

# ANÁLISIS DE INDICADORES CLAVES PARA UNA EXITOSA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN

Daniel Sabbatino<sup>1</sup>, Luis F. Alarcón<sup>2</sup> y Mauricio Toledo<sup>3</sup>

## RESUMEN

Este documento busca determinar recomendaciones mediante análisis estadísticos para lograr una exitosa implementación del sistema Last Planner en base a algunos indicadores que el sistema utiliza. Entre los objetivos de este trabajo se encuentra el identificar indicadores que permitan desarrollar capacidades preventivas de retrasos junto con establecer las causas más recurrentes que generan atrasos durante la ejecución de proyectos.

Para lograr lo anterior se cuenta con información de diferentes proyectos de ingeniería en los que ha participado el Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica (GEPUC). Se extrajeron datos e indicadores de un software de planificación y control de proyectos llamado IMPERA y desarrollado por GEPUC en base a la metodología de Last Planner. La información extraída corresponde a 15 proyectos de edificación. Entre los indicadores utilizados se encuentran; el PPC (Porcentaje Plan Completado), CNC (Causas de No Cumplimiento), PCR (Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones) y Curvas de Avance Reales y Programadas.

Los resultados indican la estrecha relación que tienen algunos índices como el PPC y PCR en el avance o retraso de los proyectos. También se muestran las principales causas de no cumplimiento originadas.

## ABSTRACT

This article aims to identify recommendations using statistics analysis to achieve a successful implementation of Last Planner System based on some indicators that the system uses. The objective of this work is to identify indicators to develop preventive capabilities of delays and identify the most common causes that create delays during the project implementation.

For the development of this research we had access to a database of engineering projects were GEPUC (Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica) participated. Data and indicators were extracted from IMPERA, a software used for control and planning developed by GEPUC based on the Last Planner methodology. The extracted information corresponds to 15 building projects. The indicators used are; the PPC (Percent Plan Completed), CNC (Causes of Non-Compliance), PCR (Compliance Percentage Restrictions) and curves of actual and scheduled progress.

The results revealed the close relationship between PPC and PCR during the development of projects. We also found the main causes of non-compliance during the projects.

**KEYWORDS:** LAST PLANNER, RECOMENDACIONES, IMPLEMENTACIÓN, INDICADORES.

---

<sup>1</sup> Civil Engineer, Universidad de Chile, Escuela de Ingeniería, Santiago, Chile e-mail: [sabbatino@gmail.com](mailto:sabbatino@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor, Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, Casilla 306, Correo 22, Santiago, Chile, Fax : 011-562-686-4806, e-mail: [alarcon@ing.puc.cl](mailto:alarcon@ing.puc.cl)

<sup>3</sup> Professor, Universidad de Chile, Escuela de Ingeniería, Santiago, Chile, e-mail: [mjtoledo@ing.uchile.cl](mailto:mjtoledo@ing.uchile.cl)

## **INTRODUCCIÓN**

El sistema Last Planner es un sistema de control de la producción que apunta a incrementar la fiabilidad de la planificación junto con mejorar el desempeño de los proyectos mediante el control efectivo de la incertidumbre. Para esto, se incorporan nuevos conceptos a la planificación como lo son el qué se debe hacer, cómo se debe hacer, que acción debe tomarse, quién es el responsable de ella y por qué, con el fin de lograr compromisos confiables por parte de los participantes.

Este sistema ha sido aplicado en Chile desde el año 1995 con resultados positivos y promete solucionar parte de los problemas comúnmente originados en la construcción actual o tradicional (Alarcón 2008). Sin embargo, no se sabe con precisión cuáles son todos los impactos que realmente genera una buena aplicación de este sistema en Chile. Por lo anterior, es necesario investigar las maneras de implementar este sistema de manera eficaz en Chile.

