



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**TRABAJO FINAL INTEGRADOR  
DE ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE OBRAS  
CIVILES**

**“Identificación y análisis de los factores que influyen  
en la productividad de obras civiles”**

CARRERA DE POSGRADO

Nombre del Alumno: Arq. Melisa Podestá.

Nombre del Director: Mgter. Ing. Alejandro Cantú.

Mendoza, 2019.

## ÍNDICE

	Introducción	3
	<b>Capítulo 1</b>	
1.1	Ubicación Disciplinaria: Tema	6
1.2	Estado del arte. Estado del conocimiento. Antecedentes	6
1.3	Justificación del tema	10
1.4	Situación Problemática, Problema y preguntas	12
1.5	Objetivos	13
1.5.1	Objetivo General	13
1.5.2	Objetivos Específicos	13
1.5.3	Resultados esperados	13
	<b>Capítulo 2</b>	
2.1	Contexto (socio-histórico-legal-económico)	14
2.2	Marco Teórico.	15
2.2.1	Programas que inspiraron el Lean Construction	15
2.2.2	La importancia de la Calidad	18
2.3	Productividad	19
2.3.1	Concepto de productividad	19
2.3.2	Medición de la productividad en Obra	20
2.3.3	Clasificación del trabajo: Trabajo Productivo, Trabajo Contributorio y Trabajo no Contributorio	20
2.3.4	Variables e indicadores de productividad	21
2.3.5	Análisis de factores de productividad	21
2.3.6	Rendimientos y consumos	27
2.3.7	Concepto de pérdidas	29
2.3.8	Herramientas y Técnicas para la detección de pérdidas	30
	<b>Capítulo 3</b>	
3.1	Marco Metodológico.	39
3.2	Metodología de trabajo implementada	39
3.2.1	Propuesta de encuesta a profesionales de obra	39
3.2.2	Encuesta sobre producción en las obras – Comunidad Lean Construction	42
3.2.3	Análisis de muestreo de trabajo en edificios construidos en nuestro medio	46
	<b>Capítulo 4</b>	
4.1	Discusión de Resultados.	54
4.2	Propuesta de mejoras.	54
4.3	Conclusiones.	56
	Bibliografía	58
	Anexos	60

## INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos a lo largo de la historia, han permitido el desarrollo y proliferación de diferentes industrias. La competencia en el mercado y la adaptación a los avances o cambios de paradigmas en cuanto a tecnologías, economía y cosmovisión de las sociedades de un mundo globalizado, obligan a las industrias a innovarse para competir.

A tal fin, las organizaciones orientan su producción hacia la mejora continua y la satisfacción del cliente, es decir, a la optimización de los procesos de la calidad. Para ello, desarrollan planes en los que incluyen medidas como:

- la incorporación y certificación de normas ISO, orientadas a ordenar la gestión de las empresas en distintos ámbitos,
- la disposición de normas OHSAS (enmarcadas en las ISO), de seguridad y salud ocupacional.
- la implementación de normas IRAM, de estandarización.

Todo lo anterior, constituye un avance en los procesos productivos, y dicho progreso se atribuye a la implementación de **modelos de gestión**, que tienen como objetivo cumplir con los requerimientos de los clientes, satisfacer estándares de calidad en proyectos, evitar trabajos rehechos (rework), disminuir los reclamos, conseguir menores costos y mayor **productividad**.

A diferencia de otras industrias, en lo que respecta a la asimilación de progresos relacionados con innovaciones e incremento de la producción, la construcción presenta características de distinta complejidad, que condicionan el alcance de mejoras en la productividad, y la obtención de la calidad requerida para la obra y sus partes. Dicha complejidad está determinada por las particularidades de los proyectos civiles (Serpell, 2003) que:

- Son temporales, ya que tienen un ciclo de vida definido.
- Son únicos.
- El lugar de ejecución varía con cada proyecto.
- El tiempo de duración, es generalmente prolongado.
- La mayoría de los trabajos se realiza a la intemperie, lo que dificulta y condiciona la programación y ejecución.
- Presentan una fuerte concentración de recursos en diferentes etapas.
- La utilización de la mano de obra es intensa y con alta rotación.
- Participan una gran cantidad de involucrados, lo que dificulta la gestión.
- Gran parte de los trabajos son artesanales, y como consecuencia, el grado de precisión del trabajo es menor que en otras industrias.
- La cadena de producción es compleja, y en ella intervienen varios agentes.

Sin embargo, muchas veces ese retraso viene dado por una resistencia cultural al cambio, que suele ser propia del medio, y deviene en la falta de formalización de procesos enfocados en la optimización de recursos, en la ausencia de precisión en la definición de responsabilidades, y en evaluaciones subjetivas de la calidad.

Por ello, tras la necesidad de superar las desventajas y obtener mejores resultados, organizaciones dedicadas a la construcción direccionan sus negocios hacia el enfoque en la Gestión de Proyectos, que involucra la implementación de Constructabilidad, la herramienta del Último Planificador, la Ingeniería de valor, la Reingeniería de procesos, la Gestión por procesos, y la filosofía del Lean Construction o Construcción sin pérdidas.

Esa filosofía en particular, tiene como principio básico mejorar la productividad de las obras civiles, maximizando el valor y disminuyendo o eliminando las pérdidas generadas; y fomenta la gestión general, la mejora en la administración y el aumento de la producción, en los procesos constructivos involucrados. Paralelamente, el resto de las herramientas, tiene en común aspectos de la producción Lean: identificación de actividades que no agregan valor, incremento del valor del producto, reducción de la variabilidad, disminución de los tiempos de ciclo, simplificación de procesos, introducción de mejoramiento continuo, competitividad, y optimización de la conversión y flujos.

Asimismo, tal implementación, permite desarrollar y perfeccionar herramientas y técnicas, para la obtención de mejores resultados en la planificación, programación, evaluación y control de tareas, en la asignación y uso efectivo de los recursos humanos, materiales y tiempo; permitiendo el logro de objetivos estratégicos, minimizando los costos y maximizando la satisfacción del cliente.

Tanto el éxito, como la correcta aplicación de los principios de la construcción sin pérdidas, requieren del propio conocimiento de la realidad interna de las empresas. Es decir, éstas deben evaluar sus capacidades a través de distintas alternativas de medición, para poder tomar decisiones que mejoren la gestión de sus diferentes componentes. En pocas palabras, **medir para gestionar**.

Al mismo tiempo, las empresas que gestionan a partir de principios del lean construction, establecen algunas estrategias para cada etapa del proyecto, como:

- La implementación de ingeniería de valor.
- La contratación de consultores privados, especializados, para la revisión de documentación.
- El planteo de una visión constructiva que de la factibilidad de desarrollar el proyecto en el menor tiempo y con el menor costo posible.
- La implementación del Benchmarking. Que consiste en la referencia a otras experiencias para la identificación de un benchmark o mejor práctica, que provea a la organización de un objetivo factible de alcanzar, a través del uso de conocimientos y técnicas desarrolladas por otras organizaciones, a los fines de disminuir la incertidumbre (Knuf, 2000).
- La sinergia entre los distintos recursos que forman parte de los procesos. Lo que conlleva la comunicación entre áreas, y la revisión del proyecto por parte del personal de construcción durante la etapa de diseño, evitando así modificaciones posteriores en las obras.
- La programación realista de la obra.
- La gestión de la adquisición de equipos y materiales.
- La disponibilidad y calificación de la mano de obra.
- El registro y clasificación de todas las actividades que forman parte de los procedimientos, para distinguir aquellas que agregan valor, de las que lo no hacen, pudiendo discernir si estas últimas son o no esenciales, y así disminuirlas o eliminarlas.
- La detección de pérdidas, mediante el uso de distintas herramientas de planificación, como la denominada Último Planificador, encuestas, muestreos de trabajo y la carta de balance (las cuales se explicarán en el diseño metodológico de este trabajo).

La aplicación de las estrategias anteriores, permite conocer los problemas de productividad y cuantificar su magnitud, detectar en qué áreas se producen y cuáles

son las fuentes de los tiempos no productivos. De esa manera, proporcionan información útil para la toma de decisiones enfocadas a una mejora de los flujos y de la coordinación de recursos.

Además, para conocer las propias ventajas y errores, y definir líneas de acción sobre procedimientos que fomenten la competitividad y el progreso continuo, las empresas necesitan distinguir las pérdidas, y las actividades que las generan, pudiendo tomar ejemplo de los amplios estudios sobre el tema.

Por lo expuesto anteriormente, y haciendo uso de los conocimientos adquiridos en la especialización, se pretende con este trabajo aportar al Mejoramiento de la Productividad de las Obras civiles de la provincia, a partir de la identificación y el análisis de los factores que influyen en la misma.

## CAPÍTULO 1

### 1.1 Ubicación Disciplinaria: Tema.

Dentro del campo de estudio de las obras civiles, se plantea abordar el tema de la gestión de la productividad de las empresas constructoras. Es decir, estudiar la relación entre los recursos utilizados y los resultados alcanzados en el proceso de producción de las obras civiles, haciendo foco en la mejora continua.

### 1.2 Estado del arte. Estado del conocimiento. Antecedentes.

Las investigaciones basadas en observaciones y análisis de mediciones realizadas en obra, aportan conocimientos prácticos y reales sobre el tema de estudio, como la identificación de problemáticas, sus causas, conceptos y herramientas metodológicas. Tal es así, que en este apartado se referencian publicaciones, entre ellas tesis de posgrado, cuyos autores aportan al enfoque de este trabajo, sirviendo de influencia, encuadrando y limitando la presente investigación.

En primer lugar, se toma como ejemplo la investigación titulada “Pérdida de Productividad Laboral por Cambios en los Proyectos en Obras de Construcción”, de Rodrigo Alejandro Acevedo Pérez (2015).

En el desarrollo de la misma, el autor realiza una revisión del Estado del Arte de los conceptos relacionados a la productividad en obras. Diferencia la Productividad para cada uno de los recursos empleados en los proyectos: materiales, maquinaria y equipos, y mano de obra; aclarando que la sumatoria de los anteriores, determina la productividad general de la gestión de la obra.

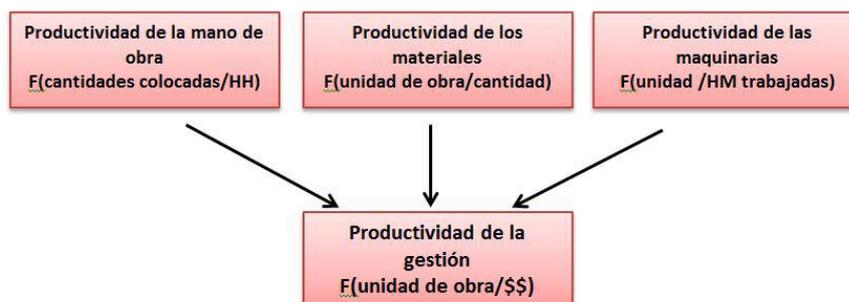


Figura N° 1. Fuente: Tipos de productividad (Serpell ,1993), adaptada al trabajo de Acevedo Pérez.

Por otra parte, cita a Schwartzkopf (2004), en su definición de productividad laboral como las unidades de trabajo realizado (Output= cantidad de material en m<sup>2</sup>, kg, etc), por las unidades de trabajo gastadas (Input= horas hombre).

$$Productividad Laboral = \frac{OUTPUT (m^2, m^3, Tón, etc)}{INPUT (Horas Hombre)}$$

Explica que esa relación puede ser afectada positiva o negativamente por distintos factores - tales como cambios de proyecto, interferencias, demoras o atrasos, interrupciones, paralizaciones, aceleraciones, alteración de la secuencia constructiva, etc- influyendo en los costos involucrados.

A partir de esto, agrega que cuando la afectación anterior, es negativa, se produce una Pérdida de la Productividad, definida como un “incremento de costos en la ejecución de una obra, producto de un cambio de las condiciones, recursos o procesos, estimados o planificados inicialmente por la constructora” (Schwartzkopf, 2004).

Describe el impacto que, habitualmente, generan las órdenes de cambio en las distintas etapas del proyecto; como la modificación del costo del contrato de construcción, por el aumento de estos, la eliminación o reprogramación de trabajos, y la aparición de conflictos entre propietarios y contratistas sobre el costo del cambio.

Por último, la importancia de este trabajo, es que indica la utilidad de los métodos existentes para la medición de las pérdidas, validándolos o nombrando sus desventajas, y los casos adecuados para su implementación.

Un estudio en el que se analiza detalladamente el impacto y el comportamiento de los factores que afectan la productividad, es el realizado por A. Gómez Cabrera y D. Morales Bocanera (2016). Al mismo tiempo que se diferencia de otras investigaciones que consisten en determinar los tiempos de duración de las actividades y en la distribución de los recursos y personal, estos autores identifican las posibles causas de las pérdidas y dan recomendaciones para disminuirlas.

Para su desarrollo, toman datos de tres obras en la ciudad de Bogotá, que pertenecen a la misma constructora, cuentan con características similares en su proceso de ejecución, y coinciden en el uso residencial y en el sistema estructural de pórticos con muros de concreto reforzado.

Para la obtención y captura de la información, los investigadores emplean el método de muestreo de campo y toman videos de las actividades que ejecutan los trabajadores durante diferentes horas del día, para medir e identificar las variaciones en la productividad en diversas condiciones, registrando datos de trabajo productivo, contributorio y no contributorio.

También, simulan escenarios reales y escenarios mejorados de acuerdo a los datos obtenidos: plantean siete escenarios, y en cada uno eliminan uno de los factores: esperas, ocio, desplazamientos, reprocesos y descanso; mientras que al factor clima adverso, considerado como no contributivo, lo mantienen presente en todos, por la dificultad de controlarlo a diferencia de los otros.

La herramienta empleada para la anterior simulación digital, permite a estos autores, ver alternativas y evaluar el proceso antes de su puesta en marcha, brindando datos de duración de los proyectos más acertados con la realidad, evitando sobrecostos y pérdidas en la etapa de ejecución y disminuyendo su nivel de incertidumbre.

Otro enfoque, es el de Briosco Lescano (2015), que explora el campo de aplicación legal, y estudia propuestas de regulación de la Ley de Ordenación de la Edificación, a partir de la implementación de la filosofía de construcción sin pérdidas. Por esto, es de considerar de gran magnitud su aporte a este trabajo final, en lo que

concierno a barreras de implementación propias de la industria de la construcción, como las culturales correspondientes al país.

Desde el punto de vista de la innovación de la producción, propone una coordinación eficiente de los recursos involucrados, el manejo de los proyectos como sistemas de producción, estrechando la colaboración de los participantes, a través de capacitaciones y empoderándoles. Fundamenta la intervención de la filosofía en cuestión, en el desarrollo de procesos de construcción sin accidentes, daños a equipos, instalaciones, entorno y comunidad, que se lleve a cabo en conformidad con los requerimientos contractuales, sin defectos, en el plazo requerido, acudiendo al Sistema del último Planificador (Ballard y Howell, 1998).

Plantea ese sistema como elemento de planificación, que respeta los costos presupuestados, y hace hincapié en la eliminación o reducción de las actividades que no generan valor, ya que resulta de combinar elementos de la gestión de tareas y elementos de la gestión de flujos, para controlar la producción, mejorando el rendimiento (Koskela, 1999).

Además, promueve en el marco de la ley, la creación de los agentes: Gestor de Diseño, Gestor de Contratos y Gestor Constructivo; para optimizar la profesionalidad de los servicios prestados por los agentes de edificación, y por ende la satisfacción de clientes y usuarios finales.

A modo de comparación, los estudios realizados sobre diferentes organizaciones del rubro, radicadas en Barquisimeto, Venezuela (Giménez Palavicini, Suárez Isea, 2008); arrojan resultados en los que se pueden constatar similitudes con los obtenidos en investigaciones efectuadas en Argentina (Cantú, 2013

En el caso de ambos países, las publicaciones hacen referencia a la calidad de la ejecución de obras civiles de un grupo de empresas seleccionadas, basándose en análisis de productividad real, procesos de producción e identificación de pérdidas. Además, emplean una metodología semejante (cuestionarios, identificación de variables críticas, medición de indicadores de desempeño, y formulación de conclusiones) para elaborar diagnósticos, coincidiendo en el estudio de aspectos como la planificación o programación, la operación en terreno, los suministros, el personal, las tecnologías empleadas y la gestión por parte de la alta gerencia.

Un ejemplo práctico de investigación en Argentina, en una obra de construcción, incorpora gestiones en las diferentes etapas del proyecto, elabora mediciones, analiza resultados y plantea recomendaciones. Incluye conceptos que derivan de las descripciones de actividades y de procesos, tales como:

- Actividades que no agregan valor: se destacan el aprovisionamiento o logística de compras, y las autorizaciones.
- Actividades que incrementan valor: la atención especializada al cliente, por parte del responsable del proyecto. También, el recorrido de las instalaciones, y la atención a los reclamos de directivos y usuarios.
- Reducción de variabilidad: a partir de la implementación de listas de control para tareas repetitivas. Como listas de verificación, para planificar, y listas de control, para comprobar que sea correcto.
- Reducción de tiempos de ciclo: en etapas de diseño y planificación, evitando problemas en la revisión y definición del proyecto ejecutivo, tal como disminuir tiempos de entrega.

- Simplificación de procesos: de la definición de detalles, la simplificación de la ejecución, la cual se puede lograr reduciendo los tiempos de ejecución, mediante el uso y el diseño de módulos.
- Mejoramiento continuo del proceso: realización de revisiones por parte de especialistas, para optimizar diseños, proyectos y puesta en marcha.

Además de esos conceptos, y la descripción de las opciones de procedimiento, Cantú destaca que un problema, también se presenta cuando una actividad secundaria se vuelve crítica.

Un antecedente que presenta una similitud con el objeto del presente trabajo, es el proporcionado por investigadores (Arcudia Abad, Solís Carcaño, y Baeza Pereyra, 2004) que, partiendo del objetivo principal de identificar y cuantificar los tipos de factores que influyen en la productividad de los proyectos de construcción masiva de viviendas de interés social en México, construyen escalas e instrumentos para medir los indicadores tanto de productividad como de factores insumo, de proceso y del contexto en que se realiza la obra (Modelo desarrollado por Thomas y Savrski, 1999).

Con esa información, los autores calculan la productividad diaria, las incidencias, y las causas que las produjeron. Consideran, además, a las interrupciones del trabajo, la suspensión temprana de la jornada de trabajo, y los desórdenes en el ritmo de trabajo; y determinan que las causas más recurrentes de esas incidencias, son:

- La disposición de las áreas de almacenaje de materiales,
- La disponibilidad de materiales,
- La disponibilidad de herramientas,
- La disponibilidad de equipo,
- El congestionamiento e interferencias entre trabajadores,
- Las esperas por interferencia en la secuencia de los trabajos,
- Los retrabajos,
- Los accidentes,
- La supervisión,
- El manejo de la mano de obra,
- El clima,
- Las condiciones físicas del área de trabajo,
- El diseño del proyecto,
- Las huelgas o problemas relacionados.

Por otra parte, analizan los datos registrados, y determinan los atributos que definen la ejecución de cada proyecto, estableciendo:

- Variabilidad en la producción diaria: es un parámetro que permite, por medio de una gráfica, la apreciación visual de las diferencias en la productividad día tras día.
- Línea base de productividad: corresponde al valor de la mejor productividad del proyecto, tomando en consideración el contenido del trabajo implícito en el diseño.
- Productividad acumulada: es la medida general del esfuerzo necesario para producir todas las unidades de obra incluidas en la observación.
- Número de días anormales de trabajo: como aquellos días en los que ocurre una baja productividad en el proyecto.
- Total de días trabajados: el total de días en los cuales se llevan a cabo las observaciones.

- Total de horas trabajadas: es el número de horas trabajadas por la cuadrilla durante todos los días de observación

Finalmente, concluyen que cuando se realiza una administración completa de la obra, y la complejidad del diseño varía poco dentro del mismo proyecto, la productividad diaria es relativamente consistente.

Más allá de tratarse de resultados de investigaciones con aplicación práctica, los estudios de los autores citados resultan comparables y acertados cuando en la realidad de un proyecto se presentan complicaciones, conocidas, recurrentes, pero que se toman como situaciones normales, y no se opta por incurrir sobre ellas, adelantándose o previniendo su ocurrencia en la planificación, programación y ejecución de la obra. Es decir, se hace de las experiencias, una documentación de lecciones aprendidas, de modo que sirvan como entradas para los próximos proyectos, y permitan actuar sobre las variables significativas que proporcionan posibilidades de obtener ventajas competitivas y un mejoramiento en el negocio.

Los antecedentes descriptos, influyen en la investigación que se busca realizar, sirviendo como aporte en la definición de pautas para el abordaje del tema, y el diseño metodológico.

### **1.3 Justificación e Importancia**

Según todo lo expuesto por los autores, los países que han llevado a cabo la implementación de la Producción Lean a los procesos de la industria de la construcción, han logrado buenos resultados en las distintas etapas proyectuales, cumpliendo con las expectativas de plazos y obteniendo avances en materia de calidad.

