

Montevideo, Uruguay

2024



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Universidad de la República

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo

Maestría en Construcción de Obras de Arquitectura

TESIS DE MAESTRÍA

***MODELO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS
EMPRESAS, CON BASE EN LA GESTIÓN VISUAL.***

*Con apoyo de herramientas de los modelos de Last Planner System y Location
Based Management System.*

Autor: MARIANA MORALES BLANCO

**MODELO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS
EMPRESAS, CON BASE EN LA GESTIÓN VISUAL.**

*Con apoyo de herramientas de los modelos de Last Planner System y Location
Based Management System.*

Tesis de Maestría presentada al Programa de
Posgrado Maestría en Construcción de Obras de
Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Diseño y
Urbanismo de la Universidad de la República,
como parte de los requisitos necesarios para la
obtención del título de Magíster.

Montevideo 2024

Morales Blanco, Mariana

Modelo de planificación y control para pequeñas y medianas empresas, con base en la gestión visual.

Con apoyo de herramientas de los modelos de Last Planner System y Location Based Management System. /

Mariana Morales Blanco. Montevideo, Universidad de la República, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, 2024.

129p; 29,7 cm.

Tutor: Dr. Carlos Torres Formoso

Co tutor: Dra. Daniela Dietz Viana

Tesis de Maestría – Universidad de la República, Maestría en Construcción de Obras de Arquitectura, 2024.

Referencias bibliográficas p. 116-121.

1. Last Planner, 2. Planificación basada en localización, 3. Gestión Visual, 4. Colaboración, 5. Paneles visuales, Carlos Torres Formoso. II. Universidad de la República, Programa de Posgrado Maestría en Construcción de Obras de Arquitectura. III. Modelo de planificación y control para pequeñas y medianas empresas, con base en la gestión visual .

Con apoyo de herramientas de los modelos de Last Planner System y Location Based Management System.

MARIANA MORALES BLANCO

**MODELO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS
EMPRESAS, CON BASE EN LA GESTIÓN VISUAL.**

*Con apoyo de herramientas de los modelos de Last Planner
System y Location Based Management System.*

Prof. Carlos Torres Formoso

Ph.D. Universidad de Salford, Reino Unido

Tutor

Prof. Daniela Dietz Viana

Doctora en la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Brasil

Co-tutora

BANCA EXAMINADORA

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor, profesor PhD Carlos Torres Formoso, por su enorme dedicación y paciencia durante todos estos años de proceso. Por sobre todo, por contribuir a mi desarrollo no solo académico sino también profesional que me permitió poder trabajar hoy en día en esto que me apasiona. Ha sido un verdadero privilegio transitar este camino junto a él y formar parte del grupo de estudiantes de la UFRGS. También agradecer a la Prof. Dr. Daniela Viana por su apoyo y conocimiento compartido, que ha enriquecido mi proceso de aprendizaje.

Agradezco también a mi antiguo trabajo, la empresa constructora que me permitió desarrollar el estudio empírico, por la confianza y disposición en la implementación de las distintas herramientas que fueron surgiendo como parte del proceso.

Y por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mi familia por su constante apoyo y aliento a lo largo de este viaje. Sin su respaldo, no habría sido posible llegar hasta aquí.

*Me enseñaron que el camino del progreso no es ni rápido ni fácil
Hay que perseverar y, sobre todo, tener confianza en uno mismo
Marie Curie*

RESUMEN

MORALES, Mariana. **La Gestión visual como herramienta para la planificación de obras en pequeñas y medianas empresas.** Con apoyo de herramientas de los modelos de Last Planner System y Location Based Management System. 2023. Tesis (Maestría en Construcción de Obras de Arquitectura). Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU), Universidad de la República (UdelaR), Montevideo, Uruguay.

La gestión visual es una herramienta fundamental para coordinar tareas interdependientes y múltiples partes interesadas en diversos campos, incluida la industria de la construcción. Este estudio examina la aplicación sistemática de la gestión visual en la planificación y control de proyectos de construcción, destacando su papel en mejorar la coherencia entre los niveles de planificación jerárquicos y promover la colaboración, comunicación y motivación entre todas las partes involucradas. Esta tesis tiene como objetivo desarrollar un modelo de planificación y control adaptado para pequeñas y medianas empresas, integrando modelos de planificación y control basados en la filosofía Lean (Last Planner System y Location Based Management System), implementado con el apoyo de la gestión visual. El propósito principal de este modelo es crear un soporte para la participación y colaboración de los empleados en los procesos de planificación y control a través de la gestión visual. Como objetivos secundarios se busca establecer pautas para el diseño de dispositivos visuales, para facilitar la visualización de métricas, procesos y control de estatus de la obra.

Palabras clave: Last Planner, Planificación basada en localización, Gestión Visual, Colaboración, Paneles visuales

ABSTRACT

Visual management is a fundamental tool for coordinating interdependent tasks and multiple stakeholders in various fields, including the construction industry. This study examines the systematic application of visual management in the planning and control of construction projects, highlighting its role in enhancing coherence between hierarchical planning levels and promoting collaboration, communication, and motivation among all parties involved. The aim of this dissertation is to develop a planning and control model for small and medium-sized enterprises, integrating Lean philosophy-based planning and control models (such as the Last Planner System and Location Based Management System), implemented with the support of visual management. The primary purpose of this model is to provide support for employee participation and collaboration in planning and control processes through visual management. Secondary objectives include establishing guidelines for the design of visual devices to facilitate the visualization of metrics, processes, and site status control.

Key words: Last Planner System, Location Based Planning, Visual Management, Collaboration, Dashboards.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Cantidad de empresas en la construcción por tamaño por año	15
Figura 2 Relaciones entre las características de los STS complejos	24
Figura 3 Ciclo de planificación y control.....	26
Figura 4 Ciclo de planificación y control Last Planner System	29
Figura 5 Inclusión de buffers en la planificación	32
Figura 6 Pasos para el proceso de TTP	34
Figura 7 Etapas de implementación de G.V.	43
Figura 8 Ciclo de aprendizaje investigación-acción.....	49
Figura 9 Diseño de investigación.....	51
Figura 10 Organigrama de la empresa	52
Figura 11 Imágenes del emprendimiento	53
Figura 12 Planta tipo de emprendimiento	54
Figura 13 Etapas de caso empírico.....	55
Figura 14 División de la planta en lotes	62
Figura 15 Distribución de actividades	63
Figura 16 Tiempos de ciclo por lote	64
Figura 17 Ejemplos de dispositivos visuales 1ra etapa	65
Figura 18 Diagrama de precedencias	70
Figura 19 Método de líneas de balance etapa Albañilería.....	71
Figura 20 Planilla de seguimiento de restricciones.....	73
Figura 21 Evaluación de remoción de restricciones.....	74
Figura 22 Líneas de flujo de las actividades	75
Figura 23 Reuniones de planificación.....	77
Figura 24 Planificación semanal (corto plazo).....	79
Figura 25 Prototipo inicial de panel visual	81
Figura 26 Panel visual táctico (PVT)	82
Figura 27 Panel visual operativo (PVO).....	84
Figura 28 Etapas del modelo de proceso y de implementación	91
Figura 29 Esquema detallado del modelo.....	93
Figura 30 Interacción de paneles visuales.....	98
Figura 31 Clasificación de dispositivos visuales según horizontes temporales.....	100
Figura 32 Evolución en la implementación de dispositivos visuales en el estudio empírico	101
Figura 33 Pautas de colaboración	102
Figura 34 Roles de los colaboradores.....	103
Figura 35 Componentes de panel visual estudio empírico	106
Figura 36 Elaboración directrices	107

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de escala de empresas.....	16
Tabla 2 Análisis de constructos de colaboración en cada modelo de planificación	36
Tabla 3 Modelo de check list evaluación	56
Tabla 4 Criterios de evaluación del artefacto	59
Tabla 5 Evaluación inicial de la empresa.....	61
Tabla 6 Instancias de capacitación LPS	66
Tabla 7 Reuniones de planificación estratégica	69
Tabla 8 Reuniones de planificación Lookahead	73
Tabla 9 Reuniones de planificación semanal	78
Tabla 10 Causales de restricciones incumplidas	88
Tabla 11 Herramientas visuales utilizadas	90
Tabla 12 Directrices del PCP.....	108
Tabla 13 Contribuciones del modelo	111

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfico 1 Descenso de tiempo de ciclo en losas de HA	67
Gráfico 2 Pareto de restricciones no removidas	76
Gráfico 3 Evolución del PPC	86

LISTA DE ABREVIATURAS

ADR- *Action Design Research*

CCU- Cámara de la construcción del Uruguay

CCEIC- Centro de estudios económicos de la industria de la construcción

CPM – *Critical Path Method- Método del camino crítico*

DSR – *Design Science Research*

IRR – *Índice de remoción de restricciones*

KPI- Key performance indicator

PCP – *Planificación y control de la producción*

PPC – *Porcentaje de paquetes completados*

PYME- *Pequeñas y medianas empresas*

LBPC– *Location-Based planning and control- Planificación basada en localización*

LC- *Lean Construction*

LP – *Lean Production*

LOB- *Line of Balance- Línea de balance*

LPS–*Last Planner System*

TTP- *Takt Takt Planning*

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN:	15
1.1. CONTEXTO.....	15
1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	20
1.4. OBJETIVOS	21
1.5. LIMITACIONES.....	21
1.6. ESTRUCTURA DEL TRABAJO	22
2. GESTIÓN DE PRODUCCIÓN EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.	23
2.1. LEAN CONSTRUCTION Y SISTEMAS SOCIOTECNICOS COMPLEJOS.....	23
2.2. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN.....	26
2.2.1. LAST PLANNER SYSTEM	27
2.2.2. PLANIFICACIÓN BASADA EN LOCALIZACIÓN.....	30
2.2.3. LA COLABORACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN	34
3. GESTIÓN VISUAL EN LA CONSTRUCCIÓN	37
3.1. PRINCIPIO DE TRANSPARENCIA DE PROCESOS	37
3.2. LA GESTIÓN VISUAL.....	39
3.3. LA GESTIÓN VISUAL EN LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL.....	41
3.4. DISPOSITIVOS VISUALES	42
3.4.1. <i>DASHBOARDS</i>	44
4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	47
4.1. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN.....	47
4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:	50
4.3. DESCRIPCIÓN DE ESTUDIO EMPÍRICO:.....	52
4.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y EL EMPRENDIMIENTO	52
4.3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	54
4.3.2.1. Etapa exploratoria	55
4.3.2.2. Etapa de implementación:.....	56
4.3.2.3. Etapa de refinamiento:.....	57
4.3.3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL ARTEFACTO.....	58
5. ESTUDIO EMPÍRICO	60
5.1. ETAPA 1: Estudio exploratorio.....	60

5.1.1.	Diagnóstico.....	60
5.2.	ETAPA 2: Primera implementación	61
5.2.1.	Primera versión del sistema.....	61
5.2.2.	Propuesta de intervención.	62
5.3.	ETAPA 3: Refinamiento.....	68
5.3.1.	Horizontes de planificación.	68
5.3.2.	Paneles visuales.....	80
5.3.3.	Resultados obtenidos de la segunda etapa	85
6.	MODELO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS.	91
6.1.	Etapas del modelo.....	91
6.1.1.	Definición de horizontes temporales:	94
6.1.2.	Definición del sistema de localización.....	94
6.1.3.	Definición de herramientas visuales.....	95
6.1.3.1.	Descripción de paneles visuales.....	95
6.1.3.2.	Clasificación de paneles visuales	98
6.1.3.3.	Pautas de colaboración	102
6.1.3.4.	Roles de los colaboradores	103
6.2.	Evaluación final de la solución	104
6.2.1.	Utilidad	104
6.2.2.	Aplicabilidad	105
6.2.3.	Contribuciones teóricas	107
6.2.3.1.	Directrices del modelo de PCP.....	107
7.	CONCLUSIONES	113
7.1.	Principales conclusiones	113
7.2.	Recomendaciones para trabajos futuros	114
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
9.	ANEXOS	122

1. INTRODUCCIÓN:

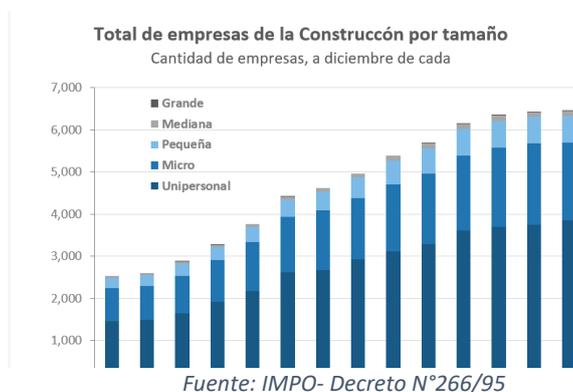
Este capítulo presenta el contexto de la temática escogida, y se busca definir el problema de investigación a raíz de la búsqueda de lagunas de conocimiento en la literatura. Finalmente se plantean las preguntas y los objetivos de la investigación. Por último, se plantean las limitaciones y la estructura del trabajo.

1.1. CONTEXTO

De acuerdo con el informe correspondiente a Marzo 2024 referente a la construcción y el mercado inmobiliario por el boletín Uruguay XXI el sector de la construcción, emplea a unas 84.000 personas y representa 5% del PIB nacional, la construcción representa el 53% de la inversión en la economía del país, de la cual el 70% proviene del sector privado (Uruguay XXI, 2024). Toda acción que promueva una mejor gestión para obtener mejores resultados se traduce en beneficios directos para la economía beneficios directos para la economía nacional.

En Uruguay y la región, las empresas constructoras de mayor porte cuentan con certificaciones de calidad orientadas a cumplir con ciertas normas que garantizan, gestión de calidad, manejo ambiental, seguridad y salud en el trabajo (CCU, 2021). Por otra parte, si analizamos en la Figura 1, la escala de las empresas constructoras predominantes en el contexto local, las pequeñas y medianas empresas ocupan porcentaje importante en la industria de la construcción uruguaya (CCEIC, 2016). La definición formal de pequeñas y medianas empresas (PYME) en el Uruguay fue establecida en los Decretos N° 54/92 y

Figura 1 Cantidad de empresas en la construcción por tamaño por año



N°266/95 y se define en función a la cantidad de personal empleado y el volumen de ventas anuales (ver Tabla 1).

Tabla 1 Clasificación de escala de empresas

TIPO DE EMPRESA	PERSONAL EMPLEADO	VENTAS NETAS ANUALES
MICRO	1 A 4 PERSONAS	UI. 2.000.000
PEQUEÑA	5 A 19 PERSONAS	UI. 10.000.000
MEDIANA	20 A 99 PERSONAS	UI. 75.000.000

Fuente: CECEIC 2016

Uno de los sistemas de planificación y control más relevantes difundidos a nivel mundial, es el método del camino crítico (CPM) (Olivieri.et.al., 2019). Sin embargo, ha sufrido una transformación pasando de ser una forma de gestionar la producción a un método utilizado para controlar contratos y entregables (Koskela.et.al., 2014). A pesar de mantenerse vigente como requisito contractual y ofrecer beneficios referentes al análisis de la ruta crítica, el CPM no es efectivo para el control de la producción. La principal ventaja de este método radica en la familiaridad de los profesionales y en la existencia de las plataformas de software bien establecidas para operacionalizar su uso, además de su aceptación como documento legal (Olivieri et al., 2019).

A lo largo de las últimas décadas, la adaptación e implementación de conceptos referentes a la filosofía Lean ha logrado avances en la planificación y control, principalmente por la diseminación de Last Planner System (LPS) (Ballard & Howell, 1998) y más adelante los sistemas de planificación y control basados en la ubicación (LBPC- Location Based Planning and Control) (Kenley & Seppanen , 2010) que abordan otras variables adicionales a las del Método de Camino Crítico (CPM), como las interferencias entre actividades (Laufer & Tucker, 1987) o las incertidumbres y limitaciones relacionadas con las tareas (Koskela & Howell 2002, Hamzeh et al. 2012).

Uno de los principios Lean centrales, propuestos por (Koskela, 1992) y refinados posteriormente en (Koskela, 2000) es el de aumentar la transparencia de los procesos permitiendo que la información sea visible y comprensible para las partes involucradas. También se puede definir como la capacidad de un proceso de producción (o de sus partes) para comunicarse con las personas y hacer observable el proceso de producción, con el fin de facilitar el control y promover la mejora continua (Formoso.et.al., 2002).

La gestión visual, tal como la define Tezel et al (2015), es una estrategia gerencial que busca integrar conscientemente herramientas visuales en espacios de trabajo con el objetivo de aumentar la transparencia en los sitios de construcción. Los mismos autores afirman que la aplicación de las herramientas visuales facilita el flujo de información, mejorando así la transparencia entre las interfaces de planificación, ejecución y control. Santos (1999) afirma que un proceso alcanza la excelencia en términos de transparencia cuando todos, incluso aquellos con relativamente poco conocimiento técnico, entienden el proceso sin preguntar.

Acorde a Brady (2018), la aplicación sistemática de GV en la planificación y el control de la producción genera múltiples ventajas:

- Facilita la colaboración y la planificación jerárquica con el fin de dirigir, coordinar y comunicar eficazmente entre todas las partes involucradas (Shingo, 1989)
- Apoya la mejora continua con el fin de comprender plenamente las fuentes de errores, identificar mejoras, corregirlas (Laufer & Tucker, 1987; Koskela & Howell, 2002a)
- Desarrolla la confianza y motiva a los participantes en los procesos (Tezel.et.al., 2015).

Las obras de construcción se caracterizan por ser entornos grandes y dinámicos, en los que varios equipos se mueven continuamente, se debe tener en cuenta que el diseño sufre varias modificaciones a lo largo de la obra y la construcción en sí misma puede convertirse en una barrera visual (Formoso.et.al., 2002). Por otra parte, Saurin (2013) define las obras de construcción como sistemas socio técnicos complejos, donde coexisten personas y máquinas en un mismo entorno y establece una serie de prescripciones referentes a dichos sistemas que ponen énfasis en: dar visibilidad a los procesos y resultados, fomentar la diversidad de perspectivas y tomar decisiones. Considerando la complejidad inherente de

las obras de construcción, Fisher (2004) afirma que debe existir un equilibrio entre la capacidad colectiva para establecer conexiones e interdependencias, así como la capacidad de los individuos para desarrollar acciones autónomas y confiar en su desempeño potencial colectivo.

En este contexto, y motivada por la experiencia profesional de la presente investigadora, surge como interés el de indagar en la aplicación de la gestión visual como base para la implementación de un modelo de planificación y control que tenga como referencia Last Planner System y LBPC que permita:

- Aumentar la eficacia de la planificación y control de la producción con base a conceptos y principios Lean;
- Lidiar con la complejidad para mejorar el desempeño y la eficiencia en las obras;
- Promover la colaboración entre las partes a través de la descentralización en la toma de decisiones.

1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Implementar un sistema de planificación y control (distinto al convencional “método del camino crítico”) desde el inicio del proyecto en empresas con un número de empleados reducido y volumen de ventas moderado, en general parece poco probable, por falta de recursos y asesoramiento. Por otra parte, existe la necesidad de mejorar la flexibilidad y la confianza, capacitando a las personas para que comprendan cómo pueden abordar los problemas, en lugar de simplemente hacer cumplir los procedimientos estándar (Laufer, 2009, Viana et al., 2016).

Siendo la colaboración un factor relevante a considerar a la hora de planificar en este tipo de contextos, el medio de comunicación que permita desarrollar un trabajo colaborativo se torna de principal relevancia. Son numerosos los antecedentes de aplicación de Gestión Visual, como abordaje para mejorar la comunicación en obras de construcción: algunos autores, lo vinculan al concepto Lean de transparencia y en consecuencia, a la noción de proceso observable (Bernstein, 2012), pero no es la única opción cuando de esto se trata, Formoso et al. (2002) indican que aplicar este principio en las obras de construcción, puede aportar beneficios directos para el rendimiento de los sistemas de producción, y también

puede utilizarse como apoyo que permite implementar otros principios efectivamente. Tezel (2015) ha clasificado los tipos de dispositivos visuales que se pueden utilizar en las obras de construcción a través de múltiples estudios de casos. Valente (2018) ha propuesto un conjunto de directrices para diseñar e implementar sistemas de gestión visual y una taxonomía de las prácticas de GV de acuerdo con el grado de integración en los procesos gerenciales. Sin embargo, ninguno de estos trabajos enfatiza en la implementación sistemática de la gestión visual como abordaje para la planificación y control.

Brady (2018) propone un modelo de planificación y control (LCM) que aplica una serie de herramientas visuales con el objetivo de facilitar el flujo de información, dicho modelo tiene aportes referentes a la definición de dispositivos visuales asociados a cada etapa de planificación y la vinculación de estos con métricas de evaluación, pero no profundiza en el trabajo colaborativo o en la inclusión de ubicaciones como un elemento clave en la planificación. El control del estatus del sistema es realizado mediante un modelo similar al kanban con tarjetas para cada actividad sin embargo este no se enfoca en el seguimiento de las cuadrillas ni la carga de trabajo por sector.

Vargas (2018) propone un modelo de planificación y control fuertemente basado en la localización y con apoyo de herramientas BIM y realiza un seguimiento de los ritmos y movimientos de cuadrillas, como herramienta de visualización sin embargo no profundiza en otras herramientas visuales.

Trabajos previos como Seppanen y Ballard (2010) han apuntado a la implementación del modelo Last Planner en combinación y comparación con la planificación basada en localización y afirman que las razones de baja fiabilidad en las métricas basadas en ubicación están relacionadas principalmente con el proceso social de uso de la información. LPS se caracteriza por llevar adelante el concepto de planificación *pull* (planificación tirada) que permite que las tareas comiencen solo cuando se han eliminado todas las restricciones (Ballard & Howell, 1998). Sin embargo, la aplicación de la gestión visual como base para la implementación del PCP que combine LPS Y LBPC no ha sido suficientemente explorada en la literatura.

Por lo tanto, surge la necesidad de desarrollar un modelo de planificación y control que permita implementarse a partir de herramientas visuales y promueva la planificación colaborativa, con la utilización del espacio como recurso, y que permita dar soporte a cualquier tipo de empresa independientemente de su escala.

Considerando estos conceptos, se propone vincular un modelo fuertemente basado en la colaboración y en los compromisos del equipo como LPS en conjunto con una planificación basada en localización que busca lograr un flujo ininterrumpido de los equipos de trabajo, todo esto con base en la gestión visual que fomenta la transparencia y la comunicación entre las partes, generando un modelo de planificación y control que se adapte a empresas considerando los recursos disponibles. Dicho modelo se enfoca en la colaboración y participación de los involucrados y la gestión de compromisos entre los participantes. Y plantea las siguientes premisas:

- Descentralizar la gestión, promoviendo la participación de los involucrados, y garantizando la disponibilidad de la información.
- Reducir la variabilidad a través de la generación de lotes reducidos y la coordinación de los equipos.
- Lidar con la complejidad mediante el control visual del status del sistema, regulando el trabajo en progreso.

1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

a) Pregunta principal:

¿Cómo planificar y controlar la producción en pequeñas y medianas empresas a partir de la gestión visual combinando los modelos LPS y LBPC?

b) Pregunta secundaria.

¿Cómo la GV puede promover la descentralización de la gestión y promover la planificación colaborativa?

¿Cómo la GV contribuye para lidiar con la complejidad en la planificación y control de la producción?

1.4. OBJETIVOS

a) Objetivo principal

Generar un modelo de planificación y control para pequeñas y medianas empresas, que combina los modelos LPS Y LBPC, y es basado en la gestión visual.

b) Objetivos específicos

- Proponer estrategias que promuevan la participación y colaboración de los trabajadores en la planificación y control a partir de la gestión visual
- Generar lineamientos para el diseño de dispositivos visuales a partir del concepto de dashboard, donde se puedan visualizar métricas, procesos, flujos y control de status

1.5. LIMITACIONES

La presente investigación toma como objeto de estudio y práctica, una única obra de construcción que corresponde a un edificio de 40 viviendas.

El modelo desarrollado tiene como propósito ser de utilidad y aplicación para múltiples casos de situaciones similares, pero no fueron probados en diversas empresas del ramo.

La presente investigadora formó parte del equipo técnico de dicha empresa por lo que durante la investigación ofició el doble rol de participación como investigadora y arquitecta jefe de obra, lo cual tuvo sus ventajas y desafíos procurando objetividad y visión crítica.

El equipo de trabajo e implementación fue reducido debido a que la empresa no dedicó recursos a la implementación de un sistema de planificación, lo que tuvo como puntos a favor una mayor efectividad en la comunicación e implementación de herramientas, y como desventajas una mayor carga de trabajo para poder llevar los objetivos adelante.

1.6. ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El presente trabajo se estructura en siete capítulos. El primero de ellos corresponde a la introducción donde se detalla el contexto, problema práctico y motivación, alcance y limitaciones del trabajo.

El segundo y tercer capítulo están destinados a la revisión bibliográfica, según los conceptos estudiados: *Lean Construction*, Métodos de planificación y control de obras y por último gestión visual.

El cuarto y quinto capítulo corresponden a la metodología de investigación presentación del caso y análisis de resultados.

El sexto y séptimo capítulo, corresponden a la discusión, principales contribuciones teóricas, conclusiones y sugerencias para futuros trabajos.

2. GESTIÓN DE PRODUCCIÓN EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.

En este capítulo se realizará una revisión bibliográfica comenzando por los sistemas de gestión de producción desde sus orígenes en Japón en las fábricas Toyota hasta la traspolación de los conceptos claves al ámbito de la construcción de obras civiles. Luego se analizarán los diferentes modelos de planificación y control que implementaron los conceptos de producción Lean como Last Planner System y Location Based Planning and Control.

2.1. LEAN CONSTRUCTION Y SISTEMAS SOCIOTECNICOS COMPLEJOS

Lean Construction (LC) es la adaptación al sector de la construcción de la filosofía de producción *Lean Production* (LP) que refiere a una producción magra, sin desperdicios, su aplicación más destacada fue el sistema de producción de Toyota (en la década del 50) cuya premisa principal es la eliminación de stock y otros desperdicios mediante la producción de lotes pequeños, tiempos de preparación reducidos, máquinas semiautónomas, cooperación con proveedores y otras técnicas (Monden 1983, Ohno 1988, Shingo 1989)

A principios de los '90, la nueva filosofía de producción, que se conoce con varios nombres diferentes (fabricación de clase mundial, producción ajustada, nueva filosofía de producción) es el enfoque emergente (Koskela, 1992). Koskela ha definido una serie de requisitos para su implementación:

- a) *El compromiso de la dirección*: Sin una iniciativa activa de la dirección, el cambio se detendrá en todas las barreras naturales
- b) *Centrarse en la mejora medida y procesable*: Los éxitos a corto plazo refuerzan la motivación para seguir mejorando.
- c) *Participación*: La participación de los empleados ocurre naturalmente, cuando se desmantelan las jerarquías organizacionales y la nueva organización se forma con equipos auto- dirigidos.
- d) *Aprendizaje*: el aprendizaje debe estar dirigido a principios, herramientas y técnicas de mejora de proceso.

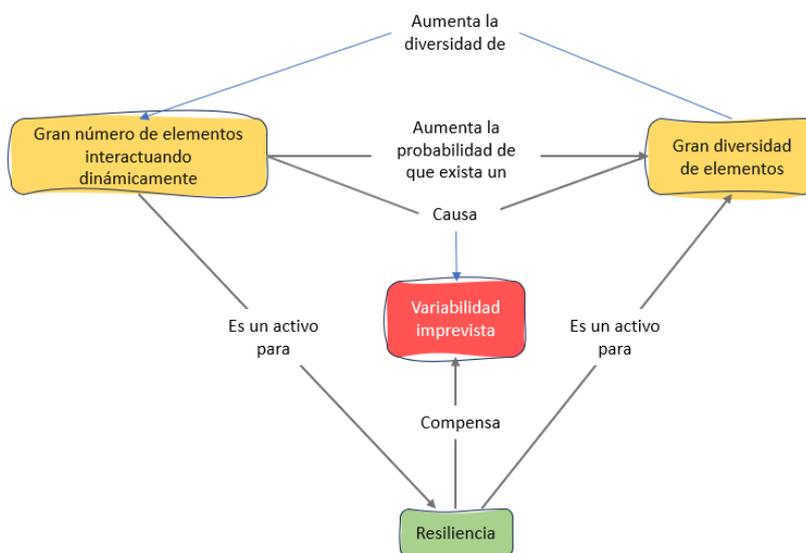
La gestión de proyectos, y de hecho toda la producción, tiene tres tipos de objetivos: en primer lugar, el de producir los productos previstos en general, en segundo lugar, existen

objetivos internos, como la minimización de costes y el nivel de utilización, en tercer lugar, existen metas externas relacionadas con las necesidades del cliente, como calidad, confiabilidad y flexibilidad (Koskela & Howell, 2002).

Saurin & Gonzalez (2013) definen a las obras de construcción como sistemas socio técnicos complejos, partiendo del análisis de la complejidad y establecen cuatro características principales:

- Un gran número de elementos que interactúan dinámicamente, las interacciones pueden ser no lineales, lo que significa que pequeños cambios pueden producir efectos dramáticos.
- Amplia diversidad de elementos, esto tiende a aumentar la variedad.
- Variabilidad imprevista: incertidumbre en la toma de decisiones e interacción con el entorno.
- Resiliencia: es la capacidad de los sistemas para ajustar su funcionamiento antes, durante o después de los cambios y perturbaciones, a modo de que el sistema pueda sostener condiciones esperadas como condiciones inesperadas (Hollangel et al., 2011).

Figura 2 Relaciones entre las características de los STS complejos



Fuente: Adaptado Saurin 2013

Al graficar la interacción entre estas características, es posible visualizar que dos de ellas están asociadas a las propiedades (cantidad y diversidad) de los elementos que conforman el sistema, y los otros dos están vinculados a la forma en la que funciona el sistema: resiliencia y variabilidad imprevista (Saurin & Gonzalez, 2013).

Saurin et al. (2013) realizan un análisis de la compatibilidad en la aplicación de Lean Production en los sistemas socio técnicos complejos (CST) y como resultado establecen una serie de prescripciones para una correcta aplicación: dar visibilidad a los procesos y resultados, fomentar la diversidad de perspectivas al tomar decisiones, anticipar y monitorear el impacto de pequeños cambios, crear un entorno que apoye la resiliencia.

Más adelante, Solimán et al. (2018) afirman que Lean Production puede ser una forma efectiva de equilibrar los atributos de complejidad, ya que los impactos de la misma reducen la complejidad al reducir el número de empleados y por ende la diversidad de comportamientos e interrupciones debido a problemas vinculados a los recursos humanos, pero al mismo tiempo, aumentan la complejidad en lo referido a la frecuencia de interacciones, la diversidad funcional y la resiliencia.

Acorde a Liker (2004) crear un flujo de proceso continuo permite sacar los problemas a la superficie, así como utilizar sistemas pull ayuda a evitar la sobreproducción y nivelar la carga de trabajo, construir una cultura de detenerse para solucionar problemas logra obtener la calidad correcta la primera vez y enfatiza en que las tareas y procesos estandarizados son la base para la mejora continua y el empoderamiento de los empleados.

Hopp & Spearman (2004) identifican beneficios de los *sistemas Pull*:

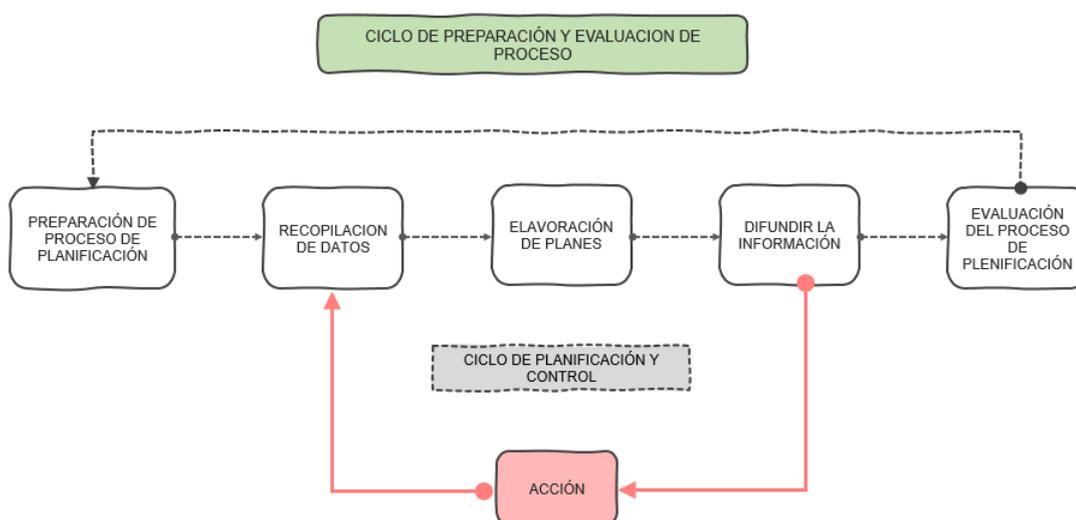
- a) Menos congestión, ya que disminuyen el trabajo en progreso
- b) Mejor control: a menor trabajo en progreso es más sencillo de ser controlado de cerca ya que se puede observar directamente.
 - i. Límite de trabajo en progreso (WIP) ya que es posible la observación directa del proceso.
 - ii. El rendimiento se controla en función a la capacidad y a una tasa de entrada, si esta es menor a la capacidad de la línea entonces el rendimiento es la tasa de entrada.

