expandido de la marca EMMEDUE. La construcción de estas unidades modelo, permitió la experimentación con el material, su problemática y abordaje, lo que constituyó la fuente de la base de datos para el proyecto y planificación de las unidades restantes.

Una vez finalizada la construcción de las unidades modelo aludidas, se continuó proyectando la construcción de 27 unidades, 10 de las cuales estarían a cargo de mano de obra propia de EDISUR S.A. y las 17 restantes, a cargo de la empresa INGAV S.A., subcontratada para tal fin.

A continuación, se presenta el cronograma de avance propuesto inicialmente por EDISUR S.A. y cómo éste se relaciona con el avance real de la obra.

### **4.2.1 Cronograma de obra**

El plazo de obra para esta primera etapa del proyecto fue de 14 meses, planificándose la entrega de las primeras unidades a partir del mes 8 del proyecto.



PRESUPUESTO	incidencia [%]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	verificación	
		may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19		
<b>TRABAJOS PRELIMINARES Y MOV SUELO</b>	\$ 1.031	100,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00%	
Limpieza /replanteo / obrador	\$ 400	100,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00%	
Cercos de obra	\$ 230	100,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00%	
Movimiento de suelo	\$ 87	100,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00%	
Mejoramiento de suelo bajo platea	\$ 314	100,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00%	
<b>FUNDACIONES</b>	\$ 1.212	0,00%	18,50%	18,50%	18,50%	18,50%	18,50%	7,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	
Platea de fundación	\$ 1.212	0,00%	18,50%	18,50%	18,50%	18,50%	18,50%	7,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	
<b>ESTRUCTURA Y MAMPOSTERIA CON PANELES</b>	\$ 11.632	0,00%	0,83%	8,67%	9,95%	12,31%	12,31%	12,31%	12,31%	11,16%	7,49%	7,49%	5,15%	0,00%	0,00%	100,00%	
Montaje Paneles Muros	\$ 2.698	0,00%	3,60%	11,11%	14,80%	14,80%	14,80%	14,80%	14,80%	11,29%	-	-	-	-	-	100,00%	
Montaje Paneles Losas	\$ 1.097	0,00%	-	14,80%	14,80%	14,80%	14,80%	14,80%	14,80%	11,20%	-	-	-	-	-	100,00%	
Revoque interior	\$ 2.326	0,00%	-	7,41%	7,41%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	7,41%	-	-	100,00%	
Revoque exterior	\$ 4.188	0,00%	-	7,41%	7,41%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	7,41%	-	-	100,00%	
Revoque cielorraso	\$ 914	0,00%	-	3,70%	7,41%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,12%	-	-	100,00%	
Llenado capa compresión	\$ 409	0,93%	-	7,41%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	3,71%	-	-	100,00%	
<b>INST SANITARIA Y CALEFACCIÓN</b>	\$ 6.513	0,00%	0,73%	1,49%	2,24%	6,23%	11,68%	14,85%	14,92%	14,89%	14,89%	9,30%	5,89%	2,89%	-	100,00%	
Distribución Af/AC CL y PL	\$ 1.314	0,00%	3,60%	7,41%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	7,41%	3,80%	-	-	100,00%	
Artefactos y griferías baños y cocinas	\$ 1.431	0,00%	-	-	-	-	12,50%	12,50%	12,50%	12,50%	12,50%	12,50%	12,50%	12,50%	12,50%	100,00%	
Piso radiante	\$ 1.404	0,00%	-	-	-	18,50%	18,50%	18,50%	14,90%	14,80%	14,80%	-	-	-	-	100,00%	
Tanque de agua/ Colector y termostanque solar	\$ 890	2,03%	-	-	-	-	7,50%	18,50%	18,50%	18,50%	18,50%	18,50%	-	-	-	100,00%	
Caldera y puesta en marcha del sistema	\$ 1.230	2,81%	-	-	-	-	7,40%	14,80%	18,50%	18,50%	18,50%	11,20%	11,10%	-	-	100,00%	
Acometida de agua y cloaca	\$ 244	0,56%	-	-	-	-	7,40%	14,80%	18,50%	18,50%	18,50%	11,10%	7,50%	3,70%	-	100,00%	
<b>INSTALACION ELECTRICA Y SEÑALES DEBILES</b>	\$ 1.695	0,00%	0,68%	1,36%	2,04%	2,30%	2,30%	11,11%	14,00%	14,00%	14,00%	14,00%	11,95%	12,02%	0,25%	100,00%	
Cañerías y cajas en losas y muros	\$ 312	0,71%	3,70%	7,41%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	-	-	-	100,00%	
Cableados bocas	\$ 780	1,78%	-	-	-	-	-	11,11%	14,80%	14,80%	14,80%	14,80%	14,80%	14,89%	-	100,00%	
Pilar, acometida y jabalina	\$ 58	0,13%	-	-	-	4	4	6	6	6	6	6	6	6	4	100,00%	
Tablero	\$ 79	0,18%	-	-	-	-	-	9	12	12	12	12	12	12	12	100,00%	
Colocación de llaves/teclas y artefactos	\$ 468	1,07%	-	-	-	-	-	52	69	69	69	69	69	69	70	100,00%	
<b>INSTALACION DE GAS</b>	\$ 1.107	2,53%	0,00%	0,00%	2,74%	8,25%	8,25%	13,86%	14,81%	14,81%	14,81%	14,81%	3,84%	3,84%	0,00%	100,00%	
Distribución de inst de gas	\$ 820	1,87%	-	-	3,70%	11,14%	11,11%	14,81%	14,81%	14,81%	14,81%	14,81%	-	-	-	100,00%	
Inst de cocina	\$ 287	0,66%	-	-	-	-	-	32	42	42	42	42	42	42	42	100,00%	
<b>CONTRAPISOS Y CARPETAS</b>	\$ 1.219	2,78%	0,00%	0,00%	1,46%	3,00%	4,49%	4,49%	15,51%	15,51%	15,55%	13,31%	13,31%	0,00%	0,00%	100,00%	
Contrapiso sobre platea sanitaria PB	\$ 493	1,13%	-	-	3,60%	7,41%	11,11%	11,11%	11,11%	11,21%	11,11%	11,11%	11,11%	-	-	100,00%	
Contrapiso + carpeta proyectada PA	\$ 359	0,82%	-	-	-	-	-	66	66	66	66	54	53	53	-	100,00%	
Carpeta proyectada PB	\$ 367	0,84%	-	-	-	-	-	68	68	68	68	55	54	54	-	100,00%	
<b>YESOS Y REVESTIMIENTO PLASTICO EXTERIOR</b>	\$ 3.890	8,88%	0,00%	0,00%	0,00%	9,00%	10,00%	10,20%	11,00%	11,00%	10,00%	10,00%	10,00%	8,80%	0,00%	100,00%	
Enlucido de yeso en muros y guardacantos	\$ 1.334	3,05%	-	-	-	9,00%	10,00%	10,20%	11,00%	11,00%	10,00%	10,00%	10,00%	8,80%	-	100,00%	
Enlucido de yeso en cielorrasos con bañas	\$ 1.005	2,29%	-	-	-	9,00%	10,00%	10,20%	11,00%	11,00%	10,00%	10,00%	10,00%	8,80%	-	100,00%	
Revestimiento plástico exterior	\$ 1.551	3,54%	-	-	-	9,00%	10,00%	10,20%	11,00%	11,00%	10,00%	10,00%	10,00%	8,80%	136	100,00%	
<b>CUBIERTAS</b>	\$ 777	1,77%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	144	144	144	116	115	115	-	-	100,00%	
Hormigón de pendiente proyectado	\$ 528	1,20%	-	-	-	-	-	98	98	98	79	78	78	-	-	100,00%	
Impermeabilización	\$ 249	0,57%	-	-	-	-	-	46	46	46	37	37	37	-	-	100,00%	
<b>PISOS Y REVESTIMIENTOS</b>	\$ 3.647	8,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	11,66%	11,66%	11,66%	13,01%	13,01%	13,01%	13,01%	13,01%	0,00%	100,00%	
Piso interior	\$ 2.323	5,30%	-	-	-	-	290	290	290	290	290	290	290	290	-	100,00%	
Baños (Pisos y revestimientos)	\$ 602	1,37%	-	-	-	-	75	75	75	75	75	75	75	75	-	100,00%	
Revestimiento cocinas	\$ 219	0,50%	-	-	-	-	27	27	27	27	27	27	27	27	-	100,00%	
Piso escalera	\$ 246	0,56%	-	-	-	-	-	-	-	49	49	49	49	49	-	100,00%	
Piso cerámico exterior (ingreso y galería)	\$ 258	0,59%	-	-	-	-	32	32	32	32	32	32	32	32	-	100,00%	
<b>CARPINTERIAS Y VIDRIOS</b>	\$ 3.601	8,22%	0,00%	0,00%	0,79%	7,72%	10,59%	12,03%	12,03%	11,94%	11,94%	11,94%	10,57%	10,46%	0,00%	100,00%	
Marcos de chapa	\$ 317	0,72%	-	-	9,00%	10,00%	10,20%	11,00%	11,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	8,80%	-	100,00%	
Carpintería de aluminio	\$ 2.462	5,62%	-	-	-	10,00%	10,00%	10,00%	12,00%	12,00%	12,00%	12,00%	10,00%	10,00%	-	100,00%	
Puertas de madera interiores	\$ 427	0,97%	-	-	-	-	53	53	53	53	53	53	53	53	-	100,00%	
Puerta ingreso principal	\$ 348	0,80%	-	-	-	-	44	44	44	44	44	44	44	44	-	100,00%	
Especo en baños	\$ 47	0,11%	-	-	-	-	6	6	6	6	6	6	6	6	-	100,00%	
<b>PINTURAS</b>	\$ 1.662	3,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	11,21%	11,21%	12,07%	11,21%	11,21%	11,21%	11,21%	11,21%	9,49%	100,00%	
Pintura interior muros y cielorrasos	\$ 1.434	3,27%	-	-	-	-	158	158	172	158	158	158	158	158	158	100,00%	
Esmalte Marcos metálicos y puerta de ingreso ppal	\$ 58	0,13%	-	-	-	-	7	7	7	7	7	7	7	7	-	100,00%	
Esmalte en puertas de madera	\$ 171	0,39%	-	-	-	-	21	21	21	21	21	21	21	21	-	100,00%	
<b>EQUIPAMIENTO</b>	\$ 821	1,87%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	103	103	103	103	103	103	103	103	100,00%	
Mueble de cocina sin alacena	\$ 348	0,80%	-	-	-	-	-	44	44	44	44	44	44	44	44	100,00%	
Mesada de Cocina	\$ 288	0,66%	-	-	-	-	-	36	36	36	36	36	36	36	36	100,00%	
Mueble en baño	\$ 82	0,19%	-	-	-	-	-	10	10	10	10	10	10	10	10	100,00%	
Mesada en Baños	\$ 103	0,23%	-	-	-	-	-	13	13	13	13	13	13	13	13	100,00%	
<b>Varios</b>	\$ 1.232	2,81%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	154	154	154	154	154	154	154	154	100,00%	
Terminaciones/limpieza	\$ 1.232	2,81%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	154	154	154	154	154	154	154	154	100,00%	
<b>OBRAS EXTERIORES</b>	\$ 3.755	8,57%	0,00%	0,00%	0,56%	3,34%	3,52%	8,45%	10,17%	11,11%	12,56%	12,34%	12,34%	11,54%	9,12%	4,93%	100,00%
Verja	\$ 145	0,33%	-	-	-	-	-	15	15	15	17	17	17	17	17	15	100,00%
Asador	\$ 418	0,95%	-	-	5,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	5,00%	100,00%	
Conducto de ventilación asador	\$ 137	0,31%	-	-	-	7	7	14	14	16	16	16	16	16	14	7	100,00%
Cerco perimetral	\$ 582	1,33%	-	-	-	-	-	65	65	108	108	108	108	86	43	-	100,00%
Pérgola galería cubierta y cielorraso	\$ 1.210	2,76%	-	-	-	-	121	121	145	145	145	145	145	145	121	121	100,00%
Pérgola cochera	\$ 617	1,41%	-	-	-	62	62	62	68	68	62	62	62	56	56	-	100,00%
Pintura en pérgolas	\$ 220	0,50%	-	-	-	22	22	22	24	24	22	22	22	20	20	-	100,00%
Vereda Ingreso peatonal	\$ 84	0,19%	-	-	-	-	8	8	8	10	10	10	10	10	10	8	100,00%</