Es inminente el acrecentamiento de la preocupación por la calidad y la eficiencia en los procesos de producción de las organizaciones del mercado, por lo que aquellas que quieran mejorar su posicionamiento, en cuanto a competitividad, así también como optimizar sus modelos de gestión, y, por consiguiente, generar mayores ingresos, deberán realizar un cambio de "cultura organizacional".

En la información obtenida por la Cámara Argentina de la Construcción (2017), se diagnosticó que muchas empresas constructoras miden y controlan diferentes variables en proyectos; sin embargo, varias no disponen a veces de un sistema formal de medición y procesamiento de datos, lo que les impide medir desempeños y poder compararse interna y externamente, es decir que no tienen una herramienta para transformar los datos obtenidos mediante el seguimiento y control, en información que les valga a la hora de tomar decisiones.

Lo anterior, se expresa en el siguiente gráfico, que muestra los resultados obtenidos en el análisis de 90 casos de empresas radicadas en el país, entre septiembre y octubre de 2017. En aproximadamente la mitad de esos casos, no se implementaban herramientas de gestión en las obras, y un 69% de los que respondieron la encuesta (gerente, jefe de obra, director de proyecto y jefe de área), manifestaron no conocer la filosofía Lean.

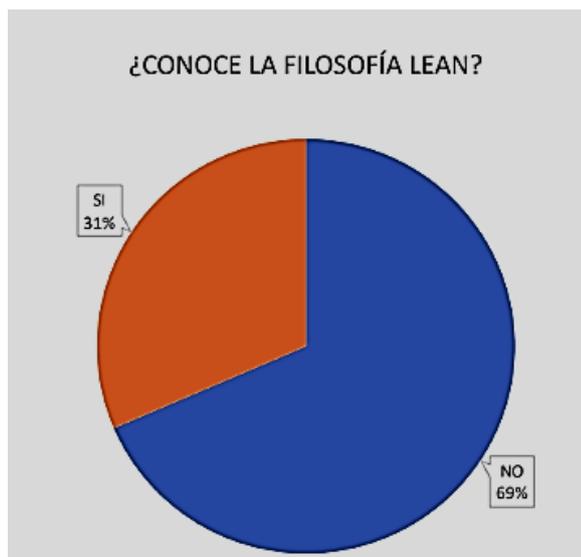


Figura N° 2. Fuente: Adaptación de “Encuesta sobre producción en las obras”, 2017, C.A.C.

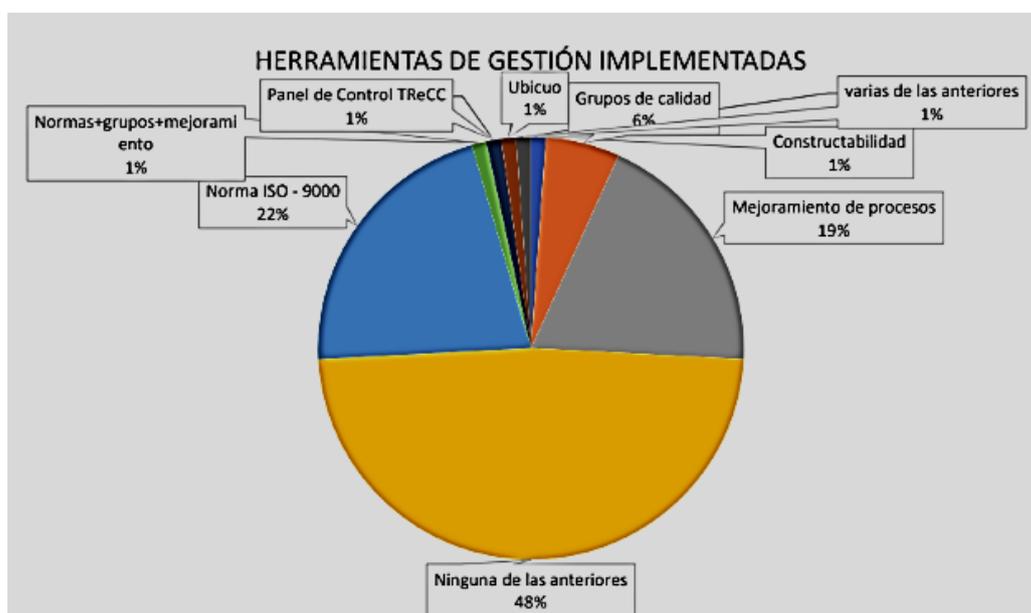


Figura N° 3. Fuente: Adaptación de “Encuesta sobre producción en las obras”, 2017, C.A.C.

A parte de ello, la industria de la construcción nacional se ve afectada por la falta de métodos para determinar la pérdida de productividad por cambios en los proyectos, y consecuentemente, por el desconocimiento de los efectos que provocan los órdenes de cambio, ya que usualmente que las contratistas asumen, en lugar de reclamar, los mayores costos.

Tal es así, que la justificación de este proyecto es metodológica. Apunta a realizar un análisis de los principales factores que influyen en la productividad de obras civiles; y que se relacionan y afectan a las variables más significativas que determinan el **desempeño de la productividad**. Ello, mediante el uso de herramientas y técnicas de medición, a desarrollar en el marco metodológico. Además, la confección de un diagnóstico de los procesos de gestión que aporten datos necesarios, que permitan

hacer un análisis comparativo de los mismos; y finalmente, elaboración de la propuestas de mejoramiento.

#### 1.4 Situación Problemática.

La industria de la construcción, a pesar de sus particularidades presenta barreras culturales a la implementación de cambios que permitan obtener mejores desempeños en los procesos de producción, como por ejemplo:

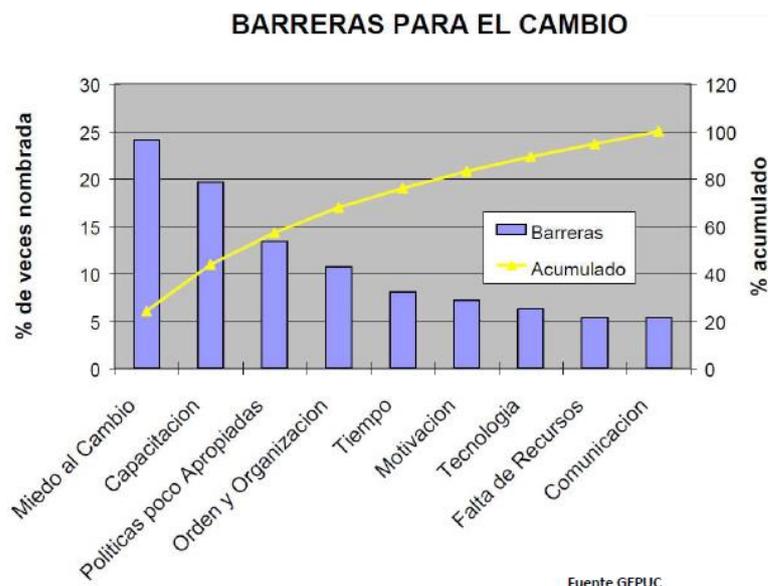


Figura N° 4. Fuente: GEPUC. Chile, 2008.

En consecuencia a esa resistencia al cambio, presentan falencias en el logro de niveles de productividad deseados, ya que no implementan metodologías estratégicas que les permitan identificar las fuentes de pérdidas, para introducir mejoras tendientes a maximizar ganancias y disminuir dichas pérdidas.

Es decir, que la mayoría de las empresas de la provincia, no incluyen en sus procedimientos estrategias como el uso de sistemas formales de medición y procesamiento de datos obtenidos de las prácticas, la implementación de indicadores basados en el estudio de las variables críticas que afrontan y el registro de lecciones aprendidas de otros proyectos, tal que no monitorean del desempeño de sus recursos, por lo que no trabajan en la identificación de pérdidas, y por ello, no logran evidenciar las variables que afectan la calidad y la productividad.

Ello, es producto de la ausencia de una gestión efectiva, que complemente herramientas para el control de las restricciones de los proyectos, dadas por las variables alcance, plazo y costo (triple restricción), en conjunto con la gestión de los riesgos, el logro de la satisfacción del cliente, el manejo eficiente de los recursos y el aseguramiento de la calidad (triple restricción ampliada).

Dado que la problemática de la productividad en obras de Mendoza, se ve reflejada en el incumplimiento de plazos estipulados, y en el incremento de los costos planificados, surge la pregunta: ¿Es posible mejorar la gestión y la productividad en ciertas obras civiles mediante el uso de herramientas para la identificación de factores que afectan la producción?.

## **1.5 Objetivos**

El propósito de este trabajo es promover la mejora de la productividad en las obras civiles de Mendoza, mediante la aplicación de herramientas y conceptos relacionados a la Construcción sin pérdidas.

A raíz de lo anterior, se definen los siguientes objetivos:

### **1.5.1 Objetivo General**

Identificar y analizar los principales factores que influyen o afectan la productividad en la construcción de obras edilicias de la provincia.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Realizar un análisis de la productividad real en obras edilicias de la provincia, estableciendo una metodología de recolección y análisis de datos e información que sirva para que las empresas constructoras puedan controlar su desempeño.
- Proponer mejoras tendientes a una efectiva gestión de las variables críticas de los proyectos, de modo que se logre una reducción de costos y de trabajos rehechos o defectos en las obras, además de la disminución de la tasa de accidentes, un cumplimiento de plazos, y un incremento de la productividad y rentabilidad de las organizaciones intervinientes en la investigación.

### **1.5.3 Resultados esperados**

Se espera realizar una contribución o aporte desde el desarrollo de este trabajo, al campo de conocimiento actual sobre el tema, y particularmente, a los proyectos de investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo. Esto, a partir de la información resultante del análisis, comparación y verificación, de la bibliografía pertinente, antecedentes similares, mediciones propias y de otros autores.

Además, dar continuidad a líneas de investigación relacionadas, mediante la obtención de información que permita apuntar a nuevos enfoques de estudio.

Conocer las fallas recurrentes en los procedimientos intervinientes en la producción, para determinar las causas de pérdidas de productividad.

Proponer recomendaciones para el logro de mejoras en las capacidades de gestión, ejecución y control de las construcciones.

## CAPÍTULO 2

### 2.1 Contexto (socio-histórico-legal-económico)

En la Argentina, diversos proyectos civiles presentan inconvenientes en su desarrollo, generados por distintas causas, que terminan por provocar desvíos en el plazo original, aumento de los costos que impactan en distintos aspectos del proyecto, y se visualizan en los cambios de los montos de contrato, tanto por las predeterminaciones de precios, como por las modificaciones en el alcance.

En la figura 4, se muestra un ejemplo de desviaciones en el costo base y en plazo original de obras civiles, que se documentaron en un informe que contiene los resultados y análisis de una encuesta en línea cuantitativa realizada por la Escuela de Gestión de la Construcción de la CAC en colaboración con Bruno Badano, Rómulo Bertoya y Alejandro Cantú. Dichos datos, se obtuvieron durante los meses de octubre y noviembre de 2017, y corresponden a 90 empresas constructoras de todo el país, con un rango de entre 15 y 150 empleados.

Se puede apreciar que el porcentaje de obras terminadas fuera de plazo previsto es mayor al 70%, y que las desviaciones en el costo superan el 50%.

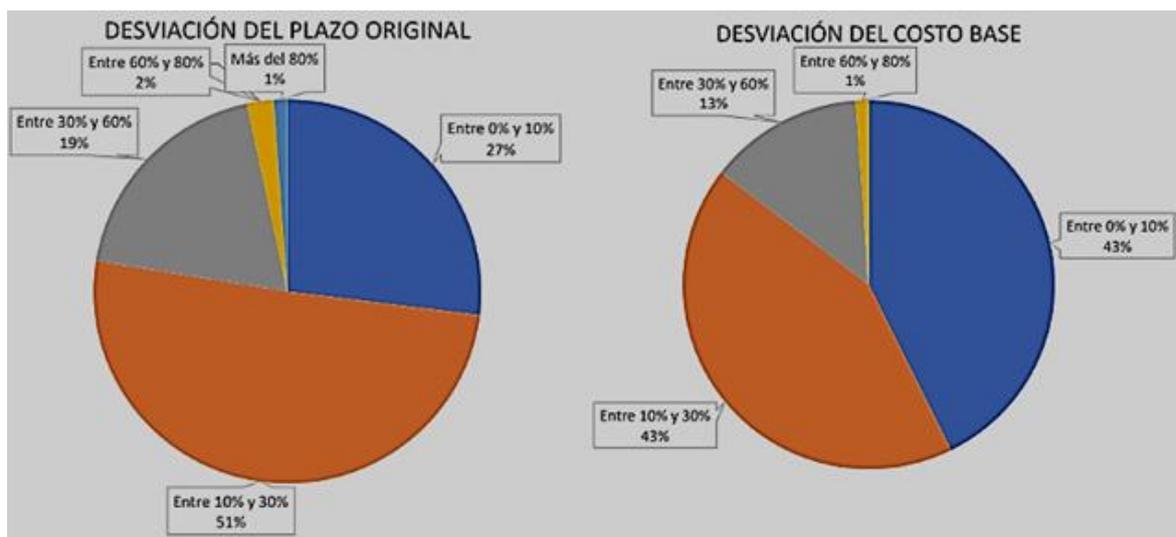


Figura N° 5. Fuente: Adaptación de “Encuesta sobre producción en las obras”, 2017, C.A.C.

Tratándose de un escenario económico desfavorable e inestable por la inflación, se hace necesario para las organizaciones contar con estrategias de gestión pensadas desde una perspectiva integral, dado que las variables calidad (como el cumplimiento con los requisitos para la satisfacción del cliente) y Productividad (relación entre lo producido y los recursos utilizados), presentes en todo proyecto, están estrechamente vinculadas entre sí. Esta relación, muchas veces implica que a mayor calidad, mayor sea el tiempo y/o costo; o bien que cuanto menor sea tiempo empleado, menor sea la calidad resultante y/o mayor sea el costo; o que a menor costo, se obtenga menor calidad y se invierta mayor tiempo.

Pese al conocimiento de esas restricciones, es un patrón repetitivo en el resultado del desempeño de un gran porcentaje de obras edilicias de la provincia, la calidad insuficiente, los costos mayores a los planificados, y las ampliaciones de los

plazos de ejecución contratados. En muchas ocasiones, estos fracasos se deben a causas naturales imprevistas (factor climático: lluvias, nieve, vientos) que retrasan el plan de trabajo, a fallas en el proyecto por la falta o la definición deficiente de los requisitos y entregables, a errores de diseño y de planificación, a defectos de materiales o problemas en la logística de las adquisiciones, y a complicaciones en la ejecución, por trabajos rehechos, trabajos improductivos, accidentes, etc.

Cantú y Moreno (2008) en su investigación acerca de las dificultades para alcanzar un nivel óptimo de calidad en obra, consultaron a profesionales del medio, y obtuvieron como resultado que una de las principales causas es la falta de planificación de obra, lo que dificulta la organización y previsión de los trabajos.

Por otra parte, un claro ejemplo de una situación económica que afectó a la construcción del país en el año 2015, y que podría repetirse por los riesgos de la economía, fue la escasez de cemento, que provocó demoras en el avance de los trabajos e incertidumbres en la planificación de las compras de los proyectos (diario UNO Entre Ríos, 31/07/15; diario digital iProfesional, 29/9/2015; diario UNO Santa Fe, 11/11/2015).

Además, otro causante común de los retrasos en las construcciones, que se repite año a año, son las bajas o altas temperaturas y las precipitaciones y nevadas, que complican tareas como el hormigonado. A pesar de que dichos factores ambientales, deberían ser considerados por las contratistas en los estudios de los riesgos y en la elaboración del cronograma, para evitar demoras y pérdidas, son despreciados u obviados, lo que hace evidente la ausencia de la toma de acciones y determinaciones sobre la gestión de los distintos procesos.

## **2.2 Marco Teórico.**

### **2.2.1 Programas que inspiraron el Lean Construction**

Como se explicó anteriormente, el término Lean Construction fue introducido por el finlandés Lauri Koskela, en la publicación de la Universidad de Standford, del Technical Report #72, titulado "Application of the New Production Philosophy to Construction", en agosto de 1992.

Según Koskela, la falta de control y mejora de los procesos de flujo de los principios tradicionales de gestión, dio lugar a procesos de flujos complejos, inciertos y confusos, a la expansión de las actividades que no agregan valor, y a la reducción del valor de salida. Como respuesta a ello, desarrolló una filosofía que responde a las deficiencias de la industria de la construcción, en cuanto a productividad, seguridad, calidad y medio ambiente; y que toma como objetivos principales la reducción de pérdidas y la creación de valor para el cliente; definida como: "Una forma de diseñar el sistema de producción para minimizar las pérdidas de materiales, tiempo, y esfuerzo para generar la máxima cantidad posible de valor" (Koskela, 1992).

Una definición de "valor" que se toma como referencia, es la de Linfords (2000), que sostiene que valor es la cantidad que crece cuando la satisfacción del cliente aumenta, o los costos asociados disminuyen, para un determinado producto.

En las investigaciones que llevaron a Koskela a introducir la Construcción sin pérdidas en el sector de la construcción, sirvieron de ejemplos el Programa Training Within Industry (Entrenamiento en la Industria), y el Lean Manufacturing (Producción sin Desperdicios).

El Programa Training Within Industry (TWI), se desarrolló en los Estados Unidos, impulsado por el gobierno, en un contexto en que, a causa de la Segunda Guerra Mundial, trabajadores expertos o personal clave de la industria, dejaron las empresas para sumarse al ejército. Aquella situación, obligó a las empresas a contratar personal no cualificado.

Mediante el TWI, el gobierno estadounidense contrató a expertos de la industria, con el objetivo de entrenar en el más breve plazo a los nuevos supervisores, para que pudieran contribuir en el aumento de la productividad (Graupp y Wrona, 2010) y así hacer frente a las necesidades urgentes causadas por la guerra.

El Programa TWI desarrolló tres habilidades, en tres cursos de 10 horas cada uno, destinados a mandos intermedios, team leaders o supervisores:

- Habilidad de Instrucción – curso de Instrucción del Trabajo: IT - (Job Instruction).
- Habilidad para establecer unas buenas relaciones con los trabajadores – curso de Relaciones de Trabajo: RT - (Job Relations).
- Habilidad de Mejora de Métodos – curso de Métodos de Trabajo: MT - (Job Methods).

**Instrucción del Trabajo:** IT – (Job Instruction): este curso desarrolló la habilidad de construcción, permitiendo:

1. Reducir el desperdicio, los rechazos y los retrabajos (mejora de calidad)
2. Reducir los daños a la maquinaria y a las herramientas
3. Reducir los accidentes de trabajo
4. Agilizar las incorporaciones de los trabajadores nuevos
5. Conseguir que los trabajadores hagan el trabajo de la misma forma, estandarizar
6. Facilitar la movilidad entre puestos (polivalencia)
7. Eliminar las consecuencias de la formación deficiente

**Relaciones de Trabajo:** RT – (Job Relations): proporcionó la habilidad de establecer relaciones positivas con y entre los trabajadores, quienes aprendieron:

1. Bases para las buenas relaciones en el trabajo
2. Ganarse la lealtad y la cooperación de los trabajadores
3. Prevenir los conflictos
4. Solucionar problemas (recopilar los hechos, sopesarlos, tomar decisiones, actuar y comprobar resultados).

**Métodos de Trabajo:** MT – (Job Methods): trató la habilidad de mejora de métodos, permitiendo:

1. Dividir el trabajo en operaciones
2. Cuestionar cada detalle de forma sistemática para generar ideas de mejora
3. Presentar sus propuestas de mejora de manera concisa y clara a la dirección
4. Implicar a los trabajadores de planta, para que compartan sus conocimientos y experiencias.

Hacia los años 50, expertos estadounidenses introdujeron el TWI en Japón, para ayudar a la reconstrucción del país y su industria. Toyota adoptó el programa en

1951, e influenció el desarrollo del Trabajo Estandarizado (Standard Work) y de la mejora continua (Kaizen), aspecto fundamental del Toyota Production System.

Por otra parte, el director y consultor de la empresa Toyota, Taiichi Ohno, concibió una metodología de mejora de la eficiencia en manufactura, que denominó "Lean Manufacturing", inspirada en el énfasis excesivo que los estadounidenses ponían en la producción en masa de grandes volúmenes en perjuicio de la variedad, y el nivel de desperdicio que generaban las industrias.

- Ohno planteó los siguientes principios clave del lean manufacturing:
- Calidad perfecta a la primera: búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas en su origen.
- Minimización del despilfarro: eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y redes de seguridad, optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio).
- Mejora continua: reducción de costes, mejora de la calidad, aumento de la productividad y compartir la información.
- Procesos "pull": los productos son tirados (en el sentido de solicitados) por el cliente final, no empujados por el final de la producción.
- Flexibilidad: producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costes y la información.

Además, delimitó como áreas de aplicación de mejora continua de la gestión, la planificación y ejecución, la reducción de actividades sin valor añadido, el exceso de producción o producción temprana, los retrasos, los transportes desde o hacia el lugar del proceso, los Inventarios, los procesos, los defectos, los desplazamientos y la calidad.