2.2. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

Laufer y Tucker (1987) afirman que la planificación siempre debe responder a las siguientes preguntas:

- ¿Qué se debe hacer? (Actividades)
- ¿Cómo deben llevarse a cabo las actividades? (Métodos)
- ¿Quién debe realizar cada actividad y con qué medios? (Recursos)
- ¿Cuándo deben realizarse las actividades? (Secuencia y tiempo)

Figura 3 Ciclo de planificación y control



Fuente: Adaptado de Laufer y Tucker (1987)

Formoso et.al. (2001) definen a la planificación y control de la producción como un proceso gerencial, siendo muchas veces confundido con el trabajo aislado de un sector de la empresa o con la simple aplicación de técnicas para la generación de planes, y agrega que es habitual, por ejemplo, preparar con antelación planes de trabajo excesivamente detallados, cuya actualización exige un gran esfuerzo, cuanto mayor sea el período entre la elaboración de un plan y su ejecución, mayor será el nivel de incertidumbre que existe. Hopp, Spearman (2008) afirman que un desafío importante en cualquier sistema de planificación y control es mantener la coherencia entre los diferentes niveles de toma de

decisiones, su eficacia depende de lo bien que coordine los diferentes horizontes de planificación. Laufer y Tucker (1987) afirman que diferentes horizontes de planificación implican distintas frecuencias de planificación, suposiciones de modelado y niveles de detalle y que el principal desafío en cualquier sistema de planificación y control es mantener la coherencia entre los diferentes niveles de toma de decisiones. Ballard, Tommelein (2020) hacen una distinción entre “planificar”, en el sentido de diseñar formas de lograr objetivos, y “controlar”, poniendo los planes en acción para hacer que se logren los objetivos.

2.2.1. LAST PLANNER SYSTEM

El modelo Last Planner System (LPS) fue creado, a principios de la década de 1990, como un sistema para el control de la producción de proyectos (Ballard 1994, Ballard & Tommelein 2020). Es un modelo de planificación y control que intenta lidiar con la incertidumbre y la complejidad involucrando a los líderes de la tripulación y la gestión de menor nivel en la toma de decisiones (Ballard & Howell, 1998). Tiene como meta alcanzar estos objetivos principalmente a través de un proceso social, tratando de hacer de la planificación un esfuerzo colaborativo y mejorando la fiabilidad de los compromisos de los miembros del equipo (Ballard.et.al, 2009). Ballard & Tommelein (2021) afirman que Last Planner System es utilizado para lograr los objetivos de la filosofía Lean, vinculados a aumentar el valor entregado a los clientes y las partes interesadas al mismo tiempo de disminuir el desperdicio.

La planificación se lleva adelante mediante un modelo “*pull*” que permite que las tareas comiencen solo cuando se han eliminado todas las restricciones (Ballard & Howell, 1998). La planificación tirada implica la identificación y definición del hito, o evento clave al que el equipo se dedicará; por ejemplo, un punto en el tiempo que libera actividades laborales posteriores, este evento puede mostrarse como un hito en el cronograma maestro, o podría ser un punto en el tiempo al que el equipo elija apuntar (Ballard & Tommelein, 2020).

Acorde a Hamzeh, Ballard, Tommelein (2015), el sistema originalmente abordó las variaciones en el flujo de trabajo a nivel del plan de trabajo semanal, pero pronto se expandió para cubrir el proceso completo de desarrollo de planificación y cronograma, desde la programación maestra hasta la programación de fases, pasando por la planificación anticipada para llegar a la planificación de trabajo semanal.

En lo que respecta a los diferentes niveles de planificación, podemos identificar los cronogramas maestros y de fases que especifican qué debe hacerse, cuándo y por quién para lograr los objetivos del proyecto (Ballard & Tommelein, 2020). El proceso “lookahead” que selecciona el trabajo de la programación de fases, pero solo si los planificadores están seguros de que todas las restricciones se pueden eliminar a tiempo (Seppänen et al., 2010). Las restricciones son aquellos requisitos previos que deben estar presentes antes de que pueda comenzar una actividad (por ejemplo, trabajo previo, información, mano de obra, material, equipo, herramientas, espacio, clima, etc.) (Hamzeh, Ballard, & Tommelein, 2012). La gestión de restricciones puede ayudar a optimizar los planes de trabajo al identificar los conflictos de recursos y resolverlos antes del inicio del trabajo. Sin la eliminación de restricciones, es difícil administrar y reducir las incertidumbres del flujo de trabajo que a menudo causan variaciones en el proceso (Chua, 2003).

Los planes de compromiso se forman seleccionando del trabajo listo, expresando lo que se hará en el período del plan (Ballard & Tommelein, 2020). Al final del ciclo de planificación a corto plazo, se lleva a cabo una evaluación general de la eficacia de la planificación, utilizando un indicador denominado plan completo por ciento (PPC), propuesto por Ballard y Howell (1997). Se identifican las causas fundamentales para la no finalización de los paquetes de trabajo, de modo que se puedan aplicar medidas correctivas (Wesz & Formoso, 2018). Acorde a Barth, Formoso (2020), la medición de desempeño a través de indicadores es una parte fundamental de la implementación de los modelos de planificación y control basados en la filosofía Lean, ya que permite evaluar el desempeño de los equipos de trabajo, así como también la efectividad de la planificación.

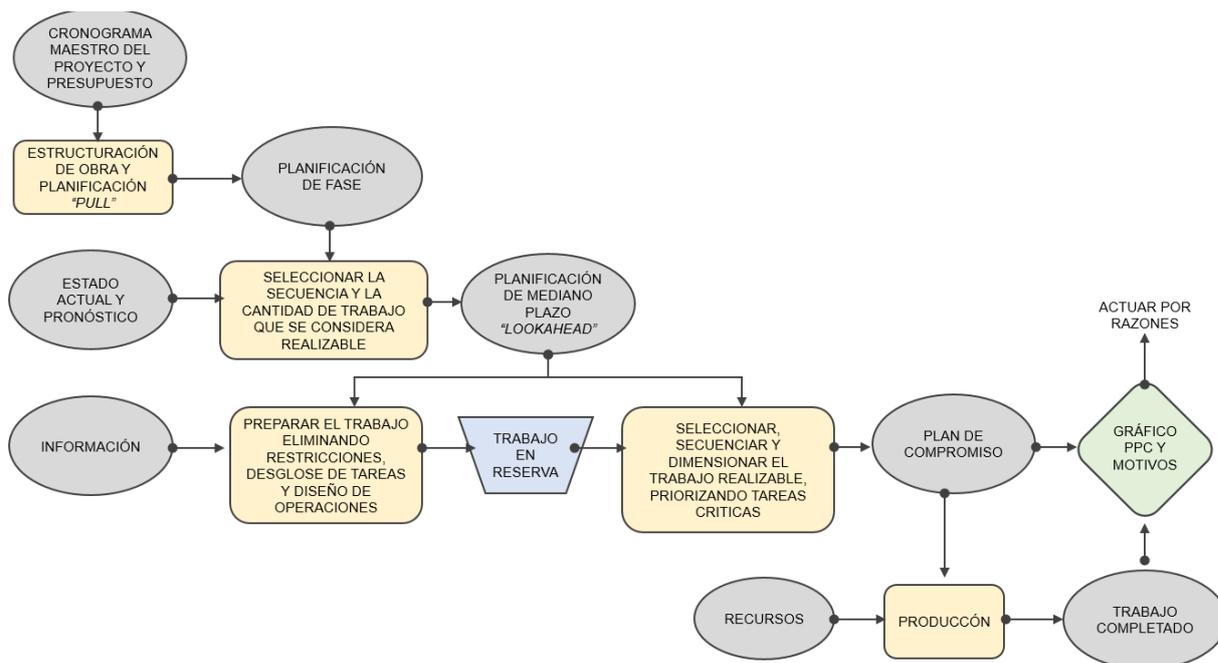
LPS tiene dos métricas clave: el porcentaje de planes completados (PPC) y el número de tareas preparadas. Ambas son medidas de planificación de la confiabilidad que crean oportunidades para el aprendizaje mediante la supervisión de las causas de los errores de planificación (Barth & Formoso, 2020). Es importante tener en cuenta de que el PPC cuantifica la capacidad de un equipo para planificar y ejecutar el trabajo de manera confiable y no es una medida del trabajo completado, tampoco es una medida de productividad ya que es posible tener 100% PPC y poca productividad si la capacidad excede el trabajo listo (Ballard & Tommelein, 2020).

Hamzeh et al. (2015) recomiendan los siguientes pasos a la hora de planificar los proyectos en base a Last Planner:

- Planificar con mayor detalle a medida que se vaya acercando el momento de realizar el trabajo (Hamzeh, et al. 2015; Cohn, 2006).
- Desarrollar el plan de trabajo con quienes van a realizar el trabajo.
- Identificar y eliminar las restricciones de trabajo con anticipación y como equipo para que el trabajo esté listo y así poder aumentar la fiabilidad de los planes de trabajo.
- Hacer promesas confiables e impulsar la ejecución del trabajo en base a la coordinación y negociación activo con los participantes el proyecto.
- Aprender las fallas del plan encontrando las causas fundamentales y tomando acciones preventivas (Hamzeh, et al. 2015; Ballard, 2009).

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** puede visualizar la interacción entre las distintas etapas de planificación, en LPS, existe una retroalimentación constante entre los diferentes niveles de planificación, cada nivel alimenta el siguiente (Ballard &

Figura 4 Ciclo de planificación y control Last Planner System



Fuente: Adaptado de Ballard Tommelein (2020)

Tommelein, 2020).

2.2.2. PLANIFICACIÓN BASADA EN LOCALIZACIÓN

2.2.2.1. Definición

Los métodos de planificación y control basados en la ubicación tienen una larga historia. A finales de la década de 1920, los constructores del Empire State Building utilizaron cantidades basadas en la ubicación y una especie de diagrama de flujo para planificar y controlar el trabajo. Su objetivo era establecer una línea de producción de piezas estándar (Willis & Friedman, 1998). Acorde a Frandson et.al. (2013), el espacio es un recurso a tener en cuenta al planificar proyectos de construcción ya que a pesar de estar omnipresente a menudo se pasa por alto. Ballard, Howell (1998) resaltan que especialmente en la construcción es importante porque a diferencia de la fabricación donde el trabajo se traslada a la gente, en una obra de construcción la gente se muda a la obra.

Kenley & Seppanen (2010) sostienen que LPS y LBMS son complementarios ya que LPS se centra más en el proceso social de planificación y compromiso, y LBMS es principalmente un sistema técnico que utiliza información estructurada para mejorar la calidad de los planes en la fase de planificación y para calcular métricas de progreso, previsiones y advertencias tempranas durante la fase de control (Lucko.et.al, 2013).

Pero no todos los sistemas basados en localización refieren exactamente a los mismos conceptos. Acorde a Formoso et al (2022), Location Based Planning and Control (LBPC) pueden considerarse como un conjunto de técnicas de planificación y control que hace una conexión explícita de las actividades de construcción a lugares de trabajo, como la línea de equilibrio (Olivieri.et.al., 2019), la gestión basada en la ubicación (Seppänen.et.al., 2010) y la planificación takt-time (Frandson.et.al., Takt-time planning for construction of exterior cladding, 2013). La planificación basada en la ubicación busca alcanzar simultáneamente un flujo continuo de productos y un flujo de trabajo ininterrumpido (Olivieri.et.al., 2019)

Kenley y Seppänen (2010) tienen como principal objetivo al desarrollar su Sistema de Gestión Basada en Ubicación (LBMS) el de limitar el trabajo en progreso. Sus innovaciones en el lado de la planificación incluyen (1) lógica en capas y (2) cálculos adaptados de CPM que permiten optimizar el cronograma al tiempo que permiten la ejecución del trabajo continuo).

Seppanen, Ballard (2010) resaltan que el control basado en la ubicación requiere informes de progresos semanales o diarios, en lugar de registrar las fechas de inicio y finalización

de la actividad, los cálculos precisos de productividad requieren información sobre el tamaño real de la tripulación, las cantidades y los días en los que se suspendieron las tareas por lo tanto, la programación lineal, repetitiva y basada en la ubicación es efectiva para planificar el flujo de trabajo y vincularlo directamente a unidades medibles de producción y ubicación.

Esta familia de métodos alternativos está orientada al flujo de trabajo al mostrar interacciones potenciales o reales a la práctica y procesos dentro de su tiempo-ubicación-ambiente, y rico en información, porque abarca múltiples variables que la programación tradicional maneja con dificultad o no maneja en absoluto (Lucko.et.al, 2013)

Las zonas de trabajo juegan un papel central y pueden contener los siguientes tipos de datos asociados (Kenley & Seppänen, 2010)

- a. Componentes u objetos de construcción, tales como elementos o subsistemas
- b. Cantidades planificadas y reales de componentes de construcción
- c. Información sobre la ejecución del sistema constructivo
- d. Costos planificados y reales de materiales
- e. Coste del sistema constructivo.

El método de control del LBMS incluye la supervisión del progreso, el cálculo de métricas de rendimiento y la previsión de la producción futura en función de las tasas de producción reales. Las alarmas se calculan cuando existe un riesgo de interferencia entre las operaciones (Seppanen, 2009). Cabe señalar que este sistema se basa en tener tiempo para reaccionar con acciones de control antes de que ocurra la interferencia. Esto requiere búferes en el plan basado en la ubicación (Frandsen.et.al., 2015). Frandsen et al (2015) también resalta que las tareas y dependencias se pueden planificar de forma colaborativa en reuniones de planificación de fases y que el consumo de mano de obra seleccionado debe ser la tasa óptima para la producción del trabajo para una tripulación óptima, el punto de partida de la reunión debe ser un plan basado en la ubicación con una tripulación óptima para cada tarea donde los participantes puedan analizar los riesgos de la programación (la probabilidad de que se produzca un retraso) y añaden búferes de tiempo para que se puedan tomar medidas de control si es necesario.

2.2.2.2. Herramientas de planificación

El método de línea de balance (LoB) representa el plan de largo plazo, mostrando las actividades a lo largo del tiempo frente a las unidades de espacio mostradas unidimensionalmente. Se supone que cada actividad está gobernada por un recurso que establece su ritmo de progreso (por ejemplo, la tasa de producción). El método LoB se aplica típicamente en proyectos con unidades repetitivas donde las tripulaciones progresan de una unidad a la siguiente. Para proyectos verticales el eje horizontal muestra el tiempo y eje vertical espacio (Ballard & Tommelein, 2020).

Los buffers son amortiguadores de tiempo y espacio que se agregan al cronograma de LoB para contrarrestar la manifestación de la variabilidad en la duración de las actividades que puede resultar en interrupciones del trabajo posterior y causar reverberaciones de retrasos a lo largo del cronograma (Ballard & Tommelein, 2020). Frandson et al. (2015) identifican cuatro tipos de buffers: (1) tiempo, (2) capacidad, (3) espacio y (4) buffers de planificación (atraso viable). El tiempo es el búfer preferido, pero el espacio también se usa cuando el trabajo está programado en áreas más grandes de lo que requiere un equipo para completar su tarea de manera productiva.

Figura 5 Inclusión de buffers en la planificación

		MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
PISO 4	Base		ESTRUCTURA	←buffer→	ALBAÑILERÍA	
	Reprogramar					
PISO 3	Base	ESTRUCTURA	←buffer→	ALBAÑILERÍA		SANITARIA
	Reprogramar					
PISO 2	Base		ALBAÑILERÍA	←buffer→	ELÉCTRICA	
	Reprogramar					
PISO 1	Base	ALBAÑILERÍA	←buffer→		SANITARIA	
	Reprogramar		ALBAÑILERÍA			SANITARIA

Fuente: Adaptado Lucko, Alves, Angelim (2013)

Las *líneas de flujo* es una herramienta para para visualizar y controlar las programaciones. Como datos de inicio, LBMS requiere la estructura de desglose de ubicación (LBS), tareas, cantidades para cada ubicación y tarea, tasa de consumo de mano de obra para cada elemento de cantidad, horas de trabajo y días laborables (calendario) para cada tarea,

composición óptima de la tripulación para cada tarea y lógica entre tareas (Frandsen et al., 2015).

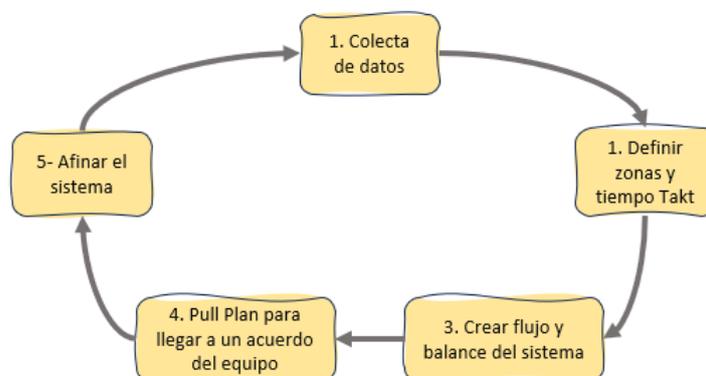
Mientras que el LBMS busca promover un flujo ininterrumpido de trabajo, poniendo foco en los recursos, la planificación *Takt*, o *Takt Time Planning* (TTP) enfatiza la continuidad del trabajo en cada lugar, priorizando el flujo continuo por sobre el flujo ininterrumpido (Sacks, 2016). El tiempo *takt* se define como: "la unidad de tiempo dentro de la cual un producto debe ser producido (tasa de suministro) para igualar la velocidad a la que se necesita ese producto (tasa de demanda)" (Frandsen et al., 2013). Una característica clave es que cada cuadrilla debe completar su trabajo en cada zona asignada dentro de un período de tiempo establecido, es decir, el tiempo *Takt*. TTP utiliza búfer de capacidad para tornar el ritmo de los procesos más fiables (Frandsen et al., 2015).

Frandsen et al. (2013) describieron el TTP como un proceso de seis pasos que consta de:

- a. *Recopilación de datos*: requiere recopilar datos de producción de cada actividad individualmente y del equipo en general mucho antes de la construcción. El equipo debe establecer su objetivo de producción general (por ejemplo, "un tiempo Takt elegido, con una secuencia de cuadrillas consistente en todas las zonas y zonas de trabajo equilibradas")
- b. *Definición de zona y tiempo Takt*: la definición de zona y tiempo Takt se relacionan entre sí porque la duración requerida para completar una tarea depende de dónde y lo que se necesita construir.
- c. *Identificación de la secuencia de cuadrillas*: dado un conjunto de zonas, las secuencias se obtienen de cada cuadrilla individualmente y luego se combinan a través de la planificación de fases para respetar las dependencias secuenciales
- d. *Determinación de las duraciones de las cuadrillas por separado*
- e. *Equilibrio del flujo de trabajo*: Una vez que se conoce la variación, el equipo de producción puede comenzar a equilibrar el sistema de producción.
- f. *Finalización del programa de producción*: Finalizar el cronograma de producción requiere validación, es decir, cada comercio debe asegurarse de que sus secuencias son factibles y que pueden realizar el trabajo en cada zona a la que están asignados en el tiempo de Takt dado.

Tommelein (2017) propone una formalización de un método para TTP colaborativo de trabajo no repetitivo, y hace una especial distinción en las ventajas de esta combinación a la hora de planificar, enfatiza principalmente la importancia de la colaboración en este tipo de métodos ya que requiere de la participación de los encargados principales de cada cuadrilla para poder definir los ritmos óptimos.

Figura 6 Pasos para el proceso de TPP



Fuente: Adaptado de Ballard Tommelein 1999

2.2.3. LA COLABORACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN

Los modelos de planificación basados en la filosofía Lean como los mencionados anteriormente, tienen un fuerte componente colaborativo de sus participantes, principalmente en el modelo Last Planner. Por lo tanto, resulta pertinente realizar un pequeño racconto bibliográfico sobre colaboración y como se vincula con la planificación en el ámbito de la construcción.

El término colaboración tiene su origen en la palabra latina *collaborare*, que consiste en “col”, que significa juntos y “laborare” que significa trabajar, por lo tanto, puede traducirse como “trabajar juntos” (Harper, 2001). La colaboración es fundamental para el éxito de los proyectos de construcción. Sin embargo, el concepto no está claro y el término a menudo se relaciona con diferentes significados (Gomez & Tzortzopoulos, 2020). Las interpretaciones divergentes de lo que constituye la colaboración se hacen evidentes cuando las partes interesadas usan el mismo término para referirse a tareas que pueden variar en intención y grado de participación (Gomez & Tzortzopoulos, 2020, Forgues et.al. Kvan 2000). Mattessich y Monsey (1992) definieron la colaboración como una relación entre dos o más personas u organizaciones para lograr objetivos comunes, que deben ser beneficiosos para ambas partes y bien definidos. Kvan (2000) considera la colaboración como una solución conjunta a los problemas, es decir las personas colaboran cuando comparten objetivos y juntas encuentran soluciones satisfactorias para todos los involucrados. La colaboración también se ha conceptualizado como estructura organizativa

diseñada para involucrar a un conjunto de individuos en actividades de resolución de problemas (Gomez & Tzortzopoulos, 2020).

El cumplimiento de un objetivo común depende del compromiso del equipo para resolver problemas y buscar soluciones de manera conjunta, compartiendo información, comprensión compartida y confianza mutua (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2008). En este contexto, se sostiene que la colaboración efectiva depende de la construcción de una conciencia situacional entre los miembros del equipo (Adamu.et.al., 2015). La consecuencia de la conciencia de la situación es que cada participante conoce la comprensión y la carga del trabajo de otros participantes y esto está respaldado por su intercomunicación (Endsley & Jones, 2001). Así desde este punto de vista, la capacidad de los participantes para construir colectivamente la actividad y establecer un equilibrio entre las percepciones individuales y colectivas de la situación parece ser fundamental la colaboración. Según Fischer (2004), el diseño colaborativo exige un equilibrio entre la capacidad colectiva para establecer conexiones e interdependencias, así como la capacidad de los individuos para desarrollar acciones autónomas y confiar en su desempeño potencial colectivo. Amaro et al (2020) afirma que la colaboración entre los involucrados en las actividades de la construcción brinda beneficios como la reducción de costos, el cumplimiento de cronogramas y un mejor cumplimiento de los requisitos del cliente.

A partir de los constructos con mayor repercusión en la definición de colaboración destacados en la literatura que surgen a partir de la revisión bibliográfica realizada por (Amaro, 2020), se combina dichos constructos con la revisión bibliográfica realizada para cada uno de los modelos de planificación y control, con el objetivo de revisar cuales tienen mayor o menor pertenencia a la ideología y herramientas de cada uno de los modelos. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta un cuadro comparativo entre los modelos de planificación de Last Planner System, planificación basada en ubicación y Time Planning y cuáles son los conceptos resaltados por los autores referentes en cada uno acerca de los constructos establecidos para la planificación colaborativa.

Tabla 2 Análisis de constructos de colaboración en cada modelo de planificación

CONSTRUCTOS DE COLABORACIÓN (Amaro et al 2020)	LPS	LBMS	TTP
Meta común	* Tiene como meta alcanzar estos objetivos principalmente a través de un proceso social, tratando de hacer de la planificación un esfuerzo colaborativo y mejorando la fiabilidad de los compromisos de los miembros del equipo (BALLARD 2009)	* Tienen como meta principal la reducción del trabajo en progreso (Kenley Seppanen 2010). * Busca promover un flujo ininterrumpido de trabajo, poniendo foco en los recursos (SACKS 2017). * La implementación de LBMS sin un proceso social adecuado dará lugar a resultados subóptimos (Seppanen 2009)	* Enfatiza la continuidad del trabajo en cada lugar, priorizando el flujo continuo por sobre el flujo ininterrumpido (SACKS 2017).
Transparencia	* Proporcionar indicadores claros y fáciles de ver, que muestren el estado del sistema en un nivel apropiado para que se logre una comprensión compartida que permita tomar las acciones que sean necesarias (Ballard Tommelein 2020)	* El método de línea de balance (Kenley y Seppänen 2010), permite visualizar las actividades a lo largo del tiempo en unidades de espacio.	* La visualización de las zonas de trabajo facilitan el movimiento de cuadrillas y por consiguiente el desempeño de las mismas (Tommelein 2017)
Entendimiento compartido	* La programación de fases produce mejores cronogramas debido al conocimiento que los especialistas aportan y porque los participantes son los que tienen poder sobre los recursos y el conocimiento sobre la disponibilidad y la capacidad. (SEPPANEN, BALLARD 2010).	* LBMS requiere ubicaciones físicas claramente definidas para que no haya ambigüedad sobre los límites de ubicación (Kenley y Seppänen 2010)	* El equipo debe establecer un objetivo de producción general que será el tiempo Takt elegido para equilibrar las diferentes zonas de trabajo (Frandsen, Seppanen, Tommelein 2015)
Confianza	Hacer promesas confiables e impulsar la ejecución del trabajo en base a la coordinación y negociación activa con los participantes del proyecto (Hamzeh, Ballard, Tommelein 2015)	El pensamiento basado en ubicación, es aplicado a las reuniones de programación de fases, alimentándose con la contribución del knowhow de los participantes para estimar cantidad de trabajo y consumo de mano de obra para cada tarea en cada ubicación. (Seppanen Ballard 2010)	Para realizar el traspaso a la siguiente cuadrilla debe realizarse una finalización confiable del trabajo, y eliminar variaciones que puedan obstaculizar el trabajo de la siguiente cuadrilla. (Frandsen, Seppanen, Tommelein 2015)
Compromiso	Vrijhoef, Koskela y Voordijk (2003) sostienen que la forma en que Last Planner® gestiona los compromisos y la estabilidad que crea en los sistemas de producción son las principales razones de su éxito. La gestión de compromisos es uno de los imprescindibles elementos de las reuniones de planificación del LPS (Viana 2016)	Las tareas y dependencias se planifican de forma colaborativa en reuniones de planificación de fases (Frandsen, Seppanen, Tommelein 2015)	Cada cuadrilla debe completar su trabajo en cada zona asignada dentro de un período de tiempo establecido, es decir, el tiempo Takt (Frandsen, Seppanen, Tommelein 2015)

Fuente: Elaborado por la autora

3. GESTIÓN VISUAL EN LA CONSTRUCCIÓN

Este capítulo explora la implementación de la Gestión visual como abordaje práctico complementario para la planificación y control de la producción, en sus principios y herramientas como facilitador en la comunicación entre las partes.

3.1. PRINCIPIO DE TRANSPARENCIA DE PROCESOS

La transparencia de procesos es uno de los principios centrales de Lean Production cuyo origen proviene de la manufactura, pero también ha sido difundido en diversos sectores incluyendo la industria de la construcción (Koskela, 2000). Koskela (2000) afirma que este principio busca hacer visibles y comprensibles los principales flujos del proceso de principio a fin, a través de medios físicos y organizacionales, mediciones y exhibición pública de información.

El concepto de transparencia es definido por varios autores de diversas maneras, algunos de ellos lo orientan hacia la comunicación entre las partes y ponen énfasis en la disseminación de la información, Koskela (1992) establece una visión más genérica de transparencia donde habla de un "proceso observable", también afirma que la falta de transparencia del proceso aumenta la propensión a equivocarse, reduce la visibilidad de los errores y disminuye la motivación para mejorar, por lo tanto hacer transparente y observable el proceso productivo facilita el control y la mejora. Formoso.et.al. (2002) lo definen como habilidad para lograr un intercambio de información del proceso con las personas involucradas en él.

Por otra parte, autores con visiones más radicales vinculan el concepto con un control más estricto gerencial de la producción, Bernstein (2012) por ejemplo, hace hincapié en la observación completa de las acciones y desempeño de cada colaborador en la línea de producción y su función, y de cómo la observación excesiva puede afectar el desempeño individual.

En contrapartida Greif (1991) sostiene que el objetivo de la transparencia del proceso es sustituir el control tradicional por el autocontrol, ya que permite una mayor participación y otorga autoridad y capacidad de toma de decisiones a diferentes partes interesadas. Permite mejorar la claridad de la información sobre la tarea en cuestión y fomentar una

mayor comunicación entre los participantes (Crompton, 2011). Igarashi (1991) agrega que cuando es implementada con éxito, la mayoría de los problemas, anomalías y tipos de pérdidas que existen pueden ser fácilmente reconocidos con el fin de permitir la toma de medidas correctivas, y Galsworth, (1997) resalta que la transparencia tiene un impacto muy importante en la motivación y que cuando se aplica adecuadamente constituye la base para un enfoque de mejora.

Koskela (1992) establece 6 abordajes para la implementación del principio de la transparencia:

1. Reducir la interdependencia entre las unidades de producción:
2. Utilizar dispositivos visuales para permitir el reconocimiento inmediato del estado del proceso
3. Hacer que el proceso sea directamente observable
4. Incorporar información al proceso
5. Mantener un lugar de trabajo limpio y ordenado
6. Hacer visibles los atributos invisibles a través de mediciones.

En lo que refiere a la transparencia en los sitios de construcción Koskela (1992) identifica múltiples ventajas, ya que permite visualizar el flujo de material e información siendo más fácil de organizar; pero por otra parte al ser sitios tan cambiantes por su constante evolución, es difícil de implementar controles visuales. Brady (2014) resalta que la transparencia es necesaria por tres razones principales: (i) permitir una visión holística de todo el proceso; (ii) apoyar la mejora continua; y (iii) generar confianza y motivar a los participantes en el proceso.

Formoso.et.al. (2002) señalan que la transparencia puede apoyar a la implementación de otros principios Lean por su fuerte interacción con algunos de ellos como el de reducir la variabilidad, ya que cuanto mayor transparencia menos variabilidad, así como también menor cantidad de actividades que no agregan valor (Koskela, 1992). Koskela (2000) sostiene que es posible aumentar la transparencia mediante la eliminación de pérdidas y la reducción del tiempo de ciclo. El aumento de la transparencia también tiene una incidencia directa en la implementación de la mejora continua (Bernstein, 2012). La reducción del tamaño de lotes también favorece a transparencia y permite tener una mejor visualización del espacio de trabajo (Formoso.et.al., 2002).

Formoso et al. (2002) identifican una conexión entre la incidencia de actividades que no agregan valor y deficiencias de información en el lugar de trabajo, debido al tiempo que desperdician los trabajadores buscando u esperando las herramientas, materiales o información necesaria para realizar su trabajo. Galsworth (1997) agrega que la mala toma de decisiones puede ser producida por falta de información lo que le genera perjuicios a la empresa.

Por lo tanto, reducir la variabilidad no solo facilita la implementación de sistemas de control visual ya que se vuelve más fácil implementar dispositivos visuales (Formoso.et.al. 2002) sino que también, la correcta implementación de los dispositivos visuales permite contrarrestar lo que Galsworth (1997) refiere como un déficit de información que ocurre cuando la información no se comparte rápida, precisa y completamente a toda la fuerza de trabajo tan pronto como esté disponible. La misma autora, considera que tales déficits vienen en dos formas: déficits de ubicación y déficits de especulación: los déficits de ubicación son el resultado de no saber dónde están las cosas. Los déficits de especulación son el resultado de que los trabajadores no saben lo que se requiere, cuándo se requiere, cómo hacer algo y cuánto o cuántos de algo se requieren (Beynon-Davies & Lederman, 2016).

3.2. LA GESTIÓN VISUAL

La gestión visual es un conjunto de prácticas para la gestión de información definida como una estrategia sensorial que utiliza todos los sentidos, no solamente la visión, para aumentar la transparencia de los procesos, y promover mejoras en la gestión general de las organizaciones (Tezel.et.al., 2016). También se puede definir como un sistema de gestión que intenta mejorar el rendimiento de la organización conectando y alineando la visión, los valores fundamentales, los objetivos y la cultura de la organización (Liff & Posey, 2004).

El objetivo de los sistemas de gestión visual es armonizar la comunicación, pero también ofrecer soluciones para diversos problemas, como la detección rápida de una situación anormal, el mantenimiento continuo de un entorno seguro, la prevención de una operación fallida y el intercambio de conocimientos (Murata & Katayama, 2016).

Según Valente et al. (2018), otras funciones de GV se han señalado en la literatura; además de aumentar la transparencia del proceso, estos incluyen la creación de una sensación de propiedad compartida y el apoyo a la formación en el trabajo (Tezel.et.al., 2016), facilitando la colaboración entre los miembros del equipo (Ewenstein & Whyte, 2007), mitigando los problemas relacionados con la gestión de sistemas de producción complejos (Viana.et.al., 2014), y aumentando la motivación de la fuerza de trabajo (Galsworth, 1997).