Analizando el plan de avance planteado por la empresa, se puede obtener la duración prevista para cada actividad en días hábiles, expresadas para dos casas paralelas (una platea de fundación); tareas que llevarían a cabo dos cuadrillas compuestas por 1 oficial, 2 medios oficiales, y 2 ayudantes (Tabla 4):

Duracion tareas plan de avance (para dos plantas paralelas)	
Operación	Duración (Días hábiles)
Trabajos preliminares mov. De suelo	5
Plateas de fundacion	5
Panelizado PB (muros y losa, refuerzos, vanos)	5
Proyectado planta baja	5
Revoque cielorraso	3
Llenado capa compresión	2
Armado de losa (refuerzos, apuntalamiento, vigas, escalera, muros PB)	5
Inst sanitaria y calefaccion	11
Instalacion electrica	11
Instalacion de gas	11
Contrapisos y carpetas	11
Yesos y revestimiento plastico exterior	14
Cubiertas	7
Pisos y revestimientos	7
Carpinterías y vidrios	7
Pinturas	15
Equipamiento	8
Varios	8
Obras exteriores	8

Tabla 4 - Duraciones propuestas inicialmente para proyecto; Fuente: Antecedentes de obra

#### 4.2.2 Diagrama del método del camino crítico (CPM)

El método del diagrama del camino crítico, con su sigla en inglés CPM, *critical path method*, permite entender la sucesión de tareas con sus dependencias relativas, y prever la duración más realista de proyecto. En efecto, con el método CPM, tenemos una herramienta gráfica que nos permite estimar el tiempo más corto en el que es posible completar un proyecto. Un camino es una trayectoria desde el inicio hasta el final de un proyecto. En este sentido, la longitud del camino crítico es igual a la mayor trayectoria del proyecto, con lo cual, la duración de un proyecto puede decirse que es igual a la ruta crítica.

Durante la práctica supervisada, se confeccionó el diagrama CPM para la construcción de dos casas paralelas, armadas sobre la misma platea, utilizando los parámetros de duración de la Tabla 4 y definiéndose así, la sucesión de cada operación (ver Tabla 5).

Diagrama CPM - Duraciones planteadas en plan de avance			
	Operación	Duración	Precedencia
	Inicio	0	
A	FUNDACIONES	5	
B	PANELIZADO PLANTA BAJA	5	A
C	INSTALACIONES PB (El,Gas,San)	11	B
D	PROYECTADO PLANTA BAJA	5	C
E	CONTRAPISO	11	C
F	ARMADO DE LOSA 1 PISO (refuerzos, apuntalamiento, vigas, escalera, muros)	5	E
G	PANELIZADO PLANTA ALTA	5	F
H	LOSA RADIANTE PLANTA BAJA	11	F
I	CARPETA PB	11	H
J	INSTALACIONES PA (El,San)	11	G
K	PROYECTADO PLANTA ALTA	5	K
L	ARMADO DE LOSA AZOTEA	5	L
M	CUBIERTA	7	M
N	CARPINTERIA DE ALUMINIO	7	S
O	LOSA RADIANTE PLANTA ALTA	11	J
P	CARPETA PA	11	P
Q	YESOS Y REVESTIMIENTOS	14	N,R
R	PISOS Y REVESTIMIENTOS	7	Q
S	PINTURAS	15	T
T	TERMINACIONES LIMPIEZA	8	U,O
U	EQUIPAMIENTO	8	W
K	OBRAS EXTERIORES	8	A
	Fin	0	Y,X

Tabla 5 - Operaciones con duración y precedencia para CPM; Fuente: Elaboración propia

A partir de la Tabla planteada, se confeccionó el diagrama CPM se confeccionó tomando la siguiente nomenclatura expresada en la figura 33:

IC	TC
IL	TL
H	
0	

Figura N° 33 - Nomenclatura diagrama CPM

Referencias:

**IC:** Inicio más cercano, lo más pronto que puede comenzar la actividad.

**TC:** Término más cercano, lo más pronto que puede terminar la actividad.

**IL:** Inicio más lejano, lo más tarde que puede comenzar la actividad sin retrasar el término del proyecto.

**TL:** Término más lejano, lo más tarde que puede terminar la actividad sin retrasar el término del proyecto.

**H:** Holgura.

El concepto de Holgura se define como el tiempo máximo permitido para retrasar el comienzo de una actividad sin que este retraso comprometa la finalización del proyecto en término. La holgura de una actividad se puede obtener con la siguiente fórmula:

$$\text{Holgura} = \text{IL} - \text{IC} = \text{TL} - \text{TC}$$



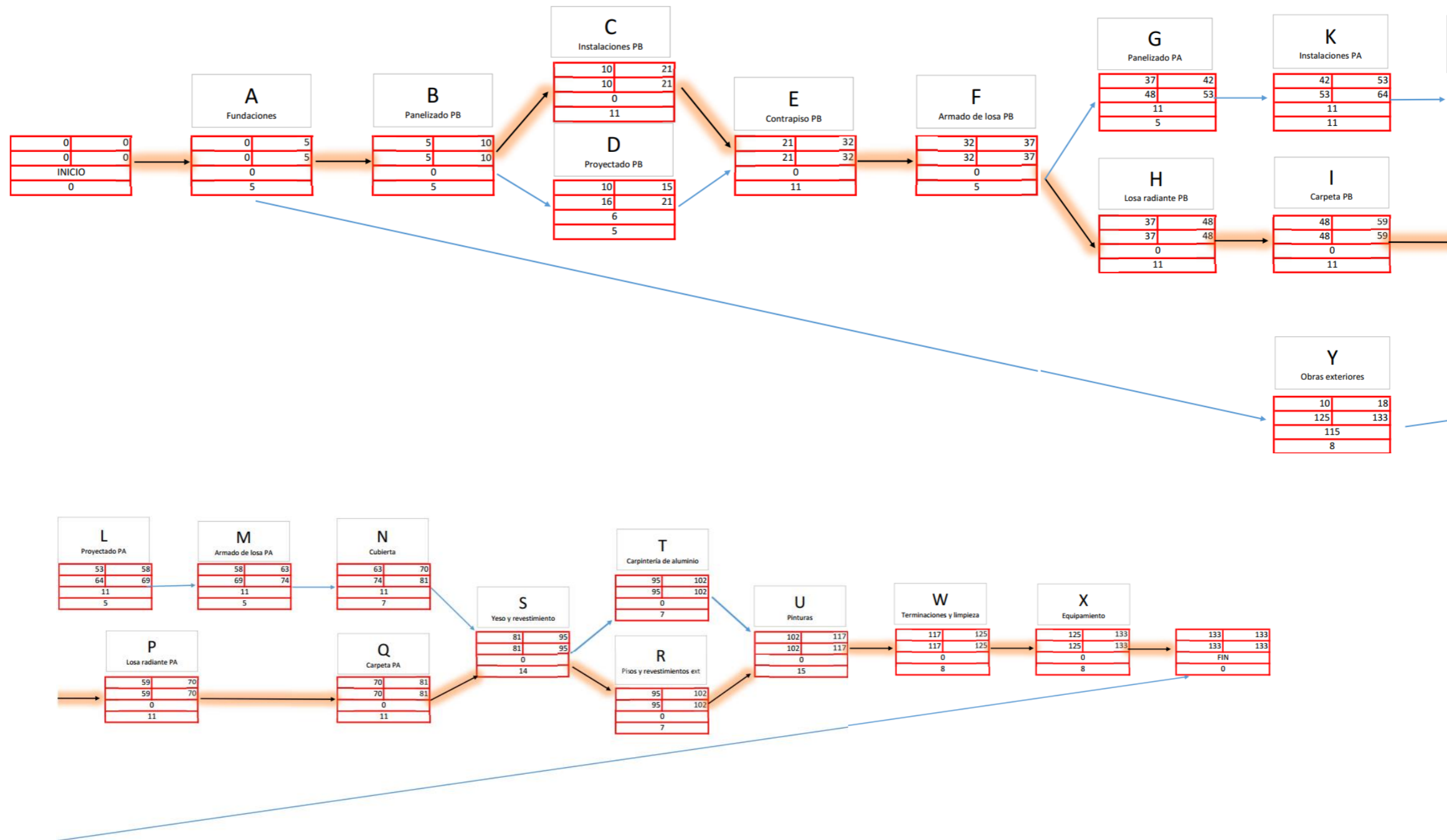


Figura N° 34 - Diagrama CPM con duraciones de plan de avance.