En 1998, Ohno determinó siete tipos de desperdicios, a los que se le sumó un octavo (Liker, 2004):

1. **Sobreproducción:** cuando se producen artículos para los que no hay demanda, o bien se fabrica en cantidades superiores a las demandadas.
2. **Demoras o tiempo de espera:** se produce durante el tiempo de realización del proceso productivo, en el que no se añade valor. Puede deberse a esperas de instrucciones o información, material, equipos, herramientas, por averíos o cuellos de botella.
3. **Inventario:** por exceso de materia prima, trabajos en curso o productos que no agregan valor al cliente, y que al sobrepasar lo necesario, provocan un impacto negativo en la economía de la empresa.
4. **Movimiento:** son todos los movimientos de personas o máquinas que no agregan valor al producto o servicio.
5. **Transporte:** cualquier movimiento innecesario de productos y materias primas.
6. **Sobreproceso:** se produce cuando se realizan trabajos extra sobre un producto, el cual aportará cualidades por las que el cliente no está dispuesto a pagar.
7. **Defectos o trabajos rehechos:** son aquellos defectos de producción y errores de servicio que no agregan valor, y que por el contrario, producen gastos de material, y tiempo de mano de obra.

8. **Desaprovechamiento de la creatividad del empleado:** producto de la falta de escucha a los empleados, éste comprende la pérdida de tiempo, ideas, habilidades, oportunidades de mejora y aprendizaje potenciales (Liker, 2004).

### 2.2.2 La importancia de la Calidad

Sarmiento (2001) plantea un modelo de mejoramiento de los procesos llevados a cabo en proyectos de empresas de construcción. Se basa en experiencias de asesoría, y adopta aspectos culturales y tecnológicos del sector en el desarrollo de su trabajo. El mismo se trata de un programa Integral de Mejoramiento, que establece actividades y herramientas para el logro de objetivos, y define etapas complementarias entre sí, haciendo enfoque en la importancia de la Calidad en cada una de ellas.

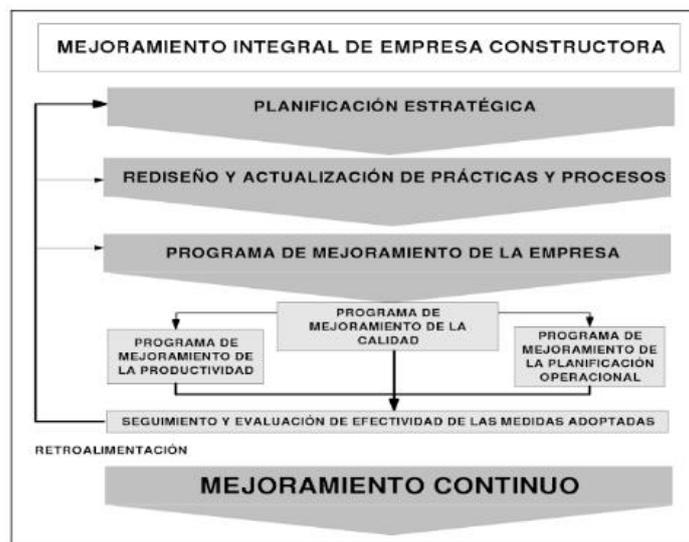


Figura N° 6. Fuente: "Programa Integral de Mejoramiento (PIM) en Empresas de Construcción". A. Sarmiento, 2001.

En la figura 5, el autor ordena las etapas componentes del PIM, mostrando la relación entre los programas: del programa de mejoramiento de calidad, surgen el programa de mejoramiento de la productividad y el de mejoramiento de la planificación operacional.

Dado que la calidad se planifica, se mide y se controla, es que el autor plantea para cada uno de los programas del PIM, objetivos y metodologías que involucran la calidad en cada procedimiento, ya partir de acciones de planificación, medición, seguimiento y control. De esa manera es que direcciona la efectividad del PIM, hacia un mejoramiento continuo, mediante la retroalimentación y la sinergia de todos los puntos comprendidos en el mismo.

Proyecta en cada uno, objetivos y acciones. Para el de calidad, plantea la necesidad de establecer políticas de calidad dentro de la empresa; planes de acción en distintos niveles, de manera en que se dispongan planes estratégicos con metas, plazos y responsables asignados.

Con respecto al de productividad, emplea herramientas de medición de niveles productivos, desarrolladas por Serpell, como los SINA y los AP (análisis de procesos). Encara los análisis de procesos, mediante un estudio del trabajo enfocado en el rendimiento productivo de los procesos, utilizando el muestreo de trabajo para definir

los procesos críticos, midiendo los tiempos de ciclos de los trabajadores, y analizando los porcentajes relativos en cada categoría de trabajo (TP, TC y TNC).

A partir del estudio de los tiempos descrito en el párrafo anterior, el autor hace uso de la una herramienta llamada carta de balance, para determinar pérdidas de tiempo, balancear recursos y proponer alternativas que armonicen el funcionamiento de los procesos.

Realiza evaluaciones de los avances, a través de mediciones de indicadores de desempeño, para planificar de forma más eficiente las actividades.

Y por último, para el programa de mejoramiento de la planificación operacional, Sarmiento destaca herramientas de planificación y control, y la asignación de responsabilidades de cumplimiento de las mismas a los diferentes integrantes del proyecto; de manera tal que se optimice el uso de recursos y se tomen acciones correctivas oportunamente, para cumplir con los requisitos y con los plazos estipulados. Conjuntamente, desglosa las acciones componentes del programa, en la elaboración de un plan maestro que incluye información detallada del proyecto, en el que se determinan todas las actividades, las estrategias, los riesgos y las tecnologías a emplear en su desarrollo. A este plan, suma los siguientes programas:

- Programa de mano de obra: con la designación de operarios por tarea, por tipo de contratación y necesidad de capacitación.
- Programa de materiales y equipos, en el que se establecen medidas para la recepción, disponibilidad, almacenamiento, mantenimiento y uso en la obra.
- Programa de control de calidad: como autocontrol de los procedimientos y documentación utilizada.

Con respecto a la planificación, propone planes semanales y planes diarios, sirviendo este último como instrumento de control del cumplimiento de las tareas programadas y el rendimiento real de los procesos, dando lugar a la mejora continua de la planificación.

Este ejemplo de aplicación desarrollado por Sarmiento, sirve de aporte a este trabajo, en tanto que fundamenta la importancia de garantizar la calidad del proyecto en todas sus etapas. Ya que la adopción de medidas que incluyen la definición de las funciones y responsabilidades de las partes involucradas, el detalle de los procedimientos y la forma en que deben llevarse a cabo las tareas, así como los mecanismos de revisión y seguimiento de las mismas, y la determinación de criterios de aceptación, constituyen las directrices para la obtención de los resultados esperados, optimizando la productividad.

## **2.3 Productividad**

En esta sección se desarrollan los conceptos relacionados a la productividad, los indicadores de desempeño y los factores que influyen en la misma. De esa manera, se podrá comparar la opinión de los autores, con los resultados a obtener en el estudio de casos de la provincia de Mendoza.

### **2.3.1 Concepto de productividad**

Serpell (1986) define a la productividad como la relación entre lo producido y los recursos utilizados. Considera cuatro tipos importantes de productividad: la de los

materiales, de los equipos, del terreno o espacio, y la de la mano de obra, caracterizando a esta última como la más impredecible.

Otros autores (Cantú, Moreno, Gallina, García, 2009), la definen como el resultado de la medición de la eficiencia con la que se administran los recursos para la obtención de un producto específico, en un plazo previsto y con un estándar de calidad determinado. Es decir, la productividad incluye la obtención de la calidad requerida para la obra y sus partes. (Cantú, 2017).

Si bien, un aumento de la productividad puede estar dado simplemente por hacer más con la misma cantidad de recursos, o lo mismo con menor cantidad de recursos, la visión de Benchmarking y el objetivo de mejora continua, implican que se lleve a cabo una adecuada gestión de la productividad en todos los procesos involucrados. Para ello, se deben realizar:

- Mediciones de la productividad: incluye la toma de datos, el análisis y procesamiento de la información.
- Evaluaciones: mediante la elaboración de un diagnóstico del estado de la producción, que incorpora la identificación de las áreas o actividades críticas, y el estudio de alternativas de solución y cursos de acción. Auditorías internas.
- Planteos de sistemas o planes de mejoramiento: con el fin de efectuar estrategias de corrección y optimización, a medida que se lleva a cabo un seguimiento y control de la implementación de las mismas.

### **2.3.2. Medición de la productividad en Obra**

#### **Justificación de las mediciones**

Para gestionar una obra, en pos de una mejora de la productividad, se debe realizar un proceso de diagnóstico detallado de la situación de la misma, a partir de mediciones, que proporcionen información para comparar desempeños, permitiendo:

- Identificar fortalezas y debilidades de las empresas y proyectos.
- Identificar oportunidades de mejoramiento e implementar la mejora continua.
- Fijar estándares.

Aunque, es frecuente la aparición de dificultades para la realización de mediciones, debido tanto a la complejidad propia de los proyectos, que hace difícil la obtención de datos precisos y la comparación de los resultados obtenidos (índices de productividad, rendimientos, etc.). Además, la exactitud de las mediciones, está condicionada por la capacitación del personal de supervisión en terreno y de los obreros, en cuanto al conocimiento y aplicación de técnicas de medición de productividad y su utilidad.

### **2.3.3 Clasificación del trabajo: Trabajo Productivo, Trabajo Contributorio y Trabajo no Contributorio**

La construcción es un proceso productivo, que precisa de una correcta administración en cuanto a planificación, organización, dirección y control de todas las actividades del sistema para convertir las entradas en un producto terminado, que es la obra (Serpell, 1986). Además, la productividad se mide en relación al trabajo, pudiendo ser éste:

- **Trabajo productivo:** aquel trabajo que aporta de forma directa a la construcción, mediante actividades como ejecución, montaje, fabricación, desmontaje, terminaciones, armado, etc.
- **Trabajo contributivo:** aquel trabajo que debe ser realizado para que pueda existir el trabajo productivo, entre cuyas actividades se encuentran las consultas, discusiones de planificación o de chequeo, de medición o trazado, de ajuste o reparación de herramientas y equipos, retiro de escombros y basura.
- **Trabajo no contributivo:** aquel tiempo en que el trabajador no aporta ningún sentido a la ejecución de la obra y que incluye actividades tales como detenciones por falta de materiales y/o equipos, por falta de instrucciones o proyecto, ocio innecesario, reconstrucción de trabajos mal hechos, traslados a distancias considerables del lugar de trabajo.

De ellos, el trabajo productivo es el que determina la productividad, ya que las actividades que lo componen son las que aportan al avance físico real de la obra. Las actividades no contributivas, deben ser analizadas y reducidas, para obtener mejoras. Por ello, es importante el rol del administrador del proyecto, tanto en la planificación, programación y control de los trabajos, como en la comunicación.

En definitiva, como base fundamental del mejoramiento de la productividad se encuentran los recursos humanos.

### **2.3.4 Variables e indicadores de productividad**

La determinación de índices de productividad contribuye al establecimiento de metas realistas y puntos de control para llevar a cabo actividades de diagnóstico durante el proceso de la construcción, señalando estrangulamientos, trabas del rendimiento, etc.

### **2.3.5 Análisis de factores que afectan o influyen en la productividad**

Diferentes autores destacan los factores que intervienen en la productividad, y proponen criterios de clasificación para los mismos.

Serpell (1986), divide a los factores según el efecto que tienen en la productividad, en:

#### Aquellos que tienen un factor negativo sobre la productividad

1. Uso de sobretiempo programado durante un largo período de tiempo.
2. Errores y omisiones en los planos y especificaciones.
3. Exceso de modificaciones del proyecto durante la ejecución de la obra.
4. Diseños muy complejos y/o incompletos.
5. Agrupamiento de muchos trabajadores en espacios reducidos.
6. Falta de una supervisión adecuada.
7. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea, impidiendo la especialización y el aprendizaje.
8. Ubicación inapropiada de los materiales y las bodegas en general.
9. Temperatura o clima adverso en la zona.
10. Mala o escasa iluminación cuando se necesita.

11. Nivel de agua subterránea muy superficial.
12. Falta de materiales cuando se necesitan.
13. Falta de equipos y herramientas cuando se necesitan.
14. Materiales, equipos y herramientas inadecuados.
15. Alta tasa de accidentes en la obra.
16. Disponibilidad limitada de la mano de obra adecuada.
17. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.
18. Ineficiencia en la toma de decisiones.
19. Ubicación de la obra en algún lugar de difícil acceso.
20. Exigencias excesivas de control de calidad.
21. Interrupciones no controladas.
22. Características de tamaño, ubicación y duración de la obra, poco motivadoras para el personal.

#### Factores que tienden a mejorar la productividad.

1. Aprovechamiento del fenómeno de aprendizaje en general.
2. Programas de educación y de capacitación del personal.
3. Programas de seguridad en la obra.
4. Uso de materiales y equipos innovadores, modernos.
5. Prefabricación de partes en la obra cuando sea posible.
6. Utilización de técnicas modernas de planificación.
7. Utilización de ayudas computacionales en general.
8. Programas de motivación del personal.
9. Revisión de diseños para una mejor constructabilidad.
10. Estandarización de los diseños y materiales.
11. Pre-planificación de las operaciones de construcción.
12. Programas de intervalos cortos a nivel de cuadrillas.
13. Prácticas eficientes de adquisición de materiales y equipos.
14. Uso de modelos a escala para el análisis de operaciones.
15. Estimulación de un espíritu de competencia sano en la obra.
16. Uso de incentivos en los contratos, para mejorar desempeño de los contratistas.
17. Utilización eficiente de los contratistas y subcontratistas.
18. Disponibilidad adecuada de herramientas, equipos, materiales, información e instrucciones.
19. Uso de estudios de tiempos y movimientos, para mejorar la eficiencia, reducir la fatiga y trabajar más racionalmente.
20. Buena supervisión en obra.
21. Uso del muestreo y estudio de trabajo y otras herramientas de análisis y control para controlar la eficiencia de la dirección de la obra.
22. Optimización del sistema productivo (instalación de obradores).

Otro ejemplo es el propuesto en el *Modelo de los Factores de la Productividad*, desarrollado por Thomas y Savrzki (1999), que diferencia tres tipos de factores: los de insumo, los de proceso y los del contexto en que se realiza la obra.

- **Factores de Insumo:** tiene relación con diferentes índices que evidencian desempeños de las actividades que forman un insumo del proyecto. Por un lado,

en cuanto a las condiciones regionales, existe un indicador, el *grado de complejidad (GC) de la actividad*, el cual se determina a partir de una escala creciente de complejidad, según la descripción de la tarea. A la vez, ese grado de complejidad constituye un indicador global que representa el valor de la mejor productividad y se denomina *horizonte de productividad de un proyecto (HP)*, y para calcularlo, hace falta obtener la *productividad diaria*, que es el resultado de dividir la cantidad de actividad realizada en un día entre las horas hombre (h-h) empleadas para hacerla.

De allí se desprende un criterio para considerar aceptable la productividad diaria, llamado *umbral de productividad*. Este último, indica un máximo a partir del cual se puede considerar un *día normal* de trabajo. En contraparte, se puede denotar el *índice de anormalidad (IA)*, el cociente de dividir el número de días anormales entre el total de días hábiles en que se realizó la actividad.

- **Factores del contexto:** se los relaciona con las condiciones climáticas, tomando como Índice de clima (IC), el cociente del número de días en que las condiciones meteorológicas, son causa de anormalidad entre el número de días hábiles.
- **Factores del proceso:** son los factores asociados con la administración. Se dividen en los relacionados con la gestión del recurso humano de obra y la administración del proyecto. Normalmente son causantes de pérdidas de productividad. Abarcando índices de: capacidad del recurso humano de obra, administración del proyecto (AP), productividad del proceso (PP), e incorporando un instrumento de medición, basado en la observación del desempeño de una cuadrilla de albañiles asignada a una actividad de construcción, tomada como unidad de análisis. Dicho instrumento permite recabar y generar información para el cálculo de la productividad diaria, e información correspondiente a las incidencias, así como de las causas que las produjeron.

De los datos obtenidos, se pudo apreciar que las causas de las incidencias más recurrentes, fueron: disposición de las áreas de almacenaje de materiales, disponibilidad de materiales, disponibilidad de herramientas, disponibilidad de equipo, congestión e interferencias entre trabajadores, esperas por interferencia en la secuencia de los trabajos, retrabajos, accidentes, supervisión, manejo de la mano de obra, clima, condiciones físicas del área de trabajo, diseño del proyecto, huelga o problemas relacionados.

Por otro lado, un estudio publicado por los Ingenieros Antonio Cano R y Gustavo Duque (adaptación del denominado "Estimator's general construction man-hour manual", de John S. Page. V; 1997) sobre los Factores de afectación de los rendimientos y consumos de mano de obra, considera los siguientes aspectos:

- 1 - Economía general
- 2 - Aspectos laborales
- 3 - Clima
- 4 - Actividad
- 5 - Equipamiento
- 6 - Supervisión
- 7 - Trabajador

1. **Economía General:** Este factor se refiere al estado económico de la nación o el área específica en donde se desarrolla el proyecto, considerando dentro de esta categoría:

- Tendencias y resultados de los negocios en general.
- Volumen de la construcción.
- Situación del empleo.

Desprendiéndose que si la economía general es buena o excelente, la productividad tiende a bajar, debido a la demanda de mano de obra de buena calidad y supervisores competentes, que provoca que se tenga que recurrir a personal inexperto. En cambio, bajo condiciones normales, la disponibilidad de personal calificado para realizar labores de supervisión y ejecución de las actividades, es mayor.

2. **Aspectos Laborales:** Existe una relación importante entre la productividad de la mano de obra y las condiciones laborales en que se realiza el proyecto. La disponibilidad de personal experto y capacitado en la zona, el desplazamiento de personal a otros sitios, las condiciones de pago diferentes a las de la zona, son aspectos muy importantes a considerar, entre los siguientes:

- Tipo de contrato: sistema de subcontratación a destajo (modo de contratación laboral en el que se cobra en concepto del trabajo realizado y no del tiempo empleado) vs contratación por día laborado (personal de obra por administración); dándose un mayor rendimiento en el primero.
- Sindicalismo: el sindicalismo mal entendido disminuye la productividad.
- Incentivos: el desarrollo de políticas de incentivos, contribuye al aumento del rendimiento de las cuadrillas de trabajo, como por ejemplo la asignación de tareas o labores a destajo con recompensas por la labor cumplida.
- Ambiente de trabajo: las relaciones sanas entre compañeros, sumado a un ambiente de trabajo con consideración del factor humano, garantizan un mayor desempeño.
- Seguridad social: también aumenta el incentivo del trabajador la disponibilidad de un sistema de seguridad social que cubra al trabajador y a su familia.
- Seguridad industrial: la implementación de programas de seguridad en los sitios de trabajo disminuyen los riesgos que afectan negativamente la productividad de la mano de obra.

3. **Clima:** Es necesario considerar los estados de tiempo y condiciones meteorológicas comunes del área en la que se construye el proyecto, para prever que afecten la producción durante el periodo de ejecución de la obra. Los factores negativos de la condición del tiempo, pueden ser mitigados si se realizan las actividades bajo cubierta.

4. **Actividad:** Las condiciones específicas de la actividad a realizar, las relaciones con otras actividades, el plazo para la ejecución de la misma, los medios para realizarla y el entorno general de la obra, son aspectos que pueden afectar los rendimientos de la mano de obra. Influyen:

- Grado de dificultad.
- Riesgo: el peligro al cual se ve sometido el obrero al realizar ciertas actividades.
- Discontinuidad: las interferencias e interrupciones en la realización.
- Orden y aseo: mejor rendimiento en sitio de trabajo limpio y organizado.

- Actividades predecesoras.
  - Tipicidad: el alto número de repeticiones de actividades iguales, facilita al obrero desarrollar una curva de aprendizaje.
  - Espacio de trabajo: Si son pequeños espacios, el rendimiento del obrero disminuye.
5. **Equipamiento:** El disponer del equipo apropiado, como también, de elementos de protección, para la realización de las diferentes actividades, su estado general, su mantenimiento, el suministro y la reparación oportuna, afectan el rendimiento de la mano de obra.
6. **Supervisión:** La calidad y experiencia del personal de supervisión de las operaciones en la obra, influye considerablemente en la productividad esperada. Teniendo en cuenta:
- Criterios de aceptación: aquellos criterios definidos de aceptación o rechazo de las diferentes actividades, que facilitan la labor de supervisión e influyen positivamente en el rendimiento de la mano de obra.
  - Instrucción: cuando al personal capacitado se le imparten instrucciones claras, se le facilita la realización de las actividades.
  - Seguimiento: dado por el grado de supervisión en las diferentes etapas del proceso.
  - Supervisor: su idoneidad, experiencia y relación con los obreros que supervisa, son factores que favorecen el desempeño del operario.
  - Gestión de calidad: propicia el aumento en la productividad.
7. **Trabajador:** Los aspectos personales del operario que pueden afectar su desempeño, son:
- Situación personal.
  - Ritmo de trabajo: siendo necesarios los descansos, para que se garantice un normal rendimiento del trabajador en sus actividades.
  - Habilidad.
  - Conocimientos.
  - Desempeño: debe ser controlable con un adecuado proceso de selección.
  - Actitud hacia el trabajo: se debe contar con un buen sistema de selección de personal y con la existencia de buenas relaciones laborales.