Para el desarrollo de este trabajo se contó con el apoyo del Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica (GEPUC), entidad que desarrolla investigación e implementación de mejoramientos en proyectos. Se contó con la información de un software de planificación y control de proyectos llamado IMPERA y desarrollado por GEPUC en base a la metodología Last Planner.

En este trabajo se desarrolló una identificación de indicadores que permiten desarrollar capacidades predictivas de retrasos durante la ejecución de los proyectos utilizando el PPC (Porcentaje de Plan Completo) y PCR (Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones). También se identificaron las CNC más frecuentes según la empresa de origen generando un ranking para determinar en qué actividades es necesario concentrarse para impedir un potencial retraso. Se decidió utilizar estos indicadores ya que son fundamentales para la implementación del sistema pues otorgan información de cómo se está llevando a cabo el proyecto y cuáles son las falencias que alteran el buen desarrollo de este, proporcionando información valiosa para el mejoramiento continuo. Luego, con este trabajo se espera poder contribuir a que este sistema se practique en Chile de manera más fácil y exitosa.

## **PROYECTOS UTILIZADOS**

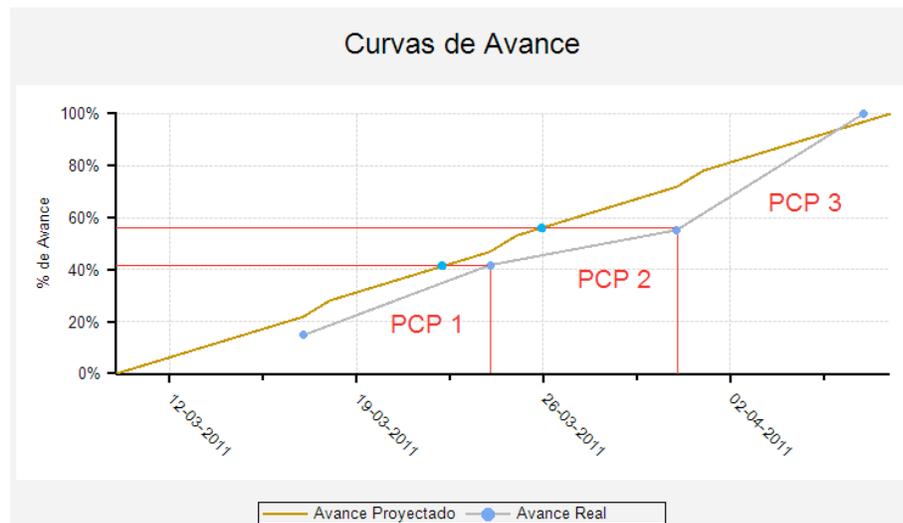
Para este análisis se contó con un total de 15 proyectos de 4 empresas que han implementado el sistema Last Planner en Chile utilizando el software IMPERA. De estos, 11 se pueden considerar del tipo “edificación en altura” y 4 del tipo “edificación en extensión”. Los proyectos de edificación en altura son generalmente proyectos inmobiliarios en terrenos pequeños donde la obra se desarrolla de manera vertical. Los proyectos de edificación en extensión son proyectos que necesitan de terrenos extensos donde la obra se desarrolla de forma horizontal utilizando gran parte de éste. Estos datos se utilizaron para la búsqueda de indicadores y la generación de rankings de CNC.

## **MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN DE PERÍODOS CON VELOCIDAD DE AVANCE RELATIVA DEFICIENTE Y EFICIENTE**

Para identificar los períodos de retrasos se desarrolló un método para determinar si el proyecto está avanzando de manera eficaz o ineficaz según la programación inicial de las actividades. Este método considera comparar semana a semana (o período de corto plazo a período de corto plazo) la velocidad de avance de la curva de avance programada con la curva de avance real. De esta manera se identificaron y extrajeron los PPC y los PCR de los períodos que destacaban por su gran retraso y gran avance en cada proyecto.