Se observa que, con los plazos propuestos por la empresa para el plan de avance, el camino crítico está definido por la secuencia A-B-C-E-F-H-I-P-Q-S-R-U-W-X. En definitiva, el camino crítico se configura con las operaciones relacionadas a las instalaciones, quedando determinada la duración de construcción de las dos plantas paralelas en 133 días hábiles; siempre teniendo en cuenta que con el método CPM, de tipo determinístico, no se consideran aspectos probabilísticos asociados a las tareas. Más adelante, se analizará un diagrama CPM con las duraciones verificadas en obra.

## **5. Control y Seguimiento en Obra**

Dos de las tareas más importantes del pasante en obra son el control y el seguimiento del proceso constructivo para poder mantener informado al jefe de obra sobre los mismos.

De acuerdo a los lineamientos de Serpell "...los objetivos del seguimiento y del control son básicamente los siguientes:

1. Verificar que la ejecución de los trabajos se esté realizando de acuerdo a lo planificado y especificado
2. Tomar acciones correctivas que permitan superar las deficiencias, o ajustar la planificación a condiciones actuales diferentes a las supuestas inicialmente.

Objetivos a los que es necesario agregar un tercero, que constituye la esencia del rol de un administrador a nivel operacional, cual es aumentar la productividad y la calidad, a través del mejoramiento continuo de la eficiencia y la efectividad en la ejecución de las operaciones de construcción..." (Serpell, 2002).

En el marco del proyecto constructivo de Housing de Miradores, y a los fines de verificar el plan de avance original analizado anteriormente, se procede al control y seguimiento de las actividades, midiendo rendimientos y duración real de las actividades.

### **5.1 Controles desarrollados en obra**

Los controles que se llevaron adelante en la obra fueron: controles sobre los paneles, controles sobre las instalaciones, controles sobre el revoque estructural y finalmente controles de losas. Para realizar estos controles, diariamente se programaban los recorridos en obra, documentando la observación, siendo esta una tarea inherente del pasante. A continuación, se presenta una breve síntesis de los controles en los diferentes rubros.

#### **5.1.1 Control sobre paneles**

En primer lugar, es de suma importancia corroborar que los paneles estén bien replanteados, aplomados y escuadrados. Este control debe ser previo a cualquier otra operación relacionadas con los mismos. Si alguno de estos puntos

no cumpliera con el mínimo de tolerancia de error, éste debe corregirse en esta temprana instancia para evitar futuros y más complejos problemas.

El replanteo se desarrolla con la materialización de ejes de replanteo, respecto de los cuales se dispondrán los paneles. Es necesario controlar y verificar que las medidas internas de los ambientes sean las correctas, y en caso de que la medición arroje medidas incorrectas, se deberá determinar el o los paneles mal dispuesto/s y corregirlo/s. En la figura 35 se puede observar un panel en primer piso fuera de plomo, lo que deberá ser corregido para evitar futuros desfases en las mediciones.



*Figura N° 35 - Panel fuera de plomo.*

De la misma manera, el control del plomo y la escuadra es fundamental en esta instancia ya que las correcciones pueden acarrear futuros problemas de medición. En efecto, si los paneles quedan fuera de plomo, este problema se deberá corregir proyectando una capa de revoque estructural de un grosor mayor al recomendado de 3 cm, lo cual no es aconsejable. Asimismo, si los paneles no se encuentran debidamente escuadrados, esto se deberá corregir proyectando mayor cantidad de revoque estructural para compensar este error, lo que derivará en modificaciones no deseadas en las medidas de los ambientes y terminaciones.

### **5.1.2 Control sobre instalaciones**

El control de instalaciones en obra comprende a) control de instalaciones sanitarias, gas y calefacción, y b) control de las instalaciones eléctricas.

#### **a. Control de instalaciones sanitarias, gas, y calefacción**

En ellas se controlaba:

1. Cloacas
2. Agua fría y caliente

3. Gas
4. Sistema de calefacción por losa radiante

En las instalaciones cloacales, se verificaba la pendiente mínima de las cañerías, y que no existieran deformaciones en las mismas; estas deben cumplir con el proyecto de instalaciones. Por último, se realiza una prueba de estanqueidad.

En las instalaciones de agua fría y caliente, se corrobora el buen estado de las cañerías; estas deben cumplir con los lineamientos del proyecto. Asimismo, se verifica que las llaves de paso estén claramente dispuestas donde se encuentra la caldera, con las separaciones adecuadas, sobre las paredes indicadas en plano y teniendo en cuenta las medidas correspondientes (figura 36).

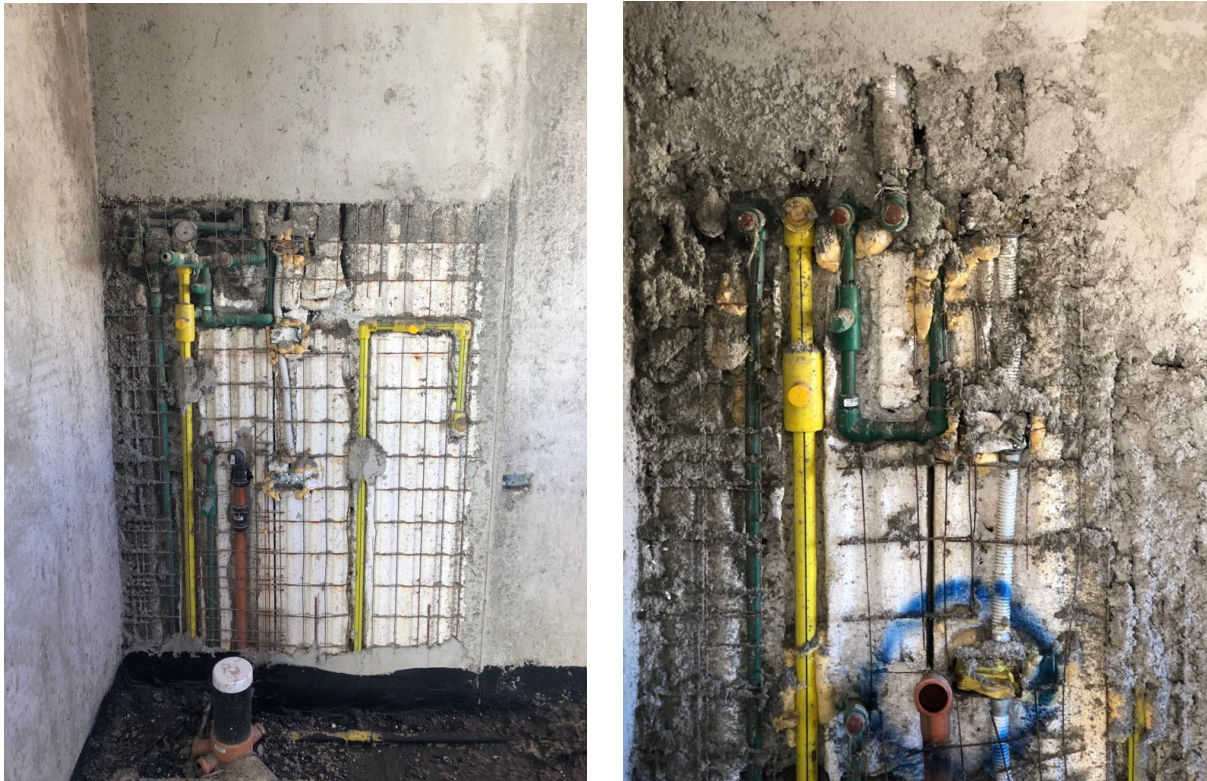


*Figura N° 36 - Control de instalaciones de agua y gas.*

Durante el control de las instalaciones de gas se debe verificar que estas no se interpongan con las demás instalaciones y que cuenten con los tapones de seguridad. También se controla que el proyectado del revoque estructural sobre las cañerías aludidas esté debidamente realizado. Dada la importancia de la accesibilidad a las cañerías en el proyecto, es necesario evitar un proyectado profuso sobre las instalaciones que pudiera dificultar futuras verificaciones. En consecuencia, se debe controlar que en la zona de la caldera como también en la separación relativa de las bocas, las fajas del revoque tengan un acabado de calidad. En la figura 37 se puede observar el proyectado del revoque sobre las cañerías de la caldera. Por un lado, observamos el proyectado correctamente ejecutado, donde las fajas del revoque dejan limpia la bóveda donde se encuentran las cañerías, permitiendo el fácil acceso a las mismas, y una mejor terminación. Por otro lado, se puede ver la ejecución profusa de la proyección del revoque, realizada con desprolijidad, irregularidades en las distancias entre



las llaves y falta de amarre a los paneles, todo lo cual dificulta el acceso a las cañerías (figura 37).



*Figura N° 37 - Distinta terminación de proyectado alrededor de las cañerías.*

Por su parte, si bien el control del sistema de calefacción por losa radiante esta normalmente a cargo de la empresa especializada en el rubro, durante la práctica, se asistió en el control de las instalaciones, verificando el cumplimiento de los lineamientos planteados. Asimismo, se analizan los materiales utilizados y se controla que se disponga del espacio necesario para las cañerías montantes.

Es menester señalar que luego del control de las instalaciones, se provee un “conforme de obra”, el que detalla la ubicación real de las instalaciones y que luego servirá para futuras verificaciones y/o reparaciones.

#### **b. Control de instalaciones eléctricas**

El control de las instalaciones eléctricas consiste en la verificación de las especificaciones planteadas en el proyecto, cuales son, el número y la ubicación de las cañerías corrugadas; el número y la ubicación de las bocas de iluminación y de los tomacorrientes.

Otro aspecto a controlar es el paso de las cañerías por la losa, el cual debe estar en un todo de acuerdo con las especificaciones en los planos, y cuya disposición no debe deteriorar los paneles de losa (figura 38).





Figura N° 38 - Control de paso de cañerías corrugadas por losa.

Estos controles deben ser muy rigurosos respecto de las separaciones relativas entre los tomacorrientes, requiriéndose en estos puntos una muy buena terminación. En la figura 39, puede verse la corrección de una separación de tomacorrientes, en la que se utilizó SikaBoom, una espuma expansiva de relleno con propiedades aislantes.



Sikaboom aplicado para  
corregir separación  
entre tomacorrientes.

Figura N° 39 - Tomacorrientes corregidos con Sikaboom.

### 5.1.3 Control del revoque estructural

Para los controles del revoque estructural que se utiliza con los paneles EMMEDUE, se toman los lineamientos del manual técnico que la marca provee. En primer lugar, se controla la mezcla, cuyas especificaciones están detalladas en la Tabla 1 del presente informe. Este control consiste en verificar las proporciones de los componentes utilizados para la mezcla, lo que determinará la consistencia y aspecto. En la figura 40 se puede observar la consistencia de la mezcla.



*Figura N° 40 - Consistencia de la mezcla.*

Posteriormente, y siguiendo el método de control empírico que recomienda el manual técnico de la marca, se testeará la correcta consistencia de la mezcla, aplicando una muestra de 10 cm de diámetro por 3 cm de espesor sobre un panel, observando si esta pequeña muestra permanece y se sostiene sin desprenderse. En la figura 41 a continuación se puede observar el espacio de



*Figura N° 41 - Espacio de mezclado.*

mezclado donde funciona la hormigonera y donde se ven los tambores de aditivos correspondientes.

Durante los controles del revoque estructural, es importante verificar la proporción del aditivo hidrófugo en la mezcla para los revoques estructurales exteriores.

Asimismo, se controla la carga del mortero estructural en los muros, cuyo espesor recomendado no debe superar los 3 cm. Sin embargo, como se dijo anteriormente, en el que caso en el que los muros no estuvieran correctamente aplomados y/o escuadrados, se hace necesario aumentar el espesor de la carga del mortero, superando los 3 cm recomendados, con un máximo de tolerancia de 1 cm. En la figura 42 se puede observar un muro cargado con más de 3 cm, debido al desplome del mismo.



Figura N° 42 - Muro cargado en exceso.

#### 5.1.4 Control de losas

El control de las losas consiste en dos instancias; el control del apuntalado y encofrado, y posteriormente, el control del hormigonado o llenado de la capa de compresión. Respecto del apuntalamiento y encofrado, se debe controlar la correcta separación de los puntales, sus puntos de apoyo, cuñas, arriostramiento con barras de 12mm o de 16mm, y la verticalidad de todos los puntales (figura 43). Asimismo, debe verificarse:

- a) El fondo de losa (0,5 cm de tolerancia)
- b) El replanteo de losa, muros, vigas y columnas nacientes
- c) La estructura: armaduras de viga, muros, refuerzos, dimensiones de los nervios de refuerzo
- d) El armado de escalera



- e) El replanteo de pases de instalaciones de caldera, pluvial, aire acondicionado, baños, ventilaciones, etc.

En la figura 43 puede observarse el control de fondo de losa con nivel laser y la disposición final de los puntales con sus respectivos arriostramientos.



Figura N° 43 - Disposición final de puntales, previo a hormigonado.

Con respecto al control durante el hormigonado, se debe tener en cuenta que el hormigón utilizado es hormigón elaborado, con lo cual, el control se lleva a cabo teniendo en cuenta:

- Control del hormigón con la información del remito y del precinto del camión.
- Se confecciona probetas y se verifica el asentamiento con cono de Abrams.
- Verificación constante del apuntalamiento.
- Control del espesor de llenado de losa y viga, con varilla graduada.
- Control de volumen hormigonado por cada viaje (se verifica cantidad para pedir corte).
- Control del vibrado de hormigón. Se controlaba combustible del vibrador, estado y donde disponerlo.
- Control del curado de losa, con agua o anti sol si corresponde.

En la figura 44 se observa el control sobre el hormigón en estado fresco con cono de Abrams, y el seguimiento del llenado de la losa.



Figura N° 44 - Control de cono de Abrams y control de llenado de losa.

## 5.2 Seguimiento de tareas en obra

Durante el desarrollo de la práctica supervisada en la obra de Housing de Miradores se llevó adelante el seguimiento en obra del rendimiento de las cuadrillas durante la construcción con los paneles EMMEDUE. Para lo cual se controlaban las tareas diarias de las cuadrillas propias y subcontratadas, tratando así de obtener valores de rendimiento verificables para la planificación de las etapas subsiguientes del proyecto.

Se prosiguió al seguimiento diario del avance de cada cuadrilla realizando distintas operaciones, tomando nota de la cantidad de operarios trabajando y de otras observaciones pertinentes.

Desde que se ingresó a la práctica supervisada, se pudieron medir el rendimiento de las siguientes tareas:

- Panelizado planta baja
- Instalaciones de gas
- Instalaciones sanitarias
- Instalaciones eléctricas
- Colocación de marcos y pre marcos planta baja
- Armado y hormigonado de losa primer piso
- Proyectado con palas de proyección discontinua, en planta alta y planta baja

El relevamiento del tiempo que las tareas efectivamente realizadas insumieron con el sistema EMMEDUE en esta etapa del proyecto, resulta de interés ya que provee información relevante que permite comparar los rendimientos respecto del sistema tradicional y servirá de parámetro para proyectar las etapas subsiguientes.



Luego de un mes de seguimiento en obra, se confeccionó la siguiente Tabla:

<i>OBRA: Housing de Miradores II</i>		
Rendimientos (2 unidades)		
RUBRO	Duración en día hábiles	
	Días	Operarios
Fundacion (platea)	4,5	5
Panelizado PB (muros y losa, refuerzos, vanos)	10	4
Instalaciones		
Inst. gas (cañería hasta nicho)	3	2
Inst. Sanitarias (cañería PB)	7	2
Inst. Electricas (corrugados y cajas PB)	8	2
Colocacion de marcos y premarcos PB	2	2
Proyectado PB	14	3,5
Armado de losa (refuerzos, apuntalamiento, vigas, escalera, muros PB)	20	3
Proyectado PA	20	4

Tabla 6 - Duración de operaciones relevadas en obra; Fuente: Elaboración propia

Importa señalar, que tanto las instalaciones de gas, como las eléctricas, son subcontratadas a empresas especializadas.

### 5.3 Conclusiones del control y seguimiento de la obra. Nuevo diagrama CPM

Durante el transcurso de la práctica supervisada, y durante el seguimiento de la obra, se advirtió que no se seguía el plan de avance en el tiempo y forma asignados inicialmente, lo cual producía un desfase entre las tareas del ítem estructura y mampostería con paneles (ver Tabla 3) con lo realmente ejecutado en obra. En el mes de marzo de 2019, el avance verificado en obra era aproximadamente del 30%, y de manera irregular, algunas unidades más avanzadas que otras, y no el de 84% como se había planificado para esa fecha.

Se pudo observar un desfase en la duración de las tareas u operaciones según se verificó en el seguimiento respecto del plan de avance. En la siguiente tabla (tabla 7) de comparación, se puede observar la diferencia entre la duración de las tareas según el plan de avance y la duración efectivamente relevada en obra:

Opeación	Duración plan de avance (Días hábiles)	Duración real (Días hábiles)
PLATEAS DE FUNDACIÓN	5	4,5
PANELIZADO PLANTA BAJA	5	10
INSTALACIONES	11	11
PROYECTADO PLANTA BAJA	5	14
CAPA DE COMPRESION	2	2
ARMADO DE LOSA	5	20
PROYECTADO DE PLANTA ALTA	5	20
LOSA RADIANTE PB,PA	11	15,5
CONTRAPISOS Y CARPETAS	11	2

Tabla 7 - Comparación entre duración plan de avance y medidas en obra;  
Fuente: Elaboración propia

Observando los valores de la tabla 7, y teniendo en cuenta lo verificado en los controles, podemos elaborar las siguientes conclusiones:

- 1) Las tareas de panelizado, proyectado y armado de losa, son las que verifican mayor diferencia en la duración. Esto podría deberse a la utilización de rendimientos de manuales técnicos para la planificación. Sin embargo, esta diferencia podría deberse tanto a la experiencia del personal con el material, como así también, a factores externos como herramientas utilizadas, o tipo de proyecto en el que se está trabajando.
- 2) Otro causal de demora que se comprueba en la realización de las tareas fueron los errores que debieron ser subsanados debido a la inexperiencia del personal con el material ante la ejecución de las primeras unidades de proyecto.
- 3) La duración de las operaciones relacionadas a la *estructura y mampostería con paneles* es mayor que la duración de las operaciones relacionadas con la confección de *instalaciones*. El camino crítico de la construcción de 2 unidades paralelas es distinto al que se planteó en el plan de avance.
- 4) Se observa que la duración de las operaciones de proyección en planta baja varía de aquella en planta alta, con lo cual deberían discriminarse.

Con estos nuevos parámetros, surge un nuevo diagrama CPM, confeccionado con la duración de las operaciones verificadas durante los controles y el seguimiento en obra. Vale aclarar que para las tareas cuyo seguimiento y control no pudo efectuarse en la obra, se utilizaron rendimientos extraídos del libro “Cómputos y presupuestos” de Mario Chandías (2006).

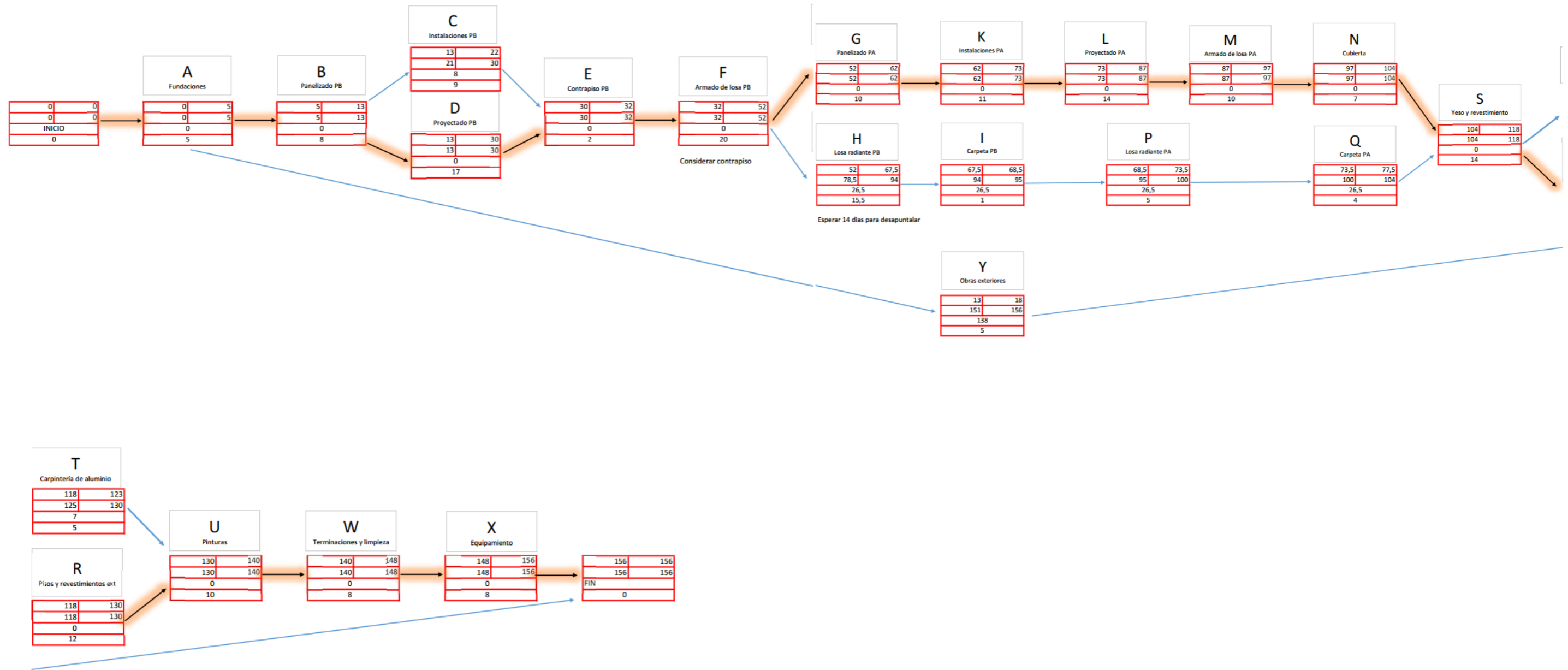


Figura N° 45 - Diagrama CPM con duración verificada en obra.

De este nuevo diagrama CPM, emerge un nuevo camino crítico, cuya secuencia A-B-D-E-F-H-K-L-M-N-S-R-U-W-X, está relacionada, como se dijo, con la estructura y mampostería con paneles. Asimismo, la duración del proyecto ahora es de 156 días, a diferencia de 133 como se planteó en el diagrama CPM con las duraciones propuestas en el plan de avance.

Esta diferencia en la duración de proyecto evidencia el desfasaje entre el avance verificado en obra y el plan de avance planteado inicialmente en el proyecto. Esto se debe a que las tareas que se retrasan en obra pertenecen al camino crítico de la secuencia constructiva del sistema.

Es importante recalcar, que esta es la primera etapa de construcción de proyecto, por lo que la mano de obra, y los proyectistas, están en un proceso constante de experimentación y prueba del sistema constructivo. La experiencia con el material redundará en beneficio de los procesos en etapas futuras.

Factores externos a la obra, como la lluvia, los vientos fuertes, etc. generaron retrasos en las tareas. Precisamente las precipitaciones impedían utilizar herramientas eléctricas, y los vientos en las primeras semanas de obra, hacía imposible el manejo y manipulación de los paneles, hasta que se empezaron a adosar los muros a la platea de fundación con mayor seguridad debido a este fenómeno.

En los siguientes capítulos, se plantean consideraciones para mejorar la planificación de las etapas venideras del proyecto, como así también, mejorar la productividad y constructibilidad en obra.

## 6. Conceptos de productividad y constructibilidad

El estudio preliminar de la organización de los recursos para la construcción de un proyecto es de suma importancia, ya que esta etapa es crítica para el correcto desenvolvimiento de las etapas subsiguientes. Como Serpell expone en su libro “Administración de Operaciones de Construcción”:

*De el énfasis que se disponga en la etapa de proyecto y planificación, se obtendrá mejor PRODUCTIVIDAD y CONSTRUCTIBILIDAD en el proyecto. En esta parte, el ingeniero debe prever y determinar los tipos y cantidades de recursos necesarios para llevar adelante la obra como son la mano de obra, materiales y maquinaria. La gestión y planificación de la utilización de estos recursos, nos determinan entonces la eficiencia para completar la obra, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado. (Serpell, 2002).*

Claramente, el autor define el concepto de *productividad*, como la relación entre lo producido y lo utilizado para ello:

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Recursos empleados}}$$

Para la planificación y proyecto, se deben tener en cuenta los factores que afectan a la productividad de los recursos; el mismo autor afirma que lo importante para el administrador de una obra es saber cuáles son aquellos factores más problemáticos para poder actuar así sobre ellos y disminuir sus consecuencias negativas y aportar eficiencia. Estos factores se pueden agrupar de la siguiente manera:

- a. Factores internos a la obra: son aquellos que son propios de las condiciones de trabajo en obra y que dependen directamente del equipo de proyecto:
  - Mano de obra: determinado por el conjunto de características técnicas, productivas, económicas y socioculturales del grupo humano (obrero y profesional) necesario para la realización de las tareas de construcción definidas por el proyecto.
  - Procedimientos constructivos: determinado por la cantidad, variabilidad, complejidad de realización, riesgo asociado e interrelación entre los procedimientos constructivos necesarios para la realización de las tareas de construcción definidas por el proyecto.
  - Herramientas: determinado por las características técnicas, tecnológicas y de operabilidad de todas las herramientas, equipos y maquinarias necesarias para la realización de las tareas de construcción definidas por el proyecto.
  - Materiales: determinado por las características físicas, mecánicas y tecnológicas de los materiales, productos, insumos y materias primas sobre los cuales se ejecutan las acciones necesarias para la realización de las tareas de construcción definidas por el proyecto.



- b. Factores externos a la obra: aquellos que son propios de las condiciones de trabajo en obra y que no dependen directamente del equipo de proyecto (con presunción de encargo).
- Clima: determinado por la intensidad y características de las condiciones climáticas, atmosféricas y ambientales de las zonas en las que se desarrollarán tareas de construcción definidas por el proyecto.
  - Terreno: determinado por las características topográficas, geotécnicas y ambientales del terreno del proyecto y su entorno inmediato, y por el grado de incertidumbre que se tenga sobre ellas.
  - Accesibilidad: determinado por la cantidad y calidad de espacio libre disponible al interior del terreno y por la capacidad de carga de las vías de acceso a las zonas donde se desarrollarán las tareas de construcción definidas por el proyecto.
  - Tiempo: determinado por la cantidad de tiempo que se requiera para realizar las tareas de construcción definidas por el proyecto.
- c. Factores transversales: aquellos que son propios de las condiciones de trabajo del equipo de proyecto y que no se relacionan necesariamente con las condiciones de trabajo de la obra.
- Comunicación: determinado por la claridad, cantidad, especificidad y calidad de la información del proyecto diseñado y por la fluidez y calidad de comunicación entre el equipo diseñador y el equipo de construcción.
  - Coordinación: determinado por la coherencia, integración, y complemento entre las distintas especialidades que intervienen en el diseño del proyecto y por la fluidez y calidad de comunicación entre todos los integrantes y especialistas que conforman el equipo diseñador y el equipo de construcción.

Un aspecto a tener en cuenta a la hora de proyectar, además de la productividad, es la *constructibilidad* del proyecto para poder mejorar la aptitud constructiva de una obra. Serpell (2002) afirma que “... *la falta de integración que existe entre las etapas de definición, adquisiciones, diseño y construcción de un proyecto, generan problemas si cada una es ejecutada por distintas entidades...*”. El autor considera aquí el concepto de constructibilidad que integra estas partes y que puede transformarse en una de las herramientas más útiles para los proyectistas. Se puede establecer, que la constructibilidad envuelve las distintas etapas, tratando de integrarlas en obra teniendo como base la capacidad que tiene el proyecto de ser materializado.

El *Construction Industry Institute* de Estados Unidos define el concepto de constructibilidad como el uso óptimo del conocimiento y experiencia de construcción en la planificación, diseño, adquisiciones y manejo de operaciones

de construcción (Serpell, 2002). La participación del conocimiento y la experiencia constructora en todas las actividades preliminares de un proyecto, ayudan a optimizar y a hacer más eficientes y eficaces las tareas en la obra. El conocimiento y la experiencia permiten prever problemas que pueden presentarse, y tomar medidas que puedan solucionarlos en forma anticipada durante la etapa de diseño o planificación.

Por lo tanto, se puede decir, que las decisiones tomadas durante la fase preliminar, tienen un gran impacto sobre lo que resta del proyecto, particularmente sobre la construcción, como se muestra en la figura 46:

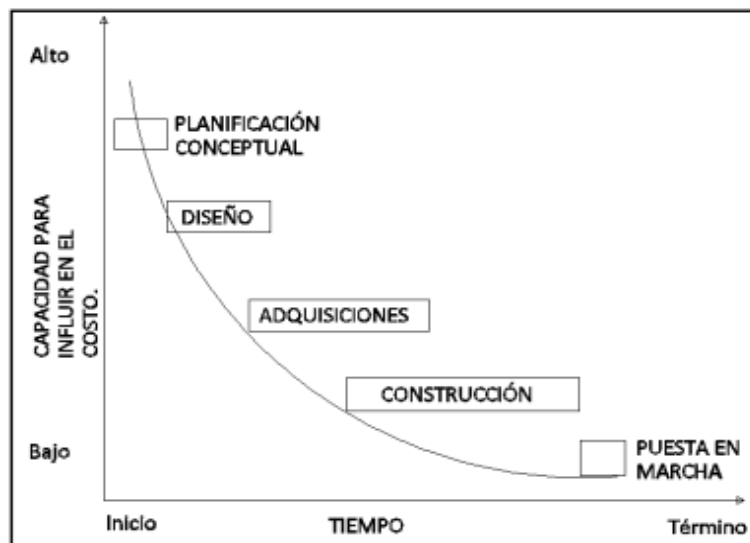


Figura N° 46 - Capacidad de influir en el costo final de un proyecto, a lo largo de su ciclo de vida; Fuente: Administración de Operaciones de Construcción; Alredo Serpell B. (2002).

Con todo lo expuesto, podemos decir que, el estudio previo y el análisis de los distintos procesos que se llevaran a cabo en obra, son de vital importancia para evitar imprevistos y lograr solucionarlos con efectividad si ocurrieran. Asimismo, cómo se observa en la figura 46, la etapa de planificación es la que tiene mayor incidencia en el costo del proyecto.

## **7. Algunas Consideraciones para la Planificación de las Etapas Subsiguientes en el Proyecto Housing de Miradores**

Teniendo en cuenta lo desarrollado en el punto 5.3, respecto del seguimiento y control de obra, y las observaciones respecto de la variación registrada en la duración para las tareas de la primera etapa prevista en el plan de avance original y la duración verificada en obra, se puede argumentar que hay ciertos aspectos que sería conveniente considerar para el diseño del plan de avance de las etapas subsiguientes del proyecto Housing de Miradores, tales como:

- La dependencia de tareas
- Parámetros de rendimientos reales relevados en obra
- Pautas para optimizar la productividad
- Pautas para mejorar la constructibilidad

### **7.1 Dependencia de tareas**

Dada la complejidad del proyecto Housing de Miradores, el cual consiste en un gran número de tareas a cargo de un gran número de operadores, resulta de suma importancia conocer la secuencia de las tareas según el Método de Camino Crítico (CPM), como así también la holgura de cada una de ellas. Esto es esencial para poder asignar la mano de obra y los recursos en obra de manera global.

Para esto se propone la realización de un diagrama de tipo CPM, determinando la ruta crítica, y la mejor manera de distribuir los recursos disponibles en el proyecto para las etapas subsiguientes del mismo. A modo de ejemplo, en el plan de avance inicial, se observó que no se consideró la dependencia de tareas entre el enyesado y la confección de la cubierta.

### **7.2 Parámetros de rendimientos reales, relevados en obra**

Durante esta primera etapa del proyecto, no se contaba con parámetros de medidas de duración de tareas verificadas en obra, lo que, como se dijo anteriormente, podría explicar el desfasaje de duración en las tareas previstas en la planificación y las medidas de duración que posteriormente se relevaran en obra (ver Tabla 7). Con lo cual, se estima prudente, que, para las etapas subsiguientes, se planifique con las medidas de duración de las tareas relevadas efectivamente en obra, ya que la planificación debe brindar un marco de referencia efectivo para el seguimiento y control de la obra.

### **7.3 Pautas para optimizar la productividad**

Como se ha dicho, esta primera etapa en el desarrollo del proyecto Housing de Miradores ha operado a manera de experimentación con el nuevo material en el marco de un sistema de construcción tradicional, por lo que resulta de interés

el análisis de cada una de las operaciones realizadas con el mismo, guardando registro de las prácticas constructivas que resultaron más eficientes. Esto servirá no solo para una mejor planificación sino para una mayor productividad con el nuevo material. Por ejemplo, pudo verificarse que en la etapa inicial de la colocación de los paneles EMMEDUE, resulta de radical importancia que se ponga especial atención a la plomada y la escuadra; esto evitará la necesidad de cargar adicionalmente con revoque estructural superando los 3 cm de espesor recomendados. Otro ejemplo podría ser la sistematización en las tareas de limpieza de las herramientas de proyección, lo cual evitará retrasos en el cronograma, como también un mejor funcionamiento de las mismas. En relación a las herramientas, es importante comprobar también cuáles son las de mayor rendimiento para las diferentes tareas, como cortar paneles, proyectar, izar mezclas, entre otras.

Como se dijo, durante esta primera etapa, la realización de las tareas sirvió para experimentar el material y determinar los métodos y/o herramientas más productivas en el trabajo con el sistema EMMEDUE; a seguir:

1) Corte de paneles:

En el corte de paneles, se observó que algunos operarios utilizaban amoladoras para el corte de ambos la malla y poliestireno, mientras que otros utilizaban la cizalla corta, para la malla y, posteriormente, se cortaba el panel con cuchillos de la marca Durlock. Entre estas dos opciones, resulta de mayor rapidez el uso de la amoladora; sin embargo, resulta más conveniente el uso de la cizalla y cuchilla para el corte de paneles, por el hecho de ser más seguro además de ser más versátil y poder utilizarse sin necesidad de conexión eléctrica.

2) Armado de losa:

En el armado de losa se probaron ambos métodos, ejecutar el contrapiso antes y o después del armado de la losa. Se observó que el método de mayor productividad para trabajar con este material era el método de armado de losa previo confeccionamiento del contrapiso. Esto es así ya que, sin la existencia del contrapiso, las cañerías de las instalaciones quedaban expuestas.

3) Hormigonado de escalera:

Con respecto al hormigonado de la escalera, la mano de obra de EDISUR S.A. trabajó el hormigonado de la escalera de manera conjunta con el llenado de la capa de compresión de la losa, mientras que el contratista procedía al llenado de la escalera posteriormente al hormigonado de la losa. Se observó que es de mayor conveniencia hacer el llenado de forma conjunta, ya que, además de ser más productivo y eficiente, se asegura el monolitismo entre la escalera y la capa de compresión.

4) Tipo de puntales a utilizar:

Para el armado de la losa se utilizaron en obra ambos tipos de puntales, puntales Acro y de madera, resultando mucho más convenientes los puntales “Acro” por la capacidad que tienen éstos de ajustar su altura, lo que permitía una rápida corrección del fondo de losa a la hora de su verificación.

5) Tipo de maquinaria de proyección de mezcla:

Las maquinarias de proyección pueden ser continua por vía húmeda; continua por vía seca y/o discontinuas por vía húmeda (figura 47).



*Figura N° 47 - Prueba de maquinaria ofrecida por Weber y continua por vía.*

Las máquinas de proyección continua demostraron tener un gran potencial de mejorar la productividad de la obra por su rapidez de operación, por lo cual se analizó reemplazar las palas de proyección discontinua por las de proyección continua. Algunas de las que se probaron fueron:

**Máquina para proyectar M-Tec Duo Mix Plus:** Esta es una máquina de impulsión continua por vía seca, únicamente utilizable con mezcla proyectable certificada. Esta máquina fue ofrecida por la marca Weber, razón por la cual, se debía utilizar un mortero estructural de dicha marca (figura 48).





Figura N° 48 - Máquina Mtec Duo Mix Plus.

Se dice que esta máquina es por vía seca ya que se utiliza con mezcla en seco, y la maquinaria realizaba automáticamente el preparado y mezclado con agua. Posteriormente, la mezcla lista era proyectada por una bomba.

El equipo es de alto rendimiento, con buena terminación y fácil utilización. Sin embargo, para los efectos de este proyecto, su costo de uso resultaba elevado ya que se debía usar con mezcla exclusiva de la firma Weber. La empresa, además del alto costo aludido, tenía ya un inventario para la preparación de mortero estructural para las palas de proyección discontinua, por lo que se decidió no incorporarla.

**Maquinaria de proyección continua Turbosol:** La maquinaria Turbosol es de proyección continua por vía húmeda, ya que la mezcla está preparada antes de su introducción en la máquina, habiendo pasado por una zaranda propia de la máquina. Esta máquina y su uso son menos costosos que la M-Tec Duo Mix Plus, y se observó buen rendimiento para el proyectado en planta alta, específicamente en la parte exterior (figura 49).



Figura N° 49 - Operarios proyectando cara externa de vivienda con maquinaria Turbosol.

Se procedió a medir el rendimiento de una cuadrilla de 6 personas en planta alta, un oficial para la proyección del material y manipulación de la manguera; dos medios oficiales para el control del estado de la misma y para la terminación con la regla. Además, dos ayudantes para la preparación de la mezcla y su incorporación al equipo. Luego de una semana, cuando los operarios adoptaron cierta práctica, se pasó a una cuadrilla de 4 personas. Los resultados obtenidos fueron los que se observan en la Tabla 8:

SEGUIMIENTO DE TAREAS - Proyectado con Turbosol									
OBRA: Housing de Miradores II Etapa I									
		Cap. Esp	Oficial Esp	Oficiales	Med Of	Ayudante	Maquina	Area proyectada total (m2)	Area proyectada por día (m2)
Semana 1	3-jun	-	-	1	2	2	1	74,53	74,53
	4-jun			1	2	2	1	96,83	22,30
	5-jun			1	2	2	1	128,27	31,44
	6-jun			1	2	2	1	157,70	29,43
	7-jun			1	2	2	1	183,08	25,38
Semana 2	10-jun	-	-	1	2	2	1	205,99	22,91
	11-jun							240,40	34,41
	12-jun								
	13-jun								
	14-jun								
								Promedio (m2)	27,64
								Promedio por operario (m2)	4,61

Tabla 8 - Seguimiento de operación de Turbosol; Fuente: Elaboración propia

En la Tabla se observa que los días 5 y 11 de junio fueron los días en los que se obtuvo la mayor área proyectada por día; esto se debió a que se proyectaron paredes exteriores de gran extensión, donde se obtiene un mejor rendimiento de la maquinaria. Un aspecto a tener en cuenta, es que el equipo Turbosol debe utilizarse de manera continua, es decir, no se puede interrumpir su uso; si esto ocurriera, se hace necesario limpiar el mecanismo para reiniciarlo, lo que requiere de personal capacitado.

Respecto del rendimiento de este equipo, su utilización en planta alta alcanzó un rendimiento de 28,00 m<sup>2</sup> por día aproximadamente. Por otro lado, con las palas de proyección discontinúa se obtuvo un rendimiento de 18,00 m<sup>2</sup> por día. De esta manera, se observa una amplia diferencia en el rendimiento de estos equipos, lo que impacta en la duración de la tarea de proyectado si consideramos, por ejemplo, el proyectado para una de las tipologías, con un área total a proyectar en planta alta de 377,29 m<sup>2</sup> (Tabla 9):

	Comparación de máquinas	
	Pala de proyección discontinua	Máquina de proyección continua Turbosol
Rendimiento (m2/día)	18	28
Area a proyectar (m2)	377,29	
Duración (días)	20	13

Tabla 9 - Comparación entre Pala de proyección discontinua y Turbosol; Fuente: Elaboración propia

## 7.4 Pautas para optimizar la constructibilidad

En esta primera etapa de experimentación con el sistema EMMEDUE, surgieron una serie de imprevistos por falta de experiencia con el material y/o equipos para la construcción de algunos elementos de las viviendas. A medida que se avanzó en esta etapa del proyecto, fue necesario ir tomando las decisiones que dieran respuesta a estos imprevistos en el marco de la adopción de este material innovador en procesos de construcción más tradicionales. A manera de ejemplo, durante la construcción de la escalera se presentaron ciertos problemas de constructibilidad a la hora de materializarla.

En la construcción de las primeras escaleras, se observó que una de las partes inferiores de la misma no podía ser proyectada por el simple hecho de no haber espacio para ingresar con el equipo de proyección, por lo que debió realizarse un corte en el panel del baño ubicado debajo de la escalera para permitir el ingreso del operario y realizar el impulsado (figura 50).

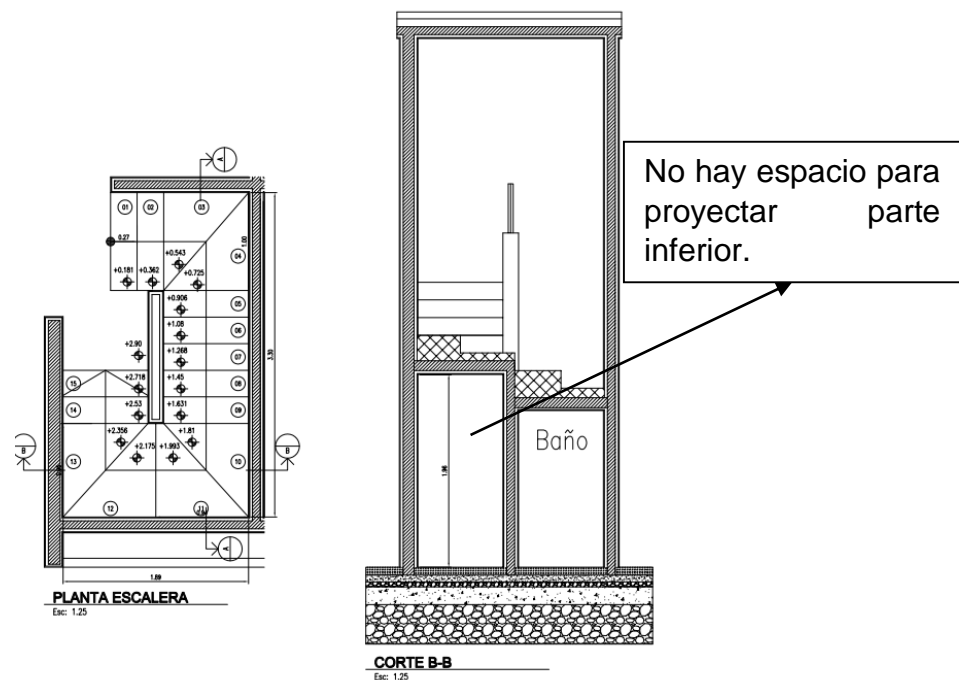


Figura N° 50 - Corte de la falta de espacio para proyectar escalera.

De la misma manera en que la parte inferior de las escaleras no pudo ser proyectada por falta de espacio para el equipo de proyección, el descanso inicial de las escaleras, originalmente planteado con paneles, debió ser rellenado con hormigón durante el hormigonado de losa por falta de espacio para el ingreso del equipo de proyección.

## 8. Estandarización e industrialización en la construcción

Dado los beneficios que ofrece el sistema EMMEDUE, analizados anteriormente, podemos decir que la industrialización del mismo en el proyecto, podría traer beneficios en términos de eficiencia, eficacia y productividad. Existe un gran potencial de estandarización de este sistema mediante la definición y seguimiento de lineamientos básicos en el proceso de construcción de las viviendas. A pesar de que el sector de la construcción es todavía conservador, resistente a los cambios, y de que la construcción depende de la mano de obra generalmente no entrenada, se pueden considerar estrategias que permitan establecer una secuencia constructiva clara, con el fin de optimizar la utilización del material, evitando la pérdida de calidad de las unidades.

En su obra *Diseño e Organizaciones Eficientes*, Mintzberg (1991) plantea que, a medida que la organización se vuelve más compleja:

[...] cinco mecanismos coordinadores parecen explicar las maneras fundamentales en que las organizaciones coordinen su trabajo: ajuste mutuo, supervisión directa, estandarización de procesos de trabajo, estandarización de producciones de trabajo y estandarización de destreza de trabajadores. Estos deben ser considerados los elementos básicos de la estructura de las organizaciones (pág. 7).

En este fragmento Mintzberg elabora acerca de estos mecanismos y en líneas generales, plantea que:

- **Ajuste mutuo:** Es la comunicación informal entre trabajadores, la que permite la coordinación del trabajo.
- **Supervisión directa:** Es la coordinación que se basa en que una persona tome la responsabilidad por el trabajo de otras, emitiendo instrucciones y supervisando acciones.
- **Estandarización de procesos de trabajo:** Se refiere a la especificación o programación de los contenidos del trabajo, por ejemplo, herramientas a utilizar para las distintas tareas.
- **Estandarización de producciones de trabajo:** Esta se refiere a la especificación del resultado del trabajo, por ejemplo, dimensiones del mismo.
- **Estandarización de la destreza de los trabajadores:** Este mecanismo se refiere a la especificación del tipo de capacitación que se requiere para efectuar el trabajo.

Como se pudo ver anteriormente, Mintzberg plantea el ajuste mutuo, la supervisión directa y la estandarización de la destreza de los trabajadores en un proceso de producción que se va complejizando, como en su ejemplo de una fábrica de cerámicos. Sin embargo, dada la complejidad del proyecto Housing

de Miradores en número de viviendas a confeccionar y número de operarios en la obra, la estandarización de procesos, resultados y mano de obra se plantea como una necesidad para la optimización del aprovechamiento de este material innovador en la construcción.

### 8.1 Capacitación de los trabajadores

Respecto de la capacitación de los trabajadores en diferentes organizaciones, en el análisis de la capacitación de los operarios en el proceso de construcción de las viviendas en Housing de Miradores, se combinan los tres mecanismos de coordinación: ajuste mutuo, supervisión directa y estandarización de la destreza de los trabajadores, ya que la obra que analizamos implica los más altos niveles de complejidad dadas las dimensiones del proyecto y el número de operarios involucrados.

Como se dijo, el ajuste mutuo es la comunicación informal entre los operarios, lo que se da entre los trabajadores de las distintas cuadrillas en cada una de las unidades (figura 51). Entre ellos surgen correcciones y señalamiento de errores. Para que el ajuste mutuo sea efectivo, se recomienda la capacitación previa del operario respecto del material y su uso, como así también, posibles problemas en su utilización y montaje. Se recomienda que esta capacitación sea llevada a cabo en equipos por supervisores, que luego acompañaran a las cuadrillas para la optimización del proceso, y para que la identificación de problemas pueda informarse de operario en operario, en esta comunicación, que el autor llama informal, y que, por otro lado, es la que se da mayormente en la obra.

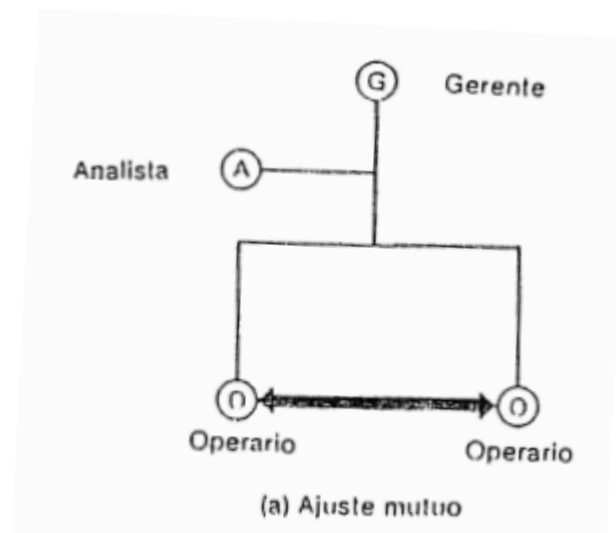


Figura N° 51 - Ajuste mutuo; Fuente: *Diseño de Organizaciones Eficientes*; Mintzberg, (1991).

Por su parte, la supervisión se logra a través de uno o varios capataces o especialistas, quienes puedan garantizar las buenas prácticas en las distintas operaciones, controlando y supervisando el trabajo. Es importante que el capataz tenga conocimiento acabado sobre el sistema constructivo EMMEDUE,



y que pueda identificar y definir puntos críticos en los que se deba aplicar controles estrictos, como pueden ser:

<b>Etapas Críticas de control</b>
Panelizado PB
Instalaciones PB
Proyectado PB
Armado de losa PA
Llenado de capa de compresión
Panelizado PA
Instalaciones PA
Proyectado PA
Armado de losa azotea

*Tabla 10 – Etapas críticas de control*

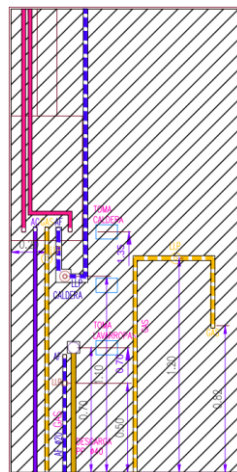
Durante el transcurso de la práctica supervisada en Housing de Miradores, se observó que el seguimiento de las etapas críticas de control en la Tabla 10, requerirían una mayor supervisión y control que garantizaran la efectiva conclusión de dichas etapas. El seguimiento de estas etapas contribuiría a garantizar el cumplimiento del camino crítico (ver figura 45).

## 8.2 Estandarización de procesos del trabajo

Este mecanismo coordinador podría mejorar la eficiencia con la que se concretan las distintas operaciones del sistema EMMEDUE. Se sugiere estandarizar algunas de las tareas que componen las operaciones en obra para garantizar resultados uniformes entre las distintas unidades. Por ejemplo:

1. Utilizar plantillas guía estandarizadas para las instalaciones

Debido a las repetidas correcciones realizadas durante el transcurso de la práctica supervisada con respecto a las instalaciones, se sugiere el uso de plantillas que estandaricen la tarea (figura 52), para acelerar el proceso de instalación, y para asegurar la correcta disposición de las mismas.



*Figura N° 52 - Plantilla estandarizada para instalaciones en caldera.*

En la figura 52, se representa una plantilla para la disposición de cañerías en la caldera. Utilizando una mocheta cercana como referencia, se utiliza esta plantilla para garantizar la correcta colocación de las mismas.

## 2. Considerar el uso de paneles de escaleras

Durante la práctica, se observaron algunos problemas en la confección de escaleras, donde, en algunos casos, se comprometía el replanteo de los ambientes. El uso del módulo de escalera (figura 53) podría acelerar el proceso de construcción, evitando problemas asociados al replanteo de las mismas y de los espacios asociados.



Figura N° 53 - Módulo de escalera.

### 8.3 Estandarización de producciones de trabajo

La calidad del trabajo en el sistema, utilizando el sistema EMMEDUE, se determina teniendo en cuenta varios aspectos, entre los que podemos mencionar: El plomo y la escuadra de los muros, las medidas de los ambientes, la cantidad de hormigón proyectado. Podrían definirse maneras estandarizadas de control para verificar los resultados, y corroborar a su efectiva ejecución evitando inconvenientes; por ejemplo:

#### 1. Determinar puntos de referencia para control

Se observó durante el transcurso de la práctica supervisada, que solo en algunas viviendas, y dependiendo de la cuadrilla, se definía el nivel metro utilizando la chocla. El nivel metro es el nivel de referencia a un metro del nivel

de piso terminado, siendo esta medida fundamental para definir altimetría en la vivienda. Se recomienda la sistematización del uso de la chocla para determinar el nivel metro en todas las unidades, como así también los ejes de replanteo, por todas las cuadrillas, lo que garantiza la uniformidad en el control.

## 2. Utilizar instrumentos de medición estandarizados

Diseñados específicamente para controlar diferentes medidas en la construcción de las unidades, la utilización por parte de todas las cuadrillas de instrumentos de medición estandarizados, también garantizan la uniformidad en la conclusión y en el control de las tareas de construcción. Por ejemplo, la utilización de una varilla reglada cuya medida sea la de la altura del fondo de losa, podría reemplazar la utilización de un nivel laser para la toma de medidas del mismo, simplificando el procedimiento.

## 9. Conclusiones

A modo de conclusión, en el presente informe se puede decir que se ha dado cumplimiento a los objetivos generales y específicos planteados para esta práctica supervisada. De esta manera, y para el análisis de la utilización del material constructivo de paneles de poliestireno de la marca italiana EMMEDUE empleado en el marco de un sistema constructivo tradicional del proyecto de viviendas Housing de Miradores del Grupo EDISUR S.A., se estudiaron las características técnicas de este material constructivo innovador; se analizó el plan de avance propuesto para la primera etapa en la planificación del proyecto Housing de Miradores; se analizaron e interpretaron los planos, informes y antecedentes de la obra; se comparó el plan de avance propuesto con el avance que se verificó en obra, y se identificaron las operaciones de mayor importancia que constituyen el camino crítico del proyecto.

En la situación actual, en la que el rubro de la construcción está en un proceso de transición entre sistemas tradicionales y nuevos sistemas constructivos, resulta de interés analizar las experiencias en obra con nuevos materiales y tecnologías. Como se dijo anteriormente, el ámbito constructivo en nuestro medio tiende a ser conservador y a mantener lineamientos tradicionales que han demostrado tener buenos resultados, por lo que es difícil introducir cambios. En el desarrollo de esta práctica supervisada, que se correspondió con el proceso de desarrollo de la primera etapa del proyecto de construcción Housing de Miradores, se asistió a la utilización y experimentación con el sistema de paneles EMMEDUE, donde se incorporó este material innovador en procesos de operación tradicional en la construcción de viviendas.

Durante la práctica, se observaron algunos inconvenientes en el uso del material, por lo que los resultados obtenidos no siempre eran los esperados o especificados por el fabricante, lo que podría explicar el desfase entre lo planificado y lo realmente ejecutado en obra. Si bien el sistema constructivo admite soluciones combinadas, este tiene sus limitaciones, por lo que es

importante tener en cuenta que, para la optimización de los resultados, se deben utilizar metodologías que requieren de capacitación previa de los operadores y de supervisión, como así también del uso de herramientas específicas y de accesorios que mejoren la aptitud constructiva de las unidades.

Asimismo, la planificación de proyectos de construcción que incluyan nuevos materiales requiere de especificaciones en el uso de los mismos y en la duración de las tareas para su empleo sugeridas de la experiencia con su uso, y de la necesaria retroalimentación por parte de los operadores y profesionales en mesas de trabajo, donde se discutan estrategias y métodos para optimizar las operaciones en proyecto, como así también la necesidad de estandarizar los procesos.

Por último, como conclusión personal, se puede decir que se han cumplido los objetivos personales mediante el transcurso de la práctica supervisada. En primer lugar, se pudo ver la importancia que tiene la vivencia de experiencias en obra, realizando un permanente seguimiento y control en las actividades, lo que se tradujo en un proceso constante de aprendizaje. Se pudo contemplar que los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera son de gran importancia para el entendimiento general y el análisis de los procesos constructivos.

## BIBLIOGRAFÍA

CHANDÍAS, Mario E y RAMOS, José Martín. Cómputos y presupuestos: manual para la construcción de edificios con computación aplicada. 26a ed. Buenos Aires: Alsina, 2010.

MINTZBERG, Henry. Diseño de Organizaciones Eficientes Segunda reimpresión. Buenos Aires: El Ateneo, 1991.

LOYOLA, Mauricio y GOLDSACK, Luis. Constructividad y Arquitectura. 1ra edición. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 2010.

SERPELL, Alfredo . Administración de operaciones de construcción 2<sup>da</sup> edición. Alfaomega. Ediciones universidad católica de Chile.

Apuntes y trabajos prácticos confeccionados por el autor de este informe a lo largo de la carrera Ingeniería Civil.

Tecnología de los materiales (2014). Selección bibliográfica. Carrera de Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.

Manual técnico EMMEDUE. <http://www.norte.uni.edu.ni/doc/noticias/Manual-Tecnico-EMMEDUE-M2-RFinal.pdf>

Páginas web: 17/7/19

- [http://www.esc.civil.efn.uncor.edu/?page\\_id=61](http://www.esc.civil.efn.uncor.edu/?page_id=61)
- <https://www.grupoedisur.com.ar/web/es/>
- <https://www.mdue.it/es/sistema-constructivo/>
- <https://www.google.com.ar/maps/place/Córdoba/>
- <https://www.pisos.com/aldia/el-reto-de-la-industrializacion-en-la-construccion/1626709/>



## ANEXO

A continuación, se adjuntan imágenes del obrador:



*1 - Oficina técnica en obrador.*



*2 - Mesa de doblado de barras de acero.*



3 - Almacenaje de barras de acero, aditivos y disposición de baños para trabajadores.



4 - Pañol para almacenaje de herramientas y piezas de instalaciones.





5 - Entrada al obrador, casilla de seguridad.



6 - Almacenaje de paneles.



*7 - Espacio para descanso de trabajadores con estacionamiento de motocicletas.*