Además, destaca los eventos que provocan la disminución de la producción, según su proveniencia (AAE, 2004):

#### De la contratista.

- Ausentismo laboral: Cuando en un equipo de trabajo la ausencia de cualquiera de sus miembros puede impactar en el rendimiento alcanzado, ya que normalmente el equipo no podrá lograr la misma producción.
- Aceleración de la construcción: Cuando contratista acelera el avance de una obra para cumplir con el cronograma estipulado, puede dar lugar a largos períodos de horas extras, la adición de un segundo turno, o de más mano de obra. Aunque esto puede ser gestionado efectivamente, también puede tener efectos adversos en la productividad. Un ejemplo puede ser cuando por cansancio de los obreros, o por el recambio que provoque que al comenzar el siguiente turno, se demore el ritmo de trabajo en relación al que se mantenía en el turno anterior, por la impartición de

nuevas órdenes (en caso de que no haya continuidad con las tareas), o por la reubicación en diferentes puestos.

- Disponibilidad de mano de obra especializada: En la medida en que la mano de obra calificada no esté disponible y la empresa se vea obligada a utilizar la mano de obra de menor calificación, es probable que la productividad se vea afectada.
- Competencia por mano de obra especializada. Cuando la contratista tiene que competir con otras empresas por trabajadores, debiendo ofrecer mejores propuestas de trabajo.
- Disolución de supervisión: Cuando surgen inconvenientes como la división de equipos de trabajo para lograr realizar las tareas programadas, o cuando el trabajo se cambia o reordena continuamente, la supervisión en terreno no puede realizarse eficazmente, debido a que los supervisores o capataces terminan gastando más tiempo en planificación y replanificación que en la supervisión.
- Exceso de horas extras: La productividad normalmente disminuye a medida que aumenta el trabajo en horas extras, ya que provocan en los operarios fatiga, aumento del ausentismo, disminución de la moral, la reducción de la eficacia de supervisión, trabajos deficientes que deben ser rehechos, aumento de los accidentes, etc.
- Fallas de coordinación con proveedores y/o subcontratos: Si no hay disponibilidad de los mismos, en el lugar y momento adecuado.
- Relaciones laborales y administrativas: Cuando hay problemas sindicales, problemas de relaciones laborales, condiciones de trabajo inseguras u otros problemas de seguridad, emisión errática de los permisos, fallas en el control del ingreso a la obra del personal, etc.
- Curva de Aprendizaje: Consiste en que cuando se produce una tarea, a medida que el número de ciclos o repeticiones aumenta, el tiempo o costo de repetición va disminuyendo, y al mismo tiempo, este proceso trae consigo un aumento de la productividad a medida que se va repitiendo la producción o la prestación de un servicio (Serpell, 1997).
- Rotación de la mano de obra: Si se produce una rotación frecuente de mano de obra, el personal nuevo integrado a los equipos de trabajo, se encuentra en un periodo de curva de aprendizaje.
- Escasez de materiales, herramientas y equipos: Si no hay disponibilidad para el personal de la obra en el lugar y momento adecuado, o si se proporciona las herramientas equivocadas o en un número menor al necesario, la productividad también será afectada.
- Exceso de mano de obra: Cuando un contratista se ve obligado a utilizar más personal del planificado y no es capaz de gestionar con eficacia el trabajo.
- Secuencias deficientes de trabajo: Cuando el trabajo no se realiza en un orden lógico es muy probable que se desarrollen partidas en forma simultáneas que se obstaculicen entre sí, o que se generen tiempos de espera entre actividades consecutivas.
- Errores y trabajos rehechos: Las reparaciones, el desarme o demolición de los trabajos mal ejecutados, generan gastos de tiempo y recursos (mano de obra, materiales, etc.) no contemplados en el presupuesto.
- Desmotivación de la mano de obra: Cuando un trabajo es constantemente modificado, demolido, rehecho, etc., se produce una desmotivación en los trabajadores.

- Compresión de programa: Cuando existen retrasos en un proyecto, la compresión del programa de actividades siguientes aparece como la forma de contrarrestar las demoras para terminar el proyecto a tiempo, esto puede tener como resultado una sobrecarga de trabajo, escasez de materiales, equipos, herramientas y una mayor dificultad para planificar y coordinar trabajos.

#### Del Mandante o Comitente.

- Modificaciones o cambios de proyecto (efecto onda): Algunos autores creen que es normal que los cambios generen un aumento de los costos del proyecto, entre un 5% a un 10%. La ocurrencia de cambios mayores o múltiples, que sobrepasan notablemente lo previsto, en magnitud o cantidad, provoca la necesidad de volver a planificar y programar los trabajos.
- Errores e indefiniciones de proyecto: Cuando los planos o especificaciones tienen errores, son ambiguos, poco claros, etc, se genera incertidumbre en los equipos de trabajo, reducción del ritmo de trabajo.
- Consultas inoportunas: Cuando el comitente no responde a las consultas o solicitudes de aclaración en forma oportuna, o el contratista no realiza las consultas a tiempo, se retrasa el plan de trabajos, ya que el personal no puede continuar con los trabajos porque no cuenta con la información ni el permiso para seguir con el avance.
- Gestión deficiente por parte del comitente: Provocada por retraso en la disposición del terreno para que el contratista pueda dar inicio a las obras, información incompleta o retrasos en la información, retrasos en las respuestas a los requerimientos de información, problemas con tramitaciones y permisos de responsabilidad del comitente, y la falta de coordinación entre las partes.
- Aceleración de la construcción: Cuando el comitente solicita que la Constructora acelere el ritmo de la construcción con la finalidad de disponer anticipadamente del proyecto terminado, influye en la planificación.

#### De los factores externos.

- Clima adverso o inusualmente severo.
- Situaciones de fuerza mayor.

### **2.3.6 Rendimientos y consumos**

En la formulación de un proyecto de construcción, es fundamental la precisión en el desarrollo del presupuesto y de la programación de obra, ya que implican la estimación anticipada del costo y la duración del proyecto, indispensables para determinar su viabilidad (Luis Fernando Botero Botero, 2002).

En la presupuestación y programación de obras, los rendimientos y consumos utilizados, deben estar fundamentados en múltiples observaciones, análisis estadísticos y experiencias, que contemplen las condiciones particulares en las cuales se realizarán las diferentes actividades a efectuar en la etapa de construcción.

Esta etapa de planeación, es el punto de partida para la medición del desempeño del recurso humano, un requisito indispensable para mejorar la productividad y competitividad de la industria de la construcción en nuestro país.

Teniendo datos reales de rendimientos de mano de obra y de los problemas más comunes que afectan este rendimiento, se pueden lograr estudios de costos que indiquen la viabilidad real de un proyecto al momento de la planeación, esto con el fin de aumentar la productividad del personal, reducir los tiempos de ejecución del proyecto y a la vez los costos.

### Consumo y Rendimiento de la Mano de Obra.

Para el autor John S. Page (1997), la mano de obra constituye uno de los componentes fundamentales en el proceso productivo, ya que es una de las variables que afectan la productividad. A causa de esto, propone identificar, clasificar y conocer los factores que afectan a este componente, medir su influencia en los rendimientos y en los consumos de la mano de obra en los diferentes procesos de producción.

Define al rendimiento de mano de obra, como la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad, por unidad de recurso humano, normalmente expresada como um/ hH (unidad de medida de la actividad por hora Hombre).

EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD	RANGO
Muy baja	10% - 40%
Baja	41% - 60%
Normal (promedio)	61% - 80%
Muy buena	81% - 90%
Excelente	91% -100%

Figura N° 7. Fuente: Clasificación de la eficiencia en la productividad de la mano de obra. Estimator's general construction man hour manual, John S. Page(1959).

Mientras que considera al consumo de la misma como “la cantidad de recurso humano en horas-Hombre, que se emplea por una cuadrilla compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad, para ejecutar completamente la cantidad unitaria de alguna actividad”. Agrega, además, que el consumo de mano de obra se expresa normalmente en hH / um (horas – Hombre por unidad de medida) y corresponde al inverso matemático del rendimiento de mano de obra.

Para los autores Luis Felipe Martínez y Luis Fernando Alarcón (1988), los programas de mejoramiento de la productividad para obras de construcción, están constituidos por un mejoramiento de los sistemas de información y retroalimentación, un mejoramiento de los sistemas de suministro de recursos y un mejoramiento en los métodos constructivos. Para dichos mejoramientos, consideran necesario el diseño de siete actividades:

- a) Actividades motivacionales
- b) Actividades de capacitación
- c) Programas de personal
- d) Mejoramiento de métodos de trabajo
- e) Reducción de esperas
- f) Evaluación y retroalimentación
- g) Compromiso gerencial.

Esas acciones, a su vez son herramientas que mejoran la productividad, aplicables a distintas áreas. Por ejemplo, la realización de encuestas al personal de obra, sirve para identificar aspectos de percepción motivacional de los trabajadores y otros aspectos generales de la obra que afectan la producción, como condiciones de salario, clima laboral, estado de ánimo, entre otros.

La implementación de esas siete actividades, posibilita a las organizaciones, conocer sus fortalezas y debilidades, aplicar acciones correctivas, impulsar un mayor compromiso y una coordinación más efectiva, generando avances significativos en las gestiones de los diferentes procesos y recursos que maneja.

### **2.3.7 Concepto de pérdidas**

El concepto de pérdidas contempla a aquellas actividades que produciendo un costo directo o indirecto, no agregan valor ni avance a un proyecto. La variedad de pérdidas que se generan en los procesos constructivos, hace necesario establecer clasificaciones para agruparlas y conocer las relaciones causa-efecto que se generan entre ellas (Alarcón Cárdenas, 2001).

Pueden ser clasificadas según su fuente de origen, es decir, del área en que se generan:

- Administración: por requerimientos innecesarios, exceso o falta de control, mala planificación o excesiva burocracia.
- Uso de recursos: cuando hay un exceso o falta de los mismos, mal uso, mala distribución o disponibilidad.
- Sistemas de información: cuando la información que se maneja es defectuosa, innecesaria, no está actualizada o es poco clara.

Dentro de este contexto, (Alarcón Cárdenas, 2001) Cantú y col. (2009) plantean una caracterización general de pérdidas por:

1. Sobreproducción: cuando hay exceso de materiales.
2. Esperas: provocadas por interferencias, falta de instrucciones, de materiales, etc.
3. Transporte: cuando las distancias son excesivas o los viajes son innecesarios.
4. Movimientos: que al mismo tiempo, generan pérdidas de materiales, o debido a numerosas inspecciones o supervisiones.
5. Inventarios: ya que requieren más espacios de bodegas y acopios, mayor inversión de capital, etc.
6. Operaciones: cuando se emplea un método inadecuado que gasta demasiado los equipos o usa mal los materiales.
7. Defectos: como consecuencia, se debe realizar trabajos y hacer reparaciones.
8. Tiempo: incluye las demoras para la resolución de problemas, recepción o envío de información.
9. Personas: dadas por mano de obra no calificada, o mala gestión del personal (por ejemplo, oficiales especializados realizando tareas de ayudantes).
10. Papeleo: comprenden los procedimientos engorrosos para la obtención de materiales (compras, suministros).

### 2.3.8 Herramientas y Técnicas para la detección de pérdidas

Con el propósito de detectar y eliminar las pérdidas, para lo cual se precisa analizar las actividades que generan valor al proyecto y aquellas que no lo hacen, y las causas de las demoras o interrupciones que se producen, existen herramientas de diagnóstico, medición y mejoramiento. El empleo de herramientas como procedimiento para la mejora de la productividad proporciona, además, beneficios en los procesos de gestión de recursos, coordinación y planificación de la construcción.

A continuación, se describen las herramientas más comúnmente empleadas para analizar y medir productividad.

#### Encuestas de diagnóstico e identificación de fuentes de pérdidas.

Mediante esta herramienta basada en la percepción o experiencia de un equipo de proyecto o del personal interviniente en obra, se puede determinar las principales pérdidas que se producen en los procesos de construcción y las fuentes o causas que las provocan, ya que entrega información sobre las más recurrentes.

Su implementación además, permite analizar los potenciales impactos de cada fuente, mejorar la organización y planificación en el lugar de construcción, detectar las causas de demoras o interrupciones, mejorar los flujos, reducir las demoras e interrupciones y mejorar la coordinación de recursos.

	EVALUACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS	FUENTES DE PÉRDIDAS																						
		MÁS FRECUENTES	PRIORIDAD	ADMINISTRACIÓN	REQUERIMIENTOS INNECESARIOS	EXCESO DE CONTROL	FALTA DE CONTROL	MALA PLANIFICACIÓN	EXCESIVA BUROCRACIA	RECURSOS	EXCESO DE CANTIDAD	FALTA DE CANTIDAD	MAL USO	MALA DISTRIBUCIÓN	MALA CALIDAD	DISPONIBILIDAD	FALTA DE MANTENIMIENTO	FALTA DE TECNOLOGIA	INFORMACIÓN	NO NECESARIA	DEFECTUOSA	NO ACTUALIZADA	POCO CLARA	
1	ESPERAS																							
2	REHACER EL TRABAJO																							
3	ERRORES																							
4	EXCESO DE STOCK																							
5	DETENCIONES																							
6	TRABAJO INNECESARIO																							
7	PÉRDIDA DE MATERIALES																							
8	ESTUDIOS INNECESARIOS																							
9	TRANSPORTES INNECESARIOS																							
10	INSPECCIÓN INNECESARIA																							
11	REQUERIMIENTO DE ESPACIO																							
12	RETRASO DE ACTIVIDADES																							
13	DETERIORO DE LOS EQUIPOS																							
14	ACCIDENTES																							
15	ALQUILERES MAL UTILIZADOS																							
16	MULTAS																							
17	COORDINACIÓN CON PROVEEDORES Y CONTRATISTAS																							

Figura Nº 8. Fuente: "Identificación de pérdidas y análisis de causas en los procesos de construcción". Cantú, Moreno. 2013, Argentina.

#### Encuestas de detenciones y demoras.

Este tipo de encuestas permite identificar con precisión las fuentes más frecuentes de interrupciones, y la incidencia de cada una de ellas en términos de

recursos desperdiciados para distintas cuadrillas de la obra. (Cantú, 2017). Las consideraciones para emplearla son:

1. Aplicar idealmente durante 5 días consecutivos.
2. Identificar los trabajadores a encuestar.
3. Explicar claramente el objetivo.
4. Entregar a cada trabajador una copia de la encuesta.
5. Verificar cumplimiento y respuesta a consultas.
6. Procesar los resultados.

	EDIFICIO A HH Trabajadas 211.764	EDIFICIO B HH Trabajadas 41.914	DESARENADOR HH Trabajadas 58.511
Encuesta de Detención de Capataces Categorías	Total de HH perdidas	Total de HH perdidas	Total de HH perdidas
C1: Esperando por materiales	1248,4	343,1	4,0
C2: Esperando materiales (extemos)	459,3	236,7	75,0
C3: Esperando por herramientas no disponibles	139,5	69,3	42,0
C4: Esperando equipos	553,3	1631,0	57,0
C5: Modificaciones - Rehacer trabajos	1243,8	70,8	163,0
C6: Traslado a otras áreas de trabajo	296,4	93,9	44,0
C7: Esperando instrucciones	389,3	1,4	1,0
C8: Mucha gente en la zona de trabajo	219,7	78,0	3,0
C9: Otras causas	1600,3	84,0	1765,0
C10: Esperando por grúa	823,9	*	*
Suma de categorías menos otras causas (C9)	5373,6	2524,2	389,0
Suma de todas las categorías	6973,9	2608,2	2154,0

\* Esta categoría no se consultó

Figura N° 9. Fuente: “El tiempo improductivo en obras de construcción”. José Miguel Santana, V. Revista Ingeniería de Construcción N°7, Julio-Diciembre 1989.

### Muestreo de trabajo.

Este método mide el nivel de actividad de un proyecto, mediante observaciones en las se detecta el porcentaje de tiempo que la mano de obra y los equipos ocupan en ciertas categorías predeterminadas de actividades (Cárdenas Alarcón, 2001); siendo las principales Trabajo Productivo, Trabajo Contributorio y Trabajo No Contributorio, cuyos valores aceptables o recomendados (Serpell Bley, 2002), en porcentajes, son:

- Trabajo productivo: 60%.
- Trabajo contributorio: 25%.
- Trabajo no contributorio: 15%.

Algunas de las características particulares de esta herramienta, son:

1. Es una medición para el análisis cuantitativo en términos de tiempo de las actividades de los recursos.
2. Se aplica en mano de obra y/o equipos.
3. Las observaciones deben ser hechas en forma aleatoria.
4. Se deben establecer categorías predeterminadas de actividades en las cuales clasificar las observaciones de los recursos.
5. Los resultados permiten realizar una inferencia estadística de las actividades de los recursos.

		PRODUCTIVO	CONTRIBUTORIO	TRANSPORTE	INSTRUCCIONES	MEDICIÓN	LIMPIEZA	OTROS	NO CONTRIBUTORIO	ESPERAS	OCIO	VIAJES	DESCANSO	NECESIDADES FISIOLÓGICAS	REPROCESOS
		P	C	CONTRIBUTORIO				NC	NO CONTRIBUTORIO						
		62%	3%	40%	60%	0%	0%	0%	35%	0%	29%	0%	69%	2%	0%
		73%	17%	22%	6%	9%	0%	70%	10%	13%	100%	0%	0%	0%	0%
		56%	21%	27%	8%	0%	3%	63%	24%	81%	15%	1%	1%	0%	1%
		79%	12%	52%	4%	25%	0%	19%	8%	61%	3%	27%	6%	3%	0%
		26%	56%	86%	0%	0%	14%	0%	18%	25%	34%	12%	28%	0%	0%
		62%	23%	24%	4%	12%	5%	56%	15%	43%	24%	26%	3%	4%	0%
		69%	17%	50%	9%	3%	3%	34%	14%	57%	17%	26%	0%	0%	0%
		75%	11%	62%	4%	16%	18%	0%	14%	48%	26%	8%	18%	0%	0%
		75%	3%	62%	0%	0%	38%	0%	22%	27%	5%	29%	39%	0%	0%
		57%	27%	46%	1%	9%	6%	37%	16%	64%	14%	21%	0%	0%	0%
OBRA C.A.C.	PROMEDIO	63%	19%	47%	10%	7%	9%	28%	18%	42%	27%	15%	17%	1%	0%
	MÁXIMO	79%	56%	86%	60%	25%	38%	70%	35%	81%	100%	29%	69%	4%	1%
	MÍNIMO	26%	3%	22%	0%	0%	0%	0%	8%	0%	3%	0%	0%	0%	0%
RECOMENDADO		60%	25%	10%	4%	4%	4%	3%	15%	6%	4%	4%	1%	0%	0%
OBRA D.L.	PROMEDIO	58%	20%	34%	20%	9%	5%	20%	22%	26%	30%	7%	16%	8%	0%
	MÁXIMO	89%	37%	64%	68%	23%	35%	36%	54%	99%	76%	14%	61%	30%	0%
	MÍNIMO	32%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Figura N° 10. Fuente: “Aplicación de la Técnica de Muestreo del Trabajo para la medición de la productividad real en obras civiles”. Cantu, Moreno, Garcia, Simari. - ALCONPAT 2013. Argentina.

### Cartas de balance.

Las cartas de balance permiten describir detallada y formalmente el proceso de una operación de construcción; además de comentar el método usado y determinar la cantidad de obreros más adecuada para cada cuadrilla. También, mediante su utilización, se consigue importante información para un análisis de rendimientos. Por ejemplo, se elabora una tabla de muestreo de trabajo en una actividad específica, como el llenado de una losa, y se ordenan las actividades en etapas o secuencias; al completarla (ver figura 11), se obtienen datos de:

Coefficiente de Participación:	$\frac{\text{Tiempo que el recurso está presente}}{\text{Tiempo total de la actividad}}$
CP	
Nivel de Actividad Real :	$\frac{\text{Tiempo que el recurso trabaja} \times 100}{\text{Tiempo que el recurso está presente}}$
NA	
Nivel de Actividad Relativo:	$\frac{\text{Tiempo que el recurso trabaja} \times 100}{\text{Tiempo total de la actividad}}$
NAR	

Figura N° 11. Fuente: “Análisis de la eficiencia del proceso de hormigonado a través de las cartas de balance”. CANTÚ, MORENO, SIMARI, GARCÍA (2009). 1º Congreso ALCONPAT Argentina 2013.

El objetivo de esta técnica es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, en lugar de la de la mano de obra, de modo que los trabajos se ejecuten en forma más inteligente (Serpell y Verbal, 1990).

Dicho estudio se debe enfocar preferentemente hacia una reducción de los tiempos improductivos y aumentar los niveles de actividad real y de rendimiento. Para ello, los autores proponen la siguiente secuencia:

1. Revisar el proceso constructivo seleccionado y buscar otro método que permita cuestionar comparativamente su conveniencia.
2. Cuantificar previamente un grado de utilización eficiente de los recursos de mano de obra, maquinaria y equipos, materiales, energía, etc., para el proceso seleccionado.
3. Analizar con más detalle el diagrama de proceso de los recursos, en especial en actividades que se desarrollan en espacios extensos.
4. Muestrear la operación y determinar las condiciones reales de trabajo de los recursos. Conviene realizar no menos de tres muestreos, y en días distintos.
5. Procesar la información, concluir y discutir resultados. Determinar mejoras necesarias y describir en una carta de balance ideal el procedimiento mejorado propuesto.

Muestreo de trabajo por tarea losa piso 13 - dos ciclos										
Tiempo										
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	fin
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
35	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
34	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
33	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
32	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0
31	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
30	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
29	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
28	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
27	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
26	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
25	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
24	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
23	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
14	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
8	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
7	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
6	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
4	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
3	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
2	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
T.T.	11	9	9	23	17	14	10	7	13	
C.P.	26%	21%	21%	53%	40%	33%	23%	16%	30%	
N.A.R	38%	31%	31%	79%	59%	48%	34%	24%	45%	
Operarios										
Vibrador										
Manguera 1										
Manguera 2										
Zapa 1										
Zapa 2										
Zapa 3										
Empareja 1										
Empareja 2										
Ayudante Vibrador										

Figura N° 12. Fuente: “Análisis de la eficiencia del proceso de hormigonado a través de las cartas de balance”. CANTÚ, MORENO, SIMARI, GARCÍA, (2009). 1º Congreso ALCONPAT Argentina 2013.

### Desarrollo y medición de indicadores de desempeño.

Los indicadores son elementos que demuestran el comportamiento de una variable, ya que representan un indicio, señal o medida que permite estudiar o

cuantificar dicha variable o sus dimensiones. Estos elementos, deben ser factores medibles, como números precisos, porcentajes, logros importantes, factores de servicio, etc.

Cuando el indicador representa un resultado obtenido de un determinado proceso, o las características de los productos finales resultantes, se trata de un **Indicador de Desempeño**.

Los Indicadores de Desempeño son importantes elementos de aplicación para lograr dos de los objetivos básicos de la Gestión de Calidad Total, como son el mejoramiento continuo y la satisfacción del cliente. (Cantú, 2017).

Otra definición indica que son expresiones cuantitativas (matemáticas) que permiten evaluar que tan bien está administrada la empresa o los procesos a través del uso de recursos (eficiencia), el cumplimiento de los programas (efectividad) y los errores en documentos (calidad). (Rodríguez y Gómez, 1992).

La utilización de indicadores en la elaboración de mediciones, sirve para comparar desempeños, identificar fortalezas y debilidades de las empresas y proyectos, identificar oportunidades de mejoramiento, fijar estándares, e implementar el mejoramiento continuo.

Pueden clasificarse, según su utilidad y aplicación, en:

Indicadores de desempeño global:

- Sirven para mostrar el grado de competitividad de la organización.
- Sirven para tomar decisiones de carácter estratégico
- Permiten situar a la empresa en el sector y compararla con sus competidores directos.

Indicadores de desempeño específico:

- Dan información de forma individual sobre procesos, estrategias y/o prácticas gerenciales.
- Sirven para la toma de decisiones sobre las características de los procesos en términos operacionales.

Mientras que, en cuanto al Tipo de Indicadores, se encuentran:

- Los de producción
- De productividad
- De calidad
- De seguridad
- Económicos y financieros
- De capacidad
- De gestión
- Otros

Un ejemplo, es el obtenido por los autores Arcudia, Abad, Carcamo y Pereyra (2004), quienes adaptaron el Modelo de los Factores de la Productividad, desarrollado por Thomas y Savrski. En la metodología que emplearon, analizaron los principales factores intervinientes en la productividad de viviendas de interés social en México, y definieron para cada factor, indicadores de desempeño, tanto de la productividad como de los tres tipos de factores del modelo adaptado.

En el gráfico (Figura N° 13) que se muestra a continuación, correspondiente al estudio nombrado anteriormente, se expresan los resultados del indicador de

desempeño correspondiente a la Productividad diaria, calculado para 23 días de trabajo. Éste surge de la relación entre la cantidad de actividad ejecutada en metros cuadrados y la cantidad de horas hombre empleadas. Se diferencian los datos de los indicadores globales Horizonte de productividad, Productividad y Umbral de Productividad, del modelo de Thomas y Savrski; definiendo la Variabilidad de la productividad del proyecto analizado.

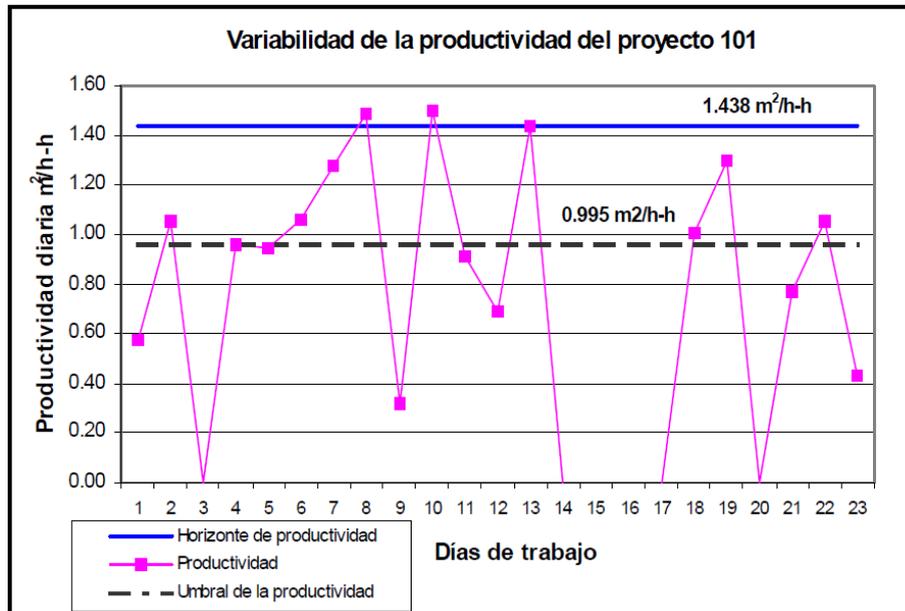


Figura N° 13. Fuente: “Determinación de los factores que afectan la productividad de la mano de obra de la construcción “. Arcudia Abad, Solís Carcaño, Baeza Pereyra, 2004.

### Mapeo del flujo de valor.

A continuación, se muestra un ejemplo esquemático de la organización de un mapa de flujo de valor en un proceso de diseño. Mediante este gráfico, se estructuran los pasos o instancias a seguir, para la obtención de un entregable.

La importancia de esta herramienta, radica en:

- Establecer un método gráfico para entender un proceso.
- Visualizar todas las operaciones e información.
- Detectar áreas de oportunidad de mejoramiento.
- Conocer el aporte de valor de cada etapa al producto.
- Reconocer desperdicios.
- Conocer detalladamente el proceso.
- Detectar cuellos de botella.

## MAPA DE FLUJO DE VALOR DEL PROCESO DE DISEÑO

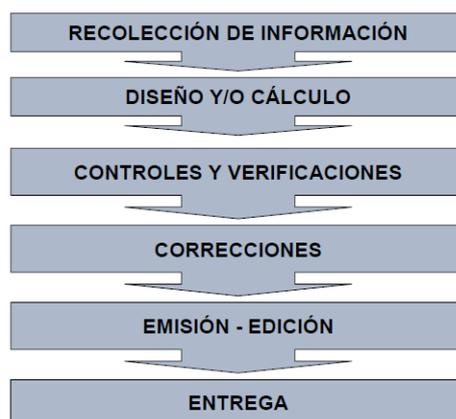


Figura N° 14. Fuente: “Medición del Desempeño para la Mejora en la Gestión de los Procesos de Construcción”, Cantú, 2017.

### Prueba de los 5 minutos

Otra opción dentro de las herramientas para determinar las pérdidas que se producen en una obra, es la denominada “prueba de los cinco minutos”. Para realizarla, se procede a cuantificar el tiempo que agrega valor a la actividad de construcción y el tiempo dedicado a pérdidas; lo que constituye una medición.

El objetivo de la prueba es tomar durante 5 minutos el tiempo dedicado por un trabajador a las actividades productivas, contributorias o no contributorias. Consiste en que una persona que realice una medición aleatoria, usando un cronómetro y registrando la información en un formato.

La cantidad necesaria de mediciones tiene que ser como mínimo 50, distribuidas durante el horario laboral, para calcular los promedios y desviaciones estándar de los tiempos productivos, contributorios y no contributorios. Una vez que se ordena la información obtenida y se tabula, se pueden determinar estadísticas sobre las pérdidas en cada proceso, identificar su magnitud, y elaborar en equipo las estrategias para reducirlas. Esas estrategias a formular, se deben aplicar directamente en la obra, y posteriormente, corroborar su efectividad mediante la repetición de las mediciones.

Fecha: Enero 12 de 2012		Hora: 8:00 AM	
Actividad: Mampostería		Oficio: Ayudante	
<b>TIEMPO PRODUCTIVO</b>	0.00 (140 segundos)	Observación: Pegando ladrillo	
<b>TIEMPO CONTRIBUTIVO</b>	2.20 (100 segundos)	Observación: Preparando mortero	
<b>TIEMPO NO CONTRIBUTIVO</b>	4.00 (60 segundos)	Observación: Conversando	
<b>COMENTARIOS:</b> En el momento de la medición estaba cayendo una ligera lluvia			

Figura N° 15. Fuente: Formato para la prueba de los 5 minutos, LCE.

## Sistemas de información de niveles de actividad (SINA)

Esta herramienta constituye un método de evaluación del análisis de productividad de un proyecto. Mediante su implementación, se determinan los niveles de actividad para las categorías de trabajo productivo, contributorio y no contributorio, al mismo tiempo que se detectan las actividades críticas, se mide la variabilidad entre ellas, y se exponen las ineficiencias de los procesos empleados, a los fines de proponer oportunidades de mejora para la producción de la obra.

Los SINA se llevan a cabo a través de muestreos semanales, aleatorios, en horarios de mañana y de tarde, con el propósito de obtener datos representativos, con validez estadística.

Las consideraciones estadísticas (Serpell, 2002) que avalan estos sistemas, es que el número de observaciones mínimo válido es de 384, con un margen de error del 5% y una confiabilidad del 95%.

En ejemplo práctico de aplicación de esta herramienta, es el de un estudio (MORA VALVERDE, 2012) en el que se contemplan mediciones de niveles de actividad para distintas actividades involucradas en la construcción de un centro de distribución en las que se encontraba el montaje de placas prefabricadas.

Del análisis de ese trabajo, mediante SINA, se desprenden los siguientes gráficos:

<b>CUADRO 9. NIVELES DE ACTIVIDAD PARA MONTAJE DE PLACAS PREFABRICADAS</b>		
	<b>Mediciones</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>TP</b>	156	30%
<b>TC</b>	163	31%
<b>TNC</b>	207	39%
<b>Total</b>	<b>526</b>	<b>100%</b>

Figura Nº 16. Fuente: "Medición y análisis de productividad de tres actividades en la construcción de un centro de distribución de 54000m<sup>2</sup>". MORA VALVERDE, 2012.

En este cuadro se expresan los niveles de actividad para la muestra tomada, y en el siguiente gráfico de torta, se presenta el rendimiento obtenido en el muestreo.

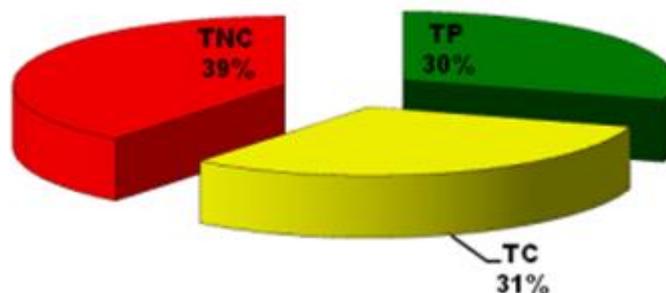


Figura Nº 17. Fuente: "Medición y análisis de productividad de tres actividades en la construcción de un centro de distribución de 54000m<sup>2</sup>". MORA VALVERDE, 2012.

En la siguiente figura (18), se indica la distribución de estos niveles de actividad en las diferentes tareas que se descompone la misma.

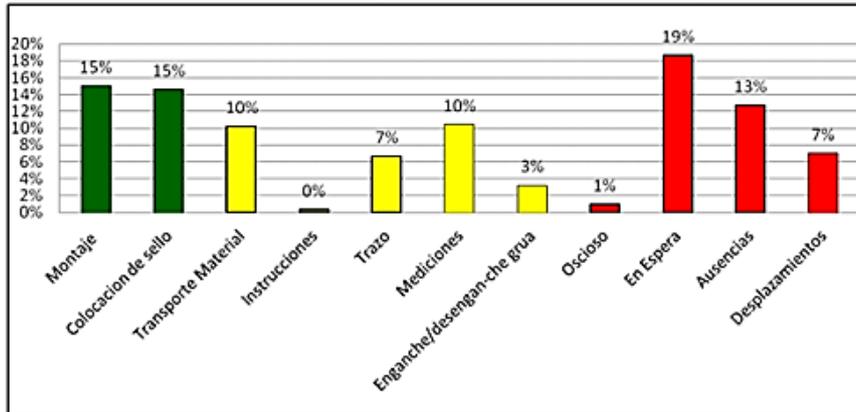


Figura Nº 18. Fuente: “Medición y análisis de productividad de tres actividades en la construcción de un centro de distribución de 54000m<sup>2</sup>”. MORA VALVERDE, 2012.

### Sistema Last Planner: último planificador

Esta herramienta inspirada en la Producción Lean (producción sin pérdidas), fue desarrollada a fines de los 90’s por Ballard y Howell, con el objeto de incrementar la confiabilidad de la planificación, y por consiguiente, el desempeño en la obra, proporcionando una mejora del control de la incertidumbre en los proyectos, mediante la aplicación de acciones concretas en los diferentes niveles de la planificación (Alarcón y Pellicer, 2009).

Su funcionamiento consiste en la planificación colaborativa de las actividades semanales, para las que se designan responsables, a quienes se compromete con la presentación de mediciones o entregables; y se evalúa la confiabilidad del plan elaborado a partir de la medición del Porcentaje del Plan Completado (PPC), al final de cada semana. Paralelamente, se detectan las causas de los fallos de cumplimiento.

Los planificadores distinguen las actividades que pueden realizarse, y acuerdan su ejecución en la semana, eliminando restricciones y evitando detenciones por diversas causas, de modo tal que se contribuye con la productividad, ya que la confiabilidad de la planificación está directamente relacionada con la productividad (González et al., 2008).

En la figura 19, se muestra la forma en que se realiza la aplicación del sistema.

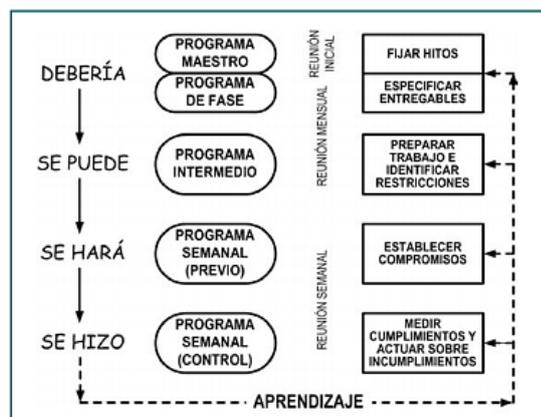


Figura Nº 19. Fuente: “La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador”. Rodríguez Fernández, Alarcón Cárdenas, Pellicer Armiñana.

## **CAPÍTULO 3**

### **3.1 Marco Metodológico**

### **3.2 Metodología de trabajo implementada**

Con el propósito de brindar resolución a la problemática planteada, se desarrolló una investigación aplicada, en la que se analizaron los resultados obtenidos en diferentes estudios, en los que se emplearon herramientas para la detección de pérdidas y medición de productividad.

Por un lado, se elaboró un cuestionario para profesionales de obra de la provincia, con preguntas que ofrecían múltiples opciones de elección libre, confeccionadas para detectar las principales causas que influyen en la productividad de obras civiles, y de ese modo, lograr identificar las oportunidades de mejora.

Posteriormente, se elaboraron gráficos a partir de los datos obtenidos, que luego se compararon con los resultantes de otra encuesta, publicada por Lean Forum, acerca de 90 casos de estudio en proyectos de todo el país.

Por otro lado, se analizaron investigaciones de muestreo de trabajo de dos obras; por medio de las cuales, se logró caracterizar los factores que afectan la productividad de las obras, clasificándolos en las categorías de trabajo productivo, trabajo contributorio y trabajo no contributorio. Proceso que permitió comprender el impacto de los mismos sobre las variables críticas del proyecto, y elaborar conclusiones de aporte a los conocimientos actuales sobre el tema.

Finalmente, mediante el desarrollo de esta metodología, se comprendió el proceso de medición de la productividad durante la ejecución de tareas, se realizó un diagnóstico de los principales factores que afectan la producción, y las causas de su ocurrencia. Concluyendo con la formulación de un listado de propuestas de mejoras en cuanto a eficiencia de la productividad, basadas en la detección de las actividades que agregan valor al proyecto, las que no lo hacen, las pérdidas, las causas de demoras o interrupciones.

#### **3.2.1 Propuesta de encuesta a profesionales de obra.**

Una de las actividades realizadas para el desarrollo de este trabajo, es la elaboración propia de una encuesta sobre productividad en obras, dirigida a profesionales de la construcción de la provincia.

La misma se formuló con el objetivo de detectar las principales causas que influyen en la productividad, para lograr de esa manera, identificar las oportunidades de mejora, y proponer acciones correctivas que apunten a la obtención de mejores resultados, optimizando los procesos y recursos involucrados.

Se hizo entrega de la encuesta a profesionales (ver anexo, pág. 60 a 61), quienes seleccionaron múltiples opciones para cada pregunta. Cada una de ellas se formuló para reconocer, en la experiencia profesional, los principales factores causantes de atrasos, de disminución del rendimiento y la productividad de la mano de obra, y también la opinión de los encuestados acerca de las propuestas más eficaces para mejorar y controlar la productividad.

Como se dijo anteriormente, se dio la posibilidad de seleccionar múltiples opciones, y se analizaron las cantidades de veces en que fueron marcadas, a modo de destacar la incidencia y determinar la validez de cada uno.

A continuación, se expresan los resultados obtenidos:



Figura Nº 20.

El 69% de los encuestados consideró que la principal razón por las que disminuye el rendimiento de la mano de obra y la productividad es documentación incompleta, falta de detalles.

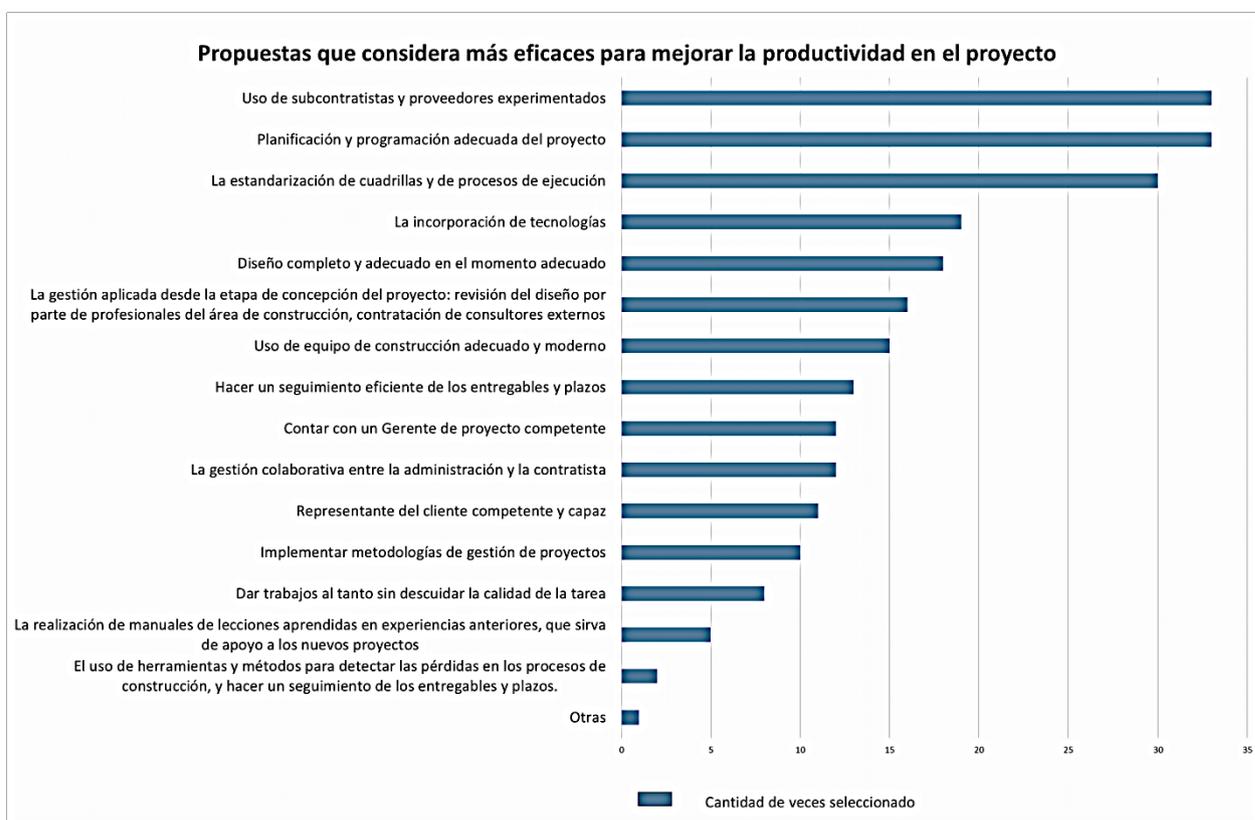


Figura Nº 21.

El 67 % de los encuestados considera que las propuestas más eficaces para mejorar la productividad en el proyecto son: Uso de subcontratistas y proveedores experimentados y planificación y programación adecuada del proyecto.

A la alternativa de la subcontratación, se agrega como aporte, el planteo de Cantú y Moreno(2012), que para ser efectiva, debiera considerarse como opción en una etapa avanzada de ejecución de la obra, con el fin de disminuir la improductividad. Pero, se debe evitar subadministrar al inicio, para luego intensificar la gestión cuando comienzan a emerger las crisis, ya que se pierde la razón costo – beneficio, que podría optimizarse desde un principio sólo con una planificación correcta.

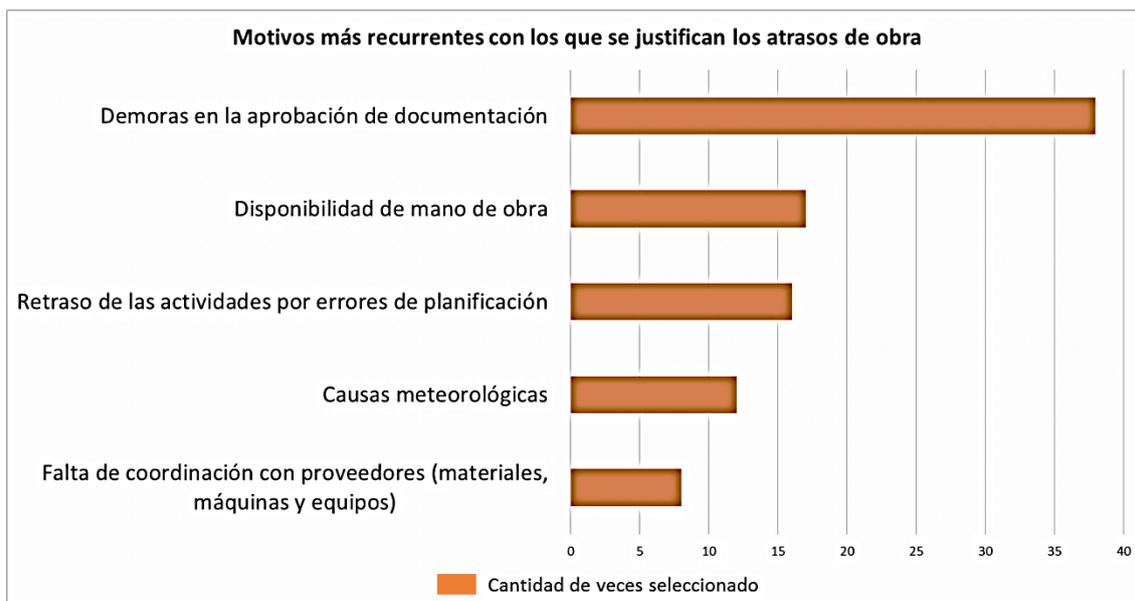


Figura N° 22.

En cuanto a los motivos más recurrentes con los que se justifican los atrasos de obra, la opción de demoras en la aprobación de documentación, fue la que obtuvo mayor porcentaje de selección, con un 78%.

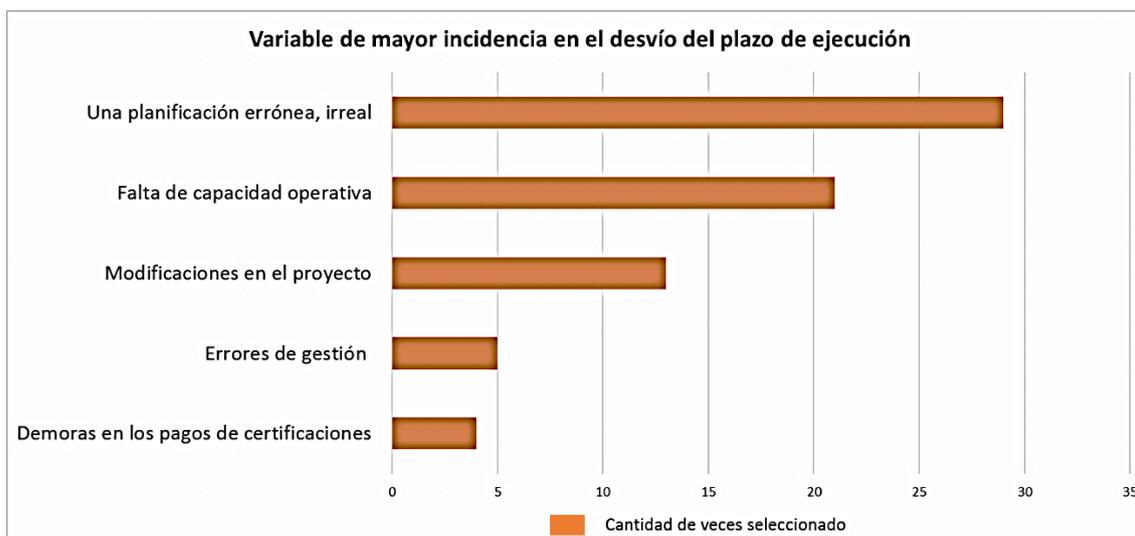


Figura N° 23.

En cuanto a la consulta, el 59% los profesionales, coincide en que la variable de mayor incidencia en el desvío del plazo de ejecución es una planificación errónea o, irreal del proyecto.

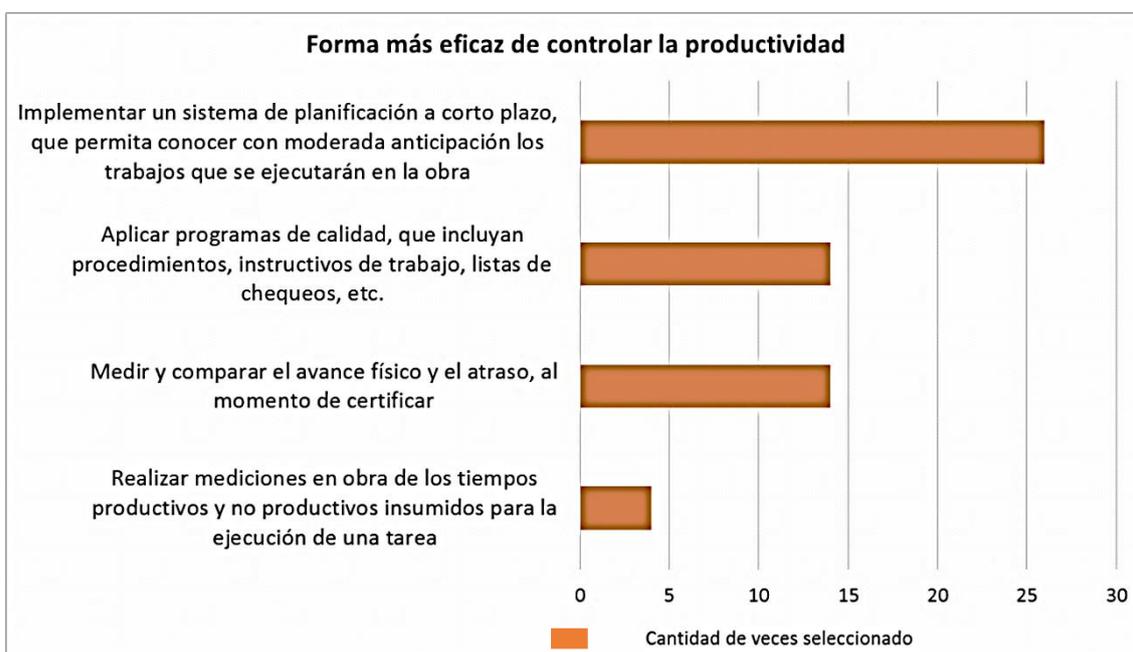


Figura Nº 24.

El último cuadro (figura 24) refleja que del total de encuestados, el 53% coincide en que Implementar un sistema de planificación a corto plazo, que permita conocer con moderada anticipación los trabajos que se ejecutarán en la obra, es la Forma más eficaz de controlar la productividad.

El análisis de las respuestas brindadas por los profesionales, permite dilucidar que la baja productividad de las obras es producto, principalmente, de los errores presentes en la planificación, acarreados desde la concepción del proyecto. Esto se evidencia en las posturas que consideran a la programación adecuada y a corto plazo, como recurso fundamental para la mejora de la productividad.

Paralelamente, la ausencia de ese recurso, provoca, lo que se asemeja a “una reacción en cadena”; ya que en consecuencia de la planificación inadecuada, surgen los documentos incompletos. Aunque, el primer eslabón de la cadena, que da origen a la acumulación de errores, es la determinación inadecuada del alcance del proyecto.

Cuando el alcance no está definido correctamente, se producen olvidos, y no se presta atención a posibles desconocimientos, que requieran de personal competente para su desarrollo. Lo que a la vez, demuestra la falta de una visión integral, que facilite la detección de los problemas desde su desencadenante.

### 3.2.2 Encuesta sobre producción en las obras – Comunidad Lean Construction

Un estudio a tomar como base o fuente de información, es la encuesta sobre producción en las obras, realizada por la Comunidad Lean Construction, la cual cuenta con 90 casos detectados entre septiembre y octubre de 2017.

Entre los tipos de obra relevados, se encuentran:

- Edificación.
- Energía.
- Hidráulicas.
- Industriales.
- Infraestructura.
- Instalaciones sanitarias, gas e incendio.
- Interiorismo de oficinas.
- Naves industriales.
- Obras y servicios para la Minería.
- Saneamiento.
- Telecomunicaciones.
- Viales.

En su mayoría, radicadas en Provincia de Buenos Aires, y Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y ejecutadas con un contrato privado (43%), el 48 % de las obras no implementa ninguna herramienta de gestión, y el 69 % de los profesionales que contestaron la encuesta, no conoce la Filosofía Lean.

Aunque el 93 % de esas obras se planifica, el mayor porcentaje resultante en cuanto a las razones por las cuales se producen **atrasos**, corresponde a la Falta o mala planificación de las actividades (21%). Mientras que el resto de las causas, comprende:

- 20% Documentación Incompleta
- 19% Documentación poco clara o no actualizada
- 14% Falta o fallas en el control
- 11% Mano de obra poco calificada
- 6% Disponibilidad de recursos mano de obra o maquinarias
- 5% Falta de tecnologías
- 4% Mala administración de los materiales

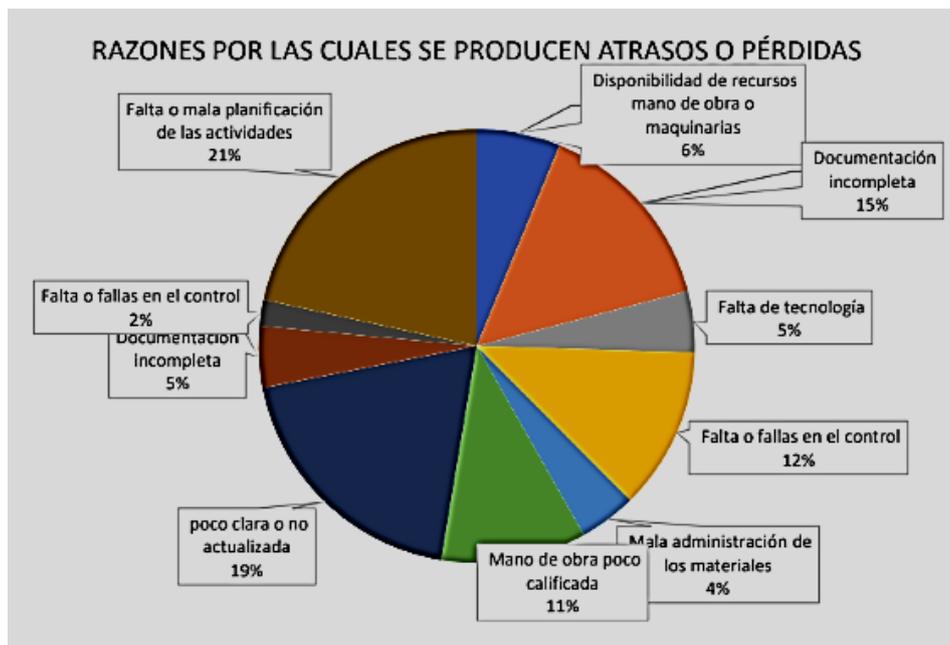


Figura Nº 25. Fuente: Adaptación de “Encuesta sobre producción en las obras”, 2017, C.A.C.

En lo que respecta a las principales causas de pérdidas, los resultados indicaron que:

- 23% Retraso de actividades ó falta de coordinación con proveedores y contratistas
- 15% Clima
- 14% Rehacer el trabajo
- 13% Esperas o detenciones
- 8% Errores
- 2% Inspección innecesaria
- 2 % Pérdidas de materiales



Figura N° 26. Fuente: Adaptación de “Encuesta sobre producción en las obras”, 2017, C.A.C.

En cuanto a las pérdidas por trabajos rehechos, arreglos o reparaciones, para más de la mitad de los casos, un 52%, indicó que: oscilan entra el 0% y el 10% de las pérdidas totales de la obra.

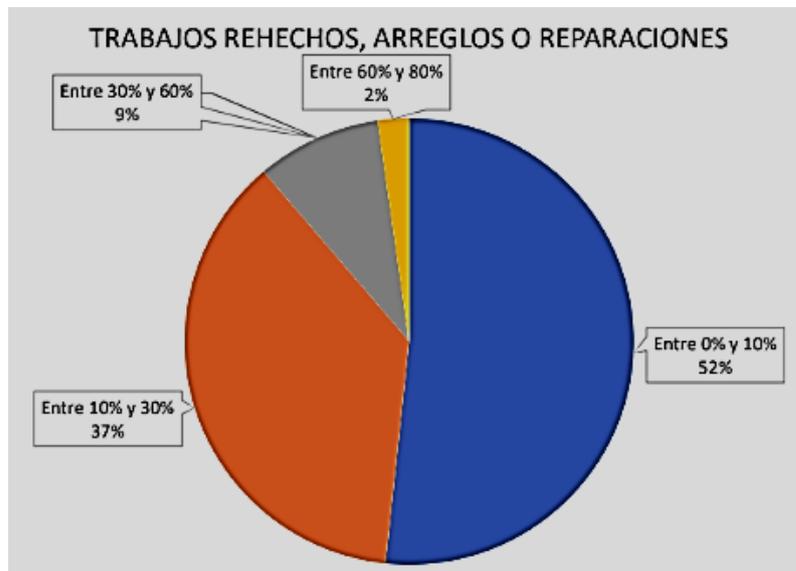


Figura N° 27. Fuente: Adaptación de “Encuesta sobre producción en las obras”, 2017, C.A.C.

Por otra parte, el dato aportado para la productividad de la mano de obra, porcentaje del trabajo o de los jornales pagos y realmente productivos, plantea que para un 48% de los que contestaron, el porcentaje de trabajo productivo es de entre 60% y 80%.

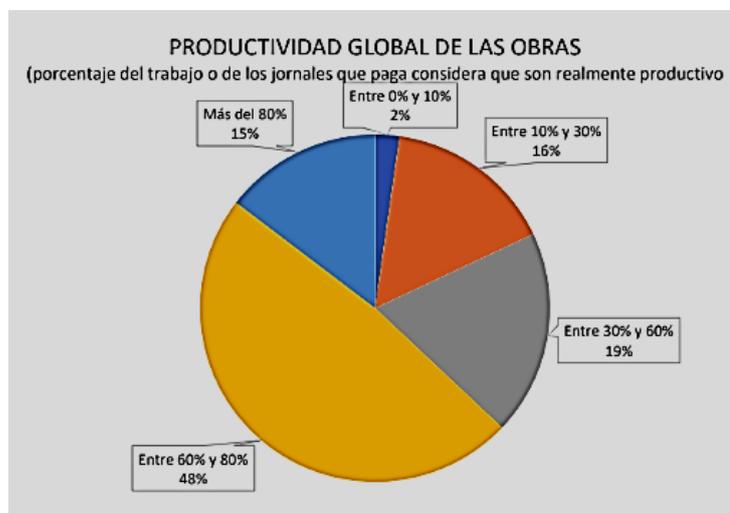


Figura N° 28. Fuente: Adaptación de “Encuesta sobre producción en las obras”, 2017, C.A.C.

Específicamente, la desviación del plazo original, para los 90 casos estudiados, queda repartida en:

- En el 27%, la variación es del 0% al 10%
- En el 51% de los casos, el desvío del plazo varía entre 10% y 30%
- Para el 19%, entre 30% y 60%
- En menor porcentaje, el 2% calificó el atraso entre 60% y 80%, y sólo el 1% en más del 80 %.

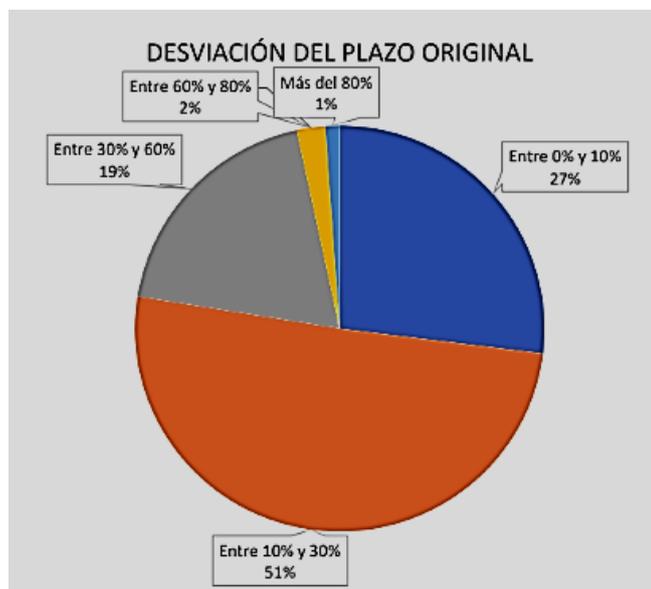


Figura N° 29. Fuente: Adaptación de “Encuesta sobre producción en las obras”, 2017, C.A.C.

Como se dijo anteriormente, el comportamiento de ciertos factores afecta la productividad, y al mismo tiempo, interviene directamente en la variación del plazo estimado, y por ende en el presupuesto estimado. Al igual que las pérdidas, que

independientemente de su procedencia, impactan de algún modo en el costo base, en esta encuesta sobre producción, se consultó la desviación del costo, y se obtuvo como respuesta, que:

- El otro 43%, lo estima entre 0% y 10%
- Un 43% de los casos, estima la variación de precio entre un 10% y 30%
- El 13% indica un desvío del 30% al 60%
- El 1% responde que cambia entre un 60% y 80%, del original.

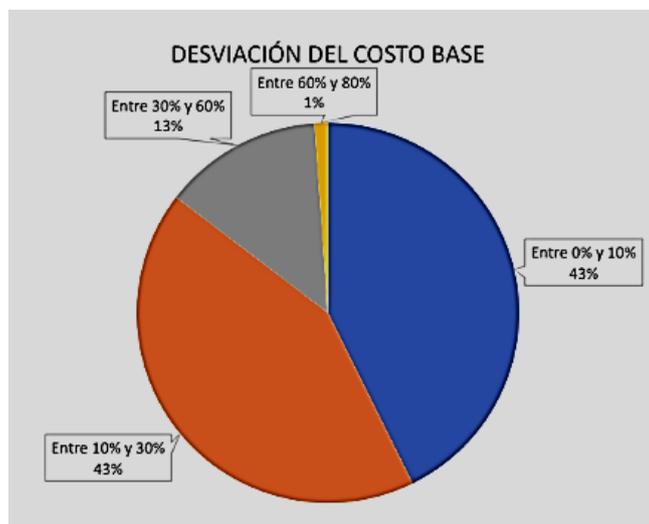


Figura N° 30. Fuente: Adaptación de “Encuesta sobre producción en las obras”, 2017, C.A.C.

Los gráficos de los casos relevados, demuestran que, sin importar el rubro, tipología o envergadura de los proyectos, los inconvenientes en la productividad de las obras civiles, son recurrentes y comunes a la variedad de construcciones.

Por otra parte, las apreciaciones de los encuestados en el Lean Forum, coinciden las de los profesionales del punto anterior. Esta coincidencia proporciona validez a la determinación de los factores que influyen en la productividad de las obras, desde una perspectiva de valoración a partir de la opinión basada en la experiencia. A diferencia de lo que se plantea en el siguiente apartado, que se apoya en las observaciones del desempeño de tareas de la mano de obra.

### 3.2.3 Análisis de muestreo de trabajo en edificios construidos en nuestro medio

Se dispuso de la información obtenida del muestreo analizado y publicado en un estudio de Cantú y col. (2013). Luego, se analizaron los gráficos obtenidos por los autores, y se procedió a elaborar los propios, agrupando los resultados por día de la semana y calculando los promedios para cada categoría. Esta postura de análisis se tomó debido a la experiencia narrada por profesionales y autores, que indican la baja de productividad debida principalmente al ausentismo los días lunes, y a la de los días en que se paga al personal.

Si bien, las conjeturas que se exponen hacen referencia al promedio de los datos obtenidos de dos muestreos realizados para cada día laboral estudiado (de lunes a viernes, el promedio de los resultados de dos lunes, dos martes, etc.), no puede generalizarse o deberse toda conclusión parcial a las particularidades o

imprevistos de cada jornada en cuestión. Aunque, dichas particularidades expresan tendencias generales, que afectan a la producción de forma integral.

A lo anterior, se refiere que de los resultados, se obtiene la postura de que los valores de trabajo productivo (TP), contributorio (TC) y no contributorio (TNC), no están ligados al día de la semana, sino que son una consecuencia directa de la planificación. Esta afirmación surge de los promedios obtenidos para cada categoría, en relación al número de observaciones realizadas para cada día.

El autor del estudio que publica estos muestreos, por su parte, utiliza como referencia los porcentajes recomendados por Serpell Bley (2002), que establecen:

- Un 60% para Trabajo Productivo.
- Un 25% para Trabajo Contributorio.
- Un 15 % para Trabajo No Contributorio.

Y a partir de ello, plantea lo siguiente:

“Del análisis de la información obtenida, se desprende que el promedio de los porcentajes de tiempo insumidos en trabajo productivo, entre el 58% al 63%, están dentro de los valores recomendados (60%). Los valores de trabajo contributorio, analizando como tales a transportar herramientas o materiales, dar o recibir instrucciones, realizar mediciones y limpieza de obra, se encuentran algo bajos, del orden del 20%, respecto a los tomados como referencia (25%). En cambio, valores de 18% al 22% de trabajo no contributorios, considerando en esta clasificación a las esperas, ocio, viajes, descanso, necesidades fisiológicas y reprocesos, superan los considerados aceptables (15%).”

Mediante el método de análisis desarrollado en los párrafos anteriores, se obtuvo un gráfico general de promedios de los resultados de los muestreos para ambas obras, que se diferencian como A y B.

<b>OBRA A</b>			
<b>DIA</b>	<b>Productivo</b>	<b>Contributorio</b>	<b>No Contributorio</b>
<b>Viernes</b>	<b>63%</b>	<b>22%</b>	<b>15%</b>
<b>Lunes</b>	<b>77%</b>	<b>12%</b>	<b>11%</b>
<b>Martes</b>	<b>44%</b>	<b>29%</b>	<b>27%</b>
<b>Miércoles</b>	<b>73%</b>	<b>10%</b>	<b>16%</b>
<b>Jueves</b>	<b>59%</b>	<b>22%</b>	<b>20%</b>

Figura Nº 31.

En este cuadro se demuestra que si bien el día lunes se produjo la mayor pérdida de productividad por trabajo no contributorio, también se alcanzó el mayor porcentaje de trabajo productivo de los días de la semana, siendo que se superó el número de observaciones que se pretendía realizar.

<b>OBRA B</b>			
<b>DIA</b>	<b>Productivo</b>	<b>Contributorio</b>	<b>No Contributorio</b>
<b>Viernes</b>	<b>50%</b>	<b>20%</b>	<b>30%</b>
<b>Lunes</b>	<b>58%</b>	<b>28%</b>	<b>13%</b>
<b>Martes</b>	<b>64%</b>	<b>3%</b>	<b>32%</b>
<b>Miércoles</b>	<b>53%</b>	<b>24%</b>	<b>23%</b>
<b>Jueves</b>	<b>61%</b>	<b>30%</b>	<b>10%</b>

Figura Nº 32.

En la obra B, la mayor productividad se alcanzó un martes, pero al mismo tiempo, el trabajo no contributivo fue superior al de los demás días.

A excepción del miércoles y el viernes, la productividad es aceptable, pero no lo son los otros datos.

De los promedios obtenidos en ambas obras para la categoría de TC, en la primera para el día martes (29%), y en la segunda, el lunes (28%) y el jueves (30%), se sobrepasa el porcentaje recomendado (25%).

### Trabajo Contributorio

Cuando el tiempo insumido en actividades de TC, supera el porcentaje recomendado (25%), se estima que la causa está relacionada una planificación ineficiente. En este caso, lo anterior se ve reflejado en el porcentaje del mismo debido a transporte, para las dos obras, lo que denota inadecuada organización de la obra y de las cuadrillas.

		<b>OBRA A</b>					
<b>TRABAJO CONTRIBUTORIO</b>		<b>DIA DE LA SEMANA</b>					
ACTIVIDAD	VIERNES	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	PROMEDIOS	
TRANSPORTE	48%	57%	63%	12%	25%	41%	
INSTRUCCIONES	5%	4%	30%	3%	6%	10%	
MEDICIÓN	6%	21%	0%	5%	6%	7%	
LIMPIEZA	5%	9%	7%	19%	4%	9%	
OTROS	36%	9%	0%	35%	59%	28%	

Figura N° 33.

		<b>OBRA B</b>					
<b>TRABAJO CONTRIBUTORIO</b>		<b>DIA DE LA SEMANA</b>					
ACTIVIDAD	VIERNES	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	PROMEDIOS	
TRANSPORTE	28%	29%	16%	52%	53%	36%	
INSTRUCCIONES	33%	12%	34%	9%	14%	20%	
MEDICIÓN	19%	6%	0%	19%	4%	10%	
LIMPIEZA	0%	17%	0%	1%	0%	4%	
OTROS	21%	35%	0%	18%	29%	21%	

Figura N°34.

Como se dijo anteriormente, en la obra B, el lunes y el jueves, los porcentajes de TC sobrepasan el valor de referencia; y en la figura 34, se ve el mayor valor de la categoría para el lunes, en las actividades correspondientes a el ítem “otros”, que en el estudio del muestreo se apreció que el mismo abarca armado de andamios y medición de niveles de manguera, etc. Mientras que el jueves, el incremento del valor se debe a transporte.

### Trabajo No Contributorio

En la Obra A, el mayor porcentaje de TNC se debe a esperas, alcanzando un promedio de 42% del tiempo ocupado en actividades que no aportan valor.

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	OBRA A					
	DÍA DE LA SEMANA					
	VIERNES	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	PROMEDIOS
ESPERAS	61%	54%	13%	20%	62%	42%
OCIO	15%	15%	32%	46%	19%	25%
VIAJES	24%	17%	6%	14%	14%	15%
DESCANSO	0%	12%	41%	20%	2%	15%
NECESIDADES FISIOLÓGICAS	0%	2%	15%	0%	2%	4%
REPROCESOS	0%	0%	0%	0%	1%	0%

Figura N° 35.

Mientras que en la obra B, el mayor porcentaje de la categoría se debe al ocio.

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	OBRA B					
	DÍA DE LA SEMANA					
	VIERNES	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	PROMEDIOS
ESPERAS	13%	16%	49%	28%	8%	23%
OCIO	76%	55%	2%	46%	24%	41%
VIAJES	10%	14%	2%	10%	11%	10%
DESCANSO	0%	8%	31%	8%	47%	19%
NECESIDADES FISIOLÓGICAS	1%	7%	15%	8%	11%	8%
REPROCESOS	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Figura N° 36.

Como se observa en la figura 36, el día de mayor porcentaje de tiempo desaprovechado en ocio, se alcanzó el día viernes; día en que se esperaban lluvias, por lo que bajó la productividad debido a la incertidumbre generada por el temporal. Por otra parte, se registró que los operarios una vez terminada una tarea, no tenían instrucciones sobre el siguiente trabajo realizar, por lo que desaprovechaban su tiempo. Al mismo tiempo que se individualizó a un par de operarios que eran quienes generaban distracciones en el resto de los compañeros.

Por los datos descritos en el párrafo anterior, se estima la ausencia de programación de tareas para ese día, que al mismo tiempo significa que quienes se encargaban de planificarlas, no contaban con un plan que contemplara actividades a realizar frente a contingencias climáticas.

Por otra parte, en la misma obra, en segundo lugar de porcentaje de TNC corresponde a esperas. Según comentarios generales del muestreo, el día miércoles, las esperas se debieron a demoras en el transporte de hierros desde el lugar de acopio hasta el frente de obra, lo que evidencia aún más la falta de planificación de las tareas y de organización de la obra.

En general, los valores de referencia de TNC (15%), se superaron en ambas obras, en la primera los días martes (27%) y jueves (20%), y en la segunda, el viernes (30%), el martes (32%) y el miércoles (23%). A partir de ello, se puede decir que, independientemente del día de la semana, que podría influenciar los resultados (ausentismo los días lunes y pagos de quincena, o celebración de almuerzos del conjunto del personal del proyecto los viernes), la causa principal de trabajo no contributivo es la mala planificación.

Eso mismo, trae aparejado una pérdida de productividad de la mano de obra, de la mano de obra, ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de los otros recursos (Cantú, Moreno, García, Simari, 2013).

## Gráficos generales

En el gráfico de la figura 37, se puede apreciar que los días lunes fue mayor la productividad para la obra A, pero al mismo tiempo, también fue el día de menor tiempo ocupado en trabajo no contributorio.

De acuerdo a los valores de referencia bibliográfica citada, los viernes se mantuvieron valores aceptables para las tres categorías, tratándose de resultados equilibrados en general. Una situación similar ocurre con la medición de los promedios del día miércoles, que llega a ser casi óptima, pudiendo reducirse en un 1% el trabajo no contributorio, para igualar el recomendado.

Pero, hacia el día martes, decae la productividad al valor mínimo del muestreo, mientras se superan las otras dos categorías.

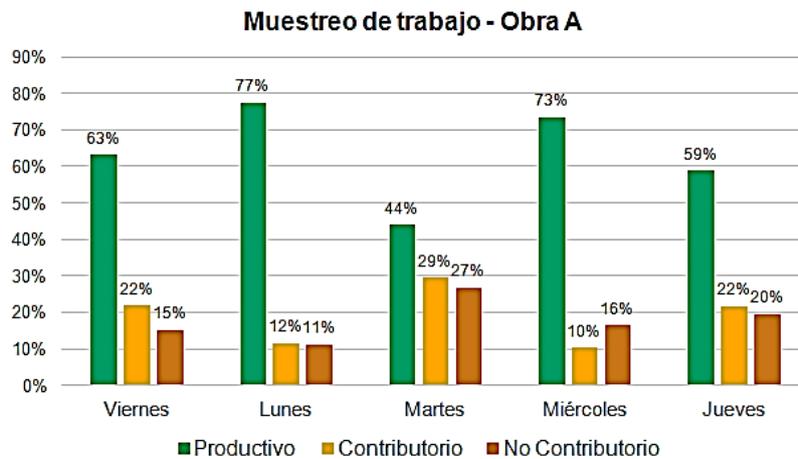


Figura Nº 37.

En la obra de la figura que sigue, se alcanza la mayor productividad el martes y el jueves, en discrepancia al resto de los días, que no llegan a igualar ni superar el 60% aceptable. Aunque, en esos dos días, se dan los mayores promedios que a su vez sobrepasan las recomendaciones: el martes es el día con máximo porcentaje de TNC (32%), y el jueves el de mayor TC.

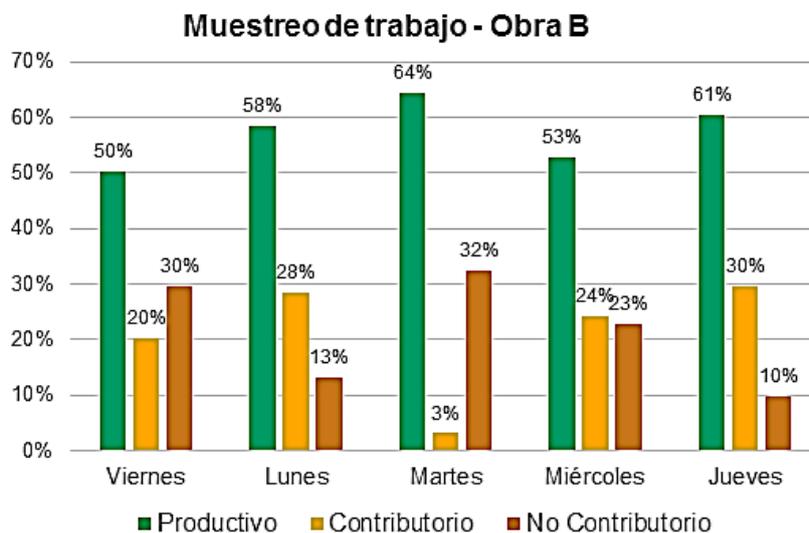


Figura Nº 38.

## Caso de medición en obra de urbanización e infraestructura

Esta obra posee características diferentes al resto de las estudiadas, no sólo a nivel constructivo, sino a otros factores del entorno que afectan la producción de otra manera.

El terreno de emplazamiento es de uso público, y tiene involucrados directos, como peatones, conductores y vecinos, lo que suma otras complicaciones. En este muestreo, se realizaron mediciones de miércoles a viernes, siendo este último día el de mayor productividad lograda (70% y 72%, superando la recomendación de Serpell Bley).

<b>Muestreo de trabajo - Obra de urbanización</b>			
<b>Día</b>	<b>Productivo</b>	<b>Contributorio</b>	<b>No Contributorio</b>
miércoles	41%	27%	33%
jueves	16%	53%	31%
viernes	70%	15%	14%
jueves	51%	22%	27%
viernes	72%	7%	21%
miércoles	64%	7%	29%

Figura N° 39.

### Trabajo Contributorio

Aun tratándose de una obra lineal distinta a las otras dos, coincide con estas en el resultado de mayor porcentaje de trabajo contributorio debido al transporte. Lo que se observa un día jueves, en que la productividad no supera a las otras categorías, siendo el menor porcentaje obtenido de las tres mediciones. Entonces, el TC duplica el valor recomendado, por actividades de transporte y proporcionalmente, se dobla la recomendación del TNC por ocio.

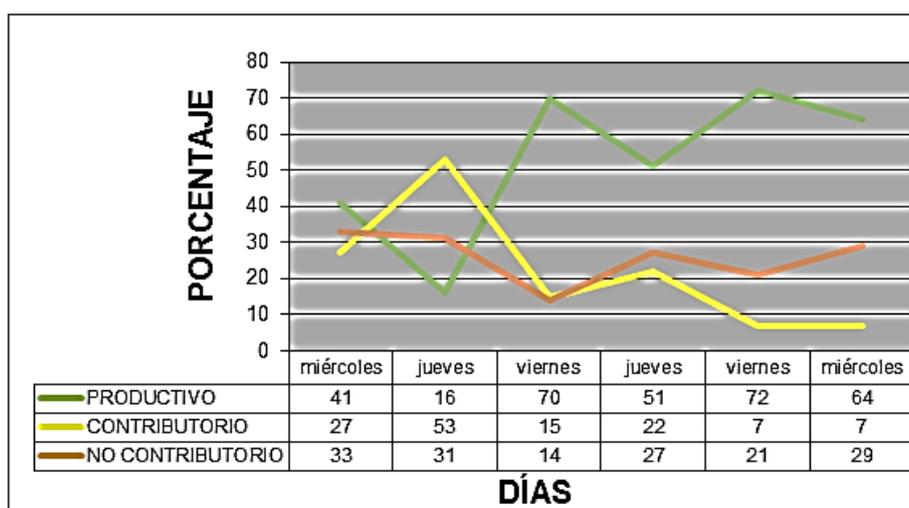


Figura N° 40.

En la situación que se advierte en la figura 41, el tiempo ocupado en transporte pudo haberse disminuido y transformado en TP, si se hubiera tomado medidas como

la disponibilidad de una cuadrilla dedicada al traslado de insumos, o bien, se hubieran distribuido adecuadamente los sectores de acopio y descarga de materiales.

Aunque se trata de una obra lineal, donde las distancias a recorrer suelen ser mayores, que por ejemplo, en las analizadas en el apartado anterior (A y B), que son edificios en altura, el TC correspondiente al transporte, es de mayor incidencia en los tres casos.

ACTIVIDAD TC	TRANSPORTE	INSTRUCCIONES	MEDICIÓN	LIMPIEZA	OTROS
DIA					
miércoles	34%	23%	0%	0%	43%
jueves	55%	1%	8%	24%	12%
viernes	40%	30%	16%	0%	14%
jueves	23%	14%	0%	49%	14%
viernes	36%	5%	0%	5%	55%
miércoles	67%	33%	0%	0%	0%
<b>Promedio</b>	<b>43%</b>	<b>18%</b>	<b>4%</b>	<b>13%</b>	<b>23%</b>

Figura Nº 41.

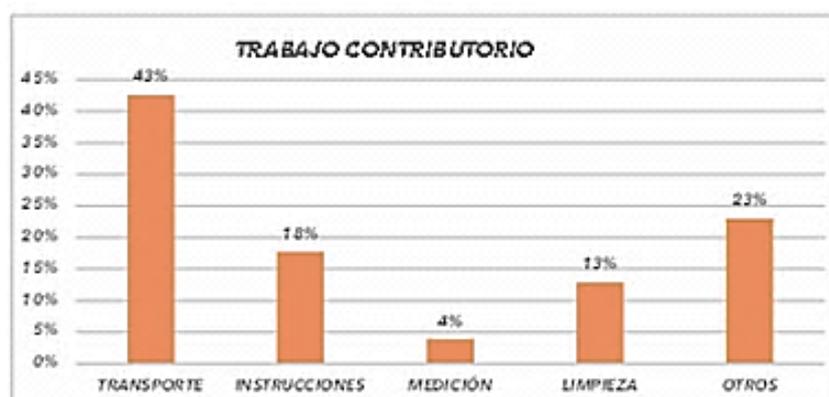


Figura Nº 42.

### Trabajo No Contributorio

Al igual que en los muestreos analizados anteriormente, la obtención de un porcentaje de 56% de tiempo improductivo por ocio, denota la insuficiente planificación de las actividades, y por consiguiente, una inadecuada gestión de los RR.HH.

Pero, fundamentalmente, los tiempos que exceden a los recomendables para trabajo no productivo, indican que la organización no cuenta con un plan maestro de programación de la obra, desarrollado con información real de sus rendimientos y productividad en obra. Es decir, que las empresas no conocen su propia capacidad productiva, por lo que no pueden mejorarla, desde el principio de los proyectos.

Al mismo tiempo, tampoco conocen los beneficios de trabajar con un plan maestro. Ya que del mismo podrían obtener una planificación intermedia, que a través de la revisión periódica, admita la determinación "restricciones" de las tareas programadas (condiciones o factores que impiden su ejecución), y a la posibilidad de removerlas antes de dar comienzo a la actividad, de manera tal que puedan elegir adelantarlas o retardarlas.

Y al final, con un correcto plan maestro, las organizaciones podrían también, aplicar la herramienta del Sistema Último Planificador. Y lograr así con ella, mantener el control del flujo de trabajo, para que los procesos de construcción tengan una mejor continuidad y se puedan evitar los tiempos ociosos de las cuadrillas o grupos de trabajo. Además de identificar en forma simultánea los factores o causas que impiden que las tareas se realicen. (Cantú, Moreno, 2012).

ACTIVIDAD TNC	ESPERAS	OCIO	VIAJES	DESCANSO	NECESIDADES FISIOLÓGICAS	REPROCESOS
DIA						
miércoles	4%	55%	24%	14%	3%	0%
jueves	7%	54%	33%	2%	3%	0%
viernes	24%	48%	26%	2%	0%	0%
jueves	2%	74%	24%	0%	0%	0%
viernes	2%	78%	20%	0%	0%	0%
miércoles	41%	29%	9%	17%	4%	0%
<b>Promedio</b>	<b>13%</b>	<b>56%</b>	<b>23%</b>	<b>6%</b>	<b>2%</b>	<b>0%</b>

Figura N° 43.

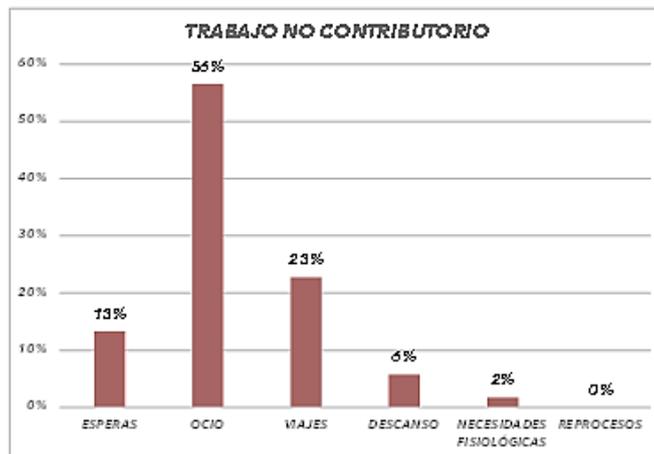


Figura N°44.

Como se observa en los gráficos, los momentos no productivos, se ocuparon principalmente en ocio. Para solventar la necesidad de evitar fatigas y al mismo tiempo mantener un ritmo de trabajo que permita a los obreros cumplir con todas las actividades programadas, es importante equilibrar las acciones de las categorías.

Para lograr eficiencia de la planificación y efectividad de la mano de obra, al realizar la asignación de trabajos, debe contemplarse un margen de tiempo no productivo, dedicado a descanso y necesidades fisiológicas, dentro de los valores aceptables ya descriptos. Complementariamente, con la implementación de medidas de calidad en la formulación de una planificación a corto plazo, se puede eliminar las esperas, y los reprocesos, y disminuir el ocio.

## CAPÍTULO 4

### **4.1 Discusión de resultados**

La información obtenida a partir del análisis de encuestas y de muestreos de trabajo, confirma que la causa que da origen a todos los factores que afectan la productividad, radica en la planificación errónea de los proyectos.

A las particularidades de los proyectos civiles, que los diferencia de las demás industrias en cuanto a capacidad productiva, se suma la resistencia al cambio que impone el rubro de la construcción. Cambio que se traduce a innovaciones no solamente tecnológicas sino administrativas, siendo estas últimas las primordiales para dar lugar a la incorporación del resto.

Por un lado, los encuestados coincidieron en que las principales razones por las que disminuye la productividad están relacionadas con una planificación errónea, con documentación incompleta del proyecto, y con la falta de coordinación con proveedores. A lo que consideraron como medida resolutive, la adecuación de la planificación del proyecto y la implementación de planes a corto plazo para controlar la producción.

Por otra parte, en los muestreos de trabajo observados, se advierte que la superación de los porcentajes recomendados para las categorías de trabajo contributivo y no contributivo, se debe a imprevistos que surgen de una planificación inadecuada de las actividades y de la disposición de los insumos y recursos de la obra, quedando demostrado en los valores obtenidos para las actividades de esperas, transporte, ocio y descanso.

Entonces, a partir de estos resultados, se puede decir que el factor que mayor afectación tiene sobre la productividad de las obras de la provincia, es la planificación. Esta a su vez está condicionada por la gestión del proyecto, influenciada por la falta de conocimiento y de visión estratégica e integral, que pondere la calidad como política de trabajo, para mantener un equilibrio de la triple restricción, y conseguir así, menores costos, evitar los trabajos rehechos, y obtener una mayor productividad.

### **4.2 Propuestas de mejora:**

Reconociendo que los factores que afectan la productividad pueden ser internos y externos a la organización que lleva adelante el proyecto en sus distintas etapas, y en base a las mediciones analizadas y las respuestas obtenidas en las encuestas, en los siguientes párrafos se plantean acciones tendientes a la reducción de pérdidas y al mejoramiento de los procesos.

#### **Frente a factores externos**

Debido a que la mayoría de los profesionales coincidieron en el cuestionario de elaboración propia que las propuestas más eficaces para mejorar la productividad del proyecto es contar con subcontratistas y proveedores experimentados, y teniendo en cuenta que en los muestreos de trabajo estudiados, los altos porcentajes de trabajo no contributivo, corresponden en varios días a las esperas de material, se propone **Gestionar a los proveedores**, procurando:

- Planificar la entrega de materiales mediante programas que conozcan quienes ejecutan obra y sus proveedores. Dichos programas deben conocerse al momento de elaborar las órdenes de compra.
- Planificar las órdenes de compra, a partir del estudio y del seguimiento de la obra.
- Programar los mantenimientos y revisiones a los equipos. Exigir un programa similar a los proveedores de equipos.
- Definir un procedimiento ágil de compra de repuestos de equipos en obra.
- Elaborar una planificación diaria de los recorridos de transporte.
- Mantener registros de atrasos en los suministros (madera, hormigones, otros). Estos constituyen un respaldo para evaluar a los proveedores.
- Estandarizar procesos y formatos de pedido de materiales.
- Al realizar los pedidos, tener en cuenta la capacidad de producción de los proveedores.
- Definir el personal responsable de realizar las adquisiciones por cada etapa.

Además, atendiendo a la bibliografía, y al muestreo en las obras A y B, en días de verano con altas temperaturas, en que el trabajo no contributivo se incrementó por en tiempo ocupado en atención de necesidades fisiológicas, se plantea gestionar los riesgos asociados al factor climático. Esto, mediante la anticipación a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos que puedan afectar desfavorablemente la producción, es decir, conocer el pronóstico extendido para el lugar de emplazamiento de la obra, y a partir de ello planificar a corto plazo, acorde a las posibilidades.

Como un ejemplo de lo anterior, una alternativa es disponer de puestos de hidratación y sanitarios en buen estado para el uso del personal, en los días de temperaturas elevadas; mientras que en los de temperaturas muy bajas, una opción recomendable es planificar tareas contributivas, que puedan realizarse en espacios cubiertos o resguardados, como el armado y montaje de andamios, de armaduras y encofrados; y también solicitar dosificación de hormigón con aditivos adecuados y aptos para hormigonar según el tiempo.

### **Frente a factores internos**

Siguiendo la opinión de los encuestados acerca de

- Que la forma más eficaz de mejorar la productividad, en que la opción de la propuesta de planificación y programación adecuada del proyecto, fue la más elegida (en igual medida que la de emplear subcontratistas y proveedores experimentados);
- Que la forma más eficaz de controlar la productividad es implementar un sistema de planificación a corto plazo;
- Que los atrasos de obra se deben, como motivo más recurrente, a las demoras en la aprobación de la documentación;
- Que el rendimiento de la mano de obra disminuye con la productividad por falta de documentación completa, con falta de detalles, y en segundo lugar, por la capacidad del recurso humano;

Las pautas de mejora en lo que compete a la organización, contemplan la necesidad de empleo de un sistema de calidad, donde la misma se planifique, se asegure y se controle.

A partir de ello, se imparten las opciones de:

- Elaboración y gestión del proyecto a partir de un plan maestro que incluya una planificación basada en datos cuya validez esté comprobada por la capacidad

productiva real de la empresa. Y, que además, incorpore porcentajes admisibles para categorías de trabajo productivo, contributivo y no contributivo.

- Elaborar matrices de responsabilidades y EDT del proyecto, para mejorar la comprensión del trabajo a realizar, minimizar las omisiones, mejorar la forma de asignación de responsabilidades, definir canales de comunicación entre los diferentes niveles, facilitar el seguimiento y control de las variables relevantes y la medición de desempeños, establecer un calendario del proyecto preciso, estructurado y dividido en todas las actividades necesarias, de manera tal que se evita la duplicidad de ellas.
- Utilizar herramientas de planificación, así como contar con personal capacitado para desarrollarlas, con conocimientos de gestión de actividades críticas y detección de cuellos de botella, con aptitud para la resolución de imprevistos y para el manejo de flujos de la cadena de valor.
- Desarrollar aptitudes proactivas en la ejecución de la obra, para que las inspecciones y controles sean exitosas, y evitar, a su vez los controles que resulten innecesarios o excesivos.
- Realizar auditorías internas, para conocer las deficiencias y debilidades de las distintas áreas involucradas. Implementar, también, técnicas de productividad para reconocer la capacidad de la mano de obra y optimizar el rendimiento de la misma y de los materiales y equipos.
- Gestionar la mano de obra mediante planes diarios, con instrucciones necesarias a impartir en la jornada laboral, como anexos y refuerzos de la planificación a corto plazo. Incluir en los mismos, tiempos de descanso y medidas para controlar el ocio.
- Mejorar la distribución tanto de los operarios en la conformación de cuadrillas, como de los materiales, insumos y equipos, y su ubicación en la obra, con el fin de reducir el tiempo dedicado al transporte.
- Impulsar las buenas relaciones laborales mediante reconocimientos, trato cordial y respetuoso, pago de incentivo económico y capacitación.

### **4.3 Conclusiones**

La obtención de mediciones de productividad de otros autores, y la formulación de un cuestionario propio, permitieron alcanzar la meta planteada, ya que a partir del análisis y evaluación de la información conseguida, se elaboraron propuestas de mejora de la productividad, desde distintas perspectivas: de los factores internos y de los factores externos a las empresas.

#### Lecciones aprendidas

Como reflexión a partir del proceso realizado, se meditó que es requerimiento primordial para lograr una mejorar el desempeño y la productividad, que se tenga en cuenta el grado de complejidad del proyecto, que se defina el alcance del mismo, y se designen responsabilidades en base a una planificación realista de las distintas etapas de desarrollo del mismo.

También, es necesario que las decisiones a tomar se basen en el estudio de la información recolectada en obra, y en la opinión de expertos, sea o no necesaria la contratación de consultores externos, o bien de personal especializado, de modo que se prevea la calidad de la documentación generada en la etapa de diseño, y del

control en la etapa de ejecución, para minimizar los cambios de órdenes. Además de contar con recurso humano capaz de gestionar en forma eficiente materiales y equipos, a fin de hacer eficiente el desempeño de los mismos.

Teniendo en cuenta lo estudiado en los antecedentes, se coincide con los autores en la importancia que tiene la mano de obra en los procesos productividad de la construcción. Por lo que a lo expuesto por Serpell y otros, se adiciona la estrategia de optimizar la gestión de los recursos humanos. Esta propuesta requiere de acciones que apunten a generar buenas relaciones laborales, fomentando el compromiso a través de la formalidad.

Esto último es una característica muy importante a desarrollar en distintos aspectos de la gestión del personal. Por ejemplo, formalizar la contratación de los trabajadores, permitiría seleccionar efectivamente a los operarios según sus capacidades, y de esa manera optimizar el desempeño de las cuadrillas, y así "premiar la productividad", como proponen Cantú y col. (2013). Además, el blanqueo del cobro de los operarios, mediante la creación de cuentas sueldo, serviría para evitar caídas en la producción durante los días de pago. Al mismo tiempo, este trato hacia los operarios, establecería un compromiso de las partes, la confianza y la motivación de los obreros, pudiendo contribuir a la disminución la rotación de personal, y del ausentismo.

Otra idea a la que se pretende enfatizar, es la de prever la planificación tanto de las tareas como de los recursos, insumos, y la distribución de los frentes de obra.

Varias de las conclusiones y recomendaciones analizadas, remarcan la necesidad de establecer un orden en la obra, de manera que las distancias no sean causales de demoras por transporte. Es decir, planificar y dimensionar adecuadamente los espacios de trabajo, la ubicación de los depósitos, disponer de cuadrillas encargadas de seleccionar y distribuir las herramientas y materiales a los sectores que lo requieran. También, la planificación de tareas a corto plazo, que salve los imprevistos y evite esperas o trabajo innecesario y mal ejecutado, "el hacer por hacer", que termina en reprocesos y trabajos rehechos.

Por otra parte, definir previamente categorías de actividades para el trabajo contributivo y no contributivo, de manera que se puedan eliminar o reducir, o bien controlar para alcanzar valores aceptables. Así, fundamentalmente, categorías de trabajo no contributivo, que son inevitables y a la vez necesarias, pueden ser programadas, estableciendo tiempos que personal este autorizado a ocupar en ocio, descanso y necesidades fisiológicas, y se evite la fatiga y la desmotivación.

#### Propuesta: línea de investigación futura.

Como se dijo en el apartado de resultados esperados, de los conocimientos alcanzados en este trabajo, derivan conceptos que dan lugar a la indagación en otras líneas de investigación relacionadas.

Entre dichas líneas, se encuentran el estudio de los factores que intervienen en la planificación de los proyectos, en la etapa de formulación y en la de ejecución. Lo que requiere de la designación de indicadores, y la definición del grado de desarrollo de diversas variables presentes en las empresas objetos de estudio; y la posterior realización de un diagnóstico organizacional acompañado de un análisis comparativo del sector.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ACEVEDO PÉREZ, R., (2015). Tesis “Pérdida de productividad laboral por cambios en los proyectos en obras de construcción”. Santiago de Chile, 2015.

ALARCÓN CÁRDENAS, L. (2001) “Identificación y reducción de pérdidas en la construcción”. Centro de excelencia en gestión de la producción (GEPUC). Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile.

ALARCÓN CÁRDENAS, L., PELLICER ARMIÑANA, E., (2008). “Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. A new management focus: lean construction”. Revista de Obras Públicas/Febrero 2009/Nº 3.496

BALARD, H. y HOWELL, G., (1994) “Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow”. Segunda Conferencia Anual de Lean Construction, 1994, Chile.

BOTERO, L.F. (2002). “Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción”. Revista Universidad EAFIT, octubre. noviembre. diciembre, número 128. Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. 9-21.

BOTERO, L.F. (2002) “Mejoramiento de la productividad en proyectos de vivienda a través de la filosofía lean construction (construcción sin pérdidas)”. Proyecto de investigación. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad EAFIT.

BOTERO, L.F. & ÁLVAREZ, M. (2003) “Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción”. Revista EAFIT, N° 130, 66-78.

CAMPERO Q., M., ALARCÓN C. L., (2012) “Administración de Proyectos Civiles”, Ediciones Universidad Católica de Chile.

CANTÚ, A., MORENO, J., GARCÍA, G., SIMARI, G., (2013). “Aplicación de la técnica de muestreo del trabajo para la medición de la productividad real en obras civiles”. 1º Congreso ALCONPAT Argentina.

CANTÚ, A., MORENO J. (2013) “Verificación de estándares de calidad en la ejecución de viviendas de carácter social”. XII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción y XIV Congreso de Control de Calidad en la Construcción CONPAT-Colombia.

CANTÚ, A., MORENO J. (2013) “Identificación de pérdidas y análisis de causas en los procesos de construcción”. 1º Congreso ALCONPAT Argentina.

CANTÚ, A., MORENO, J., GALLINA M., GARCÍA, G. (2009) “Productividad real en obras civiles. Análisis de un caso”. Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería EnIDI 2009.

CANTÚ, A., MORENO, J., SIMARI, G., GARCÍA, G. (2009) “Análisis de la eficiencia del proceso de hormigonado a través de las cartas de balance”. 1º Congreso ALCONPAT Argentina 2013

DE JORGE-MORENO, J., LÓPEZ, O., & DÍAZ CASTRO, J. (2014). Productividad, eficiencia y sus factores explicativos en el sector de la construcción en Colombia 2005-2010. Cuadernos de Economía, 33(63), 569-588.

GÓMEZ CABRERA, A. Y MORALES BOCANEGRA, D. (2016) "Análisis de la productividad en la construcción de vivienda basada en rendimientos de mano de obra", INGE CUC, vol. 12, no. 1, pp. 21-31,

HARRIS, F., Mc CAFFER, R. (2013) "Gestión de la Construcción Moderna". Technology & Engineering.

KOSKELA, L. (1992) "Application of the new production philosophy to construction". Technical report N° 72. Center for integrated facility engineering. Department of Civil Engineer, Stanford University. 1992.

MARTÍNEZ, L., VERBAL, R., SERPELL BLEY, A. (1990) "Recomendaciones para aumentar la productividad en la construcción". Revista Ingeniería de Construcción, N°8, Enero-Junio 1990.

MORA VALVERDE, J. (2012). Tesis "Productividad de tres actividades en la construcción de un centro de distribución de 54000m<sup>2</sup>". Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería en Construcción. Noviembre del 2012.

Profesionales y Técnicos SPG, "Productividad en la Industria de la Construcción Chilena". Revista BIT, Septiembre 2001.

RAMÍREZ, R., ALARCÓN, L. F., KNIGHTS, P. (2003). Sistema de evaluación de gestión como complemento al sistema nacional de Benchmarking para empresas constructoras chilenas. Revista Ingeniería de Construcción Vol. 19 N°1, Abril del 2004.

SARMIENTO, A. (2001). "Programa integral de mejoramiento (PIM) en empresas de construcción". Revista Ingeniería de Construcción Volumen 16 No2, Julio - Diciembre de 2001.

SERPELL BLEY, A. (2002) "Administración de operaciones de construcción", Ed. Alfaguara. México.

SOLÍS CARCAÑO, G., ARCUDIA ABAD, BAEZA PEREYRA, J. (2004). "Determinación de los factores que afectan la productividad de la mano de obra de la construcción". Arcudia et.al. / Ingeniería 8-2 (2004) 145-154.

SOLÍS CARCAÑO, G., ARCUDIA ABAD, C., FAJARDO, J. (2001). "Modelo de los factores para el estudio de la productividad en la construcción masiva de vivienda". Revista Ingeniería de Construcción Volumen 16 No1, Enero - Junio de 2001.

## ANEXO ENCUESTA SOBRE PRODUCTIVIDAD EN OBRAS

La presente encuesta tiene como objetivo detectar las principales causas que influyen en la productividad de las Obras. De esta manera, se pretende identificar las oportunidades de mejora, con el fin de proponer acciones correctivas que apunten a optimizar los procesos y recursos involucrados, y a la obtención de mejores resultados.

A su criterio, ¿Cuál es la variable de mayor incidencia en el desvío del plazo de ejecución?:

- Modificaciones en el proyecto
- Una planificación errónea, irreal
- Errores de gestión
- Demoras en los pagos de certificaciones
- Falta de capacidad operativa

¿Cuáles son los motivos más recurrentes con los que se justifican los atrasos de obra?

- Causas climáticas
- Demoras en la aprobación de documentación
- Disponibilidad de mano de obra
- Falta de coordinación con proveedores (materiales, máquinas y equipos)
- Retraso de las actividades por errores de planificación

¿Cuál cree que es la forma más eficaz de controlar la productividad?:

- Medir y comparar el avance físico y el atraso, al momento de certificar.
- Aplicar programas de calidad, que incluyan procedimientos, instructivos de trabajo, listas de chequeos, etc.
- Implementar un sistema de planificación a corto plazo, que permita conocer con moderada anticipación los trabajos que se ejecutarán en la obra.
- Realizar mediciones en obra de los tiempos productivos y no productivos insumidos para la ejecución de una tarea.

¿Cuáles son las razones por las que disminuye el rendimiento de la mano de obra y la productividad?: Indique las tres más relevantes.

- Complejidad de la tarea de construcción a realizar
- Diseños que no facilitan la construcción
- Poco involucramiento del constructor en la fase del diseño
- Capacidades del recurso humano
- El ausentismo
- Rotación del personal
- Rotación en la tarea
- Cansancio, monotonía y el consiguiente aburrimiento del trabajador.

- Deficiente administración del proyecto
- Deficiente gestión de los materiales
- Deficiente manejo interno de materiales
- Falta de espacio suficiente para realizar las labores eficientemente.
- Cambio de órdenes
- Las condiciones meteorológicas
- Dificultades financieras del cliente
- Cambios frecuentes de diseño
- Retraso en el pago al proveedor o subcontratista
- Planificación inapropiada del proyecto
- Toma de decisiones lenta por parte del cliente
- Documentación incompleta, falta de detalles
- Papeleo: burocracia, controles excesivos, procedimientos poco claros
- Otras.....

¿Qué propuestas considera más eficaces para mejorar la productividad en el proyecto? Marque las tres que considere relevantes:

- La incorporación de tecnologías
- La estandarización de cuadrillas y de procesos de ejecución
- La gestión colaborativa entre la administración y la contratista
- Dar trabajos al tanto sin descuidar la calidad de la tarea
- La gestión aplicada desde la etapa de concepción del proyecto: revisión del diseño por parte de profesionales del área de construcción, contratación de consultores externos.
- El uso de herramientas y métodos para detectar las pérdidas en los procesos de construcción, y hacer un seguimiento de los entregables y plazos.
- La realización de manuales de lecciones aprendidas en experiencias anteriores, que sirva de apoyo a los nuevos proyectos.
- Gerente de proyecto competente
- Planificación y programación adecuada del proyecto
- Diseño completo y adecuado en el momento adecuado
- Uso de subcontratistas y proveedores experimentados
- Uso de equipo de construcción adecuado y moderno
- Implementar metodologías de gestión de proyectos
- Representante del cliente competente y capaz.
- Otras.....

¡¡ MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN !!