UNIVERSIDAD
SAN IGNACIO
DE LOYOLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CONTROL BAJO EL SISTEMA LAST PLANNER EN DOS PROYECTOS DE EDIFICACIONES DE LIMA METROPOLITANA

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

DIEGO ENRIQUE ACOSTA CASTILLO

Asesor:
Mg. Ing. Paula Rojas Julián

Lima – Perú
2018

Durante el recorrido de mi vida me pude dar cuenta de que existen muchas cosas para lo cual soy bueno, encontré habilidades que pensé no tenia, que se desarrollaron con el tiempo y con los golpes que me hicieron aprender y madurar, aprendí sobretodo que a pesar de disfrutar trabajar solo, siempre conseguiré un mejor resultado si lo realizo con la ayuda y compañía de personas que me hagan mejor, por tales razones dedico el presente "Trabajo por Suficiencia Profesional" a cuatro personas, mi madre que su apoyo fue incondicional durante toda mi vida, que supo guiarme y confiar cuando todo parecía acabado, a mi novia que llego a mi vida para hacerla mejor, quien confió en mi con los ojos cerrados y es mi ejemplo a seguir, aprendiendo de ella día a día, a mi hijo Milan, que es mi motorcito de superación y para finalizar a mi abuela Anaya, que le debo todo y que me vera conseguir todos mis triunfos.

Por lo descrito líneas arriba, gracias por saber confiar en mí y estar en el momento indicado, porque gracias a ustedes hoy puedo decir "LO LOGRE".

Tabla de contenidos

1. CAPITULO I: GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....

1.1 Datos Generales.....
1.2 Nombre o Razón Social de la Empresa .....
1.3 Ubicación de la Empresa.....
1.4 Giro de la Empresa .....
1.5 Tamaño de la Empresa .....
1.6 Breve Reseña Histórica de la Empresa.....
1.7 Organigrama Funcional de la Empresa .....
1.8 Misión, Visión y Política.....
1.8.1 Misión.....
1.8.2 Visión .....
1.8.3 Política .....
1.9 Productos y Clientes.....
1.9.1 Productos en Perú.:.....
1.9.2 Clientes.:.....
1.10 Premios y Certificaciones.....
1.10.1 Premios. .....
1.10.2 Certificaciones. .....
1.11 Relación de la Empresa con la Sociedad.....

2. CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....

2.1 Caracterización del Área en el que Participó.....
2.2 Antecedentes y Definición del Problema .....
2.3 Objetivos.....
2.3.1 Objetivo general. .....
2.3.2 Objetivos específicos. .....
2.4 Justificación.....
2.5 Alcances.....
2.6 Limitaciones .....

3. CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO .....

3.1 Filosofía Lean ……
3.2 Lean Production ……
3.3 Lean Construction …….
3.3.1 Planificación Tradicional…….
3.3.2 Planificación Lean Construction …….
3.3.3 Planificación Tradicional vs Planificación Last Planner……
3.4 Principios Lean Construction …….
3.4.1 Reducir las actividades que no agreguen valor al cliente……...
3.4.2 Aumento del valor del producto/servicio……
3.4.3 Reducción de la variabilidad……...
3.4.4 Reducción del tiempo de ciclo ……
3.4.5 Simplificar los procesos…….

3.4.6 Aumentar la flexibilidad de la producción…….
3.4.7 Aumentar la transparencia del proceso……...
3.4.8 Centrarse en el control del proceso completo …….
3.4.9 Realizar mejoras continuas en el proceso ……
3.4.10 Introducir mejoramiento continuo en los procesos……...
3.4.11 Benchmarking

3.5 Last Planner System ……...
3.5.1 Resumen ……..
3.5.2 Introduccion ……
3.5.3 Evolucion Historica …….
3.5.4 Se puede, se debería, se hara ……..
3.5.5 Pull vs Push …….
3.5.6 Niveles de programación …….
3.5.6.1 Progamación Maestro ……...
3.5.6.2 Programacion Intermedia (LookAhead) ……...
3.5.6.3 Programacion Semanal ……
3.5.6.4 Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) …….
3.5.6.5 Teoría de las Restricciones ……...
3.5.7 Casos de estudio: “The Last Planner System of Production Control” de Glenn Ballard

4. CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO ……...

4.1 Resumen
4.2 Metodología de la implementación
4.3 Indicadores al medir

5. CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y RESULTADOS .....
6. Conclusiones.....
7. Recomendaciones.....
8. Referencias .....
9. Glosario de Abreviaciones.....
10. Anexos.....

RESUMEN

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CONTROL TOMADAS DEL SISTEMA LAST PLANNER EN DOS PROYECTOS DE EDIFICACIONES DE LIMA METROPOLITANA

La construcción es un pilar dentro de la economía de toda nación, por ende, la implementación de nuevos sistemas de gestión requieren una exclusiva atención, con el fin de obtener resultados positivos dentro de las empresas nacionales y extranjeras.

Este sistema ha tenido una aplicación en el sector de construcción a nivel nacional como internacional, no obstante, es fundamental la evaluación de las herramientas de control desde un enfoque objetivo que eficiente del sistema, es decir las dificultades en su aplicabilidad.

Estas herramientas de control, van a permitir optimizar los procesos de planificación, es por ello que se considera la utilización del "Sistema Last Planner", el cual es una metodología de la filosofía "Lean Construction", el cual se conceptualizara en el Capítulo III, para después mostrar su aplicación a la construcción de edificios construidos por parte de la empresa donde laboro, Capítulo IV.

El "Sistema Last Planner", propone una brecha entre lo que DEBERIA hacerse y lo que se HIZO, finalmente este último se podría mejorar si contamos con información confiable de parte de todos los involucrados de los proyectos.

El estudio será evaluado para 02 obras de edificios multifamiliares situadas en la ciudad de Lima Metropolitana, las cuales serán evaluadas en un periodo de 10 semanas, tomando registro de las actividades programadas según la secuencia de trabajo, se logró estabilizar el porcentaje de plan cumplido debido a una paralización de obra y las causas de no cumplimiento observadas semana a semana.

1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 Datos generales

Fase Dos con más de 15 años, ofrece al mercado peruano soluciones integrales de ingeniería para el diseño, ejecución y construcción de proyectos inmobiliarios, corporativos, comerciales, industriales, educativos y mineros.

1.2 Nombre o razón social de la empresa

La empresa se llama FASE DOS S.A.C. registrada con número de RUC 20472936426, siendo contribuyente de tipo Sociedad anónima Cerrada (SUNAT, 2018).

1.3 Ubicación de la empresa

Dirección: Av. Roosevelt N° 5790 – Oficina 901 (Miraflores) – Fig. 1.1
Teléfono: (01) 416-600
Email: info@fasedos.com.pe

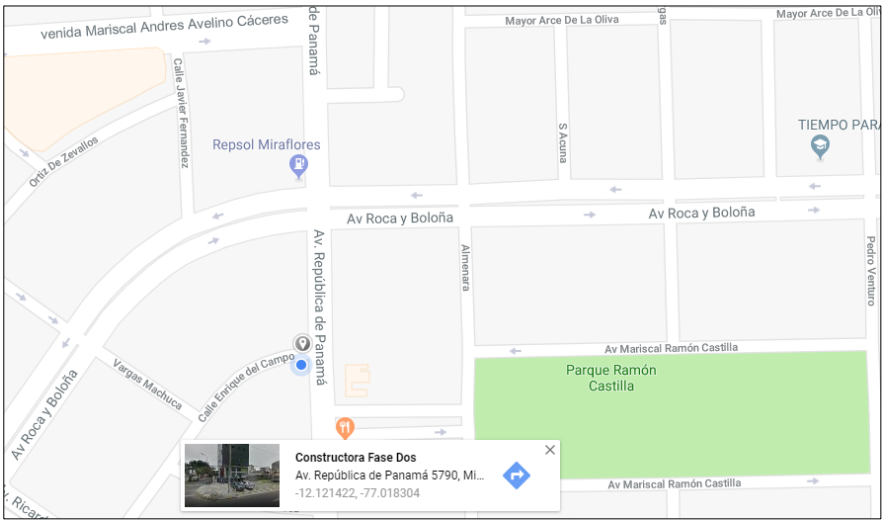


Figura 1.1: *Mapa de ubicación de la empresa.*

Fuente: Google [Mapa del distrito de Miraflores, Lima, Perú en Google maps], de: https://www.google.com.pe/maps/@-12.1206888,-77.0178699,18z

1.4 Giro de la empresa

Principal – CIIU 45027 – Construcción de edificios completos.

1.5 Tamaño de la empresa (micro, pequeña, mediana o grande)

Según el tipo de empresa, está ubicada en Gran empresa.

1.6 Breve reseña histórica de la empresa

Fase Dos, con más de 17 años en el mercado, ha logrado mantener un creciente protagonismo gracias al perfil de profesionales con los que cuenta, con una amplia experiencia y enfoque en el diseño y ejecución de proyectos de ingeniería. Actualmente, Fase Dos está posicionada como una empresa sólida, seria, profesional y comprometida con la calidad, seguridad y objetivos planteados de cada proyecto.

Los años de experiencia e intachable trayectoria han servido para que Fase Dos sea reconocida como una constructora referente del sector por su proyección de crecimiento sostenible, desarrollo permanente y garantizado por su cartera de clientes.

Nuestro constante interés en desarrollar un equipo humano de profesionales y técnicos especializados, así como la aplicación de un modelo de gestión personalizado, flexible y eficiente, permite la optimización de nuestros procesos con seguridad y calidad en los plazos establecidos.

Los estándares de seguridad y calidad que caracterizan nuestros proyectos superan lo requerido en normativas tributarias, legales y laborales, transmitiéndoles a nuestros colaboradores y clientes confianza, compromiso y seriedad en nuestras operaciones

(Copia textual de la reseña histórica de la empresa).

1.7 Organigrama de la empresa

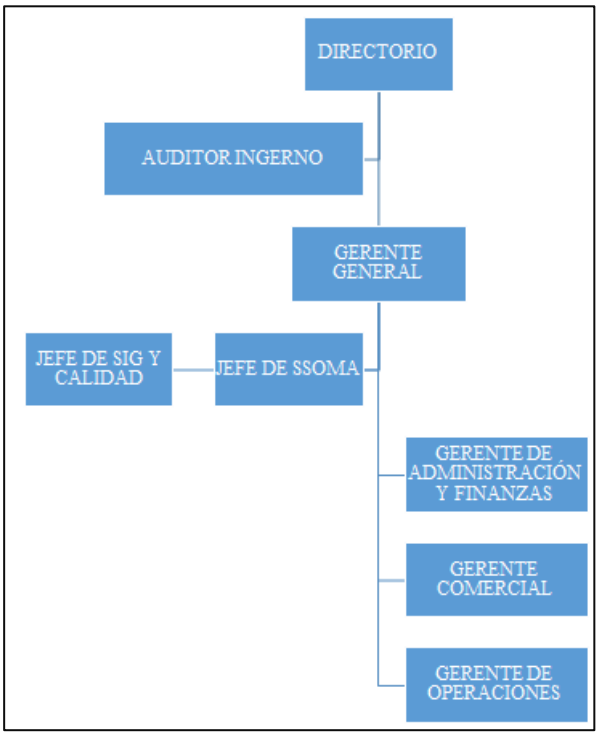


***Figura 1.2**: Organigrama macro de la empresa.*

***Fuente:** Organigrama interno Fase Dos S.A.C*

1.8 Misión, Visión y Política

- **Visión:** Posicionarse en el mercado peruano con las más confiable y sólida constructora del país.

- **Misión:** Garantizar el desarrollo y crecimiento de nuestros clientes brindándoles soluciones en ingeniería y construcción con altos estándares de calidad y seguridad.

Política:

- Afianzar el posicionamiento en los mercados actuales generando valor en la organización con nuestra capacidad competitiva a través del reconocimiento de nuestros proyectos culminados.
- Entregar a nuestros clientes un producto de calidad durante todo el proceso constructivo.
- Fomentar una cultura anti-soborno y tolerancia cero a la corrupción mediante las buenas prácticas transparentes con ética en los negocios.
- Cumplir con los requisitos legales aplicables en materia de calidad, seguridad, salud en el trabajo, medio ambiente, así como los especificados por el cliente y los que nuestra empresa suscriba.
- Promover la mejora continua en la gestión, desempeño y eficacia de nuestro Sistema Integrado de Gestión.
- La protección del medio ambiente, previniendo la contaminación asociada a nuestras actividades; y si corresponde mitigando los impactos ambientales que hubieran ocurrido; principalmente mediante el manejo ambientalmente adecuado de los residuos sólidos generados durante el desarrollo de nuestras actividades.
- Prevenir incidentes, accidentes, y enfermedades de nuestros trabajadores y contratistas relacionados con el trabajo y mantener ambientes seguros para nuestros visitantes en general.
- Promover la consulta y participación activa de nuestros trabajadores y sus representantes en todos los elementos del Sistema Integrado de Gestión.

(Copia textual de la página web de la empresa).

1.9 Productos y clientes

Entre las principales obras en el país, son las siguientes:

Obras terminadas:

- Edificio Corporativo Roosevelt, ubicación: Miraflores, área construida (m2) 4,888.00
- Edificio Multifamiliar José Gonzales 775, ubicación: Miraflores, área construida (m2) 6,590.00
- Edificio Multifamiliar La Paz, ubicación: Miraflores, área construida (m2) 3,870.00
- Edificio Multifamiliar Índigo, ubicación: Jesús María, área construida (m2) 9,000.00
- Edificio Multifamiliar Lux, ubicación: Lince

Obras en ejecución:

- Edificio Multifamiliar Gálvez Barrenechea, Ubicación: San Borja, área construida (m2) 6,477.00
- Edificio Multifamiliar Mural, ubicación: Pueblo Libre, área construida (m2) 7,738.66
- Edificio Multifamiliar Arnaldo Márquez, ubicación: Jesús María, área construida (m2) 12,600.00

- Remodelación y ampliación de Centro Comercial Quinde, ubicación: Cajamarca, área construida (m2) 1,200.00
- Edificio Hotel Luxe, ubicación: Miraflores.
- Embajada de Japón, ubicación: Jesús María.
- Edificios Centro de Estudios SENATI, ubicación: San Martin de Porres.

1.10 Premios y certificaciones

Fase Dos cuenta con la CERTIFICACION DE SISTEMAS INTEGRADOS TRINORMA ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 Medio Ambiente y OHSAS 18001:2007 Seguridad y Salud Ocupacional.

1.11 Relación de la empresa con la sociedad

Con estas certificaciones avalamos: 90% de nivel de satisfacción de nuestros clientes 0 Tasa de incidencia de enfermedades ocupacionales para nuestros colaboradores, reaprovechamos al 100% los residuos sólidos generados en las obras promoviendo el ahorro de consumo de energía y materiales.

2. CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA QUE FUE ABORDADO

2.1 Caracterización del área en que se participó

Esta empresa se caracteriza por construir proyectos de viviendas, oficinas y hoteles, por lo general, edificios de 15 pisos a más, manejando volúmenes considerables de recursos (mano de obra, equipos y materiales).

A causa de su buen posicionamiento en el sector, la empresa con la capacidad que ahora maneja, ejecuta en la actualidad 06 obras (03 multifamiliares, 01 centro de estudios, 01 hotel, 01 embajada), siendo en un caso, su mismo cliente.

El presente trabajo se desarrollará el control de las herramientas de control de Lean Construction (descritas en el CAPÍTULO III), donde tendremos indicadores de avance según cada obra en ejecución y resultados preventivos para lograr las metas de cada proyecto.

2.2 Antecedentes y definición del problema

Actualmente, el problema más frecuente que presentan los proyectos de construcción de obras de edificaciones es el cumplimiento de los plazos de obra, los cuales son cada vez más reducidos, determinados por el cliente/inversionista o por la misma constructora que en algunos casos vendría hacer el mismo cliente.

La principal dificultad se debe a la variabilidad que presentan los diversos proyectos de edificaciones, esta es una de las principales pérdidas debido a que genera una alteración en el flujo de producción, que lleva a sobrecostos, sobretiempos y esto perjudica al proyecto.

A través de los años se han aplicado varias herramientas de control de procesos de planificación y programación de obra, con el fin de eliminar y/o mitigar el impacto de la variabilidad. En la empresa en donde laboro, una de mis funciones es la aplicación del "Last Planner System", donde se han conseguido óptimos resultados en empresas constructoras del país como en el extranjero.

Sin embargo, a pesar de las mejoras que representa esta filosofía en la planeación y programación de un proyecto, son pocas las empresas que lo emplean de manera integral, la mayoría lo implementa parcialmente, esto por un desconocimiento de esta nueva filosofía de planeamiento y además por pensar que tiene un costo esta implementación.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general

Implementación, análisis y evaluación de "Sistema del Último Planificador" aplicados en obras de construcción de Lima Metropolitana.

2.3.2 Objetivos específicos

- Dar a conocer los conceptos de la filosofía "Lean Construction" mediante el marco teórico.

- Analizar la implementación del "Sistema del Último Planificador" que permita la toma de decisiones para lograr los plazos establecidos.
- Dar a conocer los resultados obtenidos, mediante las conclusiones y recomendaciones, con el fin de aplicarlas en futuras obras de similar envergadura.

2.4 Justificación

El presente Trabajo por Suficiencia Profesional pretende abordar la implementación de las herramientas de control del "Sistema del Último Planificador" y explicar las buenas prácticas que se han logrado durante estas 10 semanas de estudio. Esta gestión no es una novedad en la mayoría de constructoras de nuestro país, de tal manera que, en este trabajo se aplicó una metodología comprensible para la correcta ejecución de las herramientas de control posteriormente detalladas y explicadas.

Es por ello que la principal motivación de este trabajo es la utilización de este método y la evaluación de su eficiencia en la planificación del "Sistema del Último Planificador", planteando mejoras con la finalidad de tener una herramienta más útil en la realidad de la construcción del país.

2.5 Alcances

El presente Trabajo por Suficiencia Profesional evaluará la eficiencia del "Sistema del Último Planificador", el cual puede aplicarse en cualquier tipo de proyecto.

El periodo de implementación del **"Sistema del Último Planificador" (SUP)** comienza desde la primera semana de ejecución de la obra, sin embargo, el presente **"Trabajo por Suficiencia Profesional"** solo mostrara 10 semanas de evaluación, donde la obra **"Mural"** se evaluara desde la semana 39 a la 48 (25/09/2017 al 27/11/2017) y la obra **"Arnaldo Márquez"** comprende desde la semana 22 a la 31 (28/05/2018 al 30/07/2018).

2.6 Limitaciones

El presente trabajo se limita al estudio, seguimiento y control de la planificación y programación de 02 obras de edificaciones multifamiliar situadas en la provincia de Lima, distritos de Pueblo Libre y Jesús María.

3. CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 Filosofía Lean

La palabra *Lean* es de procedencia inglesa, al buscar en los diccionarios su significado, obtenemos sinónimos como magro, sin grasa, delgado o esbelto, entre otros. Algunos autores utilizan la traducción literal del inglés en el término de gestión esbelta, sin embargo, la gran mayoría conserva el término en su idioma original y lo mantiene en la gestión o filosofía de producción Lean.

Se refiere a una filosofía de producción, desarrollada inicialmente en la fábrica de vehículos Toyota, el cual busca **optimizar los procesos** para lograr la satisfacción de su cliente final a través de la **disminución de los desperdicios** en cada proceso que integra el flujo de trabajo, **eliminar o disminuir** las **actividades que no agreguen valor al producto final**, conservar un **inventario mínimo** y considerar desde el inicio **cuál es el valor** que ha pedido el cliente final.

El siguiente esquema ilustra los conceptos antes mencionado. (Fig.3.1)

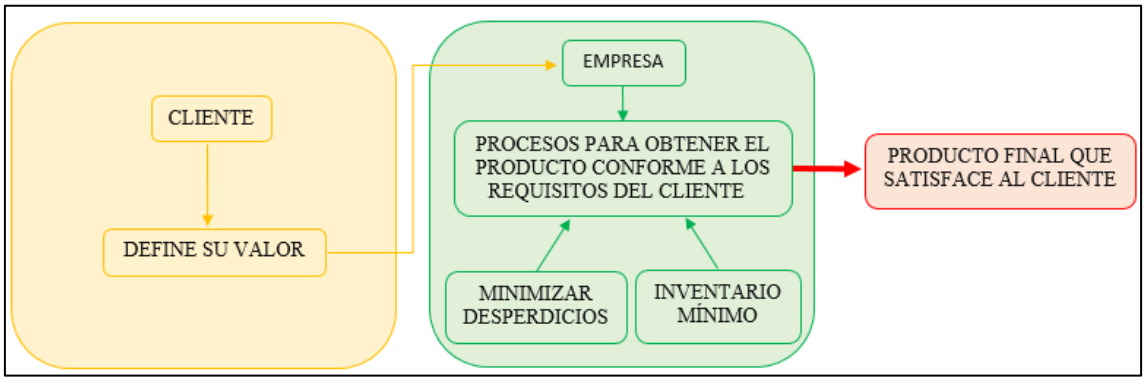


Figura 3.1: *Representación de los conceptos básicos acerca de que es "Lean"*

Fuente: *Administración de Proyectos Civiles, Alarcón & Campero, 2008.*

Tiene como meta la satisfacción del cliente final, a través de la entrega de productos y/o servicios, en el tiempo que los solicite con la calidad y cantidad requerida y utilizando la cantidad mínima de materiales, recursos y tiempo.

3.2 Lean Production

Es un sistema desarrollado inicialmente en Japón, a raíz de la complicada coyuntura que acontecía en ese país luego de la 2da Guerra Mundial. Como ya se mencionó dicho sistema se aplicó primordialmente en empresas manufactureras y buscó la producción de pequeñas cantidades utilizando los recursos necesarios para un menor costo conforme la teoría de cero desperdicio y mejora continua.

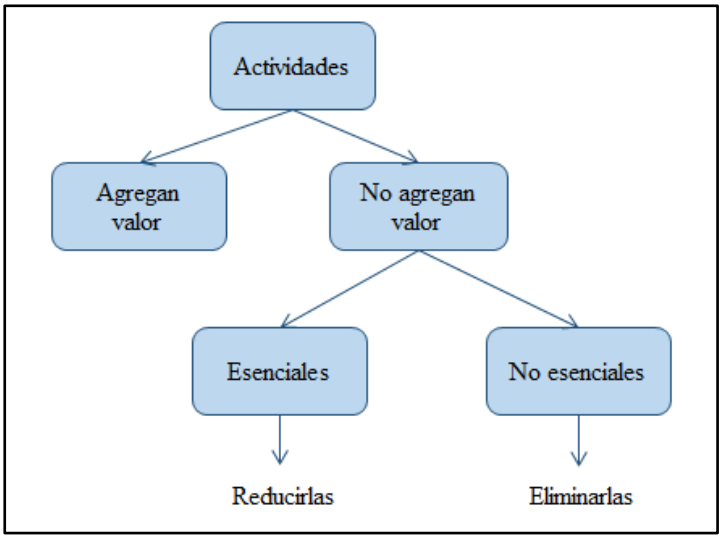


Figura 3.2: Tipos de actividades

Fuente: *Application of the production philosophy to construction, Koskela, L (2000).*

Las actividades se dividen en 02 tipos: Las que agregan valor y las que no agregan valor al producto (Fig. 3.2). Dichas actividades consumen recursos, tiempo y espacio, la naturaleza del sistema es eliminar y/o mitigar cualquier elemento que no utilice los recursos necesarios. La incógnita seria ¿Por qué mitigar estas actividades y no solo eliminarlas? El razonamiento de esta interrogante la da la **"Teoría de los Flujos".**

Esta teoría entiende que la producción es un flujo de información y/o materia prima hasta el producto final, además la cadena de producción está comprendida de conversiones y flujos. La Fig. 3.3 señala que las actividades de conversión con los procesos y las de flujo con las inspecciones, transporte y esperas.

Figura 3.3: Producción como flujo de procesos

Fuente: *Application of the production philosophy to construction, Koskela, L (2000).*

Las esperas son tiempos ociosos que son generados durante las actividades, éstas son por esperas, materiales, mediciones, etc. Las esperas, no generan un valor, aunque sean necesarias, se debe de tratar en mitigarlas al máximo.

Con el transporte sucede algo parecido, ya que necesariamente se tiene que transportar los materiales y este transporte no significa de punto inicial al final, en medio del camino hay demoras, y estas demoras se tienen que reducir al máximo para optimizar el proceso del transporte.

3.3 Lean Construction

Es una nueva filosofía guiada a la dirección de la construcción, el propósito de ésta es la eliminación de las actividades que no agreguen valor.

Lean Construction aparece como una necesidad acoger una serie de acciones y estándares aplicados en empresas manufactureras orientales, durante muchos años observaron la entrega de grandes cantidades de ideas filosóficas y buenas prácticas al mundo occidental, con esta filosofía quedó probado la difusión de las nuevas técnicas tanto en la industria automotriz, como en la industria de la construcción.

A nivel mundial se ha reconocido que la implementación de esta filosofía mejora la coordinación de todos los involucrados en el proyecto y por lo tanto, incrementa la confianza de la misma.

Dicha filosofía ha sido puesta en funcionamiento con éxito en ciertos países desde el año 1993, asociaciones como el "*Lean Construction Institute"*, con investigadores y profesionales de ingeniería sugieren que la educación, las buenas prácticas y la investigación sean motivos para la renovación de los nuevos conceptos de la planificación de los proyectos de construcción.

Seguidamente se describirá brevemente la planificación tradicional y la planificación aplicando la filosofía Lean Construction.

3.3.1 Planificación Tradicional:

Esta planificación se fundamenta en la preparación de una programación general de obra, desde su inicio hasta su fin, usando herramientas como PERT, CPM, entre otras, generalmente al ser realizadas desde una oficina, significa lo que DEBERÍA hacerse, no obstante, al avance del proyecto suceden imprevistos que generan diferencias con lo que realmente se HIZO.

3.3.2 Planificación Lean Construction, mediante el Sistema Last Planner:

Esta planificación considera que la brecha entre lo que **DEBERÍA** hacerse y lo que realmente **SE HIZO** podría mejorar si tenemos información verídica y conjuntamente con los últimos planificadores podamos notar en un plazo intermedio lo que en la práctica se **PUEDE** hacer y luego en un plazo más inmediato, lo que se **HARÁ**.

En el momento donde se asignan recursos a lo que **PUEDO** hacer, se está concediendo un privilegio a la productividad, en cambio, en el modelo tradicional se privilegia a la producción.

Existe una correlación entre la producción y la productividad, es decir una poca producción no compromete una poca productividad, sin embargo, una poca productividad si compromete una poca producción.

La producción fundamentada en los principios de "Lean Production" se dirigen al control, gestión y a mejorar el costo, tiempo y valor de los flujos con el propósito de evitar las fallas en el sistema, el mejoramiento de éstas se da con la

disminución de actividades del flujo y acrecentando la eficiencia del proceso con la mejora continua y aplicando nuevas tecnologías.

Este sistema inicia de la tradicional programación maestra de obra, la cual agrega hitos, luego desciende a una programación por fases, esto es lo que **DEBERÍA** hacerse, luego detalla la programación de 04 a 06 semanas, analizando lo que realmente **SE PUEDE** hacer, esta se denomina Lookahead, donde se aplica un análisis de restricciones para finalizar con una programación semanal, esto se refiere a lo que finalmente **SE HARÁ**, el cual será más confiable ya que ha sido liberado de restricciones. Al finalizar los trabajos, lo que **SE HIZO**, los planificadores son retroalimentados con el Porcentaje de Plan cumplido y las CNC.

3.3.3 Planificación Tradicional v.s Planificación Last Planner

	Planificación Tradicional	**Planificacion Last Planner**
Objeto	Afecta a productos y servicios	Afecta a todas las actividades
Aplicación	Actividades de control	Por convencimiento y participación
Metodología	Impuestas por la dirección	Prevenir
Responsable	Ingeniero de producción	Compromiso de todos los involucrados en el sistema
Clientes	Ajenos a la empresa	Externos e internos
Conceptualización	Son las actividades de conversión y todas agregan valor al producto	Son las actividades del flujo y actividades que agregen valor al producto final
Control	Costo de las actividades	Dirigido hacia el costo, tiempo y control de flujos
Mejoramiento	Implementación de nuevas tecnologías	Mitigar las tareas y aumentando la eficiencia del proceso a travéz de la mejora continua

Figura 3.4: *Comparativo de características de ambas planificaciones*

Fuente: *Administración de Proyectos Civiles, Alarcón & Campero, 2008.*

3.4 Principios del Lean Construction

3.4.1 Reducción de las actividades que no agreguen valor al cliente

Todas las actividades innecesarias, son todas que no general valor al producto, por lo tanto, deben de ser eliminadas para optimizar y/o mejorar actividades auxiliares.

3.4.2 Aumento del valor del producto/servicio

El cliente final es el que decide qué valor tendrá su producto, lo que se pretende es cumplir con las exigencias del cliente e incluir estos en el diseño de los productos y servicios.

3.4.3 Reducción de la variabilidad

Se busca reducir el tiempo de ciclo a través de la disminución de las actividades que no agregan valor al producto final.

3.4.4 Reducción del tiempo de ciclo

Se optimizan todos los tiempos relacionados a los trabajos de la obra, una reducción a los tiempos no productivos (esperas, re trabajos).

3.4.5 Simplificar los procesos

Reducir las actividades de un proceso productivo, estas con el trayecto de la ejecución de la obra tienden a ser mayores.

3.4.6 Aumentar la flexibilidad de la producción

Se define como la entrega del mejoramiento del producto al cliente final sin aumentar el costo para estos.

3.4.7 Centrarse en el control del proceso completo

Se debe de conocer el proceso en su totalidad para conocer los resultados globales y dar soluciones más eficaces.

3.4.8 Realizar mejoras continuas en el proceso

Se busca la eficiencia en el uso de los recursos para tener altos niveles de productividad y por consiguiente mejoras en los tiempos.

3.4.9 Introducir mejoramiento continuo en los procesos

Estudiar los procesos y examinar lo que se deba de mejorar con el fin de disminuir las pérdidas en el flujo del proyecto.

3.4.10 Benchmarking

Es un proceso de comparación de las actividades realizadas de la empresa para la mejora continua y la reconfiguración de los procesos.

3.5 Sistema Last Planner

3.5.1 Resumen

El “Sistema del Ultimo Planificador” (SUP), a través de Lean Construction (Construcción sin pérdidas), se desarrollará la implementación de este sistema en 02 obras de edificaciones en la ciudad de Lima Metropolitana con el fin de asegurar el correcto desempeño en el cumplimiento de los objetivos de la empresa.

Se realizó en cada obra en ejecución, capacitaciones y la implementación de este sistema, obteniendo el aprendizaje de forma gradual, con respecto al cumplimiento de las actividades programadas, la eliminación o disminución CNC (Causas de no cumplimiento) y sus razones.

La aplicación de esta herramienta mostró resultados favorables, no solo en el cumplimiento de los plazos sino en el desempeño de todos los involucrados, ya que una nueva filosofía de trabajo cuesta para la adaptación en el día a día.

3.5.2 Introducción

El Sistema de Último Planificador es una herramienta de control de la producción unitaria y el flujo de trabajo.

El control de la producción unitaria, se encarga en realizar mejores asignaciones de los recursos, aprendiendo asiduamente la mejora continua.

El control de flujo de trabajo, se encarga en generar una mejor secuencia de trabajo, donde se respalda de la planificación intermedia, la cual se analizará más adelante.

El Sistema de Ultimo Planificador tiene como objetivo conseguir un flujo de trabajo continúo aumentando la productividad de las actividades, permite transferir los objetivos generales del proyecto a las actividades diarias, trabajando con una programación en forma de cascada: Se estructurará en 03 niveles, programación a largo plazo (Programa Maestro), a mediano plazo (Lookahead) y a corto plazo (Programación semanal).

Esta herramienta se enfoca además en aumentar la fiabilidad de la planificación y por la actuación de todos los involucrados, estas herramientas de control efectivas están diseñadas para mejorar el control de la incertidumbre incrementando la confiabilidad de la planificación en su largo, mediano y corto plazo.

El último planificador es quien define lo que será realizado y dispondrá de quien lo realizará, el papel de este lo pueden tener el maestro de obra, capataces, jefe de obra, supervisores, subcontratistas, etc.

3.5.3 Evolución histórica

El Sistema de Ultimo Planificador se desarrolló en un principio para mejorar la calidad de los controles semanales de la industria de la metalurgia. Desde este inicio se comenzó a desarrollar este método de planificación (Glenn Ballard y Gregory Howell), a través de su tesis doctoral, Glenn Ballard introdujo un proceso de búsqueda de restricciones para mejorar el control del flujo del trabajo. Lo que verdaderamente logro Ballard es mejorar la veracidad del flujo de trabajo y cuantificar la productividad con esta herramienta de control.

Las utilidades de la implementación de esta herramienta de control en los proyectos de construcción han sido tales que han sido aplicados en diferentes países del mundo, como: Estados Unidos, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, Reino Unido, Francia, España, Dinamarca, Finlandia, Australia e Indonesia.

3.5.4 Se puede, se debe, se hará

La planificación consiste en establecer lo que "**DEBERIA**" hacerse para luego decidir lo que **"SE HARÁ"** en un determinado periodo de tiempo, en su camino existirán restricciones que impida el cumplimiento, por lo tanto, no todo "puede" hacerse, esto genera retrasos en el proceso de forma recurrente. (Figura 3.5 izquierda). Habitualmente en las obras lo que **"PUEDE"** y lo que se **"HARA"** son subconjuntos de lo que **"DEBERIA"** hacerse, si la programación **"SE HARÁ"** se ejecutará si conocer lo que **"PUEDE"** hacerse, lo que realmente será ejecutado será la intersección de ambos subconjuntos.

¿Cómo cambiamos esta situación? Es elemental que antes de tomar una decisión de lo que **"SE HARÁ"** se haga un estudio de lo que **"PUEDE"** hacerse. El último planificador deberá reconocer lo que **"PUEDE"** hacerse para luego coordinar lo que **"SE HARÁ"** durante la semana de programación. (Figura 3.5 derecha). En consecuencia, se elude que las actividades se retrasen por alguna restricción no liberada.

La planificación debe enfocarse en la gestión del **"PUEDE"**, cuanto más se agrande, mayor será la oportunidad de cumplir con las actividades y avance real, este avance sería perjudicado si el número de actividades que pueden ejecutarse es poca, para obviar esto el ultimo planificador deberá de liberar todas las restricciones de las actividades por iniciar o ya iniciadas, así se expande el conjunto del **"PUEDE"** incrementando el avance.

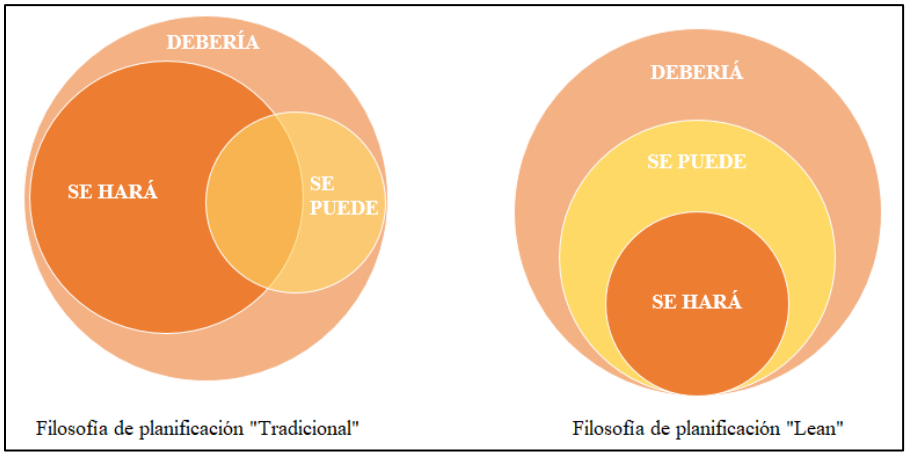


Figura 3.5

Fuente: *Administración de Proyectos Civiles, Alarcón & Campero, 2008.*

El proceso para la aplicación del "Sistema de Ultimo Planificador" se realizará siguiendo estos puntos descritos (Fig. 3.6):

1. Verificación de la programación maestra de la obra
2. Preparación de la planificación intermedia (Lookahead) con un horizonte de 04 a 06 semanas, efectuando el análisis de restricciones.
3. Preparación de la planificación semanal con todos los involucrados en el proyecto.
4. Reunión de obra con todos los involucrados en el proyecto, con el propósito de verificar el cumplimiento de las actividades de plan semanal, además identificando las causas de no cumplimiento en caso no se haya cumplido con algunas actividades en la programación y establecer el plan de la semana siguiente.

Figura 3.6: *Proceso de para aplicar el "Sistema del Último Planificador"*

Fuente: *Administración de Proyectos Civiles, Alarcón & Campero, 2008.*

La fiabilidad del plan se valora a través del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), esto se genera al término de la semana, las causas de no cumplimento también serán analizaran al término de la semana.

En el capítulo IV se detallará los niveles de programación antes mencionados.

3.5.5 Pull vs Push

El control de la industria de la construcción ha sido tradicionalmente del sistema **"PUSH"**, donde la planificación se inicia con la primera tarea, para avanzar con la siguiente, unas empujan a otras con el fin de cumplir con el plazo, pero esto conlleva a sobre producción en algunas actividades, ya que la ejecución de las tareas se planifican en función en función de lo que se debe hacer.

Por otro lado, el LPS se fundamenta en el sistema **"PULL"**, la programación de las actividades se realiza desde el final hacia el inicio de las tareas, la principal ventaja es que las actividades se realizaran cuando sea necesario y se anticipara las contingencias entra las actividades.

En otras palabras, su diferencia está en las cantidades producidas y en el momento en que se realizan, el Sistema de Ultimo Planificador trabaja con lo necesario, el cual lo determina la programación que tiene que producir.

A continuación, podemos observar representación gráfica de los conceptos anteriormente mencionados:

Sistema "PULL"

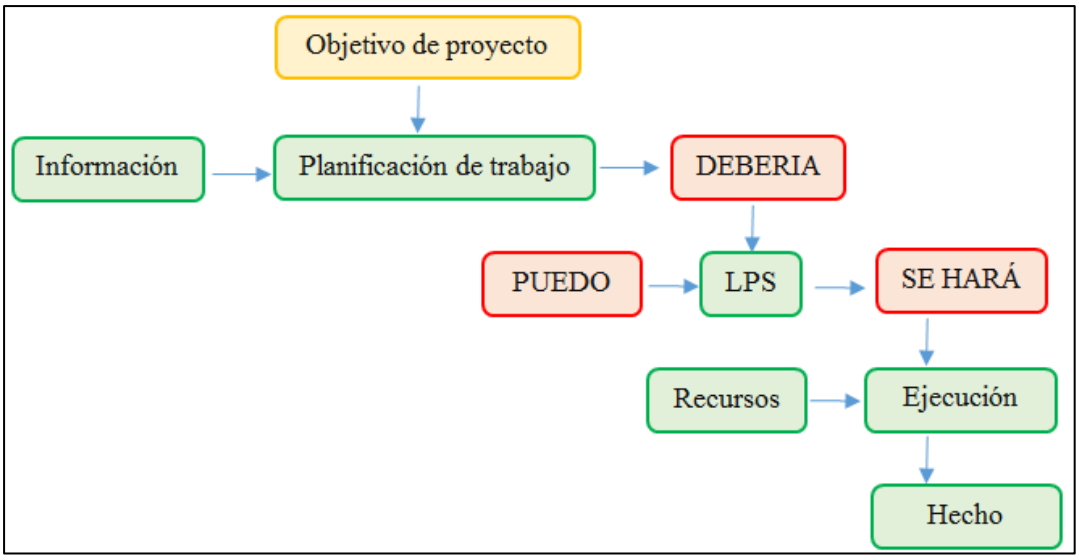


Figura 3.7: *Sistema de planificación Lean*

Fuente: *The Last Planner System of Production Control, Ballard, 2000.*

Sistema "PUSH"

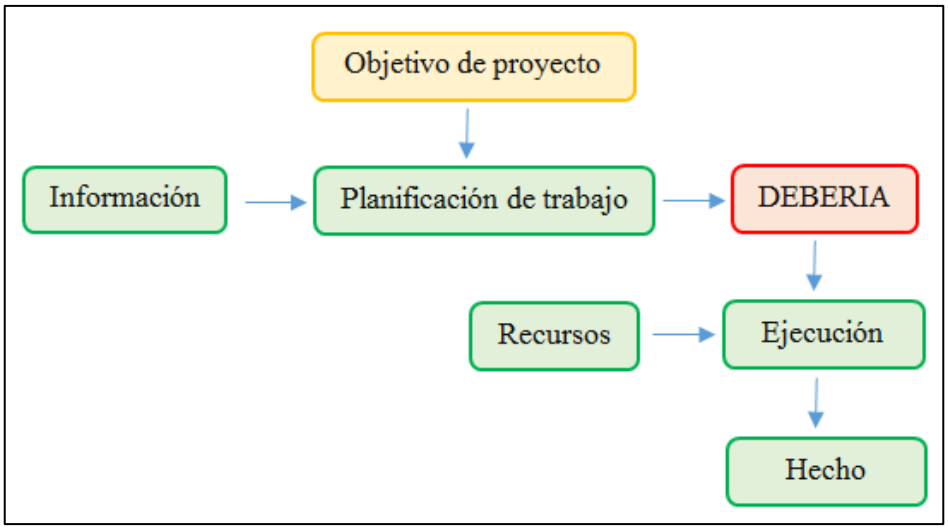


Figura 3.8: *Sistema de planificación tradicional*

Fuente: *The Last Planner System of Production Control, Ballard, 2000.*

3.5.6 Niveles de programación

3.5.6.1 Programación maestra

3.5.6.1.2 Objetivo

Establecer la metodología para el correcto cumplimiento de los plazos que se espera obtener del Proyecto, el cual queda constituido como una de las metas del proyecto luego de haber realizado el Análisis del Proyecto y Planeamiento respectivo.

El diseño del Cronograma Meta de un proyecto constituye uno de los pasos más importante, lo que requiere una profunda consideración, ya que los cambios son mucho más costosos una vez instaurados los diseños del sistema de producción. Para ello se deberán tomar las siguientes consideraciones.

- **Decisión sobre el tamaño y la duración del proyecto.** La disponibilidad y distribución de recursos, los rendimientos para las diversas actividades, los volúmenes de trabajo y las restricciones iniciales del proyecto repercutirán en el tamaño y la duración del proyecto.
- **Identificación de objetivos y metas.** Es importante respetar las fechas límites y/o hitos de las solicitadas mostradas en la etapa de licitación o en las bases contractuales.
- **Seguimiento de la ejecución del proyecto.** Se reconocen las herramientas a emplear para el control del progreso de la obra. Este seguimiento se hará de manera semanal con la finalidad de tomar las acciones necesarias para lograr el cumplimiento de la meta.

3.5.6.1.3 Generalidades

Antes de desarrollar el Cronograma Meta para determinado proyecto, tómese un tiempo para pensar sobre cuáles son las cuestiones principales que deberá abordar este cronograma:

- ¿Qué riesgos existen al incumplimiento?
- ¿Se usará la tecnología para la ejecución del proyecto o cual será adecuada?
- ¿Quiénes serán los involucrados en el proceso?
- ¿Cómo se garantizar un rendimiento óptimo?
- ¿Cuál será el Sistema de Producción?

Una vez que haya pensado sobre las respuestas a estas preguntas, es hora de dar el siguiente paso: elaboración de un Cronograma Meta detallado de ejecución del proyecto.

3.5.6.1.4 Pasos preliminares

- **Formar un equipo del proyecto**: Tener como responsabilidad la elaboración del cronograma y realizar la ejecución del proyecto.
- **Determinación de las tareas necesarias:** Incorporar todas las actividades que conciernen al proceso constructivo del proyecto, en otros términos, todas las actividades de producción necesarias para la ejecución proyecto, cada una de estas actividades corresponderán a la ruta crítica y una especialidad determinada.
- **Determinación de los factores de riesgo:** De incumplimiento y considere la adopción de medidas para reducción al mínimo y poder asegurar el plazo.

3.5.6.1.5 Desarrollo del cronograma

El Ingeniero de Producción es el encargado de la elaboración del Cronograma Meta con la participación del equipo de obra, con la finalidad de:

- Diseñar el Cronograma Meta Interno.
- Elaborar el Cronograma de Trabajos Adicionales.

Documentación requerida

Para la elaboración del Cronograma Meta, se requiere de la misma información que ha sido para la elaboración del Cronograma General de Obra, en caso haya cambios considerables en el proyecto, se deberán incluir estas nuevas actividades e identificar si es que alteran el plazo de obra ofertado. La información requerida para la elaboración es la siguiente:

- Alcance del Proyecto
- Contrato de obra
- Planos y especificaciones
- Presupuesto del Proyecto y Análisis de Precios Unitarios
- Cronograma Contractual

- Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT o WBS)

3.5.6.1.6 Pasos para elaborar el cronograma

3.5.6.5.1 Definición de un Calendario Laboral

Es de suma relevancia precisar el calendario de trabajo a utilizar en el proyecto, estableciendo específicamente tanto el horario de jornada como los días laborables. Del mismo modo, se debe considerar los periodos que no son favorables para la producción (periodo de lluvias) o de una alta demanda de trabajo (paradas de planta).

3.5.6.5.2 Estructurar el cronograma

Es necesario tener organizado el alcance del proyecto previo a la elaboración del cronograma. Asimismo, para tener certeza que el referido alcance se encuentre cubierto, se tendrán que colocar en el cronograma las diversas actividades de cara a cada paquete de trabajo.

En adición, en el inicio del cronograma se debe establecer una sección con relación a los ‘’Hitos’’. Es necesario hacer la diferenciación entre los ‘’Hitos Generales’’ de los ‘’Hitos de Construcción’’. Y además, se tendrá que hacer una inclusión de los ‘’Hitos de Liberación de Áreas’’, de ‘’Entrega de Ingeniería’’, etc.

3.5.6.5.3 Definición de las actividades

Según el proceso constructivo, se debe identificar las actividades que son necesarias para la obtención de los entregables. Cabe resaltar que durante esta etapa se puede hacer una revisión de las diferentes alternativas constructivas disponibles y el estudio correspondiente de las maniobras. Es importante recalcar que se puede optar por procedimiento alternativos que permita ejecutar las restricciones de tiempo (tener en cuenta las restricciones contractuales).

Las actividades (al igual que los componentes de EDT o WBS) deben estar definidas a detalle, tal es así que se debe buscar evitar complicaciones en su seguimiento y control. En este orden, debemos tener en cuenta que las actividades del Cronograma General y el Cronograma Meta son desarrolladas más detalladamente en los programas de obra semanales.

En la mayoría de los casos se tiene un Cronograma Inicial (presentado en la etapa de licitación), por ende, en esta etapa se realiza una validación de las actividades que están contenidas en el cronograma, con el fin de que se verifique

que dichas actividades estén encaminadas a obtener los entregables definidos.

3.5.6.5.4 Establecimiento de la secuencia constructiva
Las secuencias son consideradas como relaciones lógicas de precedencia entre actividades (están interrelacionadas entre sí) y abarcan las restricciones que pueda presentar la programación. Es de suma importancia que las fechas del cronograma sean definidas por tales relaciones, ya que esto permitirá no solo mantener un cronograma confiable, sino también tener validez ante una situación de reclamo o disputa contractual.

Ahora bien, se debe tener en consideración las siguientes recomendaciones: (i) Con el fin de evitar errores en las relaciones lógicas, debe establecerse de forma independiente la secuencia inicial de las actividades de la disponibilidad de los recursos. (ii) Se debe elaborar –de forma manual- una lógica de red que incluya las actividades principales y que demanden mayor trabajo, con el fin de identificar las cadenas de trabajo que puedan ejecutarse paralelamente y las restricciones asociadas.

Es preciso señalar los 4 tipos de relaciones lógicas, a saber:

- **Fin a Inicio:** El inicio de una actividad posterior depende de la terminación de una actividad anterior.
- **Fin a Fin:** La terminación de una actividad posterior depende de la terminación de la actividad anterior.
- **Inicio a Inicio:** El inicio de una actividad posterior depende del inicio de una actividad anterior.
- **Inicio a Fin:** La terminación de la actividad posterior depende del inicio de la actividad anterior.

3.5.6.5.5 Evaluación de la duración de las actividades
La duración de las actividades son revisadas con el residente de obra y los integrantes del equipo de obra.

Hay que tener en cuenta que se puede considerar el cronograma inicial entregado durante la licitación, y de esta manera, hacer la asignación de la duración de las actividades.

Para estimar la duración de una actividad o estimar el presupuesto, se puede acudir al método de estimación de duración de actividades, y en el caso de no poder aplicarlo por ausencia de información, se podrán recurrir a otros métodos en el orden que se disponen.

3.5.6.5.6 Asignación de recursos

La identificación y estimación de los recursos nos ayuda para la correcta programación, así también para el cálculo del personal, equipos y compra de materiales, de esta forma no se afecte el plazo del proyecto puesto en marcha.

Los recursos necesarios en consideración con el cronograma son los de mayor influencia, serán los que controlan el proyecto.

3.5.6.2 Planificación intermedia (Lookahead)

Es un cronograma de mediano plazo, el cual abarca un horizonte de 04 a 06 semanas, dependiendo la conveniencia del proyecto. Este se define en base a las particularidades de cada proyecto. Usualmente, la duración mínima dependerá del plazo de abastecimiento y la duración máxima de la variabilidad que pueda dañar lo planeado; esto dependerá de la duración, la ubicación del proyecto, plazo de abastecimiento, etc.

Para lograr correctos resultados con el uso de esta herramienta es necesario tener en consideración:

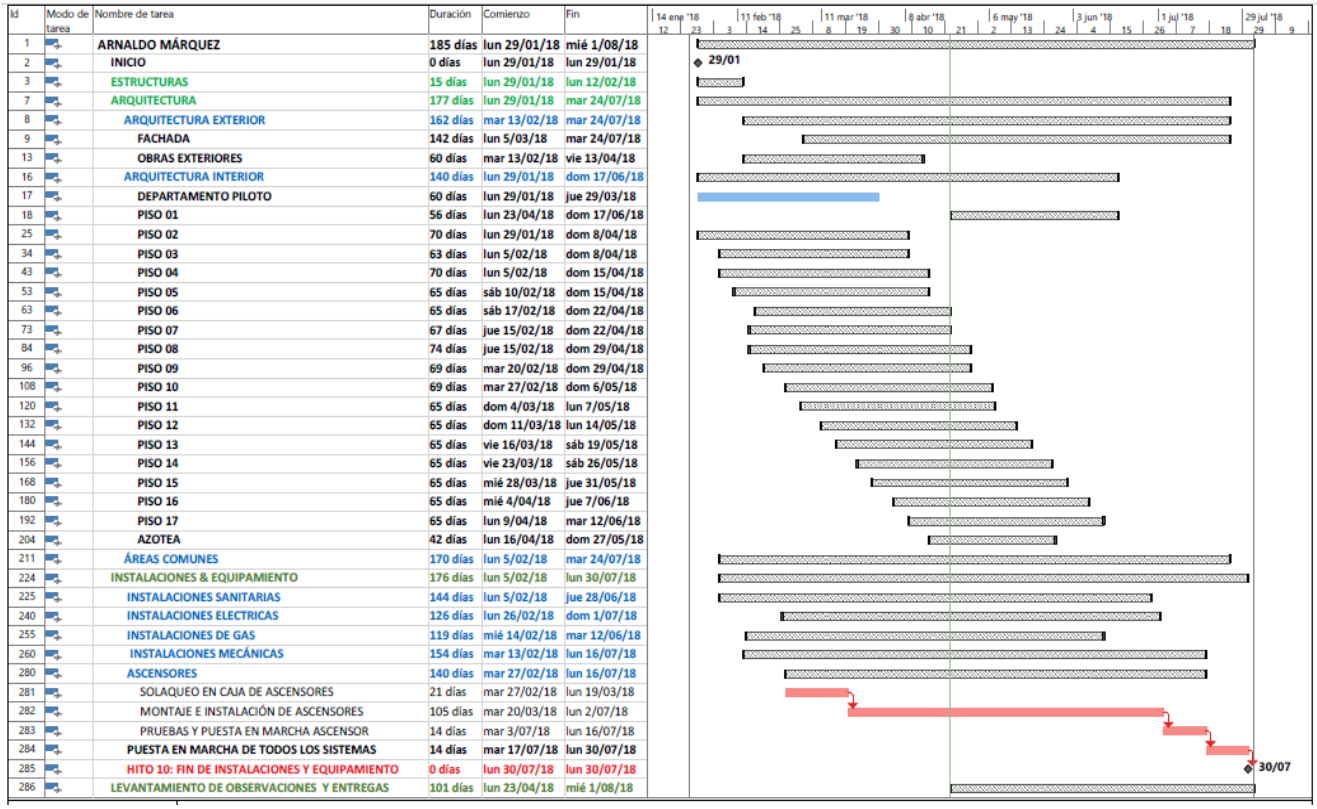
- El Lookahead parte del Cronograma Master o meta de obra.
- Debe ser trabajado con la participación del ejecutor.
- Debe actualizarse al menos una vez por semana.

Como se menciona, la Programación a mediano plazo o el Lookahead, debe conversar con el cronograma general de obra, por lo tanto, partidas mencionadas en el cronograma general deberán ser las desarrolladas en la programación, pero a mayor nivel de detalle.

Cada responsable de frente en un proyecto deberá desarrollar un Lookahead correspondiente a las actividades a desarrollar. Los Lookahead deben ser revisados semanalmente durante la reunión de obra para poder afinar los últimos detalles en coordinación con las áreas de soporte, posteriormente luego de haber sido difundida la programación en la reunión semanal de obra. Estos serán posteriormente enviados al área de Control y Gestión de Proyectos.

A continuación, se muestra un extracto de cómo es que el Lookahead nace en función de la información que se tiene en el Cronograma de obra; como es de conocimiento el Cronograma viene a ser la estimación de las actividades en una visión a largo plazo y la programación de las actividades tiene una visión de corto o mediano plazo, por lo que la programación termina siendo una extracción del cronograma donde todas las partidas son consideradas y detalladas para lograr el cumplimiento de las actividades planificadas.

Todo Lookahead deberá ir acompañado de un análisis de restricciones, el cual deberá ser actualizado semanalmente, conforme vaya avanzando la obra e iniciando nuevas partidas, este análisis de restricciones se enfoca principalmente en la cuarta semana del Lookahead.



Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1		ARNALDO MÁRQUEZ	185 días	lun 29/01/18	mié 1/08/18
2		INICIO	0 días	lun 29/01/18	lun 29/01/18
3		ESTRUCTURAS	15 días	lun 29/01/18	lun 12/02/18
7		ARQUITECTURA	177 días	lun 29/01/18	mar 24/07/18
8		ARQUITECTURA EXTERIOR	162 días	mar 13/02/18	mar 24/07/18
9		FACHADA	142 días	lun 5/03/18	mar 24/07/18
13		OBRAS EXTERIORES	60 días	mar 13/02/18	vie 13/04/18
16		ARQUITECTURA INTERIOR	140 días	lun 29/01/18	dom 17/06/18
17		DEPARTAMENTO PILOTO	60 días	lun 29/01/18	jue 29/03/18
18		PISO 01	56 días	lun 23/04/18	dom 17/06/18
25		PISO 02	70 días	lun 29/01/18	dom 8/04/18
34		PISO 03	63 días	lun 5/02/18	dom 8/04/18
43		PISO 04	70 días	lun 5/02/18	dom 15/04/18
53		PISO 05	65 días	sáb 10/02/18	dom 15/04/18
63		PISO 06	65 días	sáb 17/02/18	dom 22/04/18
73		PISO 07	67 días	jue 15/02/18	dom 22/04/18
84		PISO 08	74 días	jue 15/02/18	dom 29/04/18
96		PISO 09	69 días	mar 20/02/18	dom 29/04/18
108		PISO 10	69 días	mar 27/02/18	dom 6/05/18
120		PISO 11	65 días	dom 4/03/18	lun 7/05/18
132		PISO 12	65 días	dom 11/03/18	lun 14/05/18
144		PISO 13	65 días	vie 16/03/18	sáb 19/05/18
156		PISO 14	65 días	vie 23/03/18	sáb 26/05/18
168		PISO 15	65 días	mié 28/03/18	jue 31/05/18
180		PISO 16	65 días	mié 4/04/18	jue 7/06/18
192		PISO 17	65 días	lun 9/04/18	mar 12/06/18
204		AZOTEA	42 días	lun 16/04/18	dom 27/05/18
211		ÁREAS COMUNES	170 días	lun 5/02/18	mar 24/07/18
224		INSTALACIONES & EQUIPAMIENTO	176 días	lun 5/02/18	lun 30/07/18
225		INSTALACIONES SANITARIAS	144 días	lun 5/02/18	jue 28/06/18
240		INSTALACIONES ELECTRICAS	126 días	lun 26/02/18	dom 1/07/18
255		INSTALACIONES DE GAS	119 días	mié 14/02/18	mar 12/06/18
260		INSTALACIONES MECÁNICAS	154 días	mar 13/02/18	lun 16/07/18
280		ASCENSORES	140 días	mar 27/02/18	lun 16/07/18
281		SOLAQUEO EN CAJA DE ASCENSORES	21 días	mar 27/02/18	lun 19/03/18
282		MONTAJE E INSTALACIÓN DE ASCENSORES	105 días	mar 20/03/18	lun 2/07/18
283		PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA ASCENSOR	14 días	mar 3/07/18	lun 16/07/18
284		PUESTA EN MARCHA DE TODOS LOS SISTEMAS	14 días	mar 17/07/18	lun 30/07/18
285		HITO 10: FIN DE INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTO	0 días	lun 30/07/18	lun 30/07/18
286		LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES Y ENTREGAS	101 días	lun 23/04/18	mié 1/08/18

Formato 3.1: *Programación Master*

Fuente: *Formato Fase Dos S.A.C*

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	SEMANA 17							SEMANA 18							SEMANA 19							SEMANA 20						
	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
	23/04/2018	24/04/2018	25/04/2018	26/04/2018	27/04/2018	28/04/2018	29/04/2018	30/04/2018	1/05/2018	2/05/2018	3/05/2018	4/05/2018	5/05/2018	6/05/2018	7/05/2018	8/05/2018	9/05/2018	10/05/2018	11/05/2018	12/05/2018	13/05/2018	14/05/2018	15/05/2018	16/05/2018	17/05/2018	18/05/2018	19/05/2018	20/05/2018
ARQUITECTURA																												
BLOQUE 2																												
ALBAÑILERÍA CON SOLAQUEO	P16-P17	P16-P17																										
ENCHAPE DE CERÁMICO DPTO	P15	P16	P16	P16	P16			P17		P17	P17	P17																
PINTURA BLANQUEADO	P12		P13	P13				P14		P14		P15			P15		P16	P16				P15		P16	P16			
PINTURA EMPASTADO	P12	P12	P12	P13	P13			P13		P14	P14	P14			P15	P15	P15	P16	P16			P15	P15	P15	P16	P16		
PINTURA 1ERA MANO	P11	P11	P11	P12	P12			P12		P13	P13	P13			P14	P14	P14	P15	P15			P14	P14	P14	P15	P15		
PINTURA 2DA MANO																												
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUERTAS	P06	P06	P07	P07	P08			P08		P09	P09	P10			P10	P11	P11	P12	P12			P10	P11	P11	P12	P12		
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE JAMBAS DE PUERTAS	P05	P06	P06	P07	P07			P08		P08	P09	P09			P10	P10	P11	P11	P12			P10	P10	P11	P11	P12		
PINTURA EN PUERTAS	P04	P04	P04	P05	P05			P05		P05	P06	P06			P06	P06	P07	P07	P07			P06	P06	P07	P07	P07		
SUMISNTRO E INTALACION DE MUEBLES ALTOS Y BAJOS	P04	P04	P05	P05	P06			P06		P07	P07	P08			P08	P09	P09	P10	P10			P08	P09	P09	P10	P10		
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CLOSET	P04	P05	P05	P06	P06			P07		P07	P08	P08			P09	P09	P10	P10	P11			P09	P09	P10	P10	P11		
TRABLERO DE GRANITO			P02	P02	P03			P03		P04	P04	P05			P05	P06	P06	P07	P07			P05	P06	P06	P07	P07		
INSTALACIÓN DE PISO LAMINADO								P02		P02	P03	P03			P04	P04	P05	P05	P06			P04	P04	P05	P05	P06		
APARATOS SANITARIOS Y GRIFERÍAS		P02	P02	P03	P03			P04		P04	P05	P05			P06	P06	P07	P07	P08			P06	P06	P07	P07	P08		
INSTALACIÓN DE VIDRIOS	P04	P05	P05	P05	P06			P06		P06	P07	P07			P07	P08	P08	P08	P09			P07	P08	P08	P08	P09		
BLOQUE 1																												
ALBAÑILERÍA CON SOLAQUEO	P16-P17	P16-P17																										
ENCHAPE DE CERÁMICO DPTO	P14	P15	P15	P15	P15			P16		P16	P16	P16			P17	P17	P17	P17	P01			P17	P17	P17	P17	P01		
PINTURA BLANQUEADO	P12		P13	P13				P14		P14		P15			P15		P16	P16				P15		P16	P16			
PINTURA EMPASTADO	P12	P12	P12	P13	P13			P13		P14	P14	P14			P15	P15	P15	P16	P16			P15	P15	P15	P16	P16		
PINTURA 1ERA MANO	P11	P11	P11	P12	P12			P12		P13	P13	P13			P14	P14	P14	P15	P15			P14	P14	P14	P15	P15		
PINTURA 2DA MANO																												
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUERTAS	P10	P11	P11	P12	P12			P13		P13	P14	P14			P15	P15	P16	P16	P17			P15	P15	P16	P16	P17		
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE JAMBAS DE PUERTAS	P07	P08	P08	P09	P05			P10		P10	P11	P11			P12	P12	P13	P13	P14			P12	P12	P13	P13	P14		
PINTURA EN PUERTAS	P04	P04	P04	P05	P05			P05		P05	P06	P06			P06	P06	P07	P07	P07			P06	P06	P07	P07	P07		
SUMISNTRO E INTALACION DE MUEBLES ALTOS Y BAJOS	P04	P04	P05	P05	P06			P06		P07	P07	P08			P08	P09	P09	P10	P10			P08	P09	P09	P10	P10		
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CLOSET	P04	P05	P05	P06	P06			P07		P07	P08	P08			P09	P09	P10	P10	P11			P09	P09	P10	P10	P11		
TRABLERO DE GRANITO			P02	P02	P03			P03		P04	P04	P05			P05	P06	P06	P07	P07			P05	P06	P06	P07	P07		
INSTALACIÓN DE PISO LAMINADO								P02		P02	P03	P03			P04	P04	P05	P05	P06			P04	P04	P05	P05	P06		
APARATOS SANITARIOS Y GRIFERÍAS		P02	P02	P03	P03			P04		P04	P05	P05			P06	P06	P07	P07	P08			P06	P06	P07	P07	P08		
INSTALACIÓN DE VIDRIOS	P04	P05	P05	P05	P06			P06		P06	P07	P07			P07	P08	P08	P08	P09			P07	P08	P08	P08	P09		

Formato 3.2: *Programación intermedia (Lookahead)*

Fuente: *Formato Fase Dos S.A.C*

3.5.6.3 Planificación semanal

Es una programación donde se definen las actividades que se van a ejecutar en la primera semana. Se debe tener en cuenta, que todas las actividades de la programación semanal no deben de tener ningún tipo de restricción para su ejecución y deben tener asegurada la cantidad de recursos que se emplearán para su ejecución.

La programación semanal, es una programación a corto plazo que nace del Lookahead, por ello debe ser detallada y con altas probabilidades de cumplimiento. Esta programación debe ser difundida a todos los capataces y subcontratistas de obra, con la finalidad de lograr su total cumplimiento.

3.5.6.4 Porcentaje de plan cumplido

El Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), es un análisis de fiabilidad, no pretende medir solo el avance sino la efectividad del sistema de programación y cuáles son las actividades a las cuales se les tiene que prestar mayor atención.

Es el número total de actividades programadas y realizadas entre el número total de actividades programadas expresado en porcentaje. Las tareas programadas y cumplidas se toman del plan semanal de obra.

El análisis del PPC, es el ejercicio a través del cual se mide la calidad del sistema de programación identificando y tratando de eliminar la causa raíz que no permite alcanzar el 100% del cumplimiento semanal.

En la herramienta que corresponde al análisis del PPC se cuenta con una lista causas de incumplimiento, las cuales deberán ser asignadas a las tareas que no pudieron ser completadas, con la finalidad de poder llevar un registro de causas raíces y poder tomar acciones correctivas de forma inmediata y de la misma manera generar alertas a los diferentes proyectos en ejecución.

$$PPC = \frac{CANTIDAD\ DE\ ACTIVIDADES\ COMPLETADAS}{TOTAL\ DE\ ACTIVIDADES\ PROGRAMADAS}$$

3.5.6.5 Teoría de las Restricciones

De la planificación intermedia se extrae un conjunto de actividades para un periodo de tiempo establecido. Cada actividad tiene asignada una restricción la cual determina si la actividad puede o no ejecutarse, las más comunes en el mundo de la construcción son: Diseño, materiales, mano de obra, documentos administrativos.

Las restricciones son los factores que impiden el resultado esperado o positivo para el cumplimiento de las actividades, se incita que la gestión y las nuevas prácticas deben de apuntar a la identificación oportuna y control de las restricciones de todo proceso constructivo.

En la planificación intermedia se asignan a los responsables de levantar las restricciones reconocidas durante el proceso de ejecución.

3.5.6.5.1 Aplicación de la teoría de las restricciones

El punto inicial de todo el análisis es que objetivo final se cumpla, respetando los plazos y avances, y para hacerlo es necesario elevar el rendimiento (volumen de trabajo).

Debemos de concentrarnos solo en el proceso donde se restringa la producción, lo que se denomina “Cuello de botella”, para el entendimiento de esta aplicación, se mostrar un ejemplo de un proceso constructivo con los pasos a seguir para el correcto levantamiento de las restricciones.

Paso 01: Identificación de la restricción

Se tiene que descomponer el proceso de producción por fases y/o actividades para tener las capacidades de producción por fases.

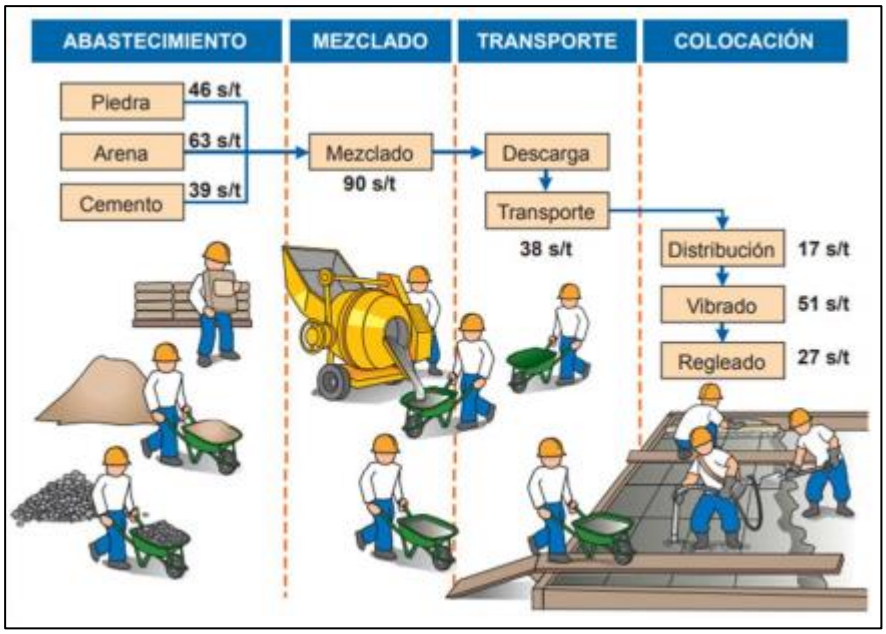


Figura 3.9: *Vaciado de una losa de cimentación con concreto preparado en obra.*

En la fig. 3.9 podemos observar que el cuello de botella está en el mezclado del concreto, es el proceso que demora más, siguiendo esta teoría, si deseamos optimizar la velocidad del sistema, solo tenemos que enfocarnos en la mejora la velocidad de la operación de la mezcla.

Paso 02: Explotación de la restricción

Existen 03 tipos de restricciones:

- Restricciones físicas: Algo tangible.
- Restricciones políticas: Normas, costumbres, etc.
- Restricciones externas: Factores ajenos a la empresa.

Para nuestro ejemplo se trataría de una restricción física y para su explotación se podría haber muchas opciones, pero la más cercana es reponer la mezcladora por una de mayor capacidad, asumiendo que se duplique, aumentaría la velocidad de trabajo y descarga.

Paso 03: Elevar la restricción

Se logró nivelar las velocidades de todo el ciclo productivo, sin embargo, la mejora continua nos propone buscar una nueva mejora y no conformarnos con esta.

Si por razones extraordinarias no se podía comprar una mezcladora o subcontratarla, se volvería una restricción política, para esto Goldratt recomienda utilizar una herramienta que es "Proceso de Pensamiento Efectivo", como, por ejemplo, utilizar una "Nube de Conflictos", la cual esquematiza los deseos con pre-requisitos que entrar en conflicto por unas suposiciones que usualmente son paradigmas, estas herramientas encuentran soluciones las cuales todas son ganadoras (Win-Win).

3.5.6.6 Análisis de Causas de No Cumplimiento (CNC)
Consiste en determinar las CNC de las actividades programadas en el plan semanal y llevar una estadística de las mismas para comprender la frecuencia de sus ocurrencias con el fin de brindar soluciones oportunas.

Con el objetivo de uniformizar la información de este análisis, se ha sugerido una lista de causas de no cumplimiento, asignándoles una categoría.

- **Programación:**
  Todas las causas que se involucran los errores en la programación, modificaciones o el mal manejo de las herramientas de programación (Lookahead, análisis de restricciones y plan semanal).
- **Ingeniería:**
  Corresponde a los cambios en la ingeniería durante la ejecución de la obra y no compatibilizan el plano con la realidad del campo.
- **Logística:**
  Todo lo que concierne la falta de materiales en la obra, las actividades fueron programadas en el plan semanal sin tener el conocimiento que esté libre de restricciones.
- **Control de calidad:**
  Corresponden a las fallas o atrasos del área de calidad de la obra que perjudicaron las actividades programadas en el plan semanal.
- **Externo:**
  Todas las causas de retraso originadas por efectos climáticos extraordinarios o eventos insólitos como marchas de sindicatos sin aviso previo, paralizaciones, siniestros, etc.
- **Cliente – Supervisión:**
  Estas causas contemplan todo lo relacionado los compromisos del cliente y que no fueron realizadas afectando el cumplimiento de las actividades programadas del plan semanal, como también las modificaciones solicitadas por el cliente.
- **Ejecución:**
  Corresponde a los retrasos por los retrabajos durante el proceso constructivo, en otras palabras, por errores de ejecución no se cumplió con el plan semanal.
- **Subcontratos:**
  Corresponde al incumplimiento de las actividades subcontratados.
- **Equipos:**
  Corresponden a las fallas de los equipos.

- **Administración:**
  Corresponde a los retrasos en pago a contratistas o proveedores, cierre de contratos y/o condiciones económicas.

Por lo general, cada causa de no cumplimiento debe producir una medida correctiva, mencionadas en las reuniones semanales de obra, donde se indicará el responsable de tomar las acciones correctivas.
El objetivo es la incrementación del resultado del PPC, tomando las medidas sobre las causas de no cumplimiento, con el fin de evitar que se reincidan.

3.5.7 Casos de estudio: "The Last Planner System of Production Control" de Glenn Ballard

Proyecto One - CCSR; Este proyecto fue diseñado y construido para la Universidad de Stanford. El sistema se implementó en diciembre del 1997 y marzo del 1998.

El PPC se midió cada 07 días, dando como promedio un 64%. La tendencia fue creciente, las principales CNC fueron por motivos climáticos, prerrequisitos e inconvenientes con los subcontratistas.
Una lección aprendida fue que es importante integrar a los subcontratistas durante el proceso de la implementación y elegirlos no sólo por sus ofertas económicas, sino por su compromiso para participar en el sistema "Último Planificador".

Adicionalmente se tomara conciencia de que si él se atrasa, afectara a otros involucrados y este atraso afectara a otras unidades de producción.

Para concluir, en las reuniones semanales no se agendaban temas relacionados con el sistema "Ultimo Planificador", en esencial las razones de no cumplimiento, mucho menos las medidas correctivas para estas.

Proyecto Next - Stage; el proyecto en un complejo de anfiteatros en diferentes estados de EEUU. La duración de la implementación fue de 4 meses y abarcó desde el 1 de julio hasta el 4 de noviembre de 1998.

El PPC fue medido cada 02 semanas y como resultado se obtuvo un 57%. El bajo PPC se debió al mal uso de las herramientas de las C.N.C, esto imposibilitaba aprender de los errores incurridos en forma pertinente. Las C.N.C fundamentales fueron a falta de frente de trabajo y la deficiente programación para la ejecución de todas las tareas programadas. Este tipo de causas nos indican las malas asignaciones de los recursos, es responsabilidad del ingeniero de producción, encargado de la elaboración de la programación.

4. CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 Introducción

La implementación de una nueva forma de planificar en una empresa de construcción considera una renovación en como comenzar la gestión de un proyecto y por ende en la trasformación de la mentalidad de todos los involucrados.

Se inició revisando la información bibliográfica de la filosofía Lean Construction y el Sistema de Ultimo Planificador, dicha información fue utilizada para consolidar la base práctica en mi centro de labores.

Estas herramientas de control fueron utilizadas en 02 obras de edificaciones en la ciudad de Lima Metropolitana, el proyecto **"Mural"** y **"Arnaldo Márquez"**, donde se explicará la correcta utilización de las herramientas del Ultimo Planificador.

El periodo de implementación del "Sistema del Último Planificador" (SUP) comienza desde la primera semana de ejecución de la obra, sin embargo, el presente "Trabajo por Suficiencia Profesional" solo mostrara 10 semanas de evaluación, donde la obra **"Mural"** se evaluara desde la semana 39 a la 48 (25/09/2017 al 27/11/2017) y la obra **"Arnaldo Márquez"** comprende desde la semana 22 a la 31 (28/05/2018 al 30/07/2018).

4.2 Descripción de los proyectos

4.2.1 Proyecto "Mural"

4.2.1.1 Ubicación

La ubicación del proyecto es en la avenida Paseo de los Andes N° 1170, urbanización "El Milagro".

El área del terreno es de aproximadamente 570.77 m2 y el área total a construir es de 7,813.74 m2.

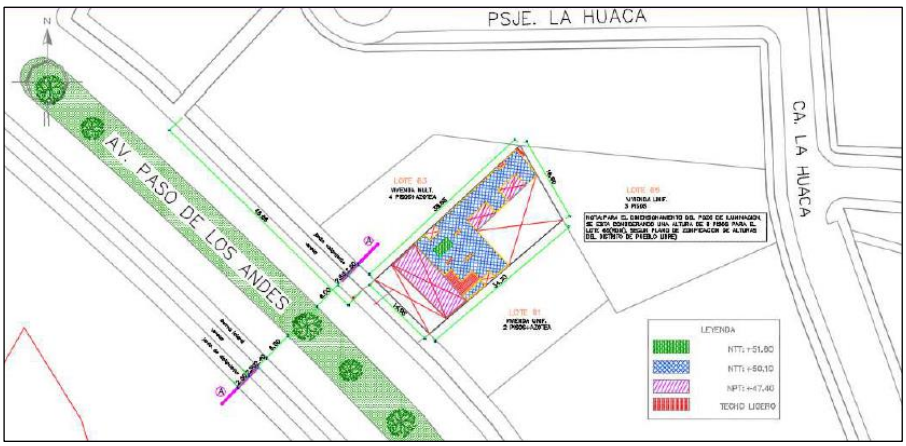


Figura 4.1: *Layout de obra*

4.2.1.2 Alcances

El proyecto comprende la construcción de un edificio multifamiliar con 03 sótanos (incluyendo el cuarto de máquinas), 01 semisótano, 17 niveles y 01 azotea con un frente de 14.35 ml. Para la ejecución de este proyecto las actividades principales se definen como:

- Movimiento de tierras
- Estructuras – muros anclados
- Estructura – edificación
- Arquitectura y acabados – interiores
- Arquitectura y acabados – exteriores
- Instalación y equipamiento

4.2.1.3 Plan de trabajo

Los trabajos se ejecutarán siguiendo una secuencia constructiva, que está representado por el diagrama de Gantt según su cronograma inicial, se asegurar el cumplimiento del cronograma mediante la programación señalan de actividades siguiendo la metodología Last Planner como control.

4.2.1.4 Frentes de trabajo

Para la ejecución del proyecto se realizará los trabajos haciendo la sectorización dependiendo del volumen de trabajo de las diversas actividades. El frente de trabajo estará conformado por equipos y cuadrillas especializadas para cada actividad, por ello cada sector a ejecutar contará con volúmenes de trabajo similares.

4.2.2 Proyecto “Arnaldo Márquez”

4.2.2.1 Ubicación

El predio en estudio se encuentra ubicado en la Av. Arnaldo Márquez Nº 1436 – 1440 - 1444, distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima.

El área en estudio encierra una superficie de 900.00 m².

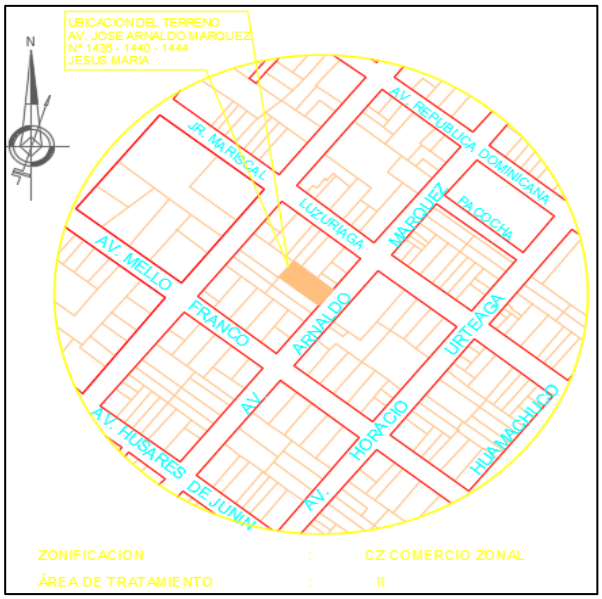


Figura 4.2: *Layout de obra*

4.2.2.2 Alcances

El edificio de viviendas Multifamiliar Arnaldo Márquez, ha sido diseñado en un terreno de 900 m^2 de forma rectangular y sus linderos son los siguientes: 20 metros. Por el frente, por el lindero izquierdo 45 metros y por el lindero derecho 45 metros. Por el fondo 20 metros. El proyecto ha sido diseñado con 17 niveles de viviendas, y cuatro sótanos. En el piso típico, se proponen ocho (08) viviendas de tres, dos y un dormitorio y en el primer piso se proponen los ingresos vehiculares y peatonal, así como la Recepción del edificio. Se proyectan en total 131 viviendas y 103 estacionamientos.

4.2.2.3 Plan de trabajo

Los trabajos se ejecutarán siguiendo una secuencia constructiva, que está representada por un Diagrama de Gantt según se muestra en el Cronograma de Obra; como procesos de control semanalmente se asegurará el cumplimiento del cronograma mediante la programación semanal de actividades aplicando las herramientas de seguimiento y control de la producción basadas en la metodología Last Planner.

4.2.2.4 Frentes de trabajo

Para el desarrollo de este proyecto se considera trabajar con un frente único de trabajo, este frente de trabajo estará conformado por equipos o cuadrillas especializadas para la ejecución de cada actividad, por ello cada sector contará con volúmenes de trabajo que ayudarán al desarrollo de cada cuadrilla con la ejecución de sus trabajos.

Los trabajos para cada nivel estarán sectorizados y diferenciados con la finalidad de tener bloques de trabajo establecidos, realizando de esta manera una programación que sea una herramienta para identificar las fechas de inicio y fin para cada actividad, con la finalidad de asegurar su cumplimiento, para ello se realizarán los seguimientos y controles que sean necesarios para lograr la meta propuesta.

Para asegurar el cumplimiento de los hitos y plazos del cronograma de obra, se realizarán programaciones semanales con 04 semanas de proyección, con la finalidad de eliminar las restricciones que puedan interrumpir el flujo de las actividades y generar retrasos a los plazos mostrados en el Cronograma de Obra. Para nuestra programación y sectorización se tomaron en cuenta las siguientes áreas techadas.

4.3 Metodología de la implementación

Seguidamente se desarrollará paso a paso los procedimientos de la implementación del Sistema del Último Planificador para las obras en mención.

4.3.1 Reunión de conocimiento del grupo de trabajo

Lo esencial para comenzar la implementación de un nuevo sistema de trabajo es conocer al grupo con quien se interactuará, para esto fue necesario realizar una reunión donde participarían todos los involucrados (Residente de obra, administrador, jefe de producción, jefe de oficina técnica y asistentes). En esta se explicó brevemente los principios de la filosofía “Lean Construction” y como se implementará las herramientas de control del Sistema del Último Planificador, como se medirán y los resultados que se esperan cumplir.

Esta reunión también sirvió para enfatizar el compromiso que deben de tener todos los involucrados en la implementación, el cumplimiento de la entregable semana a semana y ante todo brindar una información correcta que demuestre el estado actual del avance de la obra.

4.3.2 Desarrollo de la planificación intermedia

La planificación intermedia como ya se explicó en el capítulo III, tiene un horizonte de 04 semanas, en el cual se extraen del cronograma master y se programa semana a semana las actividades, además la identificación de las restricciones.

Lookahead:

La información será actualizada semanalmente y se agregará una semana más al término de la primera en programar, en los anexos se recopilarán los cuadros de ambas obras en estudio, donde veremos la programación en cada etapa de construcción.

4.3.3 Reunión de la planificación semanal

Las reuniones de obra son los días lunes de cada semana, los temas a tratar son los siguientes:

- Revisión del acta de reunión de la semana anterior
- Revisión del Porcentaje de plan cumplido (PPC)
- Análisis de las CNC
- Definición de las actividades para la semana siguiente
- Revisión de las restricciones de las actividades
- Otros comentarios

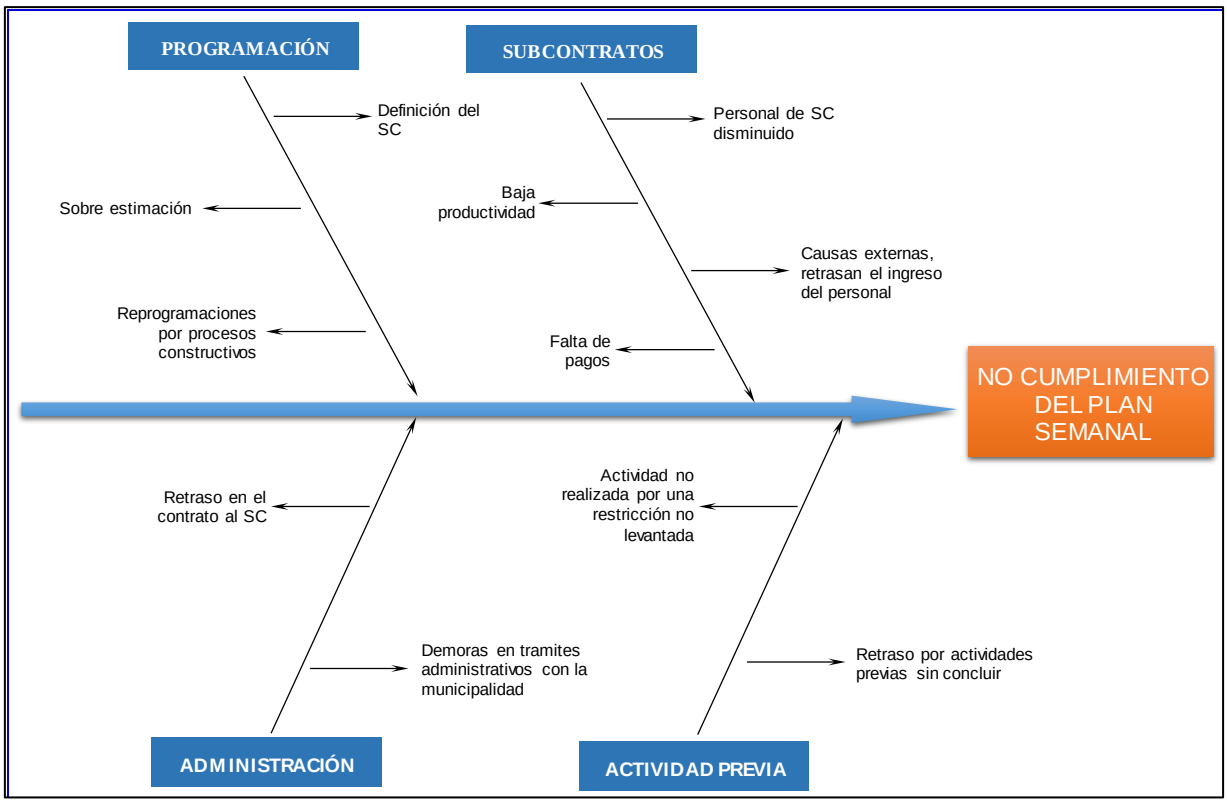


Figura 4.3: *Diagrama de Ishikawa – Análisis de las CNC de ambas obras (más representativas)*

Fuente: *Elaboración propia*

4.3.4 Indicadores a medir

Los indicadores es la forma más exacta de ver cómo ha influido esta implementación a las obras, el control de estas será básicamente medido por su PPC (Porcentaje de Plan Cumplido) y las CNC (Causas de No Cumplimiento) – Fig. 4.3.

En el capítulo V, se desarrollará los resultados de la implementación, así como las gráficas del PPC, además en los anexos estarán detallados semana a semana los planes semanales de cada obra, así como sus análisis de restricciones y causas de no cumplimiento.

4.3.5 Periodo de la implementación del sistema

Como ya se mencionó en el Resumen de este presente "Trabajo por Suficiencia Profesional", el periodo de implementación del "Sistema del Último Planificador" (SUP) mostrara 10 semanas de evaluación, donde la obra **"Mural"** se evaluara desde la semana 39 a la 48 (25/09/2017 al 27/11/2017) y la obra **"Arnaldo Márquez"** comprende desde la semana 22 a la 31 (28/05/2018 al 30/07/2018).

En el siguiente capítulo se mostrará los resultados obtenidos al finalizar la implementación del "Sistema del Último Planificador".

5. CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1 Proyecto "Mural"

5.1.1 Porcentaje de Plan Cumplido

El siguiente cuadro (Tabla 5.1) muestra el número de actividades programas y realizadas, mostrando en las 02 últimas columnas el PPC semanal y acumulado.

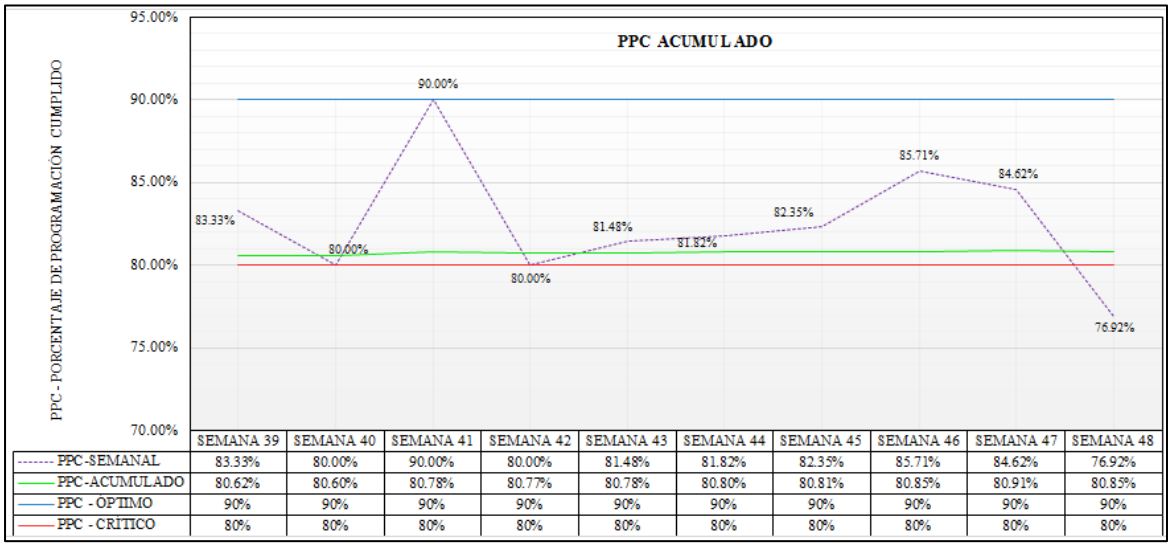
La muestra es de 10 semanas como ya se mencionó, inicio en la semana 39, teniendo un PPC acumulado de 80.62% manteniendo durante estas 10 semanas una tendencia horizontal acumulando a la semana 48 de 80.85%.

OBRA MURAL	Tareas Programadas		Tareas Realizadas		PPC	
	Semanal	Acumulado	Semanal	Acumulado	Semanal	Acumulado
SEMANA 39	42	1491	35	1202	83.33%	80.62%
SEMANA 40	35	1526	28	1230	80.00%	80.60%
SEMANA 41	30	1556	27	1257	90.00%	80.78%
SEMANA 42	30	1586	24	1281	80.00%	80.77%
SEMANA 43	27	1613	22	1303	81.48%	80.78%
SEMANA 44	22	1635	18	1321	81.82%	80.80%
SEMANA 45	17	1652	14	1335	82.35%	80.81%
SEMANA 46	14	1666	12	1347	85.71%	80.85%
SEMANA 47	26	1692	22	1369	84.62%	80.91%
SEMANA 48	26	1718	20	1389	76.92%	80.85%

Tabla 5.1: *Cuadro acumulativo de conteo de actividades*

En el siguiente cuadro (Tabla 5.2) se muestra gráficamente la tendencia del PPC, cabe señalar que la empresa tiene como parámetros lo siguiente:

- PPC Crítico: Menor al 80%
- PPC Optimo: Mayor al 90%



	SEMANA 39	SEMANA 40	SEMANA 41	SEMANA 42	SEMANA 43	SEMANA 44	SEMANA 45	SEMANA 46	SEMANA 47	SEMANA 48
PPC-SEMANAL	83.33%	80.00%	90.00%	80.00%	81.48%	81.82%	82.35%	85.71%	84.62%	76.92%
PPC-ACUMULADO	80.62%	80.60%	80.78%	80.77%	80.78%	80.80%	80.81%	80.85%	80.91%	80.85%
PPC - OPTIMO	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
PPC - CRITICO	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%

Tabla 5.2: *Diagrama acumulado del PPC*

De la tabla 5.2 se observan valores menores al 80% (PPC crítico), estos corresponden a la semana 40 y 48, el motivo es el siguiente:

Semana 40: Durante el desarrollo de esta semana, se programó 35 actividades, las cuales solo se realizaron 28, las 07 que no se realizaron (Fig. 5.1) fueron por las CNC de los subcontratistas, el motivo fue la falta de pago a sus proveedores, el cual retraso la realización de la actividad programan durante esta semana, el % PPC es aceptable pero se consideró en este análisis por estar al borde del crítico.

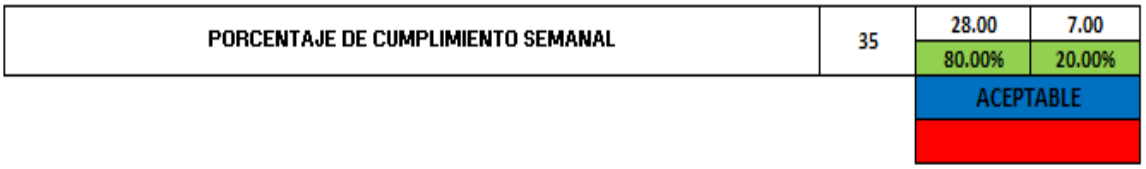


Figura 5.1: PPC - Semana 40

Semana 48: Durante el desarrollo de esta semana, se programaron 26 actividades, las cuales 06 no se realizaron (Fig. 5.2), esto por motivo nuevamente por los SC, las CNC fue la falta de personal de estos, la medida correctivo que se tuvo fue el incremento en sus respectivas cuadrillas.

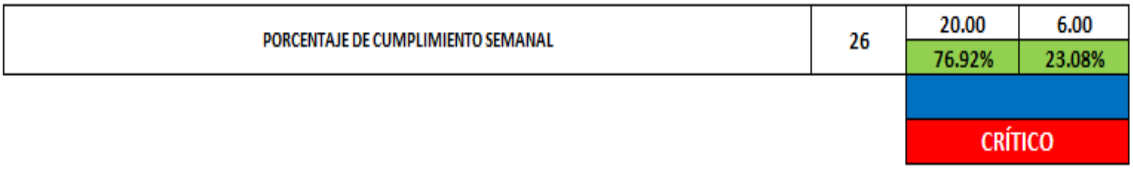


Figura 5.2: PPC crítico - Semana 48

5.1.2 Causas de No Cumplimiento