Valente. Et al. (2017) resalta que la aplicación de gestión visual en las obras de construcción sigue siendo relativamente limitada: (1) los dispositivos visuales se utilizan principalmente en las oficinas del sitio para apoyar las decisiones gerenciales, y en algunos sitios de construcción sólo se encuentran placas de advertencia de salud y seguridad en áreas de trabajo (Tezel.et.al., 2016); y (2) la mayoría de las implementaciones de gestión visual en la construcción tienden a centrarse en el uso de herramientas individuales para apoyar operaciones específicas, sin tener en cuenta la necesidad de apoyar la gestión de la producción en su conjunto (Costa & Burgos, 2015). Los antecedentes de aplicación de dichas herramientas para la planificación y control son vinculados principalmente en combinación con Last Planner.

En lo que respecta a la implementación de gestión visual en contextos de empresas de menor escala como las Pymes existen algunos antecedentes como el de Bititci et al. (2016) que realizó un análisis del impacto de la gestión visual en el desempeño de los sistemas de producción de pequeñas y medianas empresas manufactureras en Europa a partir de la implementación de la utilización de dispositivos visuales, obteniendo como resultado los mismos beneficios referentes al aumento de transparencia, mejora de la comunicación y la participación de los involucrados en el proceso. Heineck et al. (2002) por su parte, presentó un estudio de caso que indicaba que la transparencia del proceso puede incrementarse sustancialmente en las obras de construcción mediante la realización de cambios relativamente simples y de bajo costo en el diseño del sitio y el diseño del producto.

En definitiva, la gestión visual tiene como objetivo hacer que la información sea fácil de entender y que sea accesible para más personas dentro de una organización. Es una forma de crear una imagen de los problemas y hacer que los procesos de producción, las actividades y los resultados sean visuales y transparentes para las personas dentro de una organización, así como una forma de mejorar la moral y el compromiso (Greif, 1991).

Grief (1991) también incorpora el concepto de *campo de información* haciendo referencia a aquel espacio del que las personas pueden extraer libremente información de forma independiente, promoviendo la idea de autonomía y autogestión en el lugar de trabajo

3.3. LA GESTIÓN VISUAL EN LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL

La gestión visual se puede utilizar para apoyar la coordinación de un gran número de partes interesadas y la ejecución de tareas altamente interdependientes (Tjell & Bosch-Sijtsema, 2015).

Brady (2018) afirma que la aplicación sistemática de gestión visual en la planificación y el control de la construcción es necesaria para mejorar la coherencia entre los niveles de planificación jerárquicos mediante una mejor conexión y alineación de objetivos en estos niveles. También identifica razones para su aplicación sistemática en la planificación y control, como ser la de facilitar la colaboración y la planificación jerárquica: con el fin de dirigir, coordinar y comunicar eficazmente entre todas las partes involucradas en la realización de un proyecto de construcción, apoyar la mejora continua y por último desarrollar la confianza y motivar a los participantes en los procesos.

Brady (2018) también comprueba que el flujo de información en el proceso de planificación de producción se ve facilitado por la aplicación sistemática de una serie de herramientas visuales y apunta varios beneficios en diferentes tareas de planificación y control, como una mejor gestión de los compromisos (mediante el uso de tarjetas de planificación), la identificación efectiva de las restricciones y elaboración de planes de mejora para los problemas que se han identificado. Otros ejemplos de beneficios fueron una comunicación más precisa y oportuna sobre los requisitos de los materiales, reduciendo los retrasos

Pedó (2020) en su investigación acerca del uso de herramientas digitales para la implementación de la gestión visual, también utiliza la gestión visual para respaldar la planificación, control y la coordinación del proceso de diseño en nivel táctico (reuniones mensuales anticipadas) y operativo (reuniones semanales de corta duración).

3.4. DISPOSITIVOS VISUALES

Un dispositivo visual es un mecanismo diseñado para proporcionar información vital para la tarea de un vistazo (Galsworth, 1997). Los artefactos utilizados obtienen su capacidad de información a partir de su posición que toman dentro de un entorno físico (Beynon-Davies & Lederman, 2016).

Tezel et al. (2015) hace hincapié en evitar una aplicación de gestión visual de forma únicamente descendente (desde el personal técnico hasta la fuerza de trabajo), sino que, de lo contrario, hacer un esfuerzo para involucrar a la fuerza de trabajo en el desarrollo e implementación de GV. El mismo autor también resalta la importancia de prestar atención al diseño de una herramienta de gestión visual con respecto a la ergonomía, la ingeniería de factores humanos, las ciencias cognitivas y las oportunidades de tecnologías de la información.

Las empresas constructoras suelen disponer de pocos mecanismos visuales para inspirar, instruir o motivar a los trabajadores a realizar sus trabajos de forma más eficaz, eficiente y segura. Galsworth (1997) agrupa las herramientas visuales en cuatro categorías, según el grado de control ejercido por cada una de ellas:

- *Indicadores visuales*: la información simplemente se muestra, y el cumplimiento o la adhesión a su contenido es voluntario (por ejemplo, consejos de asesoramiento de seguridad)
- *Señales visuales*: este tipo de dispositivo visual primero llama la atención y luego entrega su mensaje (por ejemplo, sirenas de camiones en movimiento en el sitio)
- *Control visual*: intentos de afectar el comportamiento mediante la estructuración o la construcción de un mensaje directamente en el entorno físico mientras se ponen límites físicos en el lugar (por ejemplo., golpes de velocidad)
- *Garantía visual*: siendo también conocido como dispositivo a prueba de errores o poka-yoke, está diseñado para asegurarse de que sólo sucede lo correcto (por ejemplo, circuitos electrónicos que impiden el movimiento de ascensores cuando la puerta está abierta).

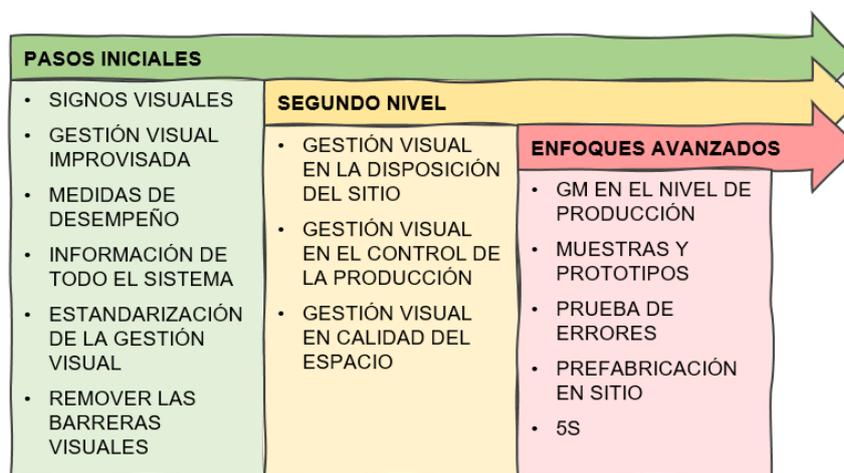
Más adelante, el mismo autor propuso un marco de aplicación en la fabricación que consta de cuatro niveles principales: orden visual, estándares visuales, medidas y garantías visuales (Galsworth, 2005). Últimamente Galsworth (2017) escribió una guía para mejorar

el uso de la gestión visual para construir un lugar de trabajo visual, presenta las seis preguntas principales y la adherencia visual (dónde, qué, cuándo, quién, cuántos/cuánto/cuánto tiempo y cómo). Destaca la importancia de tenerlo en el lugar adecuado y en el momento adecuado.

Según Eppler y Burkhard (2007), la creación y transferencia efectiva de conocimiento a través de la visualización implica cinco perspectivas: (1) qué tipo de conocimiento se visualiza (contenido); 2) por qué debe visualizarse este conocimiento (propósito); 3) para quien se debe visualizar este conocimiento (grupo objetivo); 4) en qué contexto debe visualizarse este conocimiento (situación comunicativa: participantes, lugar, medios de comunicación); y (5) cómo se puede representar el conocimiento (método, formato). Estos problemas están relacionados con el trabajo oculto involucrado en la gestión visual.

Tezel et.al. (2015) hace un análisis de la implementación de la gestión visual en empresas brasileñas de construcción, donde establece un cuadro de niveles de implementación de gestión visual según el grado de complejidad de las herramientas implementadas. Hay una amplia gama de herramientas de gestión visual, es necesario evaluar la preparación actual de la empresa para una herramienta prevista y preparar el sistema de producción si es necesario; partiendo de los esfuerzos iniciales y avanzando hacia las aplicaciones más avanzadas (Tezel.et.al., 2015).

Figura 7 Etapas de implementación de G.V.



Fuente: Adaptado de Tezel et al (2015)

La gestión visual puede y debe cubrir varios niveles de comunicación en las organizaciones de construcción para romper las barreras antes de que fluya la información y compartir

información valiosa y más nueva (Murata.et.al., 2017). La integración del dispositivo visual en el proceso o rutina considerada debe tener en cuenta si es necesario realizar tareas de coordinación y promover la colaboración.

Brandalise et.al. (2022) en su reciente artículo, propone una tipología de conceptos relacionados con la GV mediante una taxonomía de dispositivos visuales, destacando la importancia de la colaboración y comunicación, así como la integración de prácticas de GV en rutinas gerenciales donde también permite evaluar el grado de madurez de los sistemas de producción en términos de GV, así como para identificar oportunidades de mejora en su implementación.

3.4.1. DASHBOARDS

Un *dashboard* es una interfaz visual utilizada para comunicar de manera rápida y efectiva el progreso de un proyecto mediante indicadores clave de rendimiento (KPI) relevantes para el éxito del mismo (Lamprey & Fayek, 2012). Siendo una herramienta clave para la comunicación interna dentro de las empresas es de especial interés el indagar en la bibliografía sus principales características y formas de implementación en la planificación y control.

Son varios los autores que han investigado al respecto y por tanto también son numerosas las definiciones: Wexler et al (2017) lo definen como una visualización de datos que se utiliza para monitorear condiciones o facilitar la comprensión. Sarikaya.et.al. (2019) afirman que el término “dashboard” no describe un método único de organizar, presentar y usar datos, sino que cubre un conjunto diverso de prácticas y destaca que el concepto de panel ha evolucionado desde pantallas a informes de una sola vista para incluir interfaces interactivas con múltiples y vistas y propósitos, incluida la comunicación el aprendizaje y la motivación, además de las nociones clásicas del monitoreo y soporte de decisiones. Yoo.et.al, (2015) vinculan el concepto con elementos visuales con cuadros, gráficos, indicadores y mecanismos de alerta.

Rasmussen et al. (2009) identifica ciertos beneficios típicos de los paneles, tales como:

1. *Facilidad para la toma de decisiones*: la organización puede identificar y corregir fácilmente tendencias negativas

2. *Ganancias en la eficiencia de los empleados* (esto incluye una mayor productividad) por eliminar la necesidad de múltiples informes estáticos (ahorra tiempo) y por ser fácil de aprender y por requerir poco entrenamiento
3. *Motivación de los empleados*: los usuarios pueden generar informes detallados que muestren nuevas tendencias dejando más tiempo para concentrarse en analizar datos y menos tiempo en buscar compilar y formatear datos.
4. *Detección y discusión de los éxitos y fracasos del proyecto*: todos están en “la misma página” (Pauwels.et.al., 2009).

Por otra parte, Yoo et al. (2014) resalta como una de las características esenciales de los paneles visuales el mostrar solamente la información necesaria, con objetivos específicos.

En lo que respecta a la composición de los paneles, Eckerson (2005) explica que un panel de control está compuesto por tres niveles de información: base, intermedio y superior. Según este autor, los usuarios pueden acceder a información más o menos detallada a través de niveles de información. Cada nivel proporciona detalles y perspectivas adicionales que permiten a los usuarios comprender mejor la causa raíz del problema. El primer nivel (base) es el más detallado de los tres, a través de este nivel, los usuarios pueden descubrir la causa raíz de los problemas presentados en el nivel superior; el nivel intermedio proporciona, los datos que componen los gráficos y alertas del nivel superior; el último nivel de información (el superior) brinda una vista más resumida de los indicadores clave de desempeño, generalmente a través de gráficos.

Además de la clasificación por niveles de información existen 3 tipos de Dashboards en función al tipo de soporte que generan para la toma de decisiones (Rahman.et.al., 2017, Few 2006, Eckerson 2005, Lebas 1996)

1. *Estratégico*. Se utiliza para ayudar a los ejecutivos a monitorear la implementación de los objetivos estratégicos, comunicar la estrategia y revisar el desempeño (Eckerson, 2010)
2. *Táctico*. Se utiliza para monitorear y administrar el desempeño de procesos de departamentos o proyectos específicos (más detallados que estratégicos) (Dragomirescu & Solomon, 2013)
3. *Operativo*. Se utiliza para gestionar y controlar los procesos operativos. (Eckerson, 2010)

En lo que refiere al análisis de indicadores Lamptey & Fayek (2012) han realizado una amplia investigación sobre los factores que deben tenerse en cuenta al establecer los KPI de una empresa, la relevancia de cada factor puede diferir de una empresa a otra, los KPI deben estar en consonancia con los objetivos estratégicos de la empresa y ajustarse a los puntos de referencia de la industria.

Sin embargo, al hablar de términos gráficos y de diseño Sarikaya (2019), sostiene que los diseñadores de paneles visuales deben tener en cuenta la alfabetización, las representaciones y el lenguaje visual apropiados al contexto y al marco social en el que vayan a ser presentados.

4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Este capítulo presenta el abordaje de investigación utilizado en el presente trabajo incluyendo una descripción de la estrategia adoptada, y del diseño de la investigación especificando cada una de sus etapas. Posteriormente, se realiza una descripción de la empresa involucrada en este estudio y de las actividades llevadas a cabo en el estudio empírico, así como las fuentes de evidencia empleadas.

4.1. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la presente investigación adopta un abordaje que se asemeja a Design Science Research (DSR) o también conocida como investigación constructiva, la cual posee un carácter prescriptivo (March & Smith, 1995). Acorde a la definición de Lukka (2003), las investigaciones del tipo DSR ponen el foco en los problemas del mundo real, mediante el desarrollo o construcción de un artefacto innovador, la implementación de éste da solución a casos prácticos. El mismo autor agrega que parte del conocimiento teórico existente y busca realizar una reflexión sobre los resultados empíricos en términos de contribución teórica.

Las etapas que involucra DSR acorde a Kasanen.et.al. (1993) son: identificar y posicionar un problema práctico relevante, obtener una comprensión teórica sobre el tópico, construir una solución, demostrar que la solución funciona, mostrar las correcciones teóricas e identificar las contribuciones de la investigación. Por último examinar el alcance de la aplicación del concepto de la solución.

Las contribuciones de las investigaciones que adoptan este modelo, según March & Smith (1995) son:

- (a) *Constructos*: es la conceptualización utilizada para describir los problemas y especificar las soluciones.
- (b) *Modelos*: es el conjunto de proposiciones o afirmaciones que expresan la relación entre los constructos.
- (c) *Método*: pasos para realizar una tarea.
- (d) *Implementación*: realización de un artefacto, que operacionaliza los constructos, modelos y métodos.

El artefacto desarrollado en la presente investigación es un modelo de planificación y control destinado a pequeñas y medianas empresas, cuya implementación es realizada a partir de la gestión visual. Su materialización es a través de dispositivos visuales diseñados para cada nivel de planificación y combinando elementos del *Last Planner System* y Planificación y control basado en localización. Este no es un modelo conceptual, sino que es un modelo de proceso desarrollado a lo largo del estudio empírico mediante sucesivas pruebas que permitieron obtener una versión refinada del mismo. El artefacto fue concebido, desarrollado e implementado con la colaboración de los miembros de la empresa constructora donde fue realizado el estudio empírico. La implementación de las diferentes etapas del sistema de planificación y control fueron realizados mediante ciclos de aprendizaje similares a los descritos por (Susman & Evered, 1978).

Por otra parte, el abordaje Investigación-Acción (Action Research-AR), acorde a Iivari & Veneable (2009), se caracteriza por contribuir a las preocupaciones prácticas de las personas mediante la colaboración conjunta entre investigadores y cliente. Combina la generación de teoría con la intervención del investigador para resolver problemas organizacionales inmediatos (Baburoglu & Ravn 1992; Baskerville & Wood-Harper 1998).

Eden & Huxham (1996) resaltan que la Investigación-Acción se presenta como una estrategia para adquirir conocimiento al mismo tiempo que se introducen cambios en los sistemas sociales y se analizan sus consecuencias. Iivari & Veneable (2009) agregan que la colaboración entre los investigadores y cliente debe darse dentro de un marco ético mutuamente aceptable. El acto en sí mismo se presenta como el medio tanto para cambiar el sistema como para generar conocimiento crítico sobre él (Susman & Evered, 2011).

Susman & Evered (1978) identifican cinco etapas dentro del ciclo de aprendizaje de la investigación acción ver (Figura 8): comenzando por un diagnóstico donde se debe identificar y definir el problema, pasando a la planificación acción donde buscaran alternativas para la solución de dicho problema, el tercer paso consiste en la selección de una estrategia de acción para luego realizar una evaluación y posterior aprendizaje sobre los hallazgos generales.

Figura 8 Ciclo de aprendizaje investigación-acción



Fuente: Adaptación de Susman & Evered (1978)

Sein.et.al. (2011) afirma que la mayoría de los métodos existentes de design research, se centran en construir el artefacto y relegar la evaluación a una fase posterior y separada sin considerar la importancia de la relación de dicho artefacto con el contexto organizacional. Por lo tanto, propone una combinación llamada Action Design Research (ADR) para desarrollar y evaluar el artefacto en el contexto para el que fue diseñado.

ADR es un método de investigación para generar conocimiento de diseño prescriptivo mediante la construcción y evaluación de artefactos en un entorno organizacional (Sein.et.al., 2011). Las respuestas que exigen estos dos desafíos dan como resultado un método que se centra en la construcción, intervención y evaluación de un artefacto que refleja no sólo los precursores teóricos y la intención de los investigadores sino también la influencia de los usuarios y el uso continuo en su contexto (Sein.et.al., 2011).

La presente investigación está posicionada como Design Science Research, pero tiene muchos puntos de contacto con Action Research, considerando que el usuario es un participante activo en el desarrollo del artefacto. Por lo tanto, la línea metodológica planteada por Sein et.al. (2011) es la que más se ajusta al contexto planteado.

4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

El diseño de la investigación tal como se muestra en la Figura 9 se estructuró en base a tres fases generales que luego se subdividieron en sub-fases más detalladas: la primera es de comprensión, donde se realizó la definición y comprensión del problema encontrado. La segunda es de desarrollo, en ella se desarrolló una solución práctica y luego fue testeada. Por último la fase de análisis y reflexión donde se analizó el alcance y aplicabilidad de la solución y la posterior contribución teórica de la misma.

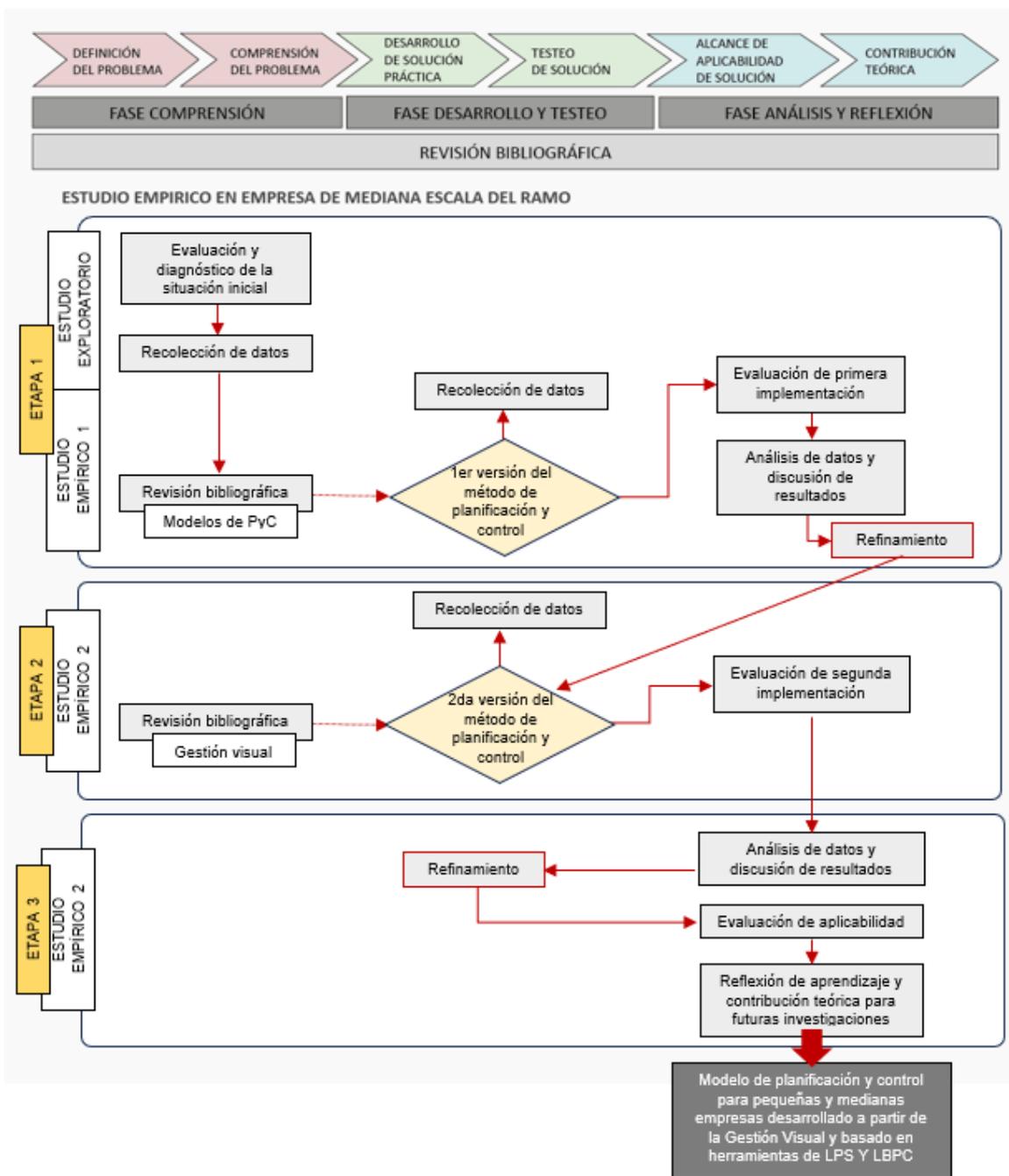
Por otra parte, el estudio empírico se estructuró en tres etapas o ciclos de aprendizaje donde en cada uno se desarrollaron las fases detalladas anteriormente.

La primera etapa (etapa 1) se compone de un estudio exploratorio realizado con el fin de identificar las principales problemáticas que puedan servir como disparador para el desarrollo del artefacto. En base a la información recabada se detectan junto al equipo técnico de la empresa, los puntos críticos como oportunidades de mejora a partir de las cuales desarrollar el nuevo modelo de planificación y control. Al mismo tiempo se realizó una revisión bibliográfica acerca de los modelos de planificación y control como Last Planner System y planificación basada en ubicación. Como resultado, se genera la primera versión del sistema de planificación y control a ser implementada en la empresa.

La siguiente etapa (etapa 2) se centra en el refinamiento del sistema de planificación y control elaborado e implementado en la etapa anterior en base a los datos obtenidos del primer ciclo de aprendizaje. En esta instancia se profundiza en la revisión bibliográfica referente a gestión visual y dispositivos visuales, y se continúa profundizando en el desarrollo de modelo de planificación y control, a la vez de que se incorporan otros elementos al modelo. Se incursiona en capacitaciones sobre Last Planner System en personal técnico y operativo.

En la etapa 3 se realizó un nuevo refinamiento del sistema, así como también se incorporan paneles visuales como elemento central para la planificación y control, que surgen con el análisis de los resultados de las etapas anteriores. También ha sido evaluada la utilidad y aplicabilidad del modelo, y realizada una reflexión sobre las contribuciones teóricas y prácticas de la investigación.

Figura 9 Diseño de investigación



Fuente: Elaborado por la autora

4.3. DESCRIPCIÓN DE ESTUDIO EMPÍRICO:

El estudio empírico tuvo una duración total de 16 meses dentro del período de construcción de un edificio de viviendas.

4.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y EL EMPRENDIMIENTO

Como campo de análisis e implementación se toma como caso de estudio una empresa extranjera con filiales en varios países de Sudamérica, y cuya sede local se encuentra construyendo su 4to edificio de viviendas. Es una empresa de gran porte en otros países, pero de escala mediana en su sede local. Tiene una trayectoria de más de 25 años en el exterior y de 6 años en Uruguay.

Centraliza todas las etapas de proyecto desde su diseño hasta la venta de las unidades y trabaja tanto con mano de obra propia como tercerizada. El personal técnico vinculado (ver Figura 10) es reducido para la complejidad de los trabajos y consta de un director de obra, jefe de obra, Arq. Proyectista, oficina técnica, capataz y dos supervisores

Figura 10 Organigrama de la empresa



Fuente: Empresa A

El motivo de elección de la compañía fue en primera instancia debido a que la presente investigadora formaba parte del equipo técnico desempeñando tareas como jefe de obra. En segunda instancia, por la voluntad de la empresa de mejorar su modelo de planificación y control y de lograr mejores resultados para el proyecto. Por último, debido a que tanto su

escala como sus principales características representan un segmento importante de la industria de la construcción uruguaya.

El emprendimiento consiste en un edificio de viviendas de altas prestaciones ubicado sobre la rambla montevideana. El proyecto cuenta con seis tipologías de unidades desarrolladas en los primeros seis niveles con algunas variaciones entre un nivel y otro y cuatro apartamentos pent- house en el séptimo piso, lo que completan cuarenta unidades a las que se le suman dos niveles de estacionamiento. Las plantas tienen un metraje aproximado de 670m² y solo cuatro de los siete niveles es planta tipo. El sistema constructivo utilizado es el hormigón armado para la estructura y el bloque celular, bloque cerámico y placas Durlock para los muros.

Este edificio representó un cambio importante en lo que respecta al sistema constructivo que venía utilizando la empresa, ya que por primera vez en Uruguay trabajan con estructura tradicional de pilar y viga y no con sistema forsa (muros y losa de hormigón armado) como los edificios anteriores. También cuenta con algunas innovaciones con respecto al historial de la empresa, como el sistema de encofrado, detalles en acabados finales de las unidades e instalaciones de acondicionamiento térmico como calefacción central y losa radiante.

Figura 11 Imágenes del emprendimiento



Fuente: Empresa A

Figura 12 Planta tipo de emprendimiento



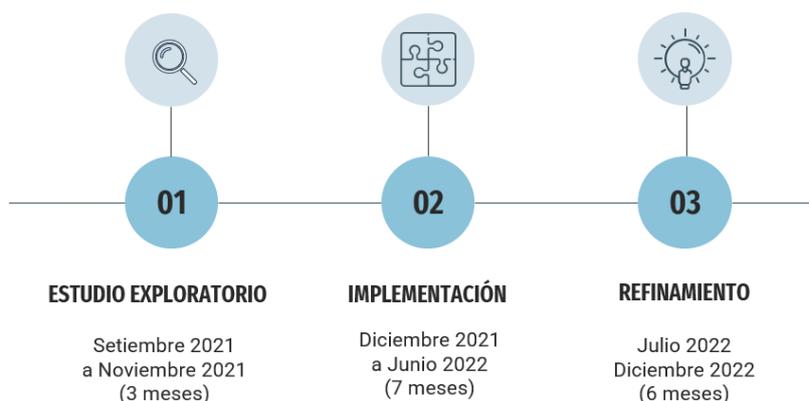
Fuente: Empresa A

La empresa no contaba con conocimientos del sistema Last Planner ni otro tipo de planificación diferente del CPM. En obras anteriores se hicieron intentos de implementación BIM pero no tuvieron éxito.

4.3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

La subdivisión de las etapas temporalmente dentro del estudio (ver Figura 13) se sucedió comenzando con un estudio exploratorio cuya duración fue de tres meses donde se identificaron las principales problemáticas de la empresa, posteriormente se definió un primer sistema de planificación que fue implementado en la siguiente etapa cuya duración fue de siete meses y por último con las lecciones aprendidas de la primera implementación, se realizó un refinamiento del método, esta última etapa tuvo una duración de seis meses.

Figura 13 Etapas de caso empírico



Fuente: Elaborado por la autora

4.3.2.1. Etapa exploratoria

Durante el desarrollo del estudio exploratorio no fueron modificadas las prácticas originales de la empresa para poder hacer un análisis de las problemáticas iniciales.

Las **fuentes de evidencia** consideradas para la realización del diagnóstico fueron:

- a) Estudio de la documentación existente: se analizaron los planos, proyecto ejecutivo, planificación general mediante el diagrama de Gantt y los planes de trabajo para tareas específicas y el análisis del modelo de planificación original.
- b) Observación participante y entrevistas semiestructuradas en la dinámica cotidiana
- c) Check-list (Tabla 3; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), donde se evaluó si la empresa implementaba previamente alguno de los conceptos relacionados al modelo Last Planner, la planificación basada en localización y la gestión visual.

Las características listadas en el check-list de la Tabla 3, tienen como objetivo el de identificar si la empresa contaba con conocimiento previo de los principales conceptos relacionados los modelos Last Planner y planificación y control basado en localización, así como también, sobre gestión visual y colaboración. Los distintos ítems fueron elegidos tomando en cuenta que la empresa a la que se estaba evaluando no tenía

implementaciones previas de estos modelos. Por lo tanto, se evaluaron los lineamientos más básicos de cada una de las temáticas. De esta forma, se ha establecido un punto de partida para el modelo propuesto de planificación y control.

Tabla 3 Modelo de check list evaluación

Características de sistema de planificación	Existe	Carece	Con fallas
Diferenciación de horizontes de planificación			
Definición de hitos y metas principales			
Participación de los colaboradores en la planificación			
Definición de lotes de trabajo			
Comunicación con/entre colaboradores			
Comunicación de información relevante del proyecto			
Espacios de colaboración (reuniones de equipo)			
Herramientas visuales como apoyo a la planificación y control			

Fuente: Elaborado por la autora

Una vez finalizado el estudio exploratorio se obtiene un diagnóstico y a partir del mismo se propone una primera versión del método de planificación y control elaborado en conjunto con los miembros del personal técnico de la empresa.

4.3.2.2. Etapa de implementación:

Como premisas se propuso la implementación gradual de principios Lean en la dinámica de la obra, adicionalmente se incorporaron herramientas Last Planner como la planificación de mediano y corto plazo junto a los indicadores correspondientes y por último se propuso la introducción de dispositivos visuales como estrategia de comunicación. A continuación, se describen las actividades realizadas:

- *Capacitaciones:* sobre conceptos Lean y herramientas del modelo Last Planner: en total tres instancias (duración 2.5hs), la primera con la gerencia de obra y los 2 restantes con el personal técnico y encargados.
- *Planificación de corto plazo y reuniones semanales.*
- *Incorporación de dispositivos visuales.*
- *Análisis de indicadores (PPC).*

Las **fuentes de evidencia** utilizadas en esta etapa fueron:

- a) Evaluación de la evolución de los indicadores semanales principalmente el porcentaje de paquetes completados y las causas de no cumplimiento.
- b) Observación participante veintiocho reuniones semanales de planificación (1.5hr de duración) sumado a la percepción de la presente investigadora respecto a la evolución de la implementación del modelo
- c) Cinco entrevistas semiestructuradas con el capataz y los cuatro encargados de los principales frentes de trabajo activos en la obra.

4.3.2.3. Etapa de refinamiento:

Se realiza una versión refinada del modelo de planificación elaborado en la etapa anterior, incorporando mayor complejidad y conceptos más avanzados referentes a planificación, colaboración y gestión visual. Participaron de esta etapa de obra 17 empresas subcontratadas y un total de 35 operarios directos de la empresa constructora con sus correspondientes encargados. Cabe aclarar que el grupo de subcontratos con el que se trabajó para esta obra, no presentaban antecedentes de trabajo previos con la empresa de estudio, por lo que fue generado desde cero. La principal razón responde a que los edificios anteriores siendo viviendas de promoción social no contaban con la misma complejidad de instalaciones como el ejemplo del caso de estudio (por ejemplo: Losa radiante, calefacción por ductos, piso de madera, entre otros). A continuación, se describen las actividades realizadas:

- *Implementación de los 3 niveles de planificación y control*
- *Incorporación de paneles visuales: estratégico y operativo*
- *Reuniones de planificación con diferentes involucrados.*
- *Análisis de indicadores (PPC, CNC, IRR)*

Las **fuentes de evidencia** utilizadas en esta etapa fueron:

- a) Entrevistas semi-estructuradas realizadas de forma individual con gerencia y empleados. Fueron realizadas 6 entrevistas de duración aprox. 60 min con cada participante: capataz, gerencia, asistentes técnicos, jefe de oficina técnica.

- b) Evaluación de los indicadores semanales (porcentaje de paquetes completados y las causas de no cumplimiento) y de mediano plazo (índice de remoción de restricciones)
- c) Observación participante y percepción de la investigadora en las diferentes reuniones de planificación:
 - Seis reuniones mensuales con subcontratos (duración 1hr)
 - Doce reuniones quincenales con el equipo técnico (duración 1.5hs)
 - Veinticuatro reuniones semanales de producción (duración 1hr)

Una vez finalizada la última etapa de implementación, fueron realizadas entrevistas con todos los miembros del equipo técnico, capataz y encargados. Se llevaron a cabo un total de diez entrevistas con colaboradores referentes de cada área incluida la gerencia y el área administrativa. Son varios los comentarios a reflexionar y evaluar acerca del modelo y su desempeño en la empresa y la obra de estudio.

4.3.3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL ARTEFACTO

Según March y Smith (1995), los productos DSR se evalúan según criterios de aplicabilidad. La contribución de la investigación está fuertemente relacionada con la novedad, la mejora significativa del artefacto y la persuasión de que las afirmaciones son verdaderas (MARCH; SMITH, 1995). Con base en lo anteriormente mencionado, se proponen analizar los constructos según utilidad y aplicabilidad para evaluar el modelo de planificación y control implementado, así como la evidencia de los mismos y su respectiva fuente.

Basado en la estrategia de evaluación de artefacto utilizado por Vargas (2018) se elabora la siguiente tabla (Tabla 4) para el listado de criterios utilizados en la presente investigación, según su utilidad y aplicabilidad, junto con las evidencias que se tomaran en cuenta para su evaluación.

Como evidencia de los distintos constructos de utilidad del modelo, se considera la comunicación y la participación en reuniones de planificación, la apropiación de los paneles visuales y la interacción con ellos, así como el desarrollo de herramientas de seguimiento y control que se integren en los paneles visuales. Para la verificación, se utilizarán como

fuentes de evidencia la observación participante, entrevistas semiestructuradas con colaboradores y gerentes, así como la percepción de aquellos que estén implementando el modelo.

Tabla 4 Criterios de evaluación del artefacto

	CRITERIOS	EVIDENCIAS	FUENTE DE EVIDENCIA
CONSTRUCTOS Utilidad	Accesibilidad de la información a todos los usuarios.	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Uso de las herramientas visuales para la comunicación de la planificación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Observación participante en reuniones de planificación ▶ Entrevistas estructuradas ▶ Percepción de la investigadora.
	Detección temprana de desviaciones	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Creación de indicadores ▶ Análisis de la información ▶ Seguimiento de las actividades 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Observación participante en desarrollo de indicadores y planificación ▶ Entrevistas estructuradas gerencia
	Uso de los paneles visuales para identificar del estatus del sistema	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Actualización periódica de la información en los paneles visuales. ▶ Cuidadosa selección de la información presentada. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Entrevistas estructuradas gerencia, empleados y subcontratos. ▶ Observación directa
	Promoción de la colaboración en la planificación	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Comunicación entre las personas ▶ participación en reuniones de planificación 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Observación participante en reuniones de planificación ▶ Entrevistas estructuradas empleados y subcontratos ▶ Percepción del investigador.
CONSTRUCTOS Aplicabilidad	Comprensión de las prácticas y principios fundamentales del modelo Last Planner como referencia para el nuevo modelo de planificación.	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Charlas sobre conceptos y principios más relevantes sobre LPS. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Observación participante en capacitación del personal ▶ Percepción de la investigadora.
	Aplicabilidad en futuras obras	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Creación de herramientas simples, sencillas y de bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Prototipo de dispositivos visuales.

Fuente: Elaborado por la autora

5. ESTUDIO EMPÍRICO

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en esta investigación: en primer lugar, el diagnóstico del estudio exploratorio (1ra etapa), y posteriormente el desarrollo y refinamiento en dos instancias del método de planificación y control (1ra y 2da etapa) con la evaluación correspondiente (3ra etapa).

5.1. ETAPA 1: Estudio exploratorio

5.1.1. Diagnóstico

La modalidad de trabajo de la empresa previamente era tradicional con uso de tecnologías constructivas artesanales, como la mayoría de las empresas similares del rubro. Los proyectos se estructuraban en plantas de gran metraje sin estandarización y que sufrían continuas modificaciones durante su ejecución lo que generaba como consecuencia tiempos de ciclo altamente variables, re trabajos y muchas actividades que no agregan valor.

La escala de la empresa en su sede local es entre mediana y pequeña ya que se encontraba desarrollando un único emprendimiento, el personal asociado es reducido por lo que la forma de trabajo es tradicional al igual que las tecnologías constructivas aplicadas. La gerencia centralizaba la mayor parte de las decisiones lo que generaba retrasos por demoras en autorizaciones.

El modelo de planificación utilizado era básico centralizado en un cronograma general (diagrama de Gantt) donde no había un análisis en detalle de los distintos horizontes temporales y poniendo el foco únicamente en actividades que agregan valor, lo que resulta en tiempos de ciclo altamente variables. Además, los planes se quedaban obsoletos en cortos períodos de tiempo, y obligando a una reformulación constante de los objetivos en la planificación. Las metas pautadas resultaban excesivas teniendo como consecuencia jornadas laborales extensas y días de descanso trabajados. Se observaron varias interferencias de actividades en un mismo sitio y un exceso de trabajo en progreso.

La información presentada en este diagnóstico se obtuvo mediante la observación participante de la presente investigadora y a través de la aplicación del *check-list*

presentado en el capítulo 4. En la Tabla 5 se pueden ver las condiciones iniciales de la empresa referentes a conocimientos previos de planificación y gestión visual.

Tabla 5 Evaluación inicial de la empresa

Características de sistema de planificación	Existe	Carece	Con fallas
Diferenciación de horizontes de planificación		X	
Definición de hitos y metas principales			X
Participación de los colaboradores en la planificación		X	
Definición de lotes de trabajo			X
Comunicación con/entre colaboradores	X		
Comunicación de información relevante del proyecto			X
Espacios de colaboración (reuniones de equipo)		X	
Herramientas visuales como apoyo a la planificación y control		X	

Fuente: Elaborado por la autora

Como resultado de la evaluación se pudo identificar que la empresa no contaba con conocimientos sobre la diferenciación de horizontes temporales para la planificación, ni tampoco de la importancia de la inclusión de los colaboradores en la elaboración de planes. Por lo tanto, no existían espacios de colaboración ni reuniones de equipo, tampoco herramientas visuales. Por otra parte, si contaba con la definición de hitos y metas principales, pero estos no eran establecidos de común acuerdo con los encargados de llevar adelante la tarea, la definición de lotes de trabajo era irregular, pudiendo generar interferencia entre tareas. La comunicación relevante del proyecto es compartida con muy pocos colaboradores. Como característica a destacar, existía buena comunicación entre los colaboradores lo que contribuyó a un mejor desarrollo de las tareas.

5.2. ETAPA 2: Primera implementación

5.2.1. Primera versión del sistema

La primera versión del sistema es implementada en la etapa de obra correspondiente a la ejecución de la estructura de hormigón armado. La misma se divide en 3 partes que actúan en simultáneo y se retroalimentan.

En primer lugar, se propuso la elaboración del PCP incorporando prácticas con base en principios Lean (Koskela 1992): la reducción de tamaño de lote como estrategia para la reducción de tiempo de ciclo y la eliminación de trabajos que no agregan valor. Por otra parte, para fomentar la colaboración y poder compartir la información con los

colaboradores, se implementa la incorporación de dispositivos visuales a través de pizarras.

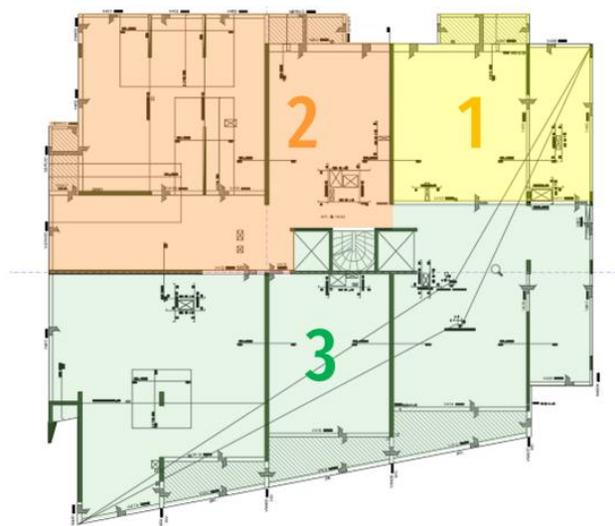
Finalmente se realiza la implementación gradual del sistema Last Planner comenzando por horizonte temporal de planificación semanal e incorporando los primeros indicadores de desempeño como el PPC (porcentaje de paquetes completados).

5.2.2. Propuesta de intervención.

- Elaboración de PCP

En primer lugar, se plantea la *reducción del tamaño de lote* y se lleva a cabo mediante la división de la planta en tres sectores, lo que permite generar metas más cortas y tener un mayor control sobre el cumplimiento de los objetivos. Las tareas desarrolladas en cada lote se desencadenan en forma de cascada con solapes entre las distintas cuadrillas. En lo que respecta a la división de lotes (ver Figura 14), lo más efectivo hubiera sido subdividir la planta en sectores de similar magnitud para lograr un ritmo y un cierto grado de repetición, y con esto establecer un cierto grado de repetición del proceso. Sin embargo, por decisión de la empresa, se opta por la subdivisión de lotes cuyas áreas vayan aumentando de tamaño de forma creciente (el primer lote es de 120 m², el segundo de 235 m² y el tercero 360m²) con el fin de realizar un aumento gradual de la dificultad.

Figura 14 División de la planta en lotes



Fuente Elaborado por la autora

El siguiente principio Lean implementado es el *aumento de la transparencia del proceso*, logrado a partir de diferentes estrategias. En primer lugar, fue lograr identificar a simple vista en el campo de trabajo (como se observa en la Figura 15) las tareas principales, visualizando su grado de avance según los objetivos pautados.

Figura 15 Distribución de actividades



Fuente: Elaborado por la autora

Para hacerlo posible, se asignó a las cuadrillas responsabilidades sobre determinadas actividades, permitiendo que el trabajo se torne específico y repetitivo logrando a lo largo del avance de la obra un perfeccionamiento de cada equipo en la ejecución de la tarea asignada. Se identifican las actividades principales, priorizándolas y ubicándolas dentro de la planificación eliminando todo aquel trabajo que no agregue valor al proceso.

El inicio y fin de cada etapa están determinadas por el hito del hormigonado, cuyas fechas fueron previamente establecidas en el plan de largo plazo, mediante la cual se cumplen con las exigencias de contrato de obra. Cada etapa inicia luego del hormigonado del sector anterior para desencadenar las demás actividades: replanteo de sitio, colocación de primeros puntales guías, armado de viguetas primarias en losas y fondos de viga, colocación de viguetas secundarias y chapones fenólicos, armado de herrería de vigas y losas, instalación eléctrica y replanteo de pases, verificación y posterior hormigonado.

Las mejoras implementadas en la definición de los ciclos de las tareas, como por ejemplo las responsabilidades específicas de cada cuadrilla, la secuencia de trabajo en cada sector, y los tiempos de ciclo en cada una de las losas, lograron una secuencia que permitió un mejor desempeño de las cuadrillas, favoreciendo el trabajo ininterrumpido de las mismas,

y consiguiendo la simultaneidad de actividades dentro de la misma losa. Todo lo mencionado anteriormente fue fundamental para conseguir reducir el tiempo de ciclo total en cada nivel y controlar la propagación de la variabilidad.

La secuencia de actividades con pequeños solapes entre ellas fue posible gracias a la asignación de cuadrillas específicas realizando trabajo continuo, esto permitió comprimir el tiempo de ciclo en comparación con la modalidad original donde las actividades comenzaban luego de haber terminado toda el sector anterior, no solamente lo correspondiente a la cuadrilla. Con esta modificación se logra bajar el tiempo total en completar un nivel (conformado por tres lotes) de 22 a 18 días luego de la primera aplicación, y luego de avanzada la implementación un tiempo de 15 días por nivel completado (ver Figura 16).

Estos resultados fueron rápidamente reconocibles por los miembros de la empresa tanto el personal de campo, como técnicos y gerentes, lo que permitió conseguir una mayor predisposición a la hora de colaborar con la implantación de las siguientes prácticas, comprendiendo que las mejoras podían visualizarse en el corto plazo.

Figura 16 Tiempos de ciclo por lote



Fuente: Elaborado por la autora

- Incorporación de dispositivos visuales

La incorporación de dispositivos visuales en la planificación de la obra se fue realizando en forma paulatina, con el fin de que los usuarios pudieran familiarizarse gradualmente con las herramientas y apropiarse de las mismas, buscando elementos que fueran dinámicos y colaborativos.

En primera instancia se utilizó una pizarra ubicada en frente al pañol (Figura 17). Dicha ubicación fue seleccionada ya que era un punto de fácil acceso a todos los usuarios por dos razones: se encontraba en el ingreso de la obra, y por otra parte el pañol es un lugar de uso frecuente de operarios y técnicos, los principales destinatarios. La información contenida en la pizarra estaba dispuesta de una forma clara y simple de leer, a modo de tabla semanal se colocaban los objetivos de cada cuadrilla que habían sido acordados previamente en la reunión semanal. El encargado de actualizar la pizarra era rotativo todas las semanas, de esta forma se lograba un mayor involucramiento del personal con la herramienta y con los objetivos pautados.

Figura 17 Ejemplos de dispositivos visuales 1ra etapa



Fuente elaborado por la autora

Implementación del Last Planner.

La aplicación de herramientas del sistema Last Planner fue realizada de forma gradual, ya que previamente fueron necesarias sucesivas instancias de capacitación con el personal involucrado (Tabla 6).

Tabla 6 Instancias de capacitación LPS

	Duración (hs)	Participantes	Contenido
1	1,5	Gerencia y directorio	Introducción al sistema Last Planner Horizontes de planificación Principales indicadores y la importancia del seguimiento
2	1,5	Personal técnico y mandos medios	Introducción al sistema Last Planner Horizontes de planificación Principales indicadores y la importancia del seguimiento
3	1,5	Personal técnico y mandos medios	Importancia de las reuniones de planificación semanal Profundización en indicadores de corto plazo

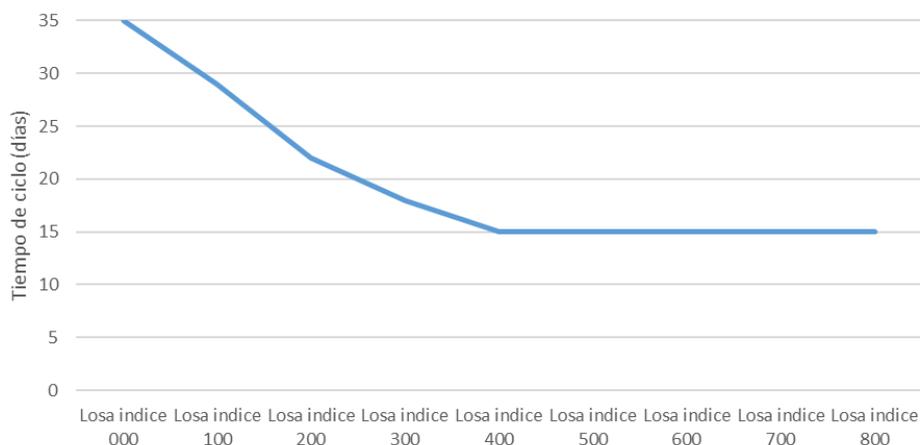
Fuente Elaborado por la autora

Las capacitaciones comenzaron por los miembros de gerencia y directorio, ya que se consideró imprescindible para el buen desarrollo de la implementación contar con el apoyo de los altos mandos, de lo contrario no hubiera sido posible obtener resultados favorables. Posteriormente se realizó una capacitación con las mismas temáticas al personal técnico y mandos medios (principalmente capataz y encargados de cuadrillas), y la última capacitación realizada en esta etapa fue con el mismo grupo de la instancia anterior, pero esta vez profundizando en temáticas referentes a la planificación de corto plazo y la importancia del seguimiento de los indicadores correspondientes.

- Resultados obtenidos de la primera etapa

La evaluación de la primera implementación fue realizada una vez terminada la etapa de obra de estructura. Los resultados referentes a la disminución de tiempo de ciclo fueron positivos. La división de lotes y la reducción de la variabilidad lograron una disminución de tiempo de ciclo más de un 30% en primera instancia y llegando a un 60% en los últimos niveles (ver Gráfico 1).

Gráfico 1 Descenso de tiempo de ciclo en losas de HA



Fuente Elaborado por la autora.

En lo referente a la planificación, las reuniones semanales promovieron el involucramiento de capataces y encargados en la planificación, discutiendo exigencias y necesidades para cumplir con los objetivos. Al consultar a los colaboradores acerca de cuáles consideran como objetivos principales de la empresa referentes a la planificación, todos coinciden en el control económico como meta principal. Sin embargo, como objetivos secundarios los representantes del área técnica (arquitectos, ingenieros) priorizan el cumplimiento de metas y el seguimiento del avance de las tareas como los puntos más relevantes, mientras que el área operativa (capataces y supervisores de campo) afirman que el control y el desempeño del personal ocupan la mayor parte de su atención a la hora de planificar, junto al establecer procedimientos de trabajo.

Los dispositivos visuales facilitaron la comunicación a todo el equipo de los objetivos y las metas planteadas. Algunos de los puntos donde resultaron los mayores contratiempos, fueron los referentes a las métricas, debido a dificultades para acordar la toma, procesamiento y análisis de datos.

En cuanto a la colaboración, luego de la primera implementación la gerencia aún centralizaba la toma de la mayor parte de las decisiones, siendo pocas las tareas en las que otorga autonomía a los involucrados. Esto queda en evidencia en las instancias de entrevistas con capataces y encargados donde afirman que en las reuniones no se permite la participación por igual de todas las opiniones y se dan indicaciones unidireccionales

donde solo se mira hacia adelante sin hacer una evaluación crítica de las actividades pasadas. Se acota mucho el tiempo de reunión, y no se escuchan las problemáticas de la obra. Por lo tanto, dicha información es tomada como base para la planificación de las reuniones en la etapa de refinamiento.

Surge como área de oportunidad la necesidad de integrar el área proyectual a la planificación de obra ya que mediante ajustes de proyecto es posible dinamizar algunas tareas.

5.3. ETAPA 3: Refinamiento

La etapa de refinamiento fue llevada a cabo durante la ejecución de los rubros de albañilería y terminaciones. En estas instancias la obra adquiere mayor complejidad debido a la gran cantidad de subcontratos interviniendo en simultáneo. Se busca responder a la creciente propagación de la variabilidad derivada de un mayor número de tareas, y la participación en la planificación de un número considerable de empresas con intereses y formas de trabajo diverso. En esta tercera etapa, los niveles de planificación se diversifican, considerando el largo, mediano y corto plazo según los lineamientos de Last Planner System. En la etapa de refinamiento del sistema fueron realizadas 24 reuniones de planificación semanal y 12 reuniones quincenales, las cuales fueron transformándose para poder cumplir con los requerimientos conforme a la evolución en el sistema de planificación y control.

5.3.1. Horizontes de planificación.

En lo que refiere a la *planificación de largo plazo*, en esta etapa fueron realizadas tres instancias de reuniones entre la presente investigadora, la gerencia y en una de ellas participó un miembro del directorio (ver Tabla 7). El propósito de las mismas fue la definición objetivos macro: plazos de entrega (final o parcial), criterios de medición de indicadores, secuencia de tareas, entre otras.

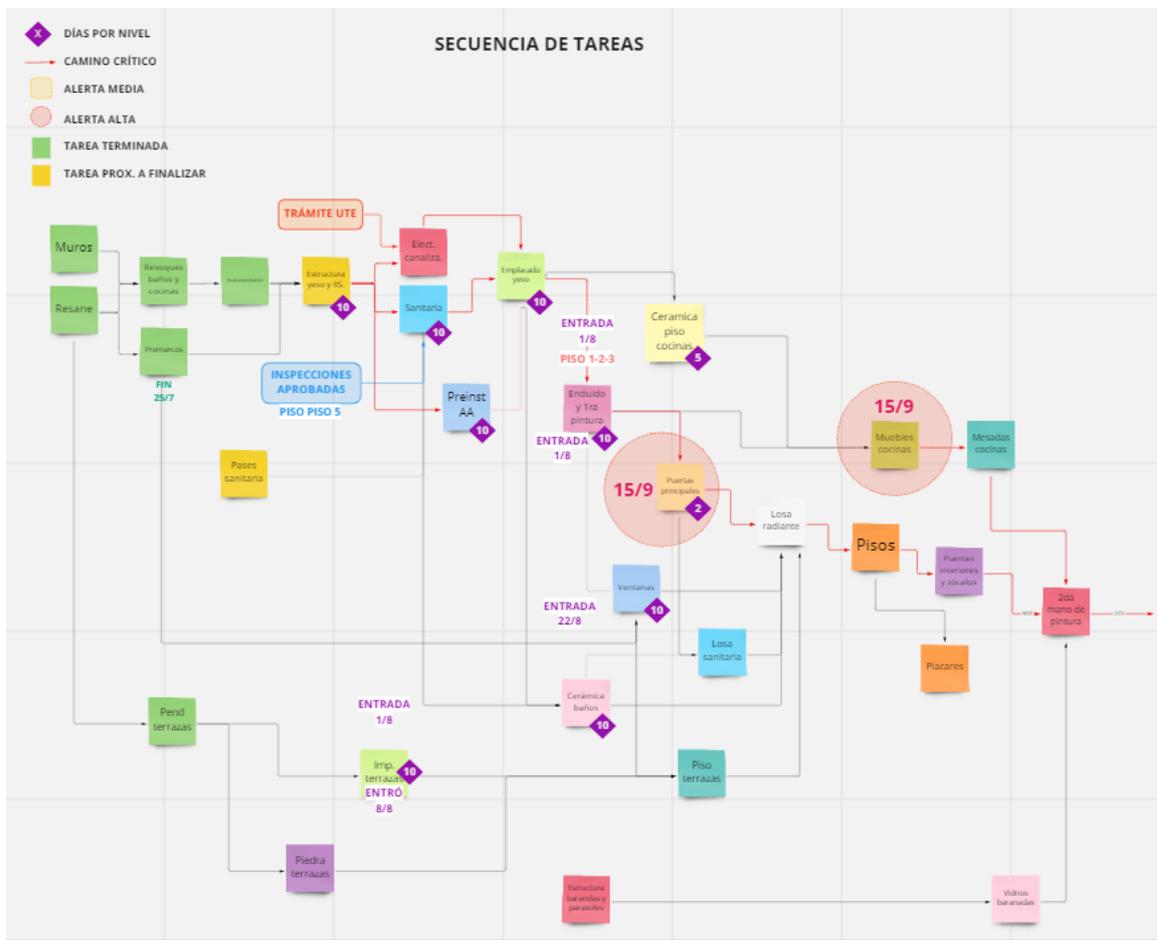
Tabla 7 Reuniones de planificación estratégica

	Duración (hs)	Participantes	Temáticas tratadas	Herramientas obtenidas
1	3	Gerencia, Directorio, Investigadora	(a) Plazos de entrega de las unidades (b) Secuencia de las actividades dentro de cada unidad (c) Pre dimensionado de mano de obra acorde a las posibilidades de la empresa.	* Diagrama de precedencias * Línea de balance
2	1,5	Gerencia, Investigadora	(a) Análisis de Restricciones a nivel macro (b) Logística y compras (de largo plazo) (c) Interferencias en la línea de balance	*Revisión de línea de balance * Elaboración de planilla de restricciones
3	1	Gerencia, Investigadora	(a) Definición de criterios de terminalidad (b) Revisión de secuencia de actividades (c) Definición sentido de desplazamiento de cuadrillas entre unidades (d) Definición de indicadores y lineamiento para la elaboración de paneles visuales	* Líneas de ritmo * Paneles visuales estratégico y operativo

Fuente Elaborado por la autora

En la primera reunión, realizada con el gerente y uno de los miembros del directorio se elaboró el listado de actividades principales dentro de las unidades, evaluando el orden para evitar re trabajos. Con esa información como insumo se realizó un diagrama de precedencias (Figura 18) tomando como unidad base la de un apartamento. Esto permitió reconocer de una manera más visual el vínculo entre las distintas tareas necesarias para la entrega de las unidades. En dicho diagrama también se incluyen alertas referentes a la llegada de suministros principales (en su mayoría importados). Luego de acordada la secuencia de tareas, en la misma reunión se realizó un pre dimensionado de la capacidad de los recursos para establecer el ritmo de producción en la línea de balance. En las reuniones posteriores se avanzó en la revisión de la línea de balance, elaboración de planilla para de restricciones, definición del control de ritmo para las cuadrillas y de estrategias visuales de comunicación como la de los paneles visuales.

Figura 18 Diagrama de precedencias



Fuente Elaborado por la autora

La *línea de balance* (Figura 19), permitió visualizar la secuencia de actividades en tiempo y espacio logrando intervenir a tiempo para evitar interferencias entre cuadrillas en un mismo lugar, así como establecer la carga óptima de trabajo para lograr una mejor sincronización de las actividades.

Para su elaboración, se definieron los lotes espaciales de referencia dividiendo cada nivel en dos sectores con metraje similar (norte y sur) compuestos por tres unidades de apartamento cada uno. Posteriormente se identifica la secuencia de tareas distinguiendo cuales se desarrollarán en el interior de las unidades y cuales se llevarán a cabo en las áreas generales.

El paso siguiente fue atribuirle un ritmo de avance a cada cuadrilla y plasmarlo en la línea de balance. Teniendo en cuenta la gran cantidad de actividades que deben coordinarse de

Como *indicador de largo plazo* se realizó un seguimiento del avance físico con finalización y sin finalización siendo la relación entre ellos el control del trabajo en progreso. Su materialización fue a través de una versión similar a una matriz de terminalidad, donde se colocaron los diferentes planos de las unidades sobre el panel visual y se coloreaban verde, amarillo y rojo los sectores según grado de avance. Esta es una materialización muy básica debido a que fue la primera implementación de estos conceptos.

Por otra parte, mediante el análisis del ritmo de las actividades se realizaron las proyecciones y tendencias a retrasar o acortar el plazo final de la obra. Estos indicadores fueron los que tuvieron menor desarrollo a lo largo de este estudio empírico debido al intervalo de tiempo acotado en el que fue realizado.

Dado que la planificación de largo plazo es llevada a cabo por pocos miembros del equipo, *el rol de la colaboración* en este caso no tiene un papel predominante o fundamental. De todas formas, la generación de instancias de reunión para la definición de objetivos y herramientas claves permitió instancias de diálogo sustituyendo la comunicación unidireccional característica de la empresa previa al inicio de la implementación. Las reuniones de planificación permitieron compartir y discutir los puntos de vista agregando comentarios y sugerencias por parte de cada uno de los participantes. Finalmente, el resultado de las reuniones derivó en productos materiales (línea de balance, línea de flujo previsto, planilla de restricciones) que sirvieron de insumo para el resto de la planificación de los niveles de mediano y corto plazo.

La *planificación del nivel look-ahead* consideró un horizonte de cinco semanas de obra tomando lo establecido en la línea de balance, su seguimiento fue realizado mediante las reuniones de mediano plazo. Estas reuniones tuvieron una duración aproximada de una hora y media e involucraron a los subcontratos principales, arquitecta proyectista y jefa de oficina técnica además del personal supervisor de la producción (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Se llevaron a cabo con una frecuencia quincenal sumando un total de doce instancias dentro del período estudiado.

Tabla 8 Reuniones de planificación Lookahead

Frecuencia (hs)	Duración (hs)	Participantes	Temáticas tratadas	Herramientas utilizadas
Quincenal	1,5	Gerencia (opcional) Jefe de obra Proyectista Subcontratos Oficina técnica Capataz	(a) Revisión de restricciones removidas: en plazo y fuera de plazo (b) Causas de no remoción de restricciones (c) Revisión de ritmo de las cuadrillas	* Planilla de restricciones * Líneas de ritmo * Panel visual táctico
Lugar: sala de reuniones oficina de obra				

Fuente Elaborado por la autora

La principal herramienta utilizada en este horizonte de planificación fue un listado de restricciones (Figura 20). Se colocaron las actividades planificadas para el período de análisis y establecieron plazos límites para su levantamiento, además de asignar responsables de hacerlo. Dicha planilla fue elaborada mediante una tabla que constó de dos partes: un sector donde se ingresaron todas las tareas separadas por semanas, el rubro, el ritmo previsto, y las fechas de comienzo y fin de las mismas. Para cada tarea se determinó un número de restricciones con una fecha máxima prevista a ser removida de forma que no interfiera en el cumplimiento de la planificación.

Figura 20 Planilla de seguimiento de restricciones

MES	OCTUBRE							
PLANIFICACIÓN								
SEMANA	ACTIVIDAD	RUBRO	RITMO PLANIFICADO (DIR/NIVEL O SECTOR)	FECHA COMIENZO PREVISTA	FECHA FIN PREVISTA	TAREAS PREVIAS A FINALIZAR (RESTRICCIONES)	TIPO DE RESTRICCIÓN	PLAZO MÁXIMO PARA RESTRICCIÓN
1 DEL 3 AL 7	HORQUILLA DE TANQUE DE AGUA E INSTALACION HIDRÁULICA INCENDIO	SANITARIA	5	3/10/2022	7/10/2022	INSTALACION DE BOMBA DE INCENDIO	TAREA PREVIA TERMINADA	5/10/2022
						IMPERMEABILIZACION DEBAJO DE TANQUE DE AGUA	TAREA PREVIA TERMINADA	2/10/2022
						PROYECTO DE RECOPRIDO DE CAÑERIAS	DEF. PROYECTO	3/10/2022
						MÁQUINARIA PARA CAÑERIA GALVANIZADA	CUMP. SUBCONTRATO	3/10/2022
	COLOCACIÓN DE ARTEFACTOS SANITARIOS NIVEL 3	SANITARIA	5	3/10/2022	7/10/2022	COLOCACIÓN DE PUERTAS DE ENTRADA	TAREA PREVIA TERMINADA	3/10/2022
						ARTEFACTOS SANITARIOS EN EL LUGAR	MATERIALES EN SITIO	3/10/2022
						REPLANTEO DE E.I.E.S	REPLANTEO	3/10/2022
	COLOCACIÓN DE MESADAS GRANITO 105-205-104	MESADAS GRANITO	1	3/10/2022	3/10/2022	MUEBLES TERMINADOS	TAREA PREVIA TERMINADA	3/10/2022
						RELEVAMIENTO DE MEDIDAS	REPLANTEO	3/10/2022
	LOSA RADIANTE NIVEL 2	LOSA RADIANTE	8	5/10/2022	7/10/2022	LIMPIEZA	LIMPIEZA	4/10/2022
						REVISAR PISO NIVELADO	SUPERVISIÓN	4/10/2022
						ABERTURAS COLOCADAS	TAREA PREVIA TERMINADA	4/10/2022
						PUERTA DE ENTRADA COLOCADA	TAREA PREVIA TERMINADA	4/10/2022
	CARPETAS CON PENDIENTES EN REBAJES PISO 7	PEND. TERRAZAS	2	5/10/2022	7/10/2022	REVISAR PREINST. DE TERMOSTATOS	SUPERVISIÓN	4/10/2022
						MATERIAL DISPONIBLE		
						PLANO CON NIVELES		
	COLOCACIÓN DE BARANDA NIVEL 3	BARANDAS	8	5/10/2022	14/10/2022	REPLANTEO PARA CORTES	REPLANTEO	4/10/2022
						COORD. CORTE DE PERFIL	COORD. SUBCONTRATO	4/10/2022
						BUEN CLIMA	CLIMA	4/10/2022
							LOGISTICA BERTONI	CUMP. SUBCONTRATO
						UMBRALES	TAREA PREVIA TERMINADA	3/10/2022

Fuente: Elaborado por la autora

En caso de que la restricción no haya sido removida a tiempo, se realizó un seguimiento de las causas de la no remoción. En el sector de evaluación de la planilla (Figura 21) se registraron las restricciones según habían sido removidas o no y se le asignó a cada restricción sin remover una fecha de reprogramación de dicha actividad.

Figura 21 Evaluación de remoción de restricciones

EVALUACIÓN			
CUMPLIMIENTO	RITMO REAL (DIAS/NIVEL)	RESTRICCIÓN SIN REMOVER	FECHA REPROGRAMADA
100%		0	
100%		0	
100%		0	
100%		0	
0%		TAREA PREVIA TERMINADA	
100%		0	
100%		0	
		0	
100%		0	
100%		0	
		0	
		0	
100%		0	
90%		SUPERVISIÓN	
100%		0	
100%		0	
90%		SUPERVISIÓN	
		0	
		0	
		0	
		0	
100%		0	
100%		0	
100%		0	
		0	
100%		0	
90%		TAREA PREVIA TERMINADA	10/01/2022

Fuente: Elaborado por la autora

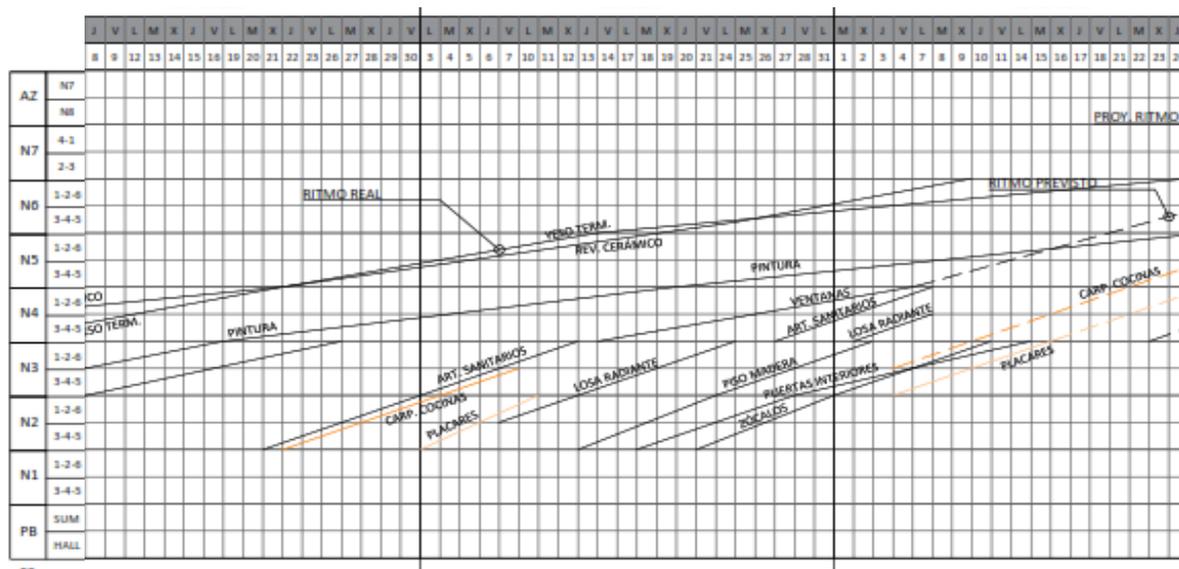
Adicional al análisis de restricciones, también se realizó el seguimiento del ritmo de trabajo previsto y real para las distintas cuadrillas (Figura 22). En este caso el seguimiento y control fue realizado mediante la puesta a punto de los líderes cada cuadrilla o subcontrato, pudiendo determinar el ritmo real y la proyección de su avance a futuro según el desempeño en dicho período.

Con esta información, fue posible definir la necesidad de tomar medidas como la de aumentar la disponibilidad de la mano de obra en el caso de los subcontratos o aumentar las horas de trabajo en el caso de las cuadrillas que trabajaron a destajo para evitar desvíos de plazo de obra. En la gráfica de ritmo (Figura 22) se puede ver la información correspondiente al ritmo previsto de las diferentes cuadrillas (asociadas cada una a un color) representado mediante una línea interrumpida, el ritmo real mediante una línea

continua y por último el ritmo proyectado acorde al desempeño de la cuadrilla del último mes, en este caso se representa con una línea punteada.

Por otra parte, el seguimiento del ritmo también tuvo como objetivo conseguir el trabajo continuo de subcontratos y cuadrillas tercerizadas de forma tal, de que se mantengan en obra y no se generen instancias de entrada y salida ya que las coordinaciones para el retorno no siempre se daban en las fechas previstas de necesidad.

Figura 22 Líneas de flujo de las actividades



Fuente Elaborado por la autora

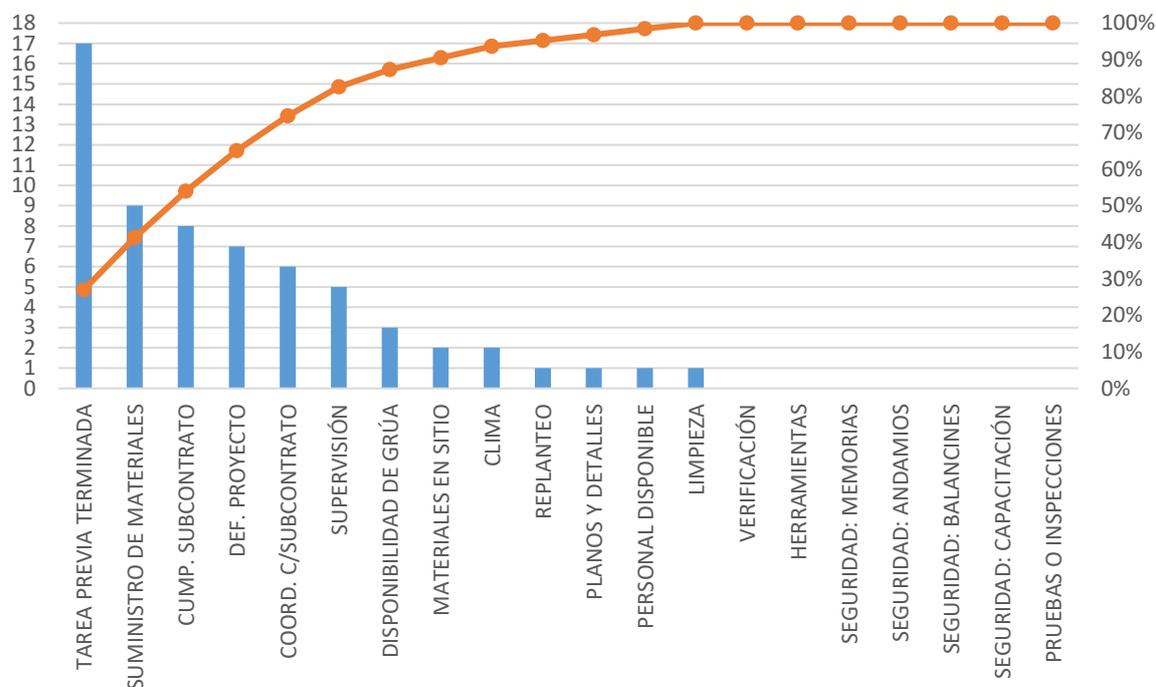
Los *indicadores de mediano plazo* implementados en esta etapa fueron el índice de remoción de restricciones (IRR), la cantidad de restricciones identificadas y las causas de no remoción de las mismas.

El IRR permitió evaluar el desempeño de la planificación y la detección a tiempo de las actividades que limitaban el desarrollo de otras tareas. El análisis de las restricciones identificadas permitió conocer las prioridades a resolver y también la categorización de las mismas para asignarles a cada una un sector de acción (proyecto, compras, subcontratos, etc.). Y por último la evaluación de causas de no remoción permitió detectar cuáles eran las principales fallas en la planificación de mediano plazo.

Mediante un diagrama de Pareto (Gráfico 2), fue posible evaluar si las restricciones que no se han podido remover en tiempo y forma, siguen algún patrón o causantes repetitivas. El

análisis de estos dos indicadores permitió definir si se debían ajustar los plazos límites de remoción de restricciones en las siguientes planificaciones y así lograr un resultado más efectivo.

Gráfico 2 Pareto de restricciones no removidas

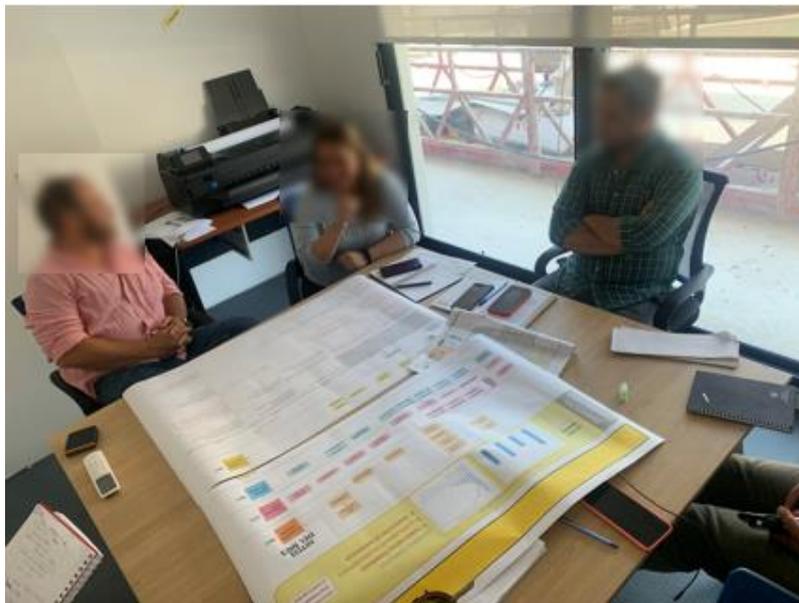


Fuente: Elaborado por la autora

El rol de la colaboración en la planificación de mediano plazo fue el más desarrollado en esta implementación, ya que involucró a un gran número de partes, no solo a los diferentes sectores de la oficina, sino también subcontratos. Las reuniones quincenales de *lookahead* fueron tuvieron la participación de la dirección de obra, área de proyecto, oficina técnica, jefe de obra, supervisores y capataz.

Sin embargo, adicionalmente a las reuniones de *lookahead*, se intentaron establecer reuniones mensuales solamente con los subcontratos. Se generaron grupos con aquellos subcontratos que comparten actividades planificadas en común, para poder generar compromisos entre ellos y poner en consideración de todos, las consecuencias de los retrasos de cada uno que tenían impacto en otras actividades. Dichas reuniones no resultaron exitosas, ya que se generó mucha dispersión. Sin embargo, los compromisos establecidos en la reunión rara vez fueron cumplidos de la forma en la que habían quedado pautados.

Figura 23 Reuniones de planificación



Fuente 33 elaborado por la autora

En las instancias posteriores, y para lograr una mejor comunicación con los distintos actores involucrados, se generaron reuniones mensuales de menor escala, incluso en algunos casos mano a mano con las empresas, marcando las actividades pendientes, las necesidades de aumentar las cuadrillas, o los tiempos límites establecidos y las razones de estos.

Un punto pendiente para analizar es el de investigar el papel de liderazgo en las diferentes reuniones, para poder definir si este fue el causante de la falta de éxito de las instancias con mayor participación, sin embargo, en el caso de las reuniones individuales, se logra un mayor nivel de diálogo y participación debido a que se pone foco directo en las actividades de cada subcontrato de forma individual.

La *planificación de corto plazo* es el único de los tres niveles que ya venía desarrollándose en la etapa anterior, en esta etapa los integrantes de la reunión ya se encuentran más habituados a la dinámica y se vuelven más eficiente por lo que fue posible reducir el tiempo de las mismas a una hora.

Tabla 9 Reuniones de planificación semanal

Frecuencia (hs)	Duración (hs)	Participantes	Temáticas tratadas	Herramientas utilizadas
Semanal	1	Gerencia (opcional) Jefe de obra Supervisores Capataz Encargado	(a) Revisión de planificación semanal (b) Causas de no cumplimiento (c) Cálculo de PPC (d) Planificación de la semana siguiente	* Planilla de corto plazo * Panel visual táctico (PVT)
Lugar: sala de reuniones				

Fuente Elaborado por la autora

Las primeras reuniones semanales (realizadas en la etapa anterior) fueron desarrolladas con un equipo reducido, que constaba de Director de obra, Jefe de obra, capataz y encargado, donde se discutían los principales objetivos semanales y se reflexionaba sobre el cumplimiento de metas de la semana anterior.

Posteriormente dichas reuniones fueron complejizándose, gracias a la elaboración de indicadores que pudieron ser evaluados y a la ampliación del equipo técnico y de encargados que permitió un dialogo más enriquecedor. Logrando así, una planificación conjunta donde se contemplaron los puntos de vista y la experiencia técnica de todos los involucrados para la definición de objetivos viables, pero a la misma vez desafiantes para el equipo de trabajo.

Las oportunidades de aprendizaje que se originaron mediante la retroalimentación sistemática obtenida de la evaluación de indicadores y el debate generado en las reuniones de planificación, dieron la pauta de la evolución permanente del sistema aplicado.

En esta segunda implementación, se realizan varias mejoras a la planilla de seguimiento (Figura 24), enfocadas principalmente en la elaboración de indicadores semanales, y a la evaluación de la planificación de la semana previa, para poder determinar las razones de no cumplimiento. Esta planilla también cuenta con un sector destinado a la planificación y otro de evaluación semanal por lo que la misma es utilizada en dos instancias.

En la instancia de evaluación se colocan los porcentajes de completado de cada tarea y en caso de que alguna de ellas no llegue al 100% se colocará la causa de no cumplimiento (ya predefinidas) para poder evaluarlas y realizar las correcciones necesarias para la semana siguiente.

comunes se encontraron: problemas con subcontratos, planificación de demasiadas actividades para la semana, o tareas que no cumplen con el ritmo previsto. Graficar las causas, en un diagrama de Pareto, permitió generar una herramienta visual fácilmente legible para poder acceder rápidamente a la información.

Por otra parte, los indicadores de paquetes completados fueron estudiados según el PPC semanal general y el PPC de cada uno de los subcontratos, ambos fueron evaluados semana a semana, pero también el histórico, evaluando el progreso de la planificación. En el caso del PPC interno de cada uno de los subcontratos, tuvo como finalidad obtener datos evaluables y comparativos entre las diferentes empresas, para poder analizar si cumplen con la planificación general de la obra.

El rol de la colaboración en la planificación de corto plazo se fue desarrollando desde el inicio del proceso con la primera implementación del modelo. El involucramiento del personal productivo con los objetivos y al delineamiento de las metas generó un mayor compromiso. Por lo mencionado anteriormente la colaboración en este nivel trascendió las instancias de reuniones de planificación pudiendo identificar en la práctica diferentes roles adoptados por los colaboradores, cada uno complementario y orientado al cumplimiento de los objetivos comunes.

El apoyo a la planificación con los dispositivos visuales tuvo un rol fundamental para facilitar la comunicación de una forma más directa y transparente y fomentar el involucramiento de los colaboradores.

5.3.2. Paneles visuales

Luego de establecidos los diferentes horizontes de planificación con sus respectivos indicadores de desempeño, surge la necesidad de comunicar dicha información de una forma simple y que pueda permanecer al alcance de todos los usuarios. Con este objetivo, se elaboran dos paneles visuales, con información diferente pero complementaria cuyo rol es definido en función al lugar donde son ubicados, y por los usuarios a los que están destinados. La idea inicial fue la elaboración de un solo panel, subdividido en tres sectores, correspondiente a cada uno de los horizontes de planificación, donde la información sea distribuida siguiendo los lineamientos planteados por Eckerson (2005) referentes a la ubicación de la información dentro del panel conforme a tres niveles de detalle, donde el

nivel inferior (la base del panel) sea el mas detallado, el nivel intermedio contenga la información más resumida y el nivel superior solamente se detine a los principales indicadores.

Figura 25 Prototipo inicial de panel visual



Fuente elaborado por la autora

Finalmente se opta por nombrar los paneles visuales implementados utilizando la clasificación de dashboards (estratégico, táctico y operativo), sin embargo estos paneles no contienen unicamente indicadores, sino que dicha clasificación es utilizada para definir el grupo de usuarios a los que estan destinados.

Considerando que se trata de una empresa con escala mediana a pequeña cuyo equipo es reducido y en virtud de que es una primera implementación de la herramienta, se define trabajar solamente con dos paneles correspondientes al nivel operativo y táctico.

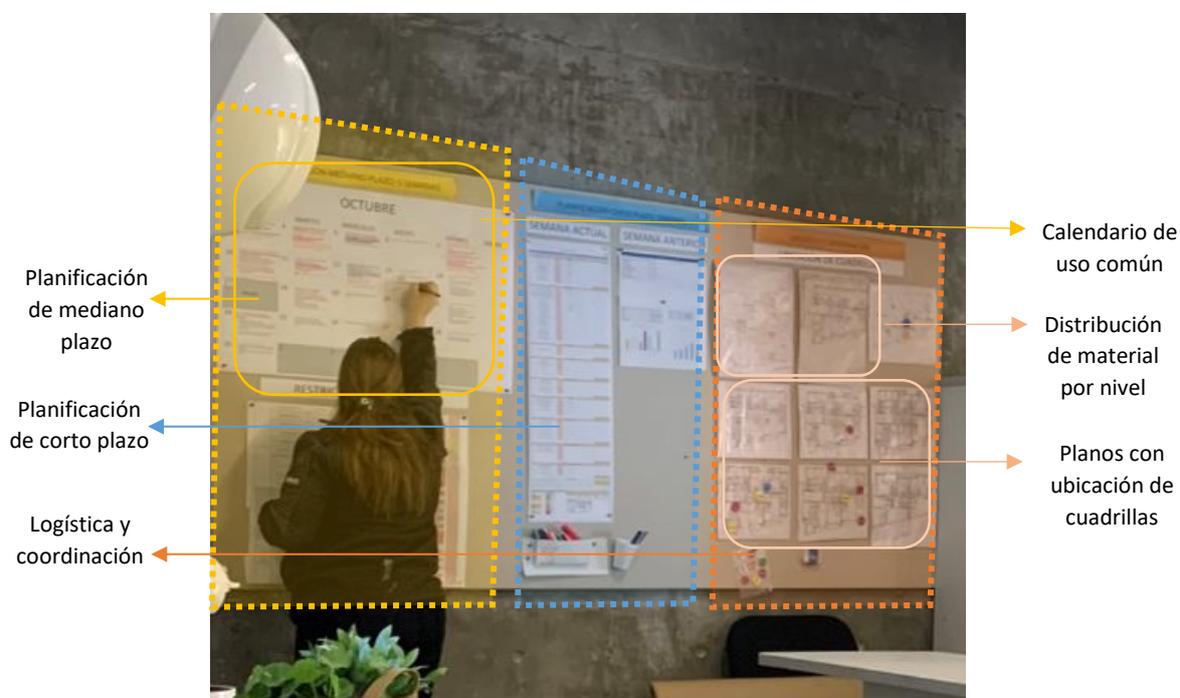
- Panel visual táctico (PVT)

Este panel fue ubicado en el acceso a la oficina principal, lugar de alto transito de personal técnico, encargados de cuadrilla y capataz (Figura 26). Su función es que la información este disponible a todo el personal involucrado. Se divide en tres sectores correspondientes a planificación mediano plazo, planificación semanal, y logística y coordinación. Dentro de la planificación de mediano plazo se ubica todas las tareas planificadas para las siguientes cinco semanas con el correspondiente cuadro de restricciones y las métricas obtenidas del mes anterior.

En el sector correspondiente a la planificación semanal se ubican todas las tareas proyectadas para la semana, el personal involucrado y los indicadores de la semana anterior. En el sector destinado a logística y coordinación se ubica la información diaria correspondiente a la ubicación de las distintas cuadrillas dentro del edificio, la coordinación de suministros y utilización de la grúa.

Y por último, un calendario con las principales tareas divididas por colores que refieren a cada integrante del equipo técnico a cargo de las mismas, donde cada uno pueda realizar anotaciones durante la semana que serán evaluadas luego en la reunión semanal.

Figura 26 Panel visual táctico (PVT)



Fuente: Elaborado por la autora

La particularidad de este panel es que fue elaborado con el fin de promover el involucramiento de los usuarios con la herramienta. Por lo tanto, los distintos sectores cuentan con espacio destinado a que el usuario deba incorporar información, es responsabilidad de cada colaborador mantener la información actualizada que corresponde a las actividades a su cargo. La forma de llevarlo a cabo fue asignando un color a cada responsable de intervenir en el panel para que la información sea fácilmente identificable junto al informante.

- Panel visual operacional (PVO)

Este panel se ubica en la oficina de obra en donde se realizan las reuniones de equipo y con los subcontratos. Su función es exponer los principales indicadores correspondientes a cada horizonte de planificación, y servir como punto de partida para la discusión en las reuniones del equipo de trabajo.

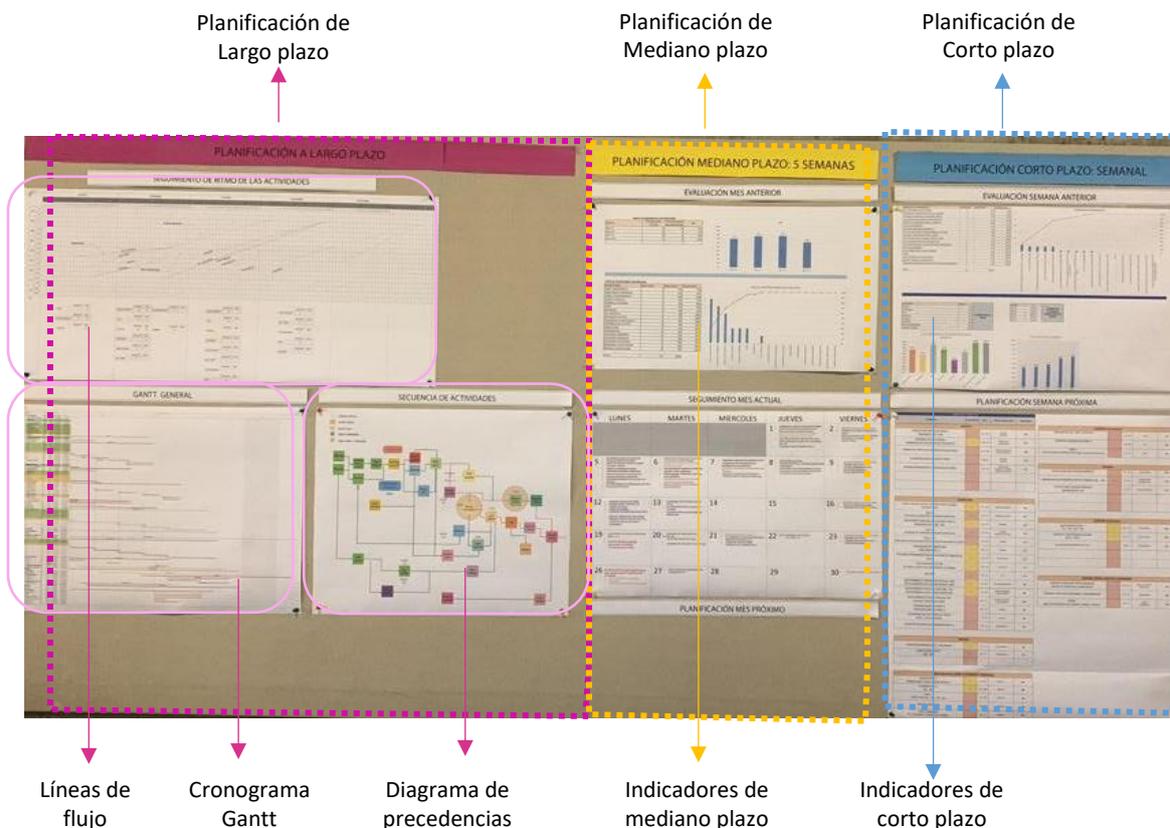
Se divide en tres sectores (Figura 27), ordenándose de izquierda a derecha la planificación a largo plazo, mediano plazo y corto plazo. El mayor sector está destinado a la planificación a largo plazo ya que en este nivel es la que adquiere más relevancia. Los elementos evaluados en este nivel son las líneas de balance, el diagrama de precedencia, y el cronograma contractual mediante diagrama de Gantt que aún se mantiene ya que es el que rige el contrato de la obra y estipula los plazos de entrega contractuales.

Los sectores destinados a la planificación a mediano y corto plazo mantienen la misma lógica que en el panel táctico, otorgando mayor espacio a la presentación de los indicadores, y el control de restricciones.

A diferencia del panel táctico, el panel operacional no cuenta con la característica de permitir que todos los usuarios agreguen información en el mismo, sino que la participación en la modalidad de observador. Los datos se presentan para ser evaluados con el fin de tomar decisiones en conjunto durante las reuniones de coordinación.

Solo la persona encargada de mantener el panel actualizado (responsables de planificación) es la autorizada a incorporar información en el mismo. En cuanto a la actualización de la información, fue realizada de acuerdo al sector, en el caso de la planificación semanal fue la que tuvo mayor frecuencia de actualización, la planificación de mediano plazo fue actualizada cada quince días mientras que el sector destinado a la planificación de largo plazo fue el más estático, aunque el seguimiento de las líneas de flujo fue actualizado también quincenalmente.

Figura 27 Panel visual operativo (PVO)



Fuente: Elaborado por la autora

Adicionalmente en la última etapa de obra correspondiente a terminaciones, se establecieron dispositivos visuales en cada una de las unidades de producción (apartamentos) donde se listaban los pendientes correspondientes a cada uno de los subcontratos con fechas límites acordadas con ellos y donde poder actualizar su estatus de trabajo, permitiendo reconocer fácilmente el estado de avance de la unidad sin necesidad de ingresar a la misma. Esto generó un gran impacto en el nivel de avance de las unidades, ya que con una simple acción se logra comunicar y generar compromiso sobre las actividades pendientes, y al mismo tiempo lograr el involucramiento con la finalización de las actividades.

5.3.3. Resultados obtenidos de la segunda etapa

La incorporación de los tres horizontes temporales permitió, descentralizar la planificación donde intervinieron un mayor número de involucrados, sustituyendo la lógica inicial de centralización de la gestión en la gerencia. La gerencia, supervisa y aprueba, pero la planificación fue realizada por un equipo de trabajo. La elaboración de planillas de preestablecidas favoreció el orden de la información y la posterior generación de indicadores pasibles de ser evaluados, sin que sea necesario contar con software específico. Estas planillas estuvieron en constante perfeccionamiento durante toda la etapa de implementación para lograr la mejor versión que permitiera cumplir con todos los requisitos de la planificación.

En lo que respecta a conocer la información referente a los diferentes horizontes de planificación, todos los entrevistados afirmaron que es muy útil e imprescindible conocer lo planificado en los horizontes de mediano y largo plazo, ya que aunque las metas son definidas por la gerencia en la planificación de largo plazo, es importante estar al tanto para poder tener claro los objetivos al momento de tomar decisiones en el día a día.

Sin embargo, a la hora de comunicar la información al personal operativo capataces y encargados coinciden que la misma debe ser clara y precisa preferentemente de forma verbal o gráfica, y en ese caso sin sobrecargar de datos con información de horizontes de trabajo mayores al semanal. También se resaltó que es importante para cada área estudiar previamente la mejor forma de transmitir la información al personal destinatario y acorde a las tareas a ejecutar para que se logre cumplir con el objetivo de comunicación visual de forma efectiva.

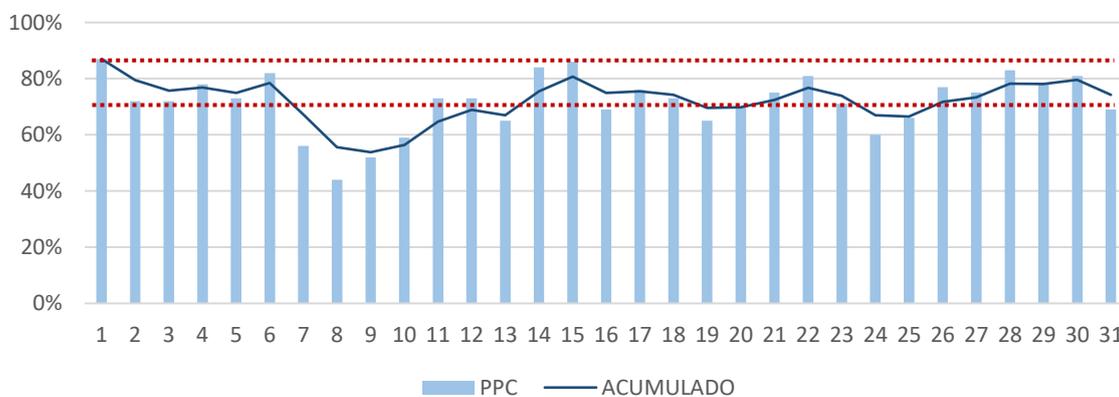
Por lo tanto, en esta instancia se puso foco en la elaboración y análisis de indicadores que permitan evaluar el desempeño de la planificación. Esto depende de un gran compromiso con la evaluación del trabajo realizado y las planificaciones correspondientes en los diferentes horizontes de trabajo.

Las instancias de evaluación no siempre fueron realizadas en tiempo y forma, por lo que uno de los puntos a tener en cuenta es que el hecho de no realizar la evaluación en el tiempo correcto puede resultar en la pérdida de fidelidad de los indicadores evaluados.

Por otro lado, la comprensión de los mismos por parte de los usuarios fue una tarea que requirió de sucesivas capacitaciones acerca del modelo Last Planner y de la relevancia de dichos indicadores para poder mejorar la planificación y el control.

En el Gráfico 3 se puede observar la evolución del PPC, notando que a pesar de no conseguirse altos porcentajes, se logró cierta estabilidad en el cumplimiento de las actividades planificadas, salvo en casos puntuales como el período entre la semana 7 a 10 en donde hubo una instancia de recambio del equipo técnico y supervisor de la obra junto a una nueva capacitación en Last Planner por lo que se evidenció el período de aprendizaje en gráfica.

Gráfico 3 Evolución del PPC



Fuente: Elaborado por la autora

El control de terminalidad y el seguimiento del ritmo de las cuadrillas tuvo un impacto positivo en la planificación en esta segunda implementación, pero fue llevado a cabo de una forma primaria, por lo que se identifican varias oportunidades de mejora en ambos casos. El control de terminalidad podría llevarse a cabo mediante un análisis más exhaustivo de todas las actividades necesarias para completar las unidades. Generar dispositivos visuales ubicados próximos al frente de trabajo para poder disponer tener la información más accesible.

En lo que respecta al seguimiento del ritmo de las cuadrillas, se identifica como oportunidad de mejora realizar un mejor análisis previo al inicio de las actividades de forma de poder trabajar en conjunto con los subcontratistas sobre las mejores opciones de secuencia de actividades e inicio y fin de cada tarea, sobre todo dentro de las unidades. De esta forma

conseguir un trabajo continuo e ininterrumpido de las cuadrillas, y conseguir mayor eficiencia de las mismas.

Por último, los dispositivos visuales fueron incluidos en la dinámica de obra de forma muy gradual, partiendo de elementos conocidos como pizarras, poniendo el foco en la interacción del usuario con el elemento, para luego generar paneles más complejos acordes a la necesidad de la obra y al avance en la implementación del modelo de planificación.

La elaboración de los dos paneles visuales como herramientas comunicacionales de la empresa le aportó un gran valor al desarrollo y cumplimiento de varios de los principales objetivos de esta investigación, como ser la descentralización de la información, la rápida visión del estado de la obra, la colaboración en el aporte de datos, entre otros.

El *panel visual táctico (PVT)*, permitió presentar la información actualizada continuamente, la ubicación de las cuadrillas, la secuencia de actividades y las observaciones por no cumplimiento de la planificación semana a semana y la especificación de imprevistos por los cuales no fue posible cumplir con lo pautado. Pero lo más importante se alimenta con la información proporcionada por cada integrante del equipo ya que todos tienen la responsabilidad de mantenerlo actualizado según su área de acción.

Cuando se consulta a los colaboradores sobre su opinión acerca de la importancia de considerar la participación/ opinión de los involucrados a la hora de ejecutar la tarea la mayoría de las respuestas fueron positivas, afirmando que conocer más opiniones enriquece a la planificación y ayuda a tener una visión más global de la actividad, sin embargo en algunos casos principalmente de técnicos afirmaron que la participación de los involucrados solo es relevante en casos de tareas nuevas que la empresa desconoce de lo contrario no es necesario.

El *panel visual operacional, (PVO)*, cuyos usuarios principales eran la gerencia, jefe de obra, arq. Proyectista y oficina técnica, le permitió a gerencia mantener actualizada toda la información de las actividades en obra, sin ser necesaria la monopolización de la misma. Contar con dicha información permitió la toma de decisiones en base a datos concretos de obra en lugar de recurrir a la intuición y experiencia de los cargos jerárquicos de la empresa.