Recordemos que las pendientes de las curvas de avance de los períodos de corto plazo (PCP) representan las velocidades relativas con que avanza el proyecto. Luego para identificar estos períodos es necesario contar con las pendientes reales y programadas de cada PCP. El software IMPERA genera las curvas de

avance real y programada para cada PCP y por consiguiente, las pendientes. Un ejemplo se muestra en la Figura 1:



**Figura 1: Comparación de pendientes en PCP reales y programadas**  
**Fuente: Elaboración Propia en IMPERA**

Se puede observar de la Figura 1 que el PCP 3 podría considerarse como un PCP eficiente dado que su pendiente real es mayor a la programada. Por otro lado, observamos que el PCP 2 podría considerarse como un PCP deficiente ya que su pendiente real es inferior a su pendiente programada.

Una vez obtenidas las pendientes de PCP (real y proyectada) se obtiene la razón entre ellas para saber si el proyecto se está desarrollando según a lo planificado. Si la razón de las pendientes es inferior a 1 entonces significa que el proyecto se está retrasando ya que su rendimiento es inferior al programado y por lo tanto la curva real se aleja de la programada.

$$\frac{m_{real}}{m_{proyectado}} < 1 \quad [Ec 1] \rightarrow \text{Velocidad de avance menor a lo proyectado}$$

Por el contrario si la razón es mayor a 1 entonces el proyecto se está adelantando al programa y la curva de avance real se acerca a la programada.

$$\frac{m_{real}}{m_{proyectado}} \geq 1 \quad [Ec 2] \rightarrow \text{Velocidad de avance mayor a lo proyectado}$$

Un proyecto consta de muchos períodos de corto plazo (PCP). La identificación de cada PCP de velocidad de avance relativa deficiente consiste en identificar los PCP que pertenecen al 20% más lento (los dos menores deciles) de todo un proyecto. De igual forma se identificaron los PCP de velocidad de avance relativa eficiente considerando el 20% más rápido (los dos mayores deciles).

Recordemos que los deciles son los nueve valores que dividen la serie de un conjunto de datos ordenados en diez partes iguales. Los deciles entregan los valores correspondientes al 10%, al 20%... y al 90% de los datos (DEMRE, 2008).

## INDICADORES QUE PERMITEN DESARROLLAR CAPACIDADES PREVENTIVAS DE RESTRASO

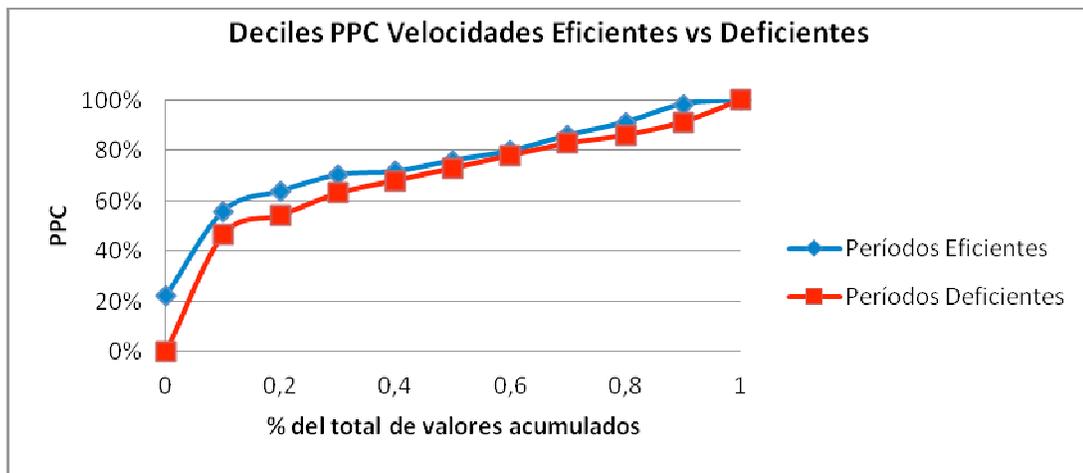
Cada período de corto plazo tiene asociado un PPC y un PCR, luego para este análisis se identificaron los PPC y PCR de los períodos de velocidades de avance deficientes y eficientes encontrados utilizando el

método propuesto anteriormente para cada uno de los proyectos. Luego se agruparon todos los períodos deficientes y eficientes y se generaron los análisis siguientes:

### ANÁLISIS DEL INDICADOR PORCENTAJE DE PLAN COMPLETADO (PPC)

Se compararon los PPC de períodos con velocidades de avance eficiente y deficiente ordenándolos según sus deciles y graficándolos en 2 curvas. Se utilizaron los deciles para este análisis ya que la cantidad de datos encontrados de períodos de velocidades eficientes y deficientes son distintos por lo que es necesario estandarizarlos para poder compararlos.

El gráfico muestra la diferencia que existe entre el los PPC de períodos de velocidad deficiente con los PPC de períodos de velocidad eficiente:



**Figura 2: Análisis PPC en períodos de velocidades deficientes y eficientes**

La Figura 2 se lee de la siguiente manera:

- El 20% (0,2) del total acumulado de períodos de velocidades deficientes tienen un PPC inferior a 54%.
- El 60% (0,6) del total acumulado de períodos de velocidad eficiente tienen un PPC inferior a 80%.

Lo primero que hay que destacar de la Figura 2 es que la curva de velocidades eficientes es en todo momento mayor a la curva de de velocidades deficientes. Esto nos dice en primera instancia que existe relación entre el PPC y la velocidad de avance de los proyectos: a mayor PPC, se puede esperar una velocidad de avance mayor del período en cuestión. Por otro lado, notamos que bajo un PPC de aproximadamente 70% las diferencias entre períodos lentos y rápidos son relevantes, mientras que sobre este valor las curvas se asemejan bastante. Esto quiere decir que a menor PPC, las distinciones entre períodos lentos y rápidos pueden llegar a ser más certeras.

Se identificó el porcentaje de aumento entre tramos (deciles) de períodos eficientes y deficientes para destacar las diferencias entre las curvas. Para eso se utilizó la siguiente metodología:

1. Se calculó la razón entre deciles de PPC de velocidades eficientes y deficientes  $\left(\frac{PPC_{ef}}{PPC_{def}}\right)$ .
2. Se promediaron estas razones para obtener el porcentaje de aumento por tramo.

En la Tabla 1 se muestra el aumento en porcentaje de los tramos deficientes a los eficientes:

**Tabla 1: Porcentaje de aumento por tramos PPC**

		Porcentaje de aumento por tramos PPC							
Tramo	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1
Porcentaje de aumento	19%	15%	8%	5%	3%	3%	5%	7%	4%

Haciendo un análisis de la Tabla 1 podemos notar que el menor aumento se encuentra entre la brecha del decil 0,5 y 0,7. Si miramos la Figura 2, el valor del PPC en estos tramos se encuentra entre 70% y 80%. Esto quiere decir que los períodos lentos y rápidos se encuentran en la misma proporción cuando el PPC se sitúa alrededor del 70%, el cual es bueno para un período lento (según implementadores de GEPUC, un buen PPC es considerado del 70% hacia arriba). Esto puede deberse a que los Últimos Planificadores no se están comprometiendo lo suficiente o se están poniendo metas muy bajas y fáciles de cumplir, lo que explica el buen PPC (recordemos que el PPC es el índice que nos dice qué porcentaje de nuestros compromisos estamos cumpliendo). Sin embargo, el proyecto avanzará por debajo de lo programado (lo que explica el período lento) y por lo tanto el proyecto se atrasará.

Luego, podríamos decir que hay que tener especial cuidado con los PPC alrededor del 70% ya que es aquí donde es difícil reconocer los períodos rápidos de los lentos.

Por lo anterior, y dado que el PPC de los períodos de velocidades eficientes siempre resultó mayor a los deficientes podemos decir que hemos encontrado una relación entre el PPC y la velocidad de avance de un proyecto: A mayor PPC, es muy probable que la velocidad de avance del período en cuestión sea más rápida.

### **ANÁLISIS DEL INDICADOR PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE RESTRICCIONES (PCR)**

Para el análisis de restricciones se utilizaron los mismos criterios y períodos de velocidades eficientes y deficientes analizando sus porcentajes de cumplimiento de restricciones o PCR.

Al igual que el PPC, el PCR se calcula para cada período de corto plazo. Este indicador muestra cómo ha sido la evolución de la liberación de restricciones de cada período de corto plazo. Esto permite saber si el programa se está llevando a cabo de manera correcta en cuanto al cumplimiento de responsabilidades.

El PCR se calcula al final de cada período de corto plazo mediante la siguiente fórmula (manual de referencia IMPERA):

$$PCR = \frac{A + B}{C} \quad [Ec 3]$$

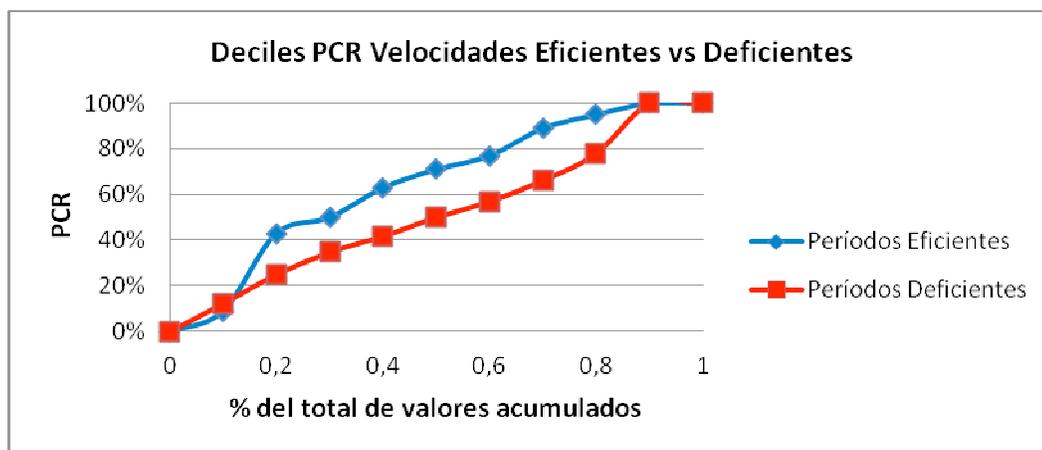
Donde:

**A:** Número de restricciones liberadas en el período de corto plazo actual, cuya fecha comprometida para su liberación se encuentra dentro del período de corto plazo actual.

**B:** Número de restricciones cuya fecha comprometida de liberación se encuentra dentro del período actual, sin embargo, su fecha de liberación efectiva se realizó en un período de Corto Plazo anterior.

**C:** Total de restricciones, cuya fecha comprometida de liberación se encuentra dentro del período de corto plazo actual.

De esta manera se compara el PCR de los períodos de velocidades eficientes y deficientes utilizando sus deciles. Los resultados se muestran en la Figura 3:



**Figura 3: Análisis de PCR en períodos deficientes y eficientes**  
Fuente: Elaboración Propia

De la Figura 3 se observa una clara diferencia entre los períodos de velocidades deficientes y los eficientes. El PCR es indudablemente mayor en períodos eficientes durante todo el desarrollo de la curva a excepción del 10% inferior al total de los valores acumulados. Esto tiene mucho sentido ya que si en un período no se liberan gran parte de las restricciones, entonces es altamente probable que las actividades a ejecutar en el mismo no se logren por completo y esto se vea reflejado en una pobre velocidad de avance y en un atraso en el proyecto.

De la misma manera que la Tabla 1 fue generada para el PPC, se genera la Tabla 2 utilizando el PCR:

**Tabla 2: Porcentaje de aumento por tramos PCR**

Tramo	Porcentaje de aumento por tramos PCR								
	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1
Porcentaje de aumento	24%	57%	46%	46%	39%	35%	28%	11%	0%

De la Tabla 2 se puede inferir que el porcentaje de aumento por tramo es generalmente constante durante los deciles 0,2 a 0,8 con un promedio de 42% de aumento. De los análisis expuestos y dado que el PCR de los períodos de velocidades eficientes resultaron indiscutiblemente mayor a los deficientes, podemos decir que hemos encontrado relación entre el PCR y la velocidad de avance de un proyecto: A mayor PCR, es muy probable que la velocidad de avance del período en cuestión sea más rápida.

### ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (CNC)

Es necesario saber cuáles son los principales obstáculos que ocurren durante los proyectos en el mundo de la construcción que conllevan a retrasos y encontrar la mejor manera de abordarlos o mitigarlos. Por lo anterior, se extrajo una categorización de las CNC según su origen, es decir, quiénes son los responsables que el compromiso de avance de una actividad no se haya podido cumplir. Con esto, se generó un ranking de las CNC de mayor influencia según la empresa de origen.

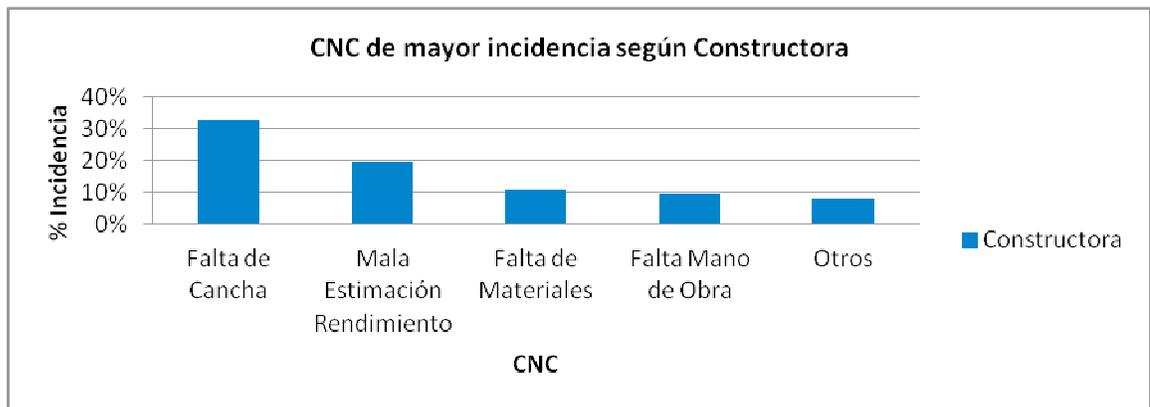
## RANKING DE CNC SEGÚN EMPRESA DE ORIGEN

Se extrajeron las CNC de mayor incidencia según el tipo de empresa vinculada al origen. Se decidió trabajar con las 3 empresas origen más comunes:

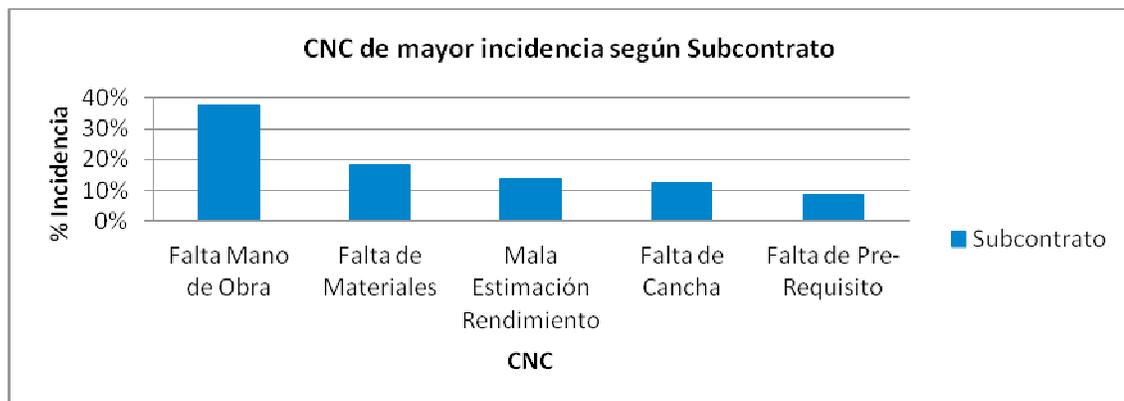
- Constructora
- Subcontratista
- Mandante

Se escogieron estas 3 pues son las más comunes y representativas de las entidades que interactúan en una obra de construcción.

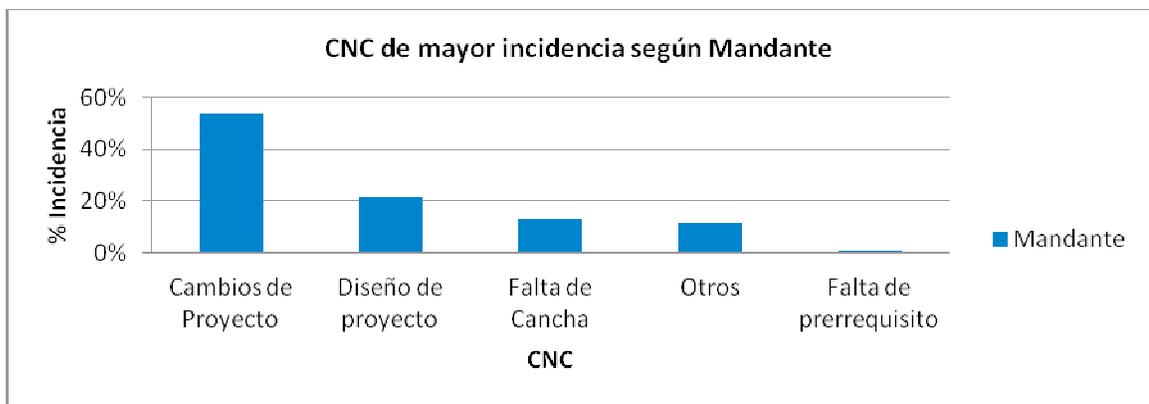
Se obtuvo el porcentaje de incidencia de las CNC para cada proyecto y por separado según la empresa en la que se originó. Para esto se utilizó el reporte que entrega el software IMPERA “Distribución de Causas de No Cumplimiento por Función” en todos los proyectos y seleccionando la empresa de origen respectiva. Una vez recopilada esta información, se sumaron los porcentajes de incidencia de cada CNC y se prorratearon estas sumas para finalmente obtener las 5 CNC de mayor incidencia según la empresa origen. En las Figuras 4, 5 y 6 se muestran los resultados obtenidos:



**Figura 4: CNC de mayor incidencia según Constructora**  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 5: CNC de mayor incidencia según Subcontrato**  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 6: CNC de mayor incidencia según Subcontrato**  
**Fuente: Elaboración Propia**

En las Figuras 4, 5 y 6 se observa cuáles son las CNC más frecuentes de las 3 empresas participantes más comunes en el rubro de la construcción: la constructora, los subcontratos en general y el mandante.

La primera incidencia de CNC en las tres empresas destacan por sobre el resto ya que la brecha que existe entre la primera CNC y la segunda es mayor a las que le siguen y por lo tanto las consideramos significativamente más importantes que el resto:

- En el caso que el origen de la CNC es de la constructora, existe una diferencia de 13% entre la primera CNC y la segunda, siendo mayor que la diferencia que tiene la segunda con la tercera de solo 9%.
- En el caso que el origen de la CNC es de los subcontratos, esta diferencia es de 20%, seguida por un 4%.
- En el caso que el origen de la CNC es del mandante, esta diferencia es casi el doble de las siguientes incidencias logrando un 33% seguida de un 8%.

Es necesario tomar en consideración que las tres primeras mayorías de CNC de cada empresa representan un 64%, 70% y 88% de los problemas originados por parte de las constructoras, los subcontratos y mandantes respectivamente.

## CONCLUSIONES

### PPC y PCR

De los análisis del PPC y el PCR, se logró concluir que un buen PPC y una liberación de restricciones a tiempo son factores a considerar para lograr un buen desempeño del período de corto plazo. Luego podemos suponer el PPC y el PCR proponen ser indicadores tempranos de la velocidad de avance de los períodos en cuestión. Por lo tanto, la identificación temprana de períodos de velocidad de avance eficiente y deficiente utilizando el PPC y PCR, sugiere que estos indicadores son clave para un eficaz desarrollo del proyecto y proporcionan una manera de anticiparse a la velocidad con que se desarrollan los proyectos.

### RANKING DE CNC SEGÚN ORIGEN: CONSTRUCTORA, SUBCONTRATO Y MANDANTE

Es necesario destacar la importancia que tiene darle solución a los problemas relacionados con la falta de cancha<sup>4</sup> en empresas constructoras, la falta de mano de obra en empresas de subcontratos y los cambios de proyecto para el mandante:

<sup>4</sup> Entiéndase por falta de cancha a la situación en que una actividad no puede seguir su desarrollo normal debido a que está siendo interrumpida físicamente o espacialmente por otra.

- Debemos procurar que la constructora esté constantemente revisando y coordinando sus funciones en las áreas de trabajo para evitar obstruir e impedir el trabajo del resto del equipo y no generar CNC por falta de cancha.
- Por otro lado, los subcontratos fracasan en lo que es generalmente la mayor CNC en la industria de la construcción, que es la falta de mano de obra. Se le debe exigir al subcontrato que cuente con mano de obra suficiente para cumplir con los rendimientos sino los subcontratos deben tener la responsabilidad y obligación de informar con anticipación que los rendimientos solicitados no se alcanzarán debido a falta de mano de obra para poder tomar las acciones pertinentes.
- Por último, las mayores CNC originadas por parte del mandante tienen que ver con los cambios de proyectos y su diseño. El mandante es el cliente y debe dejar claro desde un principio cuál es su necesidad y cuáles son sus objetivos. Sin embargo, las personas pueden cambiar de parecer pues está en su naturaleza por lo que se debe estar en constantes conversaciones con el cliente para anticiparse a estos cambios antes de que se vean reflejados en malos rendimientos.

## **COMENTARIOS**

Los resultados obtenidos nos demuestran, por un lado, lo importante que pueden ser los indicadores utilizados por Last Planner y las CNC que debemos tomar con mayor consideración para lograr un buen rendimiento en los proyectos. Por otro lado, se debe seguir investigando teniendo un mayor número de proyectos para lograr resultados más claros y evidentes. También se podrían analizar otros tipos de proyectos y en otros países para saber si estos siguen la misma tendencia encontrada. Luego, con algunos otros estudios como los mencionados anteriormente se podría lograr tener certeza absoluta del uso que pueden llegar a tener estos indicadores como predictores de períodos eficientes y deficientes.

## REFERENCIAS

- ALARCÓN Luis Fernando, **Guía para la implementación del sistema del último planificador**, GEPUC, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 2008, Chile.
- DEMRE, **Nociones básicas de estadística utilizadas en educación**, Universidad de Chile, Departamento de evaluación, medición y registro educacional, 2008, Chile.
- SABBATINO, Daniel, **Directrices y recomendaciones para una buena implementación del sistema Last Planner en proyectos de edificación en Chile**, Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, 2011, Chile.
- Manual de referencia IMPERA, GEPUC, 2009, Chile