El desempeño en la etapa de refinamiento no fue tan sencillo de cuantificar como en la primera implementación, ya que en dicha instancia se contaba con hitos de cumplimiento

que correspondían a los días de hormigonado, y la evolución de los tiempos de ciclo permitieron determinar el progreso de la planificación. En el caso de la etapa de albañilería y terminaciones los hitos de cumplimiento y los ciclos de trabajo son menos específicos, ya que lo que predomina es la búsqueda del orden y la secuencia de actividades, para evitar el colapso entre las mismas y la superposición de tareas en un mismo sitio

Por otra parte, el bajo IRR de la última semana del período está vinculado a un exceso de tareas programadas para el mes y por ser tareas cuya restricción se vincula a la finalización de tareas previas, por lo que muchas de las actividades planteadas para la última semana del mes son reprogramadas para el mes siguiente. Las principales causas de la no remoción de restricciones (ver Tabla 10) se agrupan en retraso en la finalización de la tarea previa, problemas con el suministro de materiales, falta de cumplimiento de subcontratos y definiciones de proyecto, estas cuatro causas suman el 65% de la no remoción de restricciones.

Tabla 10 Causales de restricciones incumplidas

Causas	REPETICIÓN	PORCENTAJE	ACUMULADO
TAREA PREVIA TERMINADA	17	27%	27%
SUMINISTRO DE MATERIALES	9	14%	41%
CUMP. SUBCONTRATO	8	13%	54%
DEF. PROYECTO	7	11%	65%
COORD. C/SUBCONTRATO	6	10%	75%
SUPERVISIÓN	5	8%	83%
DISPONIBILIDAD DE GRÚA	3	5%	87%
MATERIALES EN SITIO	2	3%	90%
CLIMA	2	3%	94%
REPLANTEO	1	2%	95%
PLANOS Y DETALLES	1	2%	97%
PERSONAL DISPONIBLE	1	2%	98%
LIMPIEZA	1	2%	100%
VERIFICACIÓN	0	0%	100%
HERRAMIENTAS	0	0%	100%
SEGURIDAD: MEMORIAS	0	0%	100%
SEGURIDAD: ANDAMIOS	0	0%	100%
SEGURIDAD: BALANCINES	0	0%	100%
SEGURIDAD: CAPACITACIÓN	0	0%	100%
PRUEBAS O INSPECCIONES	0	0%	100%
TOTAL	63	100%	

Fuente Elaborado por la autora

Como resumen de la segunda etapa de implementación, podemos reflexionar que la inclusión de dispositivos visuales en apoyo a la planificación y control resultó de mucha utilidad en varios aspectos: mejoró la comunicación dentro de la empresa en ambas direcciones permitiendo dar a conocer los objetivos principales de la gerencia, al mismo tiempo que contar con la información disponible referente a la ubicación de cuadrillas y disposición del material en obra y nivel de terminalidad de las unidades.

La calidad gráfica y a la ubicación de los paneles visuales en lugares transitados por personal diverso fueron un foco de atención para los diferentes receptores, siendo no solamente una herramienta de trabajo en la dinámica de la obra, sino también brindaron una imagen de una obra organizada, que fue comprobado en entrevistas informales con promitentes compradores, y personal de inmobiliarias

Al consultar a los colaboradores, mediante entrevistas semiestructuradas, su opinión acerca de los elementos visuales utilizados a lo largo del proceso todos coincidieron en la percepción de que tuvieron rol decisivo en la comunicación dentro de la empresa en ambas direcciones, ya que les permitió a los colaboradores conocer los horizontes más allá de su trabajo cotidiano, así como también, pudieron compartir la información en tiempo real del estado de la obra en el día a día. Sin embargo, fue necesario de muchas pruebas, ensayo y error para definir las herramientas e indicadores más adecuados para presentar la información.

Del punto de vista de la empresa, al entrevistar al gerente, también resaltó que, siendo una empresa mediana, con un grupo reducido personal, es importante estar al tanto de la información referente a cada frente de trabajo, y los paneles visuales resultaron ser una herramienta de comunicación primordial para lograr dicho objetivo.

La inclusión de dispositivos visuales en la dinámica de la obra, especialmente enfocados en la planificación, representó un desafío considerable. En las obras, los elementos visuales suelen estar asociados principalmente a normas de seguridad, y es menos común encontrar información relacionada con la planificación del proyecto. Por lo tanto, el diseño gráfico, la selección de la información a compartir y, sobre todo, la precisión en el procesamiento de los datos presentados es de vital importancia. Sin embargo, además de presentar la información de manera adecuada y precisa, otro desafío crucial es lograr generar interés en los usuarios y fomentar la apropiación del dispositivo, de modo que se convierta en una herramienta valiosa para realizar su trabajo de manera efectiva.

Una vez finalizada la implementación se elaboró una tabla (Tabla 11) con todos los dispositivos visuales utilizados, los usuarios de cada uno de ellos, y una evaluación del nivel de aceptación de cada uno realizada a partir de las entrevistas semiestructuradas desarrolladas con técnicos, supervisores y capataces. Finalmente se realizan comentarios relevantes sobre su implementación.

Tabla 11 Herramientas visuales utilizadas

Herramientas visuales	Usuarios	Nivel de aceptación	Comentarios	
Pizarra con programación semanal	* Mandos medios * Encargados de cuadrillas	medio/alta	Herramienta simple de fácil apropiación ya que es de uso conocido, no tuvo una aceptación alta inicialmente, ya que fue la primera herramienta visual en ser implementada	
Listas de chequeo en unidades	* Subcontratos * Supervisor de terminaciones	alta	Herramienta simple y accesible ubicada en el lugar de trabajo, sirvió de base para las certificaciones lo que le otorgó mayor relevancia	
Panel visual táctico (PVT)	Planos con disposición de cuadrillas	*Capataz *Supervisores	medio	Herramienta útil sobre todo para supervisores para poder llevar un control de la disposición del personal en la obra, pero tuvo dificultades para mantenerla actualizada
	Planos con control de terminalidad de unidades	* Supervisor de terminaciones * Jefe de obra * Gerencia * Dpto. comercial	alto	Herramienta utilizada por diferentes sectores de la obra, ya que permitió tener una visión rápida del estatus de las unidades. Consistió en la planta del proyecto donde se colocaba un imán de color verde, amarillo o rojo según la cantidad de pendientes activos que tuviera la unidad.
	Gráficas PPC	* Capataz * Supervisores * Jefe de obra * Gerencia	medio/bajo	Las gráficas de PPC fueron realizadas mensualmente, y a pesar de que había pleno conocimiento de la importancia del indicador, su gráfica como herramienta visual no fue fácilmente aceptada por los usuarios
	Gráficas IRR	* Capataz * Supervisores * Jefe de obra * Gerencia	medio/bajo	Al igual que el PPC las gráficas de IRR no tuvieron gran aceptación por parte de los usuarios.
Panel visual estratégico (PVE)	Gráficas con IRR	Ídem anterior	ídem	Ídem anterior
	Gráficas PPC	Ídem anterior	ídem	Ídem anterior
	Diagrama de precedencia	* Capataz * Supervisores * Jefe de obra * Gerencia	medio/alto	Acorde a la respuesta de las entrevistas, esta herramienta le permitió a los colaboradores conocer la secuencia óptima prevista por la empresa a ser ejecutada, lo que le otorgó mayor estructura al trabajo del equipo.
	Líneas de balance	* Capataz * Supervisores * Jefe de obra * Gerencia	medio/alto	La aceptación inicial fue baja, debido a dificultad de entendimiento de la herramienta, luego de incorporada fue de gran apoyo a la ejecución de los trabajos y a la toma de decisiones

Fuente: Elaborado por la autora

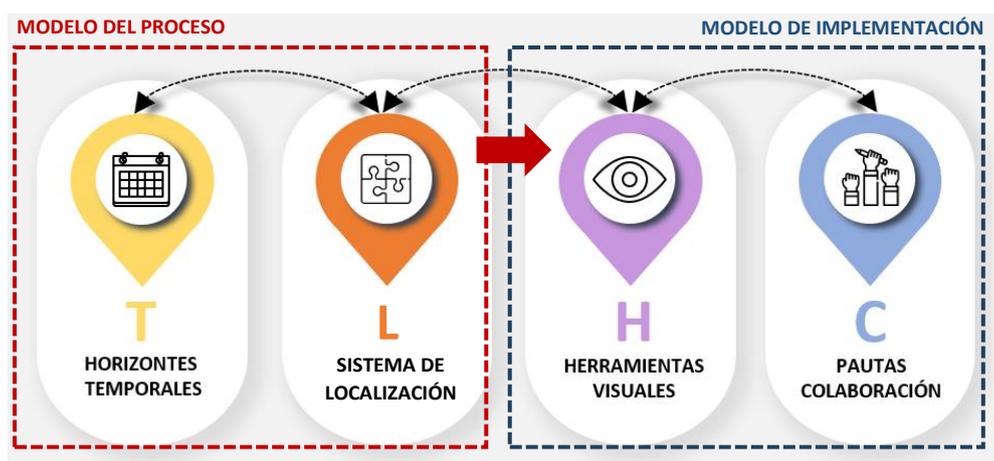
6. MODELO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS.

Este capítulo presenta el desarrollo del artefacto que ha emergido a lo largo de las prácticas implementadas en el estudio empírico. Dicho artefacto corresponde a un modelo de planificación y control para pequeñas y medianas empresas, cuya principal innovación se centra en directrices de implementación basadas en prácticas de gestión visual y pautas de colaboración. Finalmente se presenta la evaluación final de la solución mediante el análisis de utilidad y aplicabilidad en otras obras junto a las contribuciones teóricas.

6.1. Etapas del modelo

El modelo propuesto se compone de cuatro etapas, donde las dos primeras corresponden al modelo de proceso en el que se establecen los horizontes temporales y el sistema de Localización, basado en Last Planner y planificación basada en localización. La tercer y cuarta etapa, componen el modelo de implementación, y se basan en la incorporación de herramientas visuales y pautas de colaboración como estrategia para la implementación del modelo de proceso.

Figura 28 Etapas del modelo de proceso y de implementación



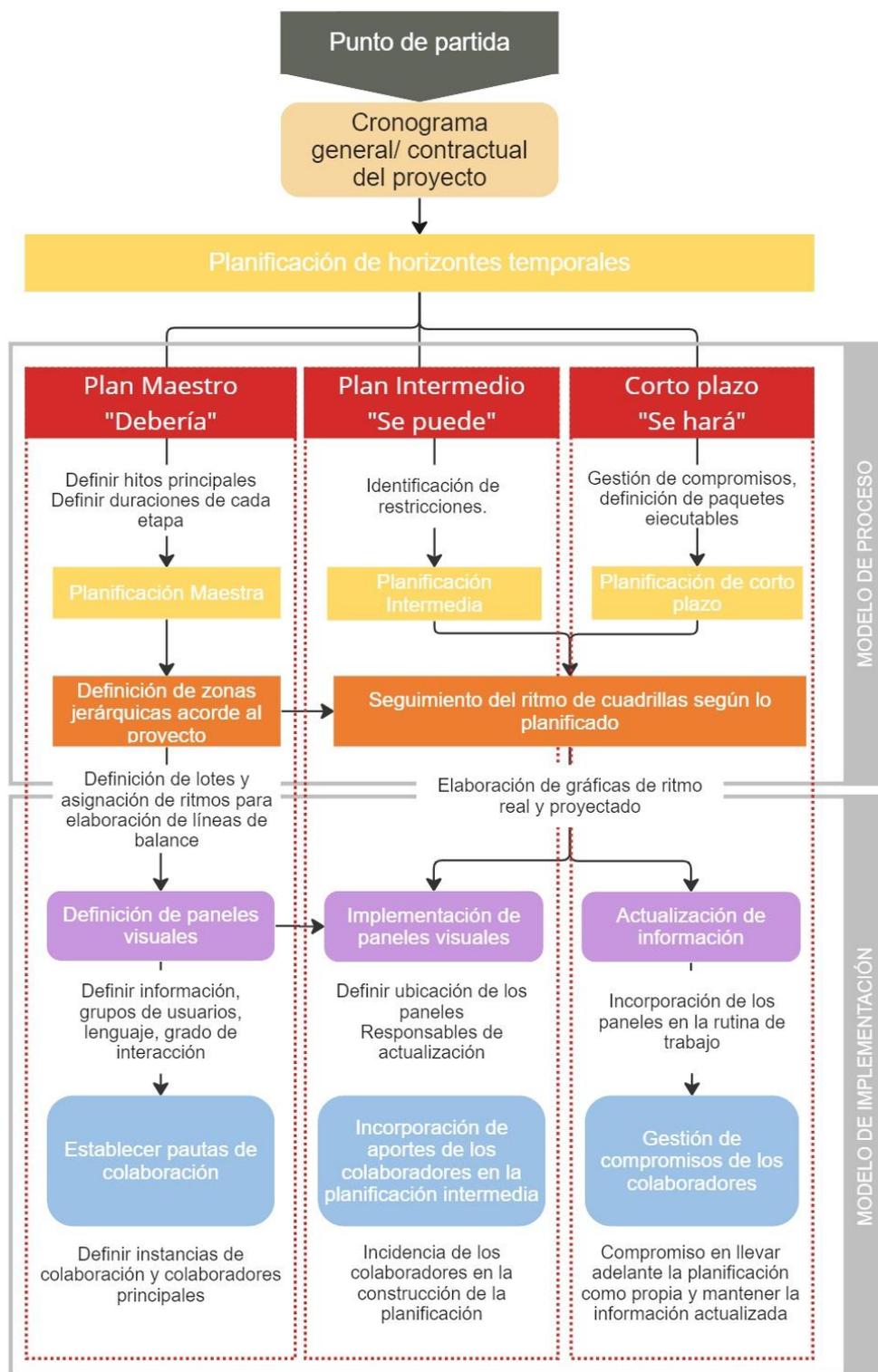
Fuente elaborado por la autora

En la primera etapa, son establecidos los horizontes temporales de planificación (T) donde acorde a la escala de la obra se especificarán los horizontes de largo, mediano y corto plazo. Luego, debe ser definido el sistema de localización (L) que sirve de estructura para la generación de la línea de balance, lo cual puede variar de una obra a otra ya que está muy vinculado a las características del proyecto. En función a las etapas anteriores se debe determinar cuáles serán las herramientas visuales más adecuadas a implementar (H), incorporándolas a los paneles visuales. Por último, son definidas las pautas de colaboración (C) que se llevarán a cabo en el modelo identificando roles de colaboración, así como también instancias de colaboración y colaboradores principales. La conexión entre las pautas de colaboración y los horizontes temporales se basan principalmente en definir en qué tipo de reuniones participará cada colaborador. Las distintas etapas del sistema de planificación se definen de manera secuencial, no obstante, también se evidencian interdependencias entre las decisiones, lo que posibilita la revisión de etapas anteriores según sea necesario, tal como se ilustra en la figura 28.

Para realizar el trabajo de manera organizada, dado que involucrar y amalgamar aportes diversos no es tarea sencilla, es necesario seguir un cierto número de pasos que tienen como objetivo ordenar el proceso. En primer lugar, se debe definir cuándo y cuáles serán las instancias de participación. Luego, se deberán seleccionar los colaboradores principales. El siguiente paso consistirá en elegir los medios de colaboración a utilizar, ya sea dispositivos visuales específicos para la instancia de discusión o bien trabajar sobre el propio panel visual. Por último, se deberán establecer puntos de partida para la discusión.

En la Figura 29, tomando como estructura la división de horizontes temporales y los principales objetivos de cada uno, propuestos por Ballard, Howell (1994), se incorporan las demás etapas del modelo siguiendo dichos lineamientos. Por lo tanto, es posible visualizar la subdivisión entre los niveles de planificación y control, donde se utilizan distintas herramientas a partir de los horizontes temporales y la subdivisión de lotes. Por otra parte, el modelo de implementación se basa en la definición de herramientas visuales y la estrategia de implementación de las mismas para favorecer el desarrollo del modelo del proceso. Y por último, las pautas de colaboración generan apropiación de la planificación por parte de los colaboradores y por lo tanto un mayor compromiso con la misma.

Figura 29 Esquema detallado del modelo



Fuente Elaborado por la autora

6.1.1. Definición de horizontes temporales:

En esta etapa radica la misión de estructurar el sistema de planificación y control. Es recomendable que se lleve a cabo previo al inicio de la obra.

De acuerdo con lo presentado en el capítulo 2 de revisión bibliográfica el ítem 2.2.1, en el Sistema *Last Planner*, hay tres horizontes de trabajo: corto, mediano y largo plazo, pudiendo existir cambios dependiendo de la duración de la obra y de la complejidad de la misma. Los diferentes planes deberán cumplir roles particulares: la planificación de largo plazo debe tener como premisa fijar metas, mientras que la planificación de mediano plazo se debe enfocar en la identificación de restricciones y, por último, la planificación de corto plazo deberá manejar los compromisos entre los colaboradores, conforme propuesto por Ballard & Howell (1994).

La particularidad en la definición de los horizontes temporales para empresas de menor escala será la de diferenciar en cada uno de los horizontes los grupos de colaboradores participantes. Al tratarse de equipos pequeños, se tiende a participar a la mayor parte del equipo técnico (en el contexto estudiado, por ejemplo, menos de diez personas) en gran parte de las actividades. Sin embargo, es importante definir quién va a intervenir en cada horizonte temporal, identificando los aportes oportunos que pueda realizar cada colaborador.

6.1.2. Definición del sistema de localización.

La definición de lotes debe ser realizada para cada etapa de la obra (estructura, albañilería, terminaciones) y no necesariamente deben coincidir con la etapa anterior. Para definirlos, es importante tener en cuenta los requisitos de cada una. El tamaño de los lotes debe estar directamente vinculado a la dimensión de los objetivos, de forma tal, que genere desafíos al equipo pero que al mismo tiempo sean metas alcanzables. Es recomendable graduar la dificultad generando metas cuya dificultad se vaya incrementando paulatinamente, para generar confianza a medida que se van alcanzando los objetivos intermedios. La confianza lograda dentro del equipo de trabajo no solamente genera un impacto anímico positivo sino también un conocimiento previo de las actividades para cuando la meta se vuelva más desafiante.

6.1.3. Definición de herramientas visuales

La definición de las características de los dispositivos visuales que respaldarán cada nivel de planificación es un paso crucial en el desarrollo del modelo. Para ello se establecen directrices específicas para la delineación de cada dispositivo visual, así como la identificación de las necesidades de actualización en función de los requerimientos de los usuarios a los que están destinados. Una vez determinados los dispositivos visuales, se requiere un plan de implementación gradual para garantizar una efectiva apropiación por parte de los usuarios.

Se advierte la necesidad de una especificación detallada de la información asociada a cada herramienta visual, adaptada a los diferentes grupos de usuarios y, consecuentemente, al nivel de colaboración esperado de los mismos con la herramienta. Por ejemplo, en el caso de la información táctica, se recomienda una presentación en lenguaje sencillo, con predominio de elementos gráficos de fácil visualización a distancia, y con dispositivos que permitan la interacción del usuario para actualizar la información y fomentar así su sentido de pertenencia y apropiación de la herramienta. Por otro lado, en lo que refiere a la información operativa, orientada a brindar soporte en la toma de decisiones, se sugiere un lenguaje más conciso, acompañado de indicadores clave que faciliten una rápida evaluación del estado del proyecto.

El desarrollo de los dispositivos visuales no está vinculado directamente a los niveles de planificación sino a los usuarios a los que están destinados. Por lo tanto, lo que varía, es la forma en la que se presenta la información referente a los distintos horizontes de planificación según las necesidades de los usuarios. Mientras que en el panel destinado al personal táctico se pone el énfasis en información clara y fácil de comprender, en el panel destinado a usuarios técnicos o gerentes, se pone el foco en los indicadores.

La adopción efectiva de estas herramientas requiere una implementación gradual que incluya capacitación y apoyo continuo para fomentar su utilización por parte de los usuarios y maximizar su contribución al proceso de toma de decisiones

6.1.3.1. Descripción de paneles visuales

Los paneles visuales propuestos en el presente modelo emergen de las prácticas realizadas mediante el estudio empírico, y mediante el análisis de resultados sobre las prácticas más efectivas. Para su definición se tomaron como base, los conceptos

referentes en la literatura sobre Dashboards, principalmente en cuanto a la distinción de paneles en función al tipo de decisiones al que ofrecen apoyo.

Por lo tanto, se establecen tres tipos de paneles visuales cuyas características serán acordes a la información que contenga cada uno. Para cada tipo de panel, se ha definido un grupo de herramientas visuales, y los usuarios. Dependiendo de la escala del proyecto y de la empresa en la que sean aplicados, podrán ser utilizados los tres paneles, o bien puede reducirse a dos como lo fue en el caso del estudio empírico.

A pesar de ser utilizada las mismas categorías de paneles visuales que los Dashboards estos difieren principalmente ya que la función de los paneles visuales no es solamente presentar información sino también generar un soporte para el intercambio de información y de apropiación por parte de los usuarios.

- Panel de Planificación Directiva (PPD)

Este panel está diseñado para una planificación a largo plazo (superior a cuatro meses) y contiene información que puede compararse con otras obras realizadas por la misma empresa. Ofrece datos concretos sobre los indicadores del proyecto.

Aunque comparte similitudes con un dashboard estratégico, su función principal es respaldar la planificación, lo que implica que el usuario no solo recibe información, sino que también puede intervenir en ella. Este panel facilita el diálogo en las reuniones de planificación estratégica, permitiendo el establecimiento de hitos y la realización de planificación de fase, o revisión de la planificación de largo plazo. Los usuarios principales son la gerencia, dirección de obra y jefatura de obra.

La ubicación recomendada para este tipo de paneles, debido a que contienen información confidencial, es la sala de reuniones de gerencia o el lugar donde se llevan a cabo las reuniones de planificación estratégica. Sus componentes incluyen KPIs, líneas de balance, planes de fases de la obra, cronograma de hitos contractuales, entre otros.

- Panel de control de proyecto (PCP)

Este panel está diseñado para tener una mayor interacción con el usuario, por lo tanto, a diferencia del panel estratégico, no está vinculado únicamente con un horizonte de planificación, sino que contiene información clave referente a los hitos del proyecto, así como también la planificación de mediano y corto plazo.

Los elementos que lo componen son el plan de mediano plazo, listando las actividades programadas junto a sus duraciones, y en función a eso se elabora el listado de restricciones, planificación semanal, indicadores de PPC, IRR, etc., así como también información particular que se de relevancia para la obra, control de terminalidad, seguimiento de ritmo de las cuadrillas, acciones correctivas, etc. Los usuarios principales son la jefatura de obra, supervisores, encargados y subcontratos.

La ubicación adecuada de este panel es en el lugar destinado a las reuniones de mediano y corto plazo, ya que sirve de soporte para el intercambio información.

- Panel de coordinación operativa (PCO)

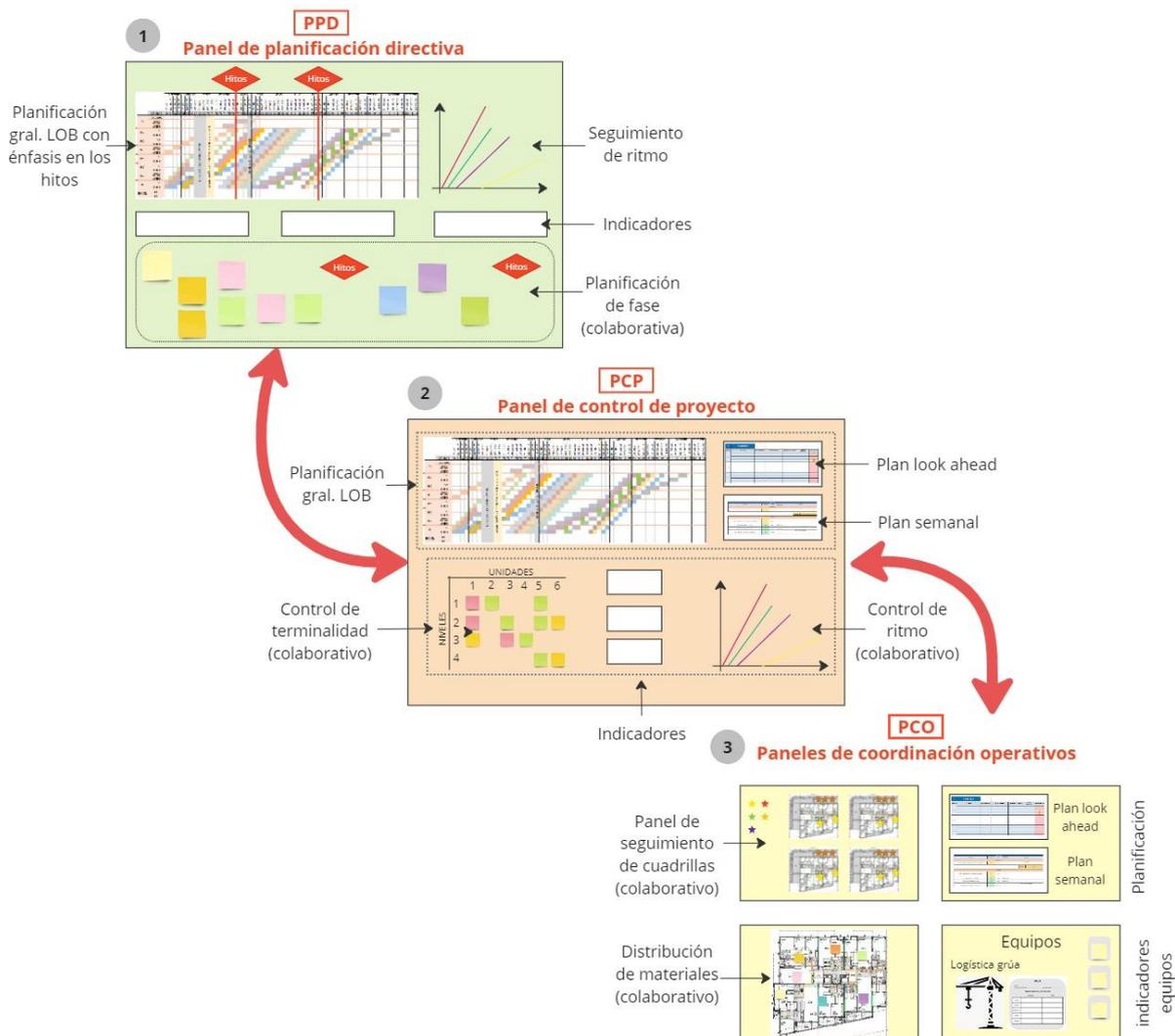
Este panel no ha sido implementado en el método desarrollado en el estudio empírico, pero su elaboración surge a partir de reflexiones sobre posibles oportunidades de mejora. Es el que tiene mayor interacción con el usuario y su uso es cotidiano, contiene información principalmente vinculada a la dinámica de obra y su actualización es diaria. Los elementos que lo componen pueden ser dependiendo de las necesidades de la obra, plano con ubicación de cuadrillas, logística de grúas u otros equipos que requieran coordinación en su uso, estado de stock de suministros principales, layout de obra, etc.

Los usuarios principales son supervisores, capataces y encargados de cuadrillas. El capataz es el responsable principal de mantener la información actualizada. Se sugiere ubicarlo cerca del sitio de trabajo para facilitar el acceso. Es posible que no sea un único panel, sino que se divida en varios paneles más pequeños, móviles, distribuidos según las necesidades en distintos lugares de la obra. Podrían ser situados en áreas donde se realicen las reuniones diarias con el personal antes del inicio de las tareas.

Es importante resaltar, tal como puede verse en el Figura 30 la retroalimentación entre los diferentes paneles visuales, de un nivel a otro, por lo que denotan la importancia de mantener activa su actualización y del aporte de cada uno de los colaboradores en el intercambio de información.

El desarrollo de estos paneles deberá ajustarse a las necesidades de cada empresa y obra, los elementos que componen a cada uno son meramente lineamientos a modo de ejemplo para establecer qué tipo de información debe ser compartida en cada nivel.

Figura 30 Interacción de paneles visuales



Fuente Elaborado por la autora

6.1.3.2. Clasificación de paneles visuales

Tomando como base el trabajo realizado por Brandalise.et.al. (2022) donde define siete unidades de análisis de dispositivos visuales agrupadas en tres niveles de prácticas de gestión visual acordes al grado de complejidad, se propone clasificar los diferentes paneles visuales definidos, identificando las necesidades referentes a la comunicación y colaboración en cada uno de ellos (Figura 31).

El *panel de planificación directiva* (PPD) según la clasificación de Brandalise et al. (2022) es del tipo, indicador visual, cuya función principal sea comunicar las metas del proyecto. Su frecuencia de actualización debe ser baja ya que no es recomendable que se realicen cambios frecuentes en este nivel de planificación. Por lo tanto, su materialización consolida la información referente a Indicadores de largo plazo, líneas de balance, hitos contractuales. El rol de comunicación es principalmente de uno para varios, considerando que la actualización de la información sea centralizada en una persona (por ejemplo, el coordinador de la planificación), y con relación al rol de colaboración es un proceso colaborativo, pero en menor medida que en los demás niveles. En este caso la colaboración es realizada entre los niveles jerárquicos más altos y el personal encargado de la planificación. La integración de la herramienta con la rutina gerencial y las demás prácticas es alta, debido a que el panel visual es portador de información valiosa para la toma de decisiones.

El *panel de control de proyecto* (PCP), basado en la planificación por localización según Seppänen et al. (2010), se centra en el seguimiento de los ritmos de progreso previstos mediante gráficas de ritmo, y en la aplicación de acciones correctivas ante desviaciones. Los dispositivos visuales empleados son dinámicos y su propósito principal es supervisar y controlar la producción, así como monitorear los compromisos y proporcionar información relevante a los colaboradores para facilitar su labor. La comunicación se desarrolla en un formato de varios para varios, permitiendo la participación de los usuarios en la actualización de la información. Estas herramientas son colaborativas y promueven la interacción entre los usuarios. Se integran tanto en la rutina gerencial como en otras prácticas organizativas.

Los *paneles de coordinación operativa* son elementos dinámicos cuya función principal radica en el control de compromisos y el respaldo a los colaboradores. Su actualización se lleva a cabo de manera diaria, y su rol de comunicación es de tipo varios para varios, integrándose tanto en la rutina gerencial como en otras prácticas operativas. Inspirados en los PPM boards presentados en la tesis de Barth (2023), la cantidad de paneles de coordinación operativa puede variar según las características específicas de cada obra. Una opción viable consiste en la instalación de varios dispositivos móviles en puntos estratégicos de la obra, ubicados cerca de las cuadrillas o distribuidos por zonas de trabajo.

Siendo los tres tipos de paneles herramientas integradas en la rutina gerencial y otras prácticas, se puede determinar que la gestión visual en este modelo facilita la comprensión

del estado del sistema a pesar de su complejidad. Además, la implementación gradual de los dispositivos visuales permite adaptaciones secuenciales del sistema de gestión visual, ofreciendo flexibilidad para su aplicación en diversas empresas.

Figura 31 Clasificación de dispositivos visuales según horizontes temporales

			
<p>PANEL DE PLANIFICACIÓN DIRECTIVA</p>	<ul style="list-style-type: none"> Definición de lotes Asignación de ritmos a cuadrillas Líneas de balance Hitos contractuales transversales a lotes 	<ul style="list-style-type: none"> CLASIFICACION Indicador visual, estático, su función principal es la de establecer las metas del proyecto. USUARIOS Gerentes, jefes de obra, personal técnico. FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN Baja, no es recomendable que estos dispositivos se actualicen constantemente 	<ul style="list-style-type: none"> ROL DE COMUNICACIÓN De uno para varios ROL DE COLABORACIÓN Colaborativo INTEGRACIÓN CON RUTINA GERENCIAL Si INTEGRACIÓN CON OTRAS PRÁCTICAS Integrado
<p>PANEL DE CONTROL DE PROYECTO</p>	<ul style="list-style-type: none"> Supervisión del rendimiento del proyecto para cada ubicación y tarea. Detección de desviaciones 	<ul style="list-style-type: none"> CLASIFICACION Dinámico, su función principal es seguimiento y control de la producción y las restricciones. USUARIOS Jefes de obra, mandos medios FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN Media, es recomendable que se actualice dos veces al mes. 	<ul style="list-style-type: none"> ROL DE COMUNICACIÓN De varios para varios ROL DE COLABORACIÓN Colaborativo INTEGRACIÓN CON RUTINA GERENCIAL Si INTEGRACIÓN CON OTRAS PRÁCTICAS Integrado
<p>PANEL DE COORD. OPERATIVO</p>	<ul style="list-style-type: none"> Informes de progreso semanales para generar previsiones a futuro 	<ul style="list-style-type: none"> CLASIFICACION Dinámico, su función principal es el control de compromisos y apoyo a los colaboradores. USUARIOS Jefes de obra, mandos medios FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN Alta, la actualización se realiza diaria o semanal. 	<ul style="list-style-type: none"> ROL DE COMUNICACIÓN De varios para varios ROL DE COLABORACIÓN Colaborativo INTEGRACIÓN CON RUTINA GERENCIAL Si INTEGRACIÓN CON OTRAS PRÁCTICAS Integrado

Fuente Elaborado por la autora

Todos los paneles de trabajo propuestos son herramientas simples, que tienen la posibilidad de ser ejecutadas fácilmente y con muy bajo costo, por lo tanto, pueden llevarse a cabo en cualquier empresa independiente de los recursos con los que cuente.

Sarikaya (2019) sostiene que los diseñadores de paneles visuales deben tener en cuenta la alfabetización, las representaciones y el lenguaje visual apropiados al contexto y al marco social en el que vayan a ser presentados; por lo tanto, es importante que cuente con la información relevante para las necesidades de los usuarios, y que permita en caso de ser pertinente, la participación de los mismos en su actualización brindando soporte para la comunicación entre los colaboradores. De esta forma, la herramienta adquiere un rol central en la dinámica cotidiana del equipo y genera apropiación por parte de los usuarios.

En lo que refiere a la implementación de la herramienta en la dinámica de obra, se propone una incorporación paulatina de elementos cuyo grado de complejidad y elaboración vaya en aumento de forma de evitar la sobrecarga de información para el receptor y así lograr una mayor y más rápida aceptación por parte de los usuarios.

Tomando como referencia la implementación de los dispositivos visuales en el estudio empírico (ver Figura 32), la secuencia de incorporación es realizada partiendo de elementos conocidos como pizarras, donde la información incluye solamente la planificación semanal (primer horizonte de planificación incorporado). A medida de que el usuario se familiariza con la dinámica y la herramienta, es posible agregar mayor cantidad de información (planificación de mediano plazo, indicadores) y finalmente se definen los paneles visuales incorporando distintos tipos de información y grados de interacción con el usuario.

Figura 32 Evolución en la implementación de dispositivos visuales en el estudio empírico



Fuente Elaborado por la autora

6.1.3.3. Pautas de colaboración

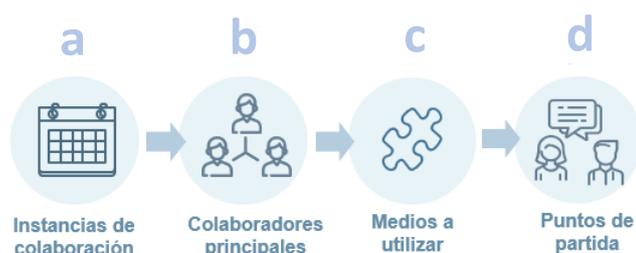
Considerando el contexto y las características de las pequeñas y medianas empresas cuya cantidad de empleados es reducida, se vuelve necesario lograr un compromiso por casi la totalidad de los miembros con las metas y las tareas planteadas, la colaboración se torna un aspecto crucial para alcanzar resultados exitosos.

Una de las principales razones que respaldan esta premisa radica en la importancia de la información proporcionada por los encargados de ejecutar las tareas. Esta información resulta invaluable a la hora de determinar los tiempos y recursos necesarios para llevar a cabo los trabajos. Por lo tanto, integrar estos datos en la planificación formal representa un avance potencial significativo y digno de consideración.

Además del compromiso de los involucrados, otros factores también pueden influir en la efectividad de la planificación son la comunicación efectiva, la asignación adecuada de recursos y la capacidad de adaptación a los cambios. Estos aspectos son igualmente importantes para garantizar el éxito de los proyectos.

En el presente trabajo, se identifican como pautas de colaboración aquellas instancias que permiten ordenar el trabajo de los colaboradores, no solamente mediante herramientas visuales, sino también con un procedimiento de acción (Figura 33).

Figura 33 Pautas de colaboración



Fuente 1 Elaborado por la autora

- a) *Instancias de colaboración*: deben ser definidas por la dirección de obra en función a las necesidades de los diferentes horizontes de planificación se debe considerar cual es el aporte necesario de los colaboradores en cada caso.
- b) *Colaboradores principales*: son definidos en función al análisis de roles (identificados mediante el estudio empírico), todos los roles pueden ir variando a lo largo de la obra

sobre todo en proyectos de larga duración. Por lo tanto, los colaboradores principales deben reverse en cada etapa.

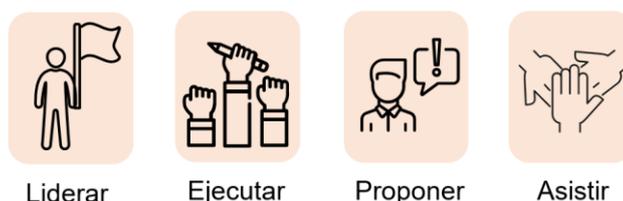
- c) *Medios a utilizar*: Además de las reuniones de planificación como instancia principal de colaboración, existen otros medios, como destinar espacio en los dispositivos visuales que promuevan la comunicación y participación en la planificación y control. Un ejemplo de ellos son los sectores en los distintos paneles destinados a control de terminalidad, ubicación de cuadrillas, distribución de material, planificación de fase.
- d) *Puntos de partida*: Estos son los que guían las instancias de discusión sobre la planificación, y determinan los límites en los que los colaboradores tendrán incidencia en generar críticas y aportes a las pautas u objetivos y en cuales deberán llevarse adelante sin opción a ser modificados.

Como resultado del aumento de transparencia lograda mediante los dispositivos visuales, se logra una mayor colaboración en la obra, que favorecerá a disminuir la variabilidad

6.1.3.4. Roles de los colaboradores

Acorde a Fischer (2004), el diseño colaborativo exige un equilibrio entre la capacidad colectiva para establecer conexiones e interdependencias, así como la capacidad de los individuos para desarrollar acciones autónomas y confiar en su desempeño potencial colectivo. Como producto de la observación directa participante durante el desarrollo del estudio empírico, se realiza una clasificación de roles de los diferentes colaboradores dentro del personal operativo encargado de ejecutar las tareas de producción, que permiten catalogar los diferentes modos de operar:

Figura 34 Roles de los colaboradores



Fuente: Elaborado por la autora

Rol de liderazgo: es aquel que toma los objetivos de la planificación como bandera y los lleva adelante promoviendo entre sus compañeros una actitud proactiva y de aporte. Tiene la habilidad de influir positivamente en el resto de los participantes y lograr que las metas sean alcanzadas de forma colaborativa.

Rol de ejecutor: son aquellos que se encargan de llevar adelante la actividad a partir de decisiones claras y precisas. Es el rol que desempeñan una parte de los colaboradores, a partir de instrucciones y lineamientos definidas de forma colaborativa.

Rol del que propone: Dentro del grupo de los que ejecutan, algunos colaboradores tienen una participación más activa, suelen trabajar junto al líder generando propuestas de cómo mejorar la tarea y alcanzar las metas de una mejor manera, participando activamente de las reuniones de planificación. Suelen ser trabajadores muy involucrados con la actividad que buscan aportar una mejora en el desarrollo de la misma.

Rol del que asiste: Es el rol con menor experiencia en la actividad dentro del equipo, por lo que comienza asistiendo en la tarea para poder capacitarse y ganar conocimiento, suele ser un rol de tránsito donde en una versión más evolucionada del modelo, los colaboradores pasen por él solo el tiempo necesario para interiorizarse con el sistema de planificación.

6.2. Evaluación final de la solución

Para la evaluación final de la solución se recurre al análisis de los constructos de utilidad y aplicabilidad planteados en el capítulo de metodología del presente trabajo como premisas para la evaluación del artefacto. Dicha evaluación resulta preliminar y es realizada en base a la percepción de la presente investigadora sobre cada uno de los constructos.

6.2.1. Utilidad

La evaluación de la utilidad del modelo de planificación y control se lleva a cabo mediante el análisis de cuatro constructos definidos en la Tabla 4 del Capítulo 4 de este trabajo. Los constructos de utilidad examinados para este modelo se centran en la **detección temprana**

de desviaciones en la planificación a través de su revisión y mejora continua. Esto se logra gracias al **desarrollo de los paneles visuales** que forman parte del modelo, los cuales permiten además del cruce de datos, **fomentar la transparencia y facilitar el acceso a la información para todos los usuarios**. La disponibilidad oportuna de información permite comprender el estatus del sistema a pesar de la variabilidad, pudiendo tomar decisiones informadas ante los posibles desvíos.

Por otro lado, el soporte de las herramientas visuales a la interacción entre los usuarios **fomenta la colaboración y la participación del equipo en la planificación**, lo que a su vez conduce a más confiabilidad de cumplimiento de metas, por la mejor coordinación entre las partes, por una explícita gestión de compromisos, y eficacia en la identificación y eliminación de problemas.

En la Tabla 11 del capítulo 5 correspondiente al estudio empírico, se encuentran listadas todas las herramientas visuales que fueron implementadas en dicho estudio, junto a un análisis referente a su mayor o menor éxito. Cabe resaltar que la disponibilidad de dichas herramientas dentro de un mismo lugar (el panel visual), permitieron condensar toda la información necesaria, de forma de que se encuentre fácilmente disponible para el usuario de forma de ser aprovechada de la mejor manera.

El prototipo de panel visual (Figura 25), propuso consolidar en un mismo espacio, información referente a los tres niveles de planificación, de tal forma que se cuente con toda la información necesaria para poder tener una mayor comprensión del estado de la obra en un mismo sitio.

6.2.2. Aplicabilidad

En la Tabla 4 del Capítulo 4 se presentaron dos constructos relevantes que abordan la aplicabilidad del modelo de planificación y control en contextos distintos al estudiado. En primer lugar, se destaca la facilidad de **comprender a fondo las prácticas del modelo Last Planner** para poder implementarlo con éxito en otros entornos. Es fundamental realizar charlas y capacitaciones dirigidas al personal involucrado para garantizar una comprensión adecuada y una adopción efectiva del modelo en el nuevo contexto.

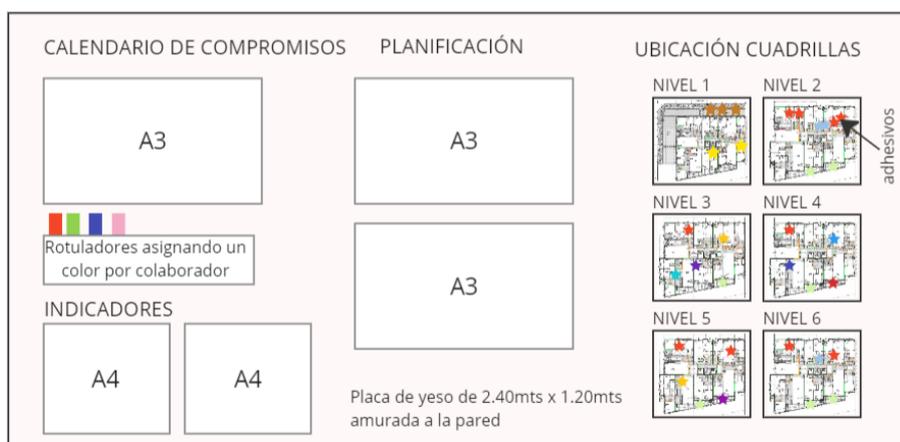
Además de las charlas y capacitaciones, se recomienda realizar un análisis exhaustivo de las necesidades y características específicas del nuevo contexto, así como involucrar a todas las partes interesadas en el proceso de adaptación y aplicación del modelo. Esto garantizará una transición suave y una integración efectiva del modelo de planificación y control en el nuevo entorno.

Finalmente, las **herramientas propuestas en este modelo son simples, sencillas y de bajo costo**, utilizando materiales comunes que se encuentran fácilmente en la obra. Por lo tanto, es aplicable en cualquier empresa, independientemente de sus recursos disponibles.

Como se muestra en Figura 35, los paneles visuales del estudio empírico fueron realizados con una placa de yeso (material disponible como insumo en la obra) la misma fue amurada a la pared a modo de pizarra y sobre él se colocaba la planificación impresa en hojas A3 y A4, facilitando la tarea de actualización de la misma. En los sectores donde se requería una mayor interacción con el usuario, por ejemplo, los destinados a la actualización de la ubicación de cuadrillas, se agregaban adhesivos representando los distintos subcontratos y los planos de diferentes niveles se colocaban plastificados, para asegurar su durabilidad.

En el estudio empírico se optó por la opción más simple y económica por varias razones. En primer lugar, fue una implementación inicial, lo que permitió agregar complejidad gradualmente. Por otra parte, la disponibilidad de recursos para invertir en ello fue limitada, ya que la iniciativa fue propuesta por la investigadora y no contó con el respaldo financiero de la empresa.

Figura 35 Componentes de panel visual estudio empírico



Fuente Elaborado por la autora

6.2.3. Contribuciones teóricas

6.2.3.1. Directrices del modelo de PCP

Como punto de partida para la definición del modelo se realizó un cruzamiento de los conceptos más relevantes obtenidos de la revisión bibliográfica referentes a los modelos de planificación y control con base en conceptos Lean (el Last Planner System y planificación basada en localización), junto a los referentes a la Gestión Visual (Figura 36).

Tomando como base dichos conceptos y adaptándolos al contexto de pequeñas y medianas empresas, se elaboraron un conjunto de directrices pensadas para que puedan ser aplicadas en contextos con escaso conocimiento previo de planificación y con recursos y personal reducido para invertir en dicho rubro. Estas directrices fueron usadas como lineamientos para desarrollar el modelo de PCP

Figura 36 Elaboración directrices



Fuente: Elaborado por la autora

Las directrices planteadas son adecuadas para contextos en los que se vaya a realizar una primera implementación de un modelo de PCP, y por lo tanto sea necesario definir lineamientos base para poder llevar adelante el modelo. Por otra parte, también son ideados para empresas cuya escala pequeña o mediana permita una comunicación fluida entre los integrantes del equipo, y de esta forma el rol de la colaboración resulte preponderante. En contextos donde los equipos suelen ser reducidos, y los recursos limitados, las herramientas visuales simples resultan la mejor opción para poder comunicar y llegar con la información a todos los integrantes. Por lo tanto, fue en esa línea la que se tomó como premisa para la generación de directrices junto al resultado del cruzamiento de datos de la revisión bibliográfica.

En la Tabla 12 se enumeran seis directrices obtenidas como resultado del ejercicio mencionado anteriormente. Las mismas sirvieron de punto de partida no solamente como lineamientos para la elaboración de los paneles visuales, sino también para el desarrollo de entrevistas semiestructuradas, y lineamientos para el PCP.

Tabla 12 Directrices del PCP

	MODELOS DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL (Conceptos Lean)	DIRECTRICES	GESTIÓN VISUAL
1	La planificación es el proceso de gestión que implica el establecimiento de objetivos y la determinación de los procedimientos necesarios para alcanzarlos, siendo eficaz sólo cuando se lleva a cabo en conjunto con el control (Formoso, 2001)	DEFINIR OBJETIVOS, PROCEDIMIENTOS Y VISIÓN ORGANIZACIONAL	La gestión visual es una estrategia gerencial que intenta mejorar el rendimiento organizacional mediante la conexión y alineación de la visión organizacional, los valores fundamentales, los objetivos y la cultura con otros sistemas de gestión (Tezel 2015)
2	Tiene como meta alcanzar estos objetivos principalmente a través de un proceso social, tratando de hacer de la planificación un esfuerzo colaborativo y mejorando la fiabilidad de los compromisos de los miembros del equipo (Ballard 2009)	ESTABLECER PAUTAS DE COLABORACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN	Está destinada al grupo no solo al individuo (Tezel 2015)
3	Se hacen compromisos entre los diversos especialistas en cuanto a qué trabajo se realizará cada día y cada semana, seleccionando entre actividades que estén libres de restricciones (Ballard 2000).	PROCURAR QUE LA INFORMACIÓN SEA COMUNICADA CON UN LENGUAJE CLARO Y ACCESIBLE AL USUARIO	<p>Campo de información del que las personas pueden extraer libremente información de forma independiente, promoviendo la idea de autonomía y autogestión en el lugar de trabajo (Greif 1991)</p> <p>VM proporciona información cuando se necesita de una manera simple y fácil de entender, lo que a cambio crea transparencia, lo que significa que todos están trabajando con la misma información (Tezel 2015)</p>

4	<p>Tiene como objetivo mejorar la productividad y aumentar la confiabilidad del sistema de producción (Seppänen, Ballard 2010)</p>	<p>PROMOVER UNA MEJORA DEL DESEMPEÑO DE LA PRODUCCIÓN MEDIANTE HERRAMIENTAS VISUALES DE CONTROL</p>	<p>VM proporciona una mejor gestión de los compromisos, la identificación efectiva de las restricciones antes de que se produzcan y los planes de acción de mejora sólida para los problemas que se han producido (Brady 2017)</p>
5	<p>Diferentes horizontes de planificación implican distintas frecuencias de planificación, suposiciones de modelado y niveles de detalle (Brady 2017)</p> <p>En la planificación y el control, son necesarios diferentes niveles jerárquicos de planificación porque las decisiones de gestión de la producción difieren mucho con respecto a la duración del tiempo durante el cual persisten sus consecuencias (Brady 2017, Vargas et al., 2015).</p>	<p>DEFINIR DIFERENTES HERRAMIENTAS VISUALES PARA DISTINTOS HORIZONTES DE PLANIFICACIÓN</p>	<p>La visualización de cierta información del proyecto puede ser importante no sólo para un grupo específico de personas para la ejecución y el control de tareas, sino para establecer una comprensión común y apoyar el intercambio de información entre diferentes departamentos y niveles jerárquicos (Valente 2018)</p> <p>La gestión visual puede y debe cubrir varios niveles de comunicación en las organizaciones de construcción para romper las barreras antes de que fluya la información y compartir información valiosa y más nueva (Murata.et.al., 2017)</p>
6	<p>Mantener la coherencia entre los diferentes niveles de toma de decisiones, su eficacia depende de lo bien que coordine los diferentes horizontes de planificación (Hopp Spearman 2008)</p>	<p>ESTABLECER PUNTOS DE CONTACTO ENTRE LOS DISPOSITIVOS VISUALES QUE APOYAN A LOS DIFERENTES NIVELES DE PLANIFICACIÓN</p>	<p>La aplicación sistemática de herramientas visuales a diferentes niveles de planificación ayuda a conectar mejor los objetivos a cada nivel e instala una comunicación más centrada en la resolución y prevención de problemas (Brady 2017)</p>

Fuente Elaborado por la autora

Investigaciones previas como Tezel (2015), Valente (2018), Brady (2017), entre otros, han utilizado herramientas visuales como mecanismos para promover la transparencia y mejorar la gestión de la variabilidad característica de las obras. Brandalise (2022) afirma

que el dispositivo visual no es simplemente un medio unidireccional de comunicación, sino que debe facilitar el intercambio de información entre los usuarios y con el propio dispositivo.

Los paneles visuales de este modelo buscan generar un campo de información a la vez de promover la interacción con los usuarios de manera transversal a las jerarquías dentro del equipo de trabajo. Al incorporar el diálogo en la gestión visual, se vuelve indispensable definir los roles de los colaboradores y establecer pautas de colaboración entre los diferentes involucrados. Esto da como resultado una versión más compleja del sistema de gestión visual, adaptada a las necesidades específicas de los proyectos en cuestión.

La importancia de la gestión visual como herramienta en la gestión de obras ha sido explorada en diversos trabajos previos, entre ellos: Tezel (2015) ha clasificado los tipos de dispositivos visuales que se pueden utilizar en las obras de construcción, proporcionando pautas para la implementación efectiva de la gestión visual en empresas constructoras, que incluyen la definición de objetivos claros, la formación adecuada del personal, la selección de herramientas visuales apropiadas y la integración de la gestión visual en la cultura organizacional. El diferencial del modelo de planificación y control de la presente investigación es la vinculación de las herramientas visuales en forma de paneles visuales de planificación con los horizontes temporales.

Valente (2018) presenta un modelo sistemático para el diseño y la implementación de sistemas de gestión visual en sitios de construcción, con el objetivo de mejorar la eficiencia, la seguridad y la coordinación en el lugar de trabajo. Brandalise (2022) propone una taxonomía de las prácticas de GV de acuerdo con el grado de integración en los procesos gerenciales, y una serie de atributos de comunicación. El presente modelo, en referencia a lo anterior, profundiza en el vínculo de los paneles visuales con la planificación y control y en el rol de participación del usuario con la herramienta, interviniendo en ella activamente mediante la actualización de la información sobre el estatus de la obra, así como la utilización del panel como soporte para las reuniones de planificación.

El antecedente más cercano a dicho objetivo es el de Brady et.al (2018) quien propone un modelo de planificación y control (LCM) que aplica una serie de herramientas visuales con el objetivo de facilitar el flujo de información. Dicho modelo tiene aportes referentes a la definición de dispositivos visuales asociados a cada etapa de planificación y la vinculación de estos con métricas de evaluación. Sin embargo, existen diferencias significativas con el

modelo presentado en la presente investigación: en primer lugar, el modelo en cuestión fue diseñado asumiendo la particularidad del contexto de pequeñas y medianas empresas poniendo como premisa que pueda ser fácilmente desarrollable con pocos recursos, mientras que el modelo de Brady (2018) se plantea para un contexto genérico. Por otra parte, se enfatiza en el rol de la colaboración de los usuarios sobre los paneles visuales, ubicándolo no solo como receptor sino también en un rol activo con la diseminación de la información, siendo un factor preponderante en el desarrollo del modelo de planificación y control presentado. Mientras que el modelo de Brady (2018) no pone énfasis en el rol de los usuarios.

Por otra parte, se buscó desarrollar un modelo que permita combinar los principales conceptos y herramientas de Last Planner System y Location Based Management System modelos de planificación ya establecidos a nivel internacional pero no tanto a nivel local, e implementarlos mediante el uso de herramientas visuales de forma tal que facilite la capacitación y el involucramiento de los colaboradores con el recurso.

El diseño gráfico, la selección de información a compartir y principalmente la rigurosidad con la que se procesen los datos presentados es de crucial importancia. Sin embargo, un desafío adicional al de presentar la información adecuada y de forma correcta, es el de lograr generar interés en el usuario y apropiación del dispositivo, para que de esta forma le resulte una herramienta de valor a la hora de llevar a cabo su trabajo.

Tabla 13 Contribuciones del modelo

	Antecedentes	Contribuciones
Definición de horizontes temporales	Last Planner System (Ballard, Howell 1997) (Ballard, Tommelein 2020)	Diagrama de interacción entre horizontes temporales, sistema de localización, dispositivos visuales y pautas de colaboración.
Sistema de localización	Location based management System (Kenley, Seppanen 2010)	Diagrama de interacción entre horizontes temporales, sistema de localización, dispositivos visuales y pautas de colaboración.
Diseño de dispositivos visuales	Dashboards (Few 2006, Wexler 2017, Sarikaya 2019) Paneles visuales (Eckerson 2010)	Paneles visuales de planificación acorde a los horizontes temporales que permiten la interacción y el aporte del usuario en el mismo.
Elaboración de pautas de colaboración	Constructos de colaboración (Amaro 2020)	Pautas de colaboración y definición de roles de los colaboradores

Fuente: 1 Elaborado por la autora

En relación con los lineamientos para el diseño de los paneles visuales de planificación, se establecen un número de pautas, que permiten guiar de una forma no estructurada las principales premisas de los paneles visuales (herramienta desarrollada en la presente investigación). Estos paneles, tienen diferencias y similitudes con los ya conocidos Dashboards en varios puntos:

Principales diferencias:

- No se basan únicamente en métricas de desempeño
- Permiten la interacción de los colaboradores con la herramienta.
- Pueden incluir información sobre procedimientos de trabajo o secuencia de actividades.

Principales similitudes:

- Permiten conocer de un vistazo el estatus del sistema
- Se presentan métricas e indicadores del proyecto que pueden ser conectados
- Son diseñados según y acorde al usuario.

En relación con el modelo de planificación, presenta como principal aporte, el orden definido a través de las etapas de implementación que permiten su aplicación en empresas principalmente de contexto reducido y recursos limitados pero que fácilmente puede adaptarse a otros casos. La definición de horizontes temporales permite generar una primera aproximación al modelo Last Planner y por otra parte el esfuerzo por establecer zonas jerárquicas promueve un análisis en profundidad del proyecto lo que minimiza la variabilidad. La etapa referente a la inclusión de dispositivos visuales fomenta la transparencia y el diálogo entre los distintos involucrados, al tiempo que acerca a los colaboradores al proceso de planificación. Por último, son propuestos lineamientos para establecer pautas de colaboración que permiten guiar a los distintos actores en sus funciones y roles dentro del equipo.

La principal contribución con relación a los propuestos anteriormente fue la de integrar los modelos Last Planner System y Location Based Management System, mediante el uso de la gestión visual como interfaz de comunicación entre los involucrados, con el diferencial, de incorporar la colaboración como premisa clave en la implementación del modelo.

7. CONCLUSIONES

7.1. Principales conclusiones

El presente trabajo partió de la necesidad de desarrollar un modelo de planificación y control que permitiera atender el contexto y las necesidades de las pequeñas y medianas empresas. No obstante, se buscó desarrollar un modelo con un nivel de abstracción suficiente para su aplicabilidad en diversos entornos empresariales y escalas de proyectos. Este modelo parte de la premisa de la participación de los usuarios como agentes clave en el proceso de desarrollo de estas herramientas visuales. Emerge de un proceso de investigación cíclico con etapas de implementación y refinamiento que permitieron desarrollar la versión final presentada.

A partir del desarrollo de esta investigación se buscó contribuir a los conocimientos prácticos y teóricos acerca del desarrollo y implementación de sistemas de planificación y control de la producción en empresas que carecen de experiencias previas en estas prácticas, así como de recursos como para invertir en tales aspectos. Además de buscar la generación de un sistema de planificación y control, se estableció como objetivo específico la formulación de directrices para la creación de dispositivos visuales utilizados en la implementación del modelo. Dichas directrices, desarrolladas y perfeccionadas a lo largo del estudio de caso, son de naturaleza genérica y, por ende, aplicables en diversos contextos, al no estar limitadas exclusivamente a las necesidades de PYMEs, sino adaptándose a los recursos disponibles en cada caso.

En lo que concierne a la búsqueda de estrategias para fomentar la participación y la colaboración del personal en la planificación y control, este estudio también realizó contribuciones en términos de establecer pautas de colaboración y roles de los involucrados.

El presente estudio se originó con el propósito de desarrollar un modelo de planificación y control que pudiera adaptarse a las peculiaridades y necesidades de las pequeñas y medianas empresas (PYMEs). No obstante, se procuró concebir un modelo con un nivel de abstracción suficiente para su aplicabilidad en diversos entornos empresariales y escalas de proyectos. Es crucial destacar que este enfoque se fundamenta en la premisa de la participación activa de los usuarios como agentes clave en el proceso de desarrollo de estas herramientas visuales. Este modelo evoluciona a partir de un proceso de

investigación iterativo, caracterizado por etapas de implementación y refinamiento, culminando en la versión final presentada.

En síntesis, esta investigación busca ofrecer un marco tanto práctico como teórico para la implementación de la gestión visual en la planificación y control de empresas constructoras, enfatizando la importancia de la colaboración y coordinación en el entorno laboral. Destacan como principales contribuciones teóricas: el desarrollo de un modelo de planificación y control adaptado a empresas constructoras de pequeña y mediana escala; la efectiva integración de dispositivos visuales en las etapas de planificación y control, haciendo hincapié en la colaboración y participación del personal en el proceso de planificación; la formulación de directrices para el diseño de dispositivos visuales que faciliten una representación clara y accesible del estado del proyecto; la definición de horizontes temporales y áreas jerárquicas para una planificación más efectiva; y la propuesta de lineamientos para establecer pautas de colaboración, facilitando el trabajo en equipo y la distribución de roles.

En relación a las limitaciones del modelo, es crucial considerar que este no fue ampliamente probado, dado que se implementó en un único proyecto. Además, la participación de la investigadora en el equipo técnico de la empresa podría haber influenciado la información obtenida a través de las entrevistas con el personal, debido a su rol jerárquico. Por último, el modelo se concibió para un cierto tamaño de empresa y, en caso de ser aplicado en otros contextos, serán necesarios ajustes pertinentes.

7.2. Recomendaciones para trabajos futuros

Una vez finalizada la investigación surgen nuevas interrogantes que se plantean como puntos de partida para futuros trabajos. Como propuesta para futuras investigaciones, existe un abanico muy amplio de posibilidades a implementar dentro del concepto de paneles visuales, desde mejorar su ejecución material, hasta la opción de generar paneles virtuales, cuya inversión requiera de mayor tecnología e insumos.

- a) Evaluar la implementación del modelo en empresas y proyectos de diferentes escalas para identificar si es posible mantener el mismo grado de colaboración.

- b) Seguir perfeccionando los lineamientos y características de los paneles visuales, con base en estudios en otros contextos
- c) Investigar las diferencias entre pautas de colaboración para empresas de diferentes escalas.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamu.et.al. (2015). Social BIM: co-creación con conciencia situacional compartida. *Journal of Information Technology in Construction*.
- Amaro, L. (2020). Mapa conceptual de la colaboración en el medio ambiente construido. *Encuentro Nacional de Tecnología de ambiente construido*. Porto Alegre.
- Ballard, & Howell. (1994). *Implementing lean construction: stabilizing work flow*. *Lean construction*.
- Ballard, & Howell. (1998). Shielding Production: Essential Step in Production Control.
- Ballard, & Tommelein. (2020). *2020 CURRENT PROCESS BENCHMARK FOR THE LAST PLANNER® SYSTEM OF PROJECT PLANNING AND CONTROL*. Berkeley.
- Ballard.et.al. (2009). Production Control Principle. *Proceedings of the 17th annual conference of the International Group for Lean Construction*. Taipei, Taiwan.
- Barth. (2023). Sistemas de medição de desempenho como apoio a implementação da filosofia Lean na gestão da produção na construção civil.
- Barth, & Formoso. (2020). Requirements in performance measurement systems of construction projects from the lean production perspective. *Frontiers of Engineering Management* .
- Bernstein, E. (2012). The Transparency Paradox: A Role for Privacy in Organizational Learning and Operational Control. *Administrative Science Quarterly*.
- Beynon-Davies, P., & Lederman, R. (2016). Making sense of visual management through affordance theory. *Prod. Plann. Control*.
- Beynon-Davies, P., & Lederman, R. (2016). Making sense of visual management through affordance theory. *Production Planning & Control*.
- Bitici.et.al. (2016). Impact of visual performance management systems on the performance management practices of organisations. *International Journal of Production Research*.
- Brady, D. (2014). Using visual management to improve transparency in planning and control in construction. University of Salford, UK: PhD Diss., School of the Built Environment.
- Brady.et.al. (2018). Improving transparency in construction management: a visual planning and control model. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- Brandalise.et.al. (2022). Development of a Typology for Understanding Visual. *ASCE*.
- Camarinha-Matos, & Afsarmanesh. (2008). Concepto de colaboración. *Enciclopedia de red y organización virtual*.
- CCEIC. (2016). <http://ceeic.uy/documentos>.
- CCU. (2021). *Boletín de la construcción* . Montevideo.

- CECEIC. (2021). <http://ceeic.uy/documentos>. Obtenido de Centro de estudios económicos de la industria de la construcción.
- Chua, e. a. (2003). Planificación basada en restricciones con programador de producción integrado a través de internet.
- Costa, D., & Burgos, A. (2015). Guidelines and conditions for implementing kanban in construction. *Taylor & Francis*.
- Crumpton, M. (2011). The value of Transparency. *The Bottom Line*.
- Dragomirescu, & Solomon. (2013). The Role Of The Performance Dashboard In The Management Of Modern Enterprises. *Studies and Scientific Researches: Economics Edition*.
- Eckerson, W. (2005). Performance dashboards: measuring, monitoring, and managing your business. *John Wiley Trade*.
- Eckerson, W. (2010). Performance Dashboards: Measuring, monitoring and Managing your business. *Wiley*.
- Eden, C., & Huxham, C. (1996). Action Research for Management Research. *British Journal of Management*.
- Endsley, & Jones. (2001). Un modelo de conocimiento de la situación entre equipos e intraequipos: implicaciones para el diseño, la capacitación y la medición. . *En nuevas tendencias en las actividades cooperativas: comprensión de la dinámica de sistemas en entornos complejos*.
- Ewenstein, B., & Whyte, J. (2007). Visual representations as "artefacts of knowing". *Building Research & Information*.
- Fisher, G. (2004). Creatividad social: convertir las barreras en oportunidades para el diseño colaborativo. *Octava conferencia sobre Diseño Participativo: Integración ingeniosa: Entretejido de Medios, Materiales y Prácticas*.
- Formoso, C. (2001). *Planejamento e controle da Produção em empresas de construção*.
- Formoso, Santos, & Powell. (2002). An exploratory study of the applicability of process transparency in construction sites. *Journal of Construction Research*,.
- Formoso.et.al. (2002). An exploratory study of the applicability of process transparency in construction sites. *Journal of Construction Research*,.
- Formoso.et.al. (2022). Developing a flow-based planning and control approach for linear infrastructure projects. *Proceedings of the 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Edmonton, Canada.
- Frandsen.et.al. (2013). Takt-time planning for construction of exterior cladding. *Proc. 21st Ann. Conf. Int'l. Group for Lean Construction*. Fortaleza, Brasil.

- Frandsen et al. (2015). Comparison between location based management and takt time planning. *Proc. 23rd Annual Conference of the International group Lean Construction*. Perth, Australia.
- Galsworth, G. (1997). Visual systems: Harnessing the power of the visual workplace. *American Management Association*.
- Galsworth, G. (2005). Visual Workplace: Visual Thinking. *Visual-Lean Enterprise*.
- Galsworth, G. (2017). Visual Workplace Visual Thinking: Creating Enterprise Excellence Through the Technologies of the Visual Workplace. *Taylor and Francis*.
- Gomez, J., & Tzortzopoulos, P. (2020). Metaphors of collaboration in construction. *NRC Research Press*.
- Greif, M. (1991). The Visual Factory. *OR: Productivity Press*.
- Hamzeh, Ballard, & Tommelein. (2012). Re-thinking lookahead planning to optimize construction workflow. *Lean construction journal*.
- Harper, D. (2001). Diccionario de etimología en línea. *etymonline.com*.
- Harris, F., & McCaffer, R. (2013). *Modern construction management*. Oxford: John Wiley & Sons.
- Heineck et al. (2002). Transparency in building construction: A case study. *Proc., 10th Annual Conf. of the Int. Group for Lean Construction (IGLC)*. Gramado.
- Hollangel et al. (2011).
- Hopp, J., & Spearman, M. (2004). To Pull or Not to Pull: What Is the Question? *Manufacturing and service operation management*.
- Igarashi, R. (1991). The big picture. *In visual control systems*.
- Iivari, J., & Veneable, J. (2009). Investigación acción e investigación en ciencias del diseño aparentemente similares pero decisivamente diferentes. *Research Gate*.
- Kasanen et al. (1993). The Constructive Approach in Management Accounting Research. *Journal of Management Accounting Research*.
- Kenley, & Seppänen. (2010). Location-based Management for Construction. *Spon Press*.
- Kenley, R., & Seppänen, O. (2006). *Location-based Management for Construction. Planning, Scheduling and Control*. Routledge.
- Koskela. (1992). Application of the new production philosophy to construction.
- Koskela. (1992). Application of the new production philosophy to construction.
- Koskela. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Helsinki, University of technology: Espoo, FI: VTT Building Technology.
- Koskela. (2000). An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction. *Technical Research Center of Finland*.

- Koskela, & Howell. (2002a). The theory of project management: explanation to novel methods. *Proceedings of the 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. Gramado.
- Koskela, e. (2018). Why Visual management? *26th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction (IGLC)*,. Chennai, India.
- Koskela, L., & Howell. (2002). La teoría subyacente de la gestión de proyectos está obsoleta. *Project Management Institute*.
- Koskela.et.al. (2014). If CPM is so bad, why have we been using it so long. *Annual conference international group for Lean Construction*. Oslo.
- Kvan, T. (2000). Diseño colaborativo: ¿qué es? En automatización en la construcción.
- Lamptey, & Fayek. (2012). Developing a Project Status Dashboard for Construction Project Progress Reporting. *International Journal of Architecture, Engineering and Construction*.
- Laufer, A. (2009). Breaking the Code of Project Management. *New York: Palgrave Macmillan*.
- Laufer, A., & Tucker, R. (1987). *Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process*.
- Liff, S., & Posey, P. (2004). Seeing Is Believing: How the New Art of Visual Management Can Boost Performance Throughout Your Organization. *AMACOM*.
- Liker. (2004). The Toyota way. 14 principios de gestión de los mejores del mundo.
- Lucko.et.al. (2013). Challenges and opportunities for productivity improvement studies in linear, repetitive, and location-based scheduling. *Construction Management and Economics*.
- Lukka. (2003). The Constructive Research Approach. In: Case study research in logistics. *Series B*,.
- March, & Smith. (1995). Design and natural science research on information technology. *Decision Support Systems*.
- Mattessich, & Monsey. (1992). Colaboración: que hace que funcione. Una revisión de la literatura de investigación sobre los factores que influyen en una colaboración exitosa. *Fundación Amherst H. Wilder*.
- McKay, J., & Marshall, P. (2001). Los imperativos duales de la investigación-acción, la tecnología de la información y las personas.
- Murata, K., & Katayama, H. (2016). Performance evaluation of a visual management system for effective case transfer. *International Journal of Production Research*.
- Murata.et.al. (2017). An application of control theory of visual Management for organizational communication in construction. *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*,. Heraklion, Greece,.
- Olivieri.et.al. (2019). A survey comparing Critical Path Method, Last Planner System, and Location Based Techniques. *Journal of Construction Engineering and Management*.

- Pauwels.et.al. (2009). Dashboards as a service: Why, what, how, and what resarch is needed. *Jurnal of Service Research*.
- Pedó.et.al. (2020). Digital Visual Management tools in design management. *Proc. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC28)*. Berkeley.
- Perrow, C. (1984). Accidentes normales: vivir con tecnologías de Alto riesgo. *Princeton, Prensa universitaria*.
- Rahman.et.al. (2017). Review on Dashboard Application from Managerial Perspective. *IEEE*.
- Rapport, R. (1970). Tres dilemas en la investigación acci{on. *Human Relations*.
- Rasmussen.et.al. (2009). Buisines Dashboards: A visual Catalog for Design and DEployment. *John Wiley & Sons Inc*.
- Sacks, R. (2016). What constitutes good production flow in construction? *Construction Management and Economics*.
- Sarikaya.et.al. (2019). What Do We Talk About When We Talk About Dashboards? *IEEE TRANSACTIONS ON VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS*,.
- Saurin, Rooke, & Koskela. (2013). Una perspectiva de sistemas complejos de Lean Production. *International Journal of Production Research*.
- Saurin, T., & Gonzalez, S. (2013). Assessing the compatibility of the management of standardized procedures with the complexity of sociotechnical system: Case study of a control room in an oil refinery. *Applied Ergonomics*.
- Sein.et.al. (2011). Action Design Research. *MIS Quarterly*.
- Seppanen, O. (2009). Empirical Research on the Success of Production Control in Building Construction Projects. Helsinki University of Technology, , Finland.
- Seppänen.et.al. (2010). The Combination of Last Planner System and Location-Based Management System. *Lean Construction Journal*.
- Shingo, S. (1989). A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint. *Productivity Press*.
- Shingo, S. (1989). A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint. *CRC Press*.
- Solimán, Saurin, & Anzanello. (2018). Los impactos de Lean Production en la complejidad de los sistemas sociotécnicos. *Revista internacional de economía de la producción*.
- Susman, & Evered. (1978). An Assessment of the Scientific. *Administrative Science Quarterly*.
- Susman, G., & Evered, R. (2011). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research . *Johnson Graduate School of Management, Cornell University*.
- Tezel.et.al. (2015). Visual Management in Brazilian Construction Companies:Taxonomy and Guidelines for Implementation. *American Society ofCivil Engineers*.

- Tezel.et.al. (2016). Visual management conditions in highways construction projects. *Iglc 24*. Boston.
- Tezel.et.al. (2016). Visual Management in production management: a literature synthesis. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Tjell, J., & Bosch-Sijtsema, P. (2015). Visual Management in mid sized construction design projects. *Procedia Economics and Finance*.
- Tommelein, I. (2017). Collaborative Takt Time Planning of none repetitive work. *IGLC 25*. Heraklion.
- Uruguay XXI. (2024). *Sectores construcción e inmobiliario en Uruguay*. Montevideo: Uruguay XXI promoción de inversiones, exportaciones e imagen país.
- Valente.et.al. (2018). Model for Devising Visual Management Systems on Construction Sites. *American Society of Civil Engineers*.
- Valente.et.al. (2017). Guidelines for devising and assessing visual management systems in construction sites. *Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. Heraklion.
- Vargas, F. (2018). Método para planejamento e controle da produção baseado em zonas de trabalho e Bim.
- Viana.et.al. (2016). Understanding the theory behind the Last PlannerSystem using the Language-Action Perspective:two case studies. *Production planning and control- Taylor and Francis*.
- Viana.et.al. (2014). The role of visual management in collaborative integrated planning and control for engineer-to-order building systems. *Proceedings of the 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Oslo.
- Wesz, J., & Formoso, C. (2018). Planning and controlling designin engineered-to-orderprefabricated building systems. *Emerald Insight* .
- Wesz, J., & Formoso, C. (2018). Planning and controlling designin engineered-to-orderprefabricated building systems. *Emerald Insight*.
- Whyte, W. (1991). Participatory Action Research. Sage, London.
- Willis, C., & Friedman, D. (1998). Building the Empire State Building. *Norton and Co*.
- Womack, & Jones. (1990). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. Boston: Rawson Associates.
- Yoo.et.al. (2015). Educational Dashboards for Smart Learning: Review of Case Studies. *Lecture Notes in Educational Technology*.

9. ANEXOS

9.1 PLANILLA DE PCP SEMANAL

PLANIFICACION SEMANAL						
ACTIVIDADES	% COMPLETADO	DIA EST.	PERSONAL INVOLUCRADO	RESPONSABLE	RETRABAJO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO
ESTRUCTURA H.A.						
REPARACIONES ESCALERA	100%	LUN-MAR		JDS	NO	
REPARACIONES AZOTEA	0%	MIER-VIER		JDS	NO	FALTA DE EXPLICACIÓN/ COMPRENSIÓN DE LA TAREA
PULIDO DE VIGAS NIVEL 3: 301-302-303 PULIDO DE VIGAS NIVEL 4: 401-402-403	50%	LUN-VIER		JDS	NO	ALCANCE DE TAREA EXCESIVO PARA LA SEMANA
REVISAR UBICACIÓN DE BAJADA DE ELECTRICA PARA TABLEROS Y PICAR SECTORES MAL UBICADOS	60%	LUN-VIER		JDS	NO	FALTA DE SUPERVISIÓN PERSONAL ATENDIENDO DEMASIADAS TAREAS
ARMADO Y DESARMADO ANDAMIOS, DESCARGA DE MATERIALES Y APOYO GENERAL, TERMINACIÓN DE NIVELACIÓN DEL MURO	70%	LUN-MAR		JDS	NO	PERSONAL ATENDIENDO DEMASIADAS TAREAS
JARDINERAS PREPARAR MURO DE CONTENCIÓN	0%	MIER-VIER		ML	NO	TAREA SIN COMENZAR
PREPARACIÓN DE CARPETAS NIVEL 5	0%	MIER-VIER		ML	NO	FALTA FINALIZAR TAREAS PREVIAS
						PAC H.A. 40%
ALBAÑILERIA						
PALIER NIVEL 2 / CERRADO ASCENSOR	50%	LUN - VIE		DT	NO	PERSONAL ATENDIENDO DEMASIADAS TAREAS PERSONAL REUBICADO EN OTRAS TAREAS
PREMARCOS 206	100%	LUN		ML	NO	
PREMARCOS N3	20%	MAR - VIER		ML	NO	ALCANCE DE TAREA EXCESIVO PARA LA SEMANA
REVOQUES N5 (Pendiente sectores 502-501)	100%	LUN		JDS	NO	
REVOQUES N6	30%	MAR - VIER		JDS	NO	ALCANCE DE TAREA EXCESIVO PARA LA SEMANA
MUROS TICHOLOS NIVEL 7	80%	LUN - MIER		JDS	NO	FALTAN DEFINICIONES DE PROYECTO
REVOQUES N7	0%	MIER - VIER		JDS	NO	
REPLANTEO YESO N4 N5	60%	LUN - MIER		JDS	NO	FALTA DE SUPERVISIÓN
AUTONIVELANTE N5 (504-506-PALIER) AUTONIVELANTE N6	0%	MAR-VIE		ML	NO	MALA COMUNICACIÓN CON SUBCONTRATO
CARPETAS BALCONES 301-404	100%	LUN		ML	NO	
CARPETAS BALCONES 401-402-403	100%	MAR-MIE		ML	NO	
CARPETAS FAJAS EN BALCONES 504-505-506	50%	JUE-VIE		ML	NO	FALTA DE SUPERVISIÓN FALTA FINALIZAR TAREAS PREVIAS
PASES PANTALLAS N1 N2 N3 N4	10%	LUN-MIE		ML	SI	
PASES NIVELES 4 Y 5	50%	JUE-VIE		ML	SI	ALCANCE DE TAREA EXCESIVO PARA LA SEMANA FALTAN DEFINICIONES DE PROYECTO
REVESTIMIENTO PIEDRA 206-205	100%	LUN - VIE		ML	NO	
DUCTO 2 Y 3 Y 5 IMPRIMADO (1er piso con cementicia)	100%	MIER - VIE		ML	NO	
						PAC ALBA 59%

						PAC ALBA	59%
YESO							
CORRECCIONES FAJAS NIVEL 1 Y 2	100%	LUN		DT	NO		
REVOQUE SECO NIVEL 3 (terminar sectores)	0%	LUN - MIER		ML	NO	FALTA DE SUPERVISIÓN FALTA FINALIZAR TAREAS PREVIAS	
ESTRUCTURA MUROS NIVEL 4	100%	MAR-JUE		ML	NO		
ESTRUCTURA DUCTOS	0%	VIE		ML	NO	FALTAN DEFINICIONES DE PROYECTO	
						PAC YESO	50%
ELÉCTRICA							
CANALIZACIONES EN ALBAÑILERÍA NIVEL 3 Y 4	25%	LUN - VIER		ML	SI	ALCANCE DE TAREA EXCESIVO PARA LA SEMANA	
CABLEADO EN ALBAÑILERÍA NIVE 3	0%	MIER - VIE		ML	SI	FALTA DE SUPERVISIÓN	
ARMADO TABLEROS NIVEL 2	80%	LUN - MIER		ML	SI	SUBCONTRATO NO CUMPLE METAS PREVISTAS MALA COMUNICACIÓN CON SUBCONTRATO NO SE CUMPLE CON EL RITMO PREVISTO	
						PAC ELECT	35%
PINTURA							
SUBSUJETO ENDUIDO 2da mano y correcciones	70%	LUN-VIE		ML	NO	ALCANCE DE TAREA EXCESIVO PARA LA SEMANA	
						PAC PINT.	35%
SANITARIA							
DESAGUE 106	70%	LUN-VIE	SUBCONTRATO 2P	ML	SI	FALTAN DEFINICIONES DE PROYECTO PARA SUBCONTRATO	
						PAC ELECT	47%
Observaciones diarias							
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Observaciones clima		
						PAC (general)	32%
* PAC: Porcentaje de actividades completadas							

Personal								
Personal de obra			CANT. OP. 2P		Postventa		CANT. OP. 2	
Nombre	Categoría	Grupo	Rubro	Nombre	Categoría	Rubro		
	10	VIGAS	Oficial Encargado	Leonardo Alvarez	9	Oficial Finalista		
	6	VIGAS	Medio of. Carpintero	Pablo Herrera	5	Medio Of. Albañil		
	9	LOSAS	Oficial Carpintero					
	6	LOSAS	Medio of. Carpintero					
	9	FORSA	Oficial Carpintero					
	9	FORSA	Oficial Carpintero					
	8	FORSA	Oficial Albañil					
	9	HIERRO	Oficial Herrero					
	8	HIERRO	Oficial Herrero					
	6	ESCALERA	Medio of Carpintero					
	4	DESENCOFRADO	Peon práctico					
	9	ALBAÑILERIA	Oficial Finalista					
	8	ALBAÑILERIA	Oficial Albañil					
	8	ALBAÑILERIA	Oficial Albañil					
	8	ALBAÑILERIA	Oficial Albañil					
	9	ALBAÑILERIA	Oficial Finalista					
	8							
	5							
	5							
	8	ALBAÑILERIA	Oficial Albañil					
	5	ALBAÑILERIA	Medio of Albañil					
	5	ALBAÑILERIA	Peon práctico					
	8	ALBAÑILERIA	Oficial Albañil					
	9	ALBAÑILERIA	Oficial albañil					
	10	GRUA	Gruista					
	5	COMODIN	Medio of. Albañil					
	4	COMODIN	Peon práctico					
	4	COMODIN	Peon práctico					
	5	PAÑOL	Pañolero					

Bajas actuales por COVID 19
Tarea inamovible

ORDEN UNIDADES:
3 - 4 - 5 - 6 - 2 - 1

ORDEN CARPETAS:
Rambla 4 - 5 - 6
Orinoco 3 - 2
Missouri 1 - 6



9.2 PLANILLA DE SEGUIMIENTO DE RESTRICCIONES

PLANIFICACIÓN									
SEMANA	ACTIVIDAD	RUBRO	RITMO PLANIFICADO (DÍAS/NIVEL)	FECHA COMIENZO PREVISTA	TAREAS PREVIAS A FINALIZAR (RESTRICCIONES)	TIPO DE RESTRICCIÓN	PLAZO MÁXIMO PARA RESTRICCIÓN		
1 DEL 4 AL 8	ENCOFRADO Y LLENADO LOSA I500 PISO 3	ESTRUCTURA H.A.	5	4/4/2022	MATERIAL PARA ENCOFRADO	SUMINISTRO DE MATERIALES	4/4/2022		
					PLANOS Y DETALLES DE ARMADURAS	DEF. PROYECTO	4/4/2022		
					REPLANTEO	REPLANTEO	4/4/2022		
					ANCLAJE QUÍMICO	SUMINISTRO DE MATERIALES	5/4/2022		
					SIKADUR	SUMINISTRO DE MATERIALES	7/4/2022		
	REVOQUES RESTANTES PISO 6 Y 7	REVOQUES	15	4/4/2022	4/4/2022	ARIDOS Y CEMENTO DISPONIBLE	SUMINISTRO DE MATERIALES	4/4/2022	
						REPLANTEO FAJAS	REPLANTEO	4/4/2022	
								F3	
								F4	
								F5	
AUTONIVELANTE NIVEL 5	AUTONIVELANTE	5	4/4/2022	4/4/2022	MATERIAL DISPONIBLE	SUMINISTRO DE MATERIALES	4/4/2022		
					COORDINACIÓN CON SUBCONTRATO	COORD. C/SUBCONTRATO	4/4/2022		
					PREPARACIÓN Y CIERRES	TAREA PREVIA TERMINADA	4/4/2022		
							F4		
							F5		
PREMARCOS NIVEL 3	PREMARCOS VENTANAS	10	4/4/2022	4/4/2022	PREMARCOS DISPONIBLES	SUMINISTRO DE MATERIALES	4/4/2022		
					REPLANTEO	REPLANTEO	4/4/2022		
							F3		
							F4		
							F5		
ABASTECIMIENTO Y DEAGUE PISO 2	SANITARIA	17	4/2/2022	4/2/2022	DETALLES BAÑOS	TAREA PREVIA TERMINADA	4/4/2022		
					REPLANTEO DE EJES ARTEFACTOS	DEF. PROYECTO	4/4/2022		
					COORDINACIÓN CON SUBCONTRATO	COORD. C/SUBCONTRATO	4/4/2022		
							F5		
							F4		
CANALIZACIONES ELÉCTRICA PISO 4	ELECTRICA	20	1/4/2022	1/4/2022	MUROS Y REVOQUES TERMINADOS	TAREA PREVIA TERMINADA	4/4/2022		
					ESTRUCTURA DE YESO TERMINADA	TAREA PREVIA TERMINADA	4/4/2022		
					DETALLES DE PROYECTO RESUELTOS	PLANOS Y DETALLES	4/4/2022		
					COORDINACIÓN CON SUBCONTRATO	COORD. C/SUBCONTRATO	4/4/2022		
							F5		
CARPETA CON PENDIENTES TERAZAS PISO 5	PEND. TERRAZAS	11	25/3/2022	25/3/2022	MATERIAL EN SITIO	MATERIALES EN SITIO	4/8/2022		
					GRÚA	DISPONIBILIDAD DE GRÚA	4/8/2022		
					VERIFICACIÓN DE NIVELES	VERIFICACIÓN	4/8/2022		
							F4		
							F5		
ELECTRICA ENBRADO PISO 4	ELECTRICA	10	29/3/2022	29/3/2022	CANALIZACIONES TERMINADAS	TAREA PREVIA TERMINADA	4/8/2022		
							F2		
							F3		
							F4		
							F5		
3 DEL 18 AL 22	REVOQUES RESTANTES PISO 6 Y 7	REVOQUES	15	4/4/2022	4/4/2022	ARIDOS Y CEMENTO DISPONIBLE	SUMINISTRO DE MATERIALES	8/4/2022	
						REPLANTEO FAJAS	REPLANTEO	8/4/2022	
								F3	
								F4	
								F5	
	AUTONIVELANTE NIVEL 5	AUTONIVELANTE	5	18/4/2022	18/4/2022	18/4/2022			F1
									F2
									F3
									F4
									F5
PREMARCOS NIVEL 4	PREMARCOS VENTANAS	10	18/4/2022	18/4/2022	18/4/2022	PREMARCOS DISPONIBLES	SUMINISTRO DE MATERIALES	8/4/2022	
						REPLANTEO	REPLANTEO	8/4/2022	
						MATERIAL EN SITIO	DISPONIBILIDAD DE GRÚA	8/4/2022	
								F4	
								F5	
ESTRUCTURA DE YESO Y RS NIVEL 5	ESTRUCTURA YESO	10	18/4/2022	18/4/2022	18/4/2022	REPLANTEO	REPLANTEO	8/4/2022	
						COORDINACIÓN CON SUBCONTRATO	COORD. C/SUBCONTRATO	8/4/2022	
						MATERIAL DISPONIBLE	SUMINISTRO DE MATERIALES	8/4/2022	
						AUTONIVELANTE TERMINADO	TAREA PREVIA TERMINADA	8/4/2022	
								F5	
ABASTECIMIENTO Y DEAGUE PISO 2	SANITARIA	17	4/2/2022	4/2/2022	4/2/2022	PASES TERMINADOS	TAREA PREVIA TERMINADA	8/4/2022	
						DETALLES BAÑOS	DEF. PROYECTO	8/4/2022	
						REPLANTEO DE EJES ARTEFACTOS	REPLANTEO	8/4/2022	
						COORDINACIÓN CON SUBCONTRATO	COORD. C/SUBCONTRATO	8/4/2022	
								F5	
CANALIZACIONES ELÉCTRICA PISO 4	ELECTRICA	20	1/4/2022	1/4/2022	1/4/2022	MUROS Y REVOQUES TERMINADOS	TAREA PREVIA TERMINADA	8/4/2022	
						ESTRUCTURA DE YESO TERMINADA	TAREA PREVIA TERMINADA	8/4/2022	
						DETALLES DE PROYECTO RESUELTOS	PLANOS Y DETALLES	8/4/2022	
						COORDINACIÓN CON SUBCONTRATO	COORD. C/SUBCONTRATO	8/4/2022	
								F5	
PREINSTALACIÓN AA PISO 1	PREINST. AA.	15	18/4/2022	18/4/2022	18/4/2022	COORDINACIÓN CON SUBCONTRATO	COORD. C/SUBCONTRATO	8/4/2022	
						PASES TERMINADOS	TAREA PREVIA TERMINADA	8/4/2022	
						DEFINICIONES PROYECTO	DEF. PROYECTO	8/4/2022	
								F4	
								F5	
CARPETA CON PENDIENTES TERAZAS PISO 6	PEND. TERRAZAS	7	18/4/2022	18/4/2022	18/4/2022	MATERIAL EN SITIO	MATERIALES EN SITIO	18/4/2022	
						GRÚA	DISPONIBILIDAD DE GRÚA	18/4/2022	
						VERIFICACIÓN DE NIVELES	VERIFICACIÓN	18/4/2022	
								F4	
								F5	
REVESTIMIENTO BAÑOS PISO 1	REV. CERÁMICO	15	18/4/2022	18/4/2022	18/4/2022	MATERIAL EN SITIO	MATERIALES EN SITIO	8/4/2022	
						CORTADORA DE CERÁMICA, RUBI, ETC	SUMINISTRO DE MATERIALES	8/4/2022	
						DETALLES DE DESPIECE	DEF. PROYECTO	8/4/2022	
						SANITARIA TERMINADA	TAREA PREVIA TERMINADA	8/4/2022	
						YESO TERMINADO	TAREA PREVIA TERMINADA	8/4/2022	
ELECTRICA ENBRADO PISO 5	ELECTRICA	10	18/4/2022	18/4/2022	18/4/2022	CANALIZACIONES TERMINADAS	TAREA PREVIA TERMINADA	8/4/2022	
								F2	
								F3	
								F4	
								F5	

9.3 MODELO DE ENTREVISTAS SEMIESTRUCTURADAS (SEGÚN DESTINATARIO)

ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA A USUARIOS: GERENCIA

Nombre:	Cargo
	Antigüedad en la empresa

1- CUALES SON LOS OBJETIVOS DE LA EMPRESA REFERENTES A LA PLANIFICACIÓN*(Ordene de mayor a menor importancia)*

<input type="checkbox"/>	CUMPLIMIENTO DE METAS
<input type="checkbox"/>	ESTABLECER PROCEDIMIENTOS
<input type="checkbox"/>	ASEGURAR NORMAS DE SEGURIDAD
<input type="checkbox"/>	PREVISIÓN Y CONTROL ECONÓMICO
<input type="checkbox"/>	CONTROL DE OCUPACIÓN DEL PERSONAL
<input type="checkbox"/>	CONTROL DEL DESEMPEÑO DEL PERSONAL
<input type="checkbox"/>	SEGUIMIENTO DEL AVANCE DE LAS TAREAS

Justifica el orden establecido

--

2- CONSIDERA UN APORTE NECESARIO LA PARTICIPACIÓN/OPINION DEL PERSONAL INVOLUCRADO EN LA EJECUCIÓN DE LAS TAREAS, A LA HORA DE PLANIFICAR LAS ACTIVIDADES?*(Enumerar formas de participación/colaboración llevadas a cabo de manera exitosa o no)*

--

3- CUAL DE LOS SIGUIENTES FORMATOS CONSIDERA MAS ADECUADO PARA LA COMUNICACIÓN DE LAS PAUTAS Y OBJETIVOS EN SU EMPRESA

<input type="checkbox"/>	ELEMENTOS GRÁFICOS: PANELES VISUALES, ESQUEMAS, PANTALLAS
<input type="checkbox"/>	COMUNICACIÓN DIRECTA, HABLADA
<input type="checkbox"/>	ESCRITA: CORREO ELECTRÓNICO, ETC.

Cómo justificas tu elección

--

4- QUE TIPO DE HERRAMIENTAS CONSIDERAS ÚTILES A APLICAR CUANDO SE ENCOMIENDA UNA TAREA PARA QUE SE DESARROLLE DE FORMA ÓPTIMA Y SIN ERRORES.

<input type="checkbox"/>	EJEMPLOS GRÁFICOS O PROTOTIPOS
<input type="checkbox"/>	PLANES DE TRABAJO Y DETALLES
<input type="checkbox"/>	REUNIONES DE PLANIFICACIÓN

Cómo justificas tu elección

--

5- QUE HERRAMIENTAS VISUALES TE RESULTAN MÁS ÚTILES PARA COMPARTIR INFORMACIÓN SOBRE LA PLANIFICACIÓN.

- | | |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | CALENDARIO |
| <input type="checkbox"/> | PLANOS CON UBICACIÓN DE CUADRILLAS |
| <input type="checkbox"/> | DIAGRAMAS/ESQUEMAS CON SECUENCIAS DE TAREAS |
| <input type="checkbox"/> | LISTA DE TAREAS CON SUS COORRESPONDIENTES RESTRICCIONES |
| <input type="checkbox"/> | PIZARRA |
| <input type="checkbox"/> | PLANOS CON ETAPAS. |
| <input type="checkbox"/> | OTROS |

Cómo justificas tu elección

6- CUAL SERIA EL/LOS LUGARES MAS ADECUADOS DONDE DISPONER DE LA INFORMACIÓN PARA QUE RESULTE MAS EFECTIVA.

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | OFICINA GERENCIA |
| <input type="checkbox"/> | SALA DE REUNIONES |
| <input type="checkbox"/> | ACCESO A LA OBRA |
| <input type="checkbox"/> | EN EL SITIO DE EJECUCIÓN |
| <input type="checkbox"/> | ACCESO A OFICINA TÉCNICA |
| <input type="checkbox"/> | PAÑOL |
| <input type="checkbox"/> | OTROS. |

Cómo justificas tu elección

7- QUE GRADO DE IMPORTANCIA LE ATRIBUYE A QUE TODOS LOS INVOLUCRADOS ACCEDAN A LOS DIFERENTES HORIZONTES DE PLANIFICACIÓN?

- | | |
|--------------------------|-------------------|
| <input type="checkbox"/> | ES IMPRESCINDIBLE |
| <input type="checkbox"/> | ES ÚTIL |
| <input type="checkbox"/> | NO ES NECESARIO |

Cómo justificas tu elección

8- CONSIDERA QUE LA COMUNICACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN A TRAVES DE ELEMENTOS VISUALES DEBE VARIAR SEGÚN LOS DESTINATARIOS DE LOS DISPOSITIVOS VISUALES?

ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA A USUARIOS: EMPLEADOS

Nombre:

Cargo

Antigüedad en la empresa

1- CUALES CONSIDERA SON LOS OBJETIVOS DE LA EMPRESA REFERENTES A LA PLANIFICACIÓN.

(Ordene de mayor a menor importancia)

- | | |
|--|--------------------------------------|
| | CUMPLIMIENTO DE METAS |
| | ESTABLECER PROCEDIMIENTOS |
| | ASEGURAR NORMAS DE SEGURIDAD |
| | PREVISIÓN Y CONTROL ECONÓMICO |
| | CONTROL DE OCUPACIÓN DEL PERSONAL |
| | CONTROL DEL DESEMPEÑO DEL PERSONAL |
| | SEGUIMIENTO DEL AVANCE DE LAS TAREAS |

Justifica el orden establecido

2- CONSIDERA UN APORTE NECESARIO LA PARTICIPACIÓN/OPINIÓN DEL PERSONAL INVOLUCRADO EN LA EJECUCIÓN DE LAS TAREAS, A LA HORA DE PLANIFICAR LAS ACTIVIDADES?

(Enumerar formas de participación/colaboración llevadas a cabo de manera exitosa o no)

3- CUAL DE LOS SIGUIENTES FORMATOS CONSIDERA MAS ADECUADO PARA LA COMUNICACIÓN DE LAS PAUTAS Y OBJETIVOS EN SU EMPRESA

- | | |
|--|---|
| | ELEMENTOS GRÁFICOS: PANELES VISUALES, ESQUEMAS, PANTALLAS |
| | COMUNICACIÓN DIRECTA, HABLADA |
| | ESCRITA: CORREO ELECTRÓNICO, ETC. |

Cómo justificas tu elección

4- QUE TIPO DE HERRAMIENTA TE AYUDARIA A ENTENDER MEJOR LAS METAS Y OBJETIVOS PLANTEADOS.

- | | |
|--|--------------------------------|
| | EJEMPLOS GRÁFICOS O PROTOTIPOS |
| | PLANES DE TRABAJO Y DETALLES |
| | REUNIONES DE PLANIFICACIÓN |

Cómo justificas tu elección

5- QUE HERRAMIENTAS VISUALES TE RESULTAN MÁS ÚTILES PARA RECIBIR INFORMACIÓN SOBRE LA PLANIFICACIÓN.

<input type="checkbox"/>	CALENDARIO
<input type="checkbox"/>	PLANOS CON UBICACIÓN DE CUADRILLAS
<input type="checkbox"/>	DIAGRAMAS/ESQUEMAS CON SECUENCIAS DE TAREAS
<input type="checkbox"/>	PLANILLAS/ LISTAS DE ORDEN DE TAREAS
<input type="checkbox"/>	PIZARRA
<input type="checkbox"/>	PLANOS CON ETAPAS.
<input type="checkbox"/>	OTROS

Cómo justificas tu elección

6- CUAL SERIA EL/LOS LUGARES MAS ADECUADOS DONDE DISPONER DE LA INFORMACIÓN PARA QUE RESULTE MAS EFECTIVA.

<input type="checkbox"/>	OFICINA GERENCIA
<input type="checkbox"/>	SALA DE REUNIONES
<input type="checkbox"/>	ACCESO A LA OBRA
<input type="checkbox"/>	EN EL SITIO DE EJECUCIÓN
<input type="checkbox"/>	ACCESO A OFICINA TÉCNICA
<input type="checkbox"/>	PAÑOL
<input type="checkbox"/>	OTROS.

Cómo justificas tu elección

7- LE RESULTARÍA DE UTILIDAD CONOCER LA INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A LOS DIFERENTES HORIZONTES DE PLANIFICACIÓN?

<input type="checkbox"/>	ES IMPRESCINDIBLE
<input type="checkbox"/>	ES ÚTIL
<input type="checkbox"/>	NO ES NECESARIO

Cómo justificas tu elección

8- CONSIDERA QUE LA COMUNICACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN A TRAVES DE ELEMENTOS VISUALES DEBE VARIAR SEGÚN LOS DESTINATARIOS DE LOS DISPOSITIVOS VISUALES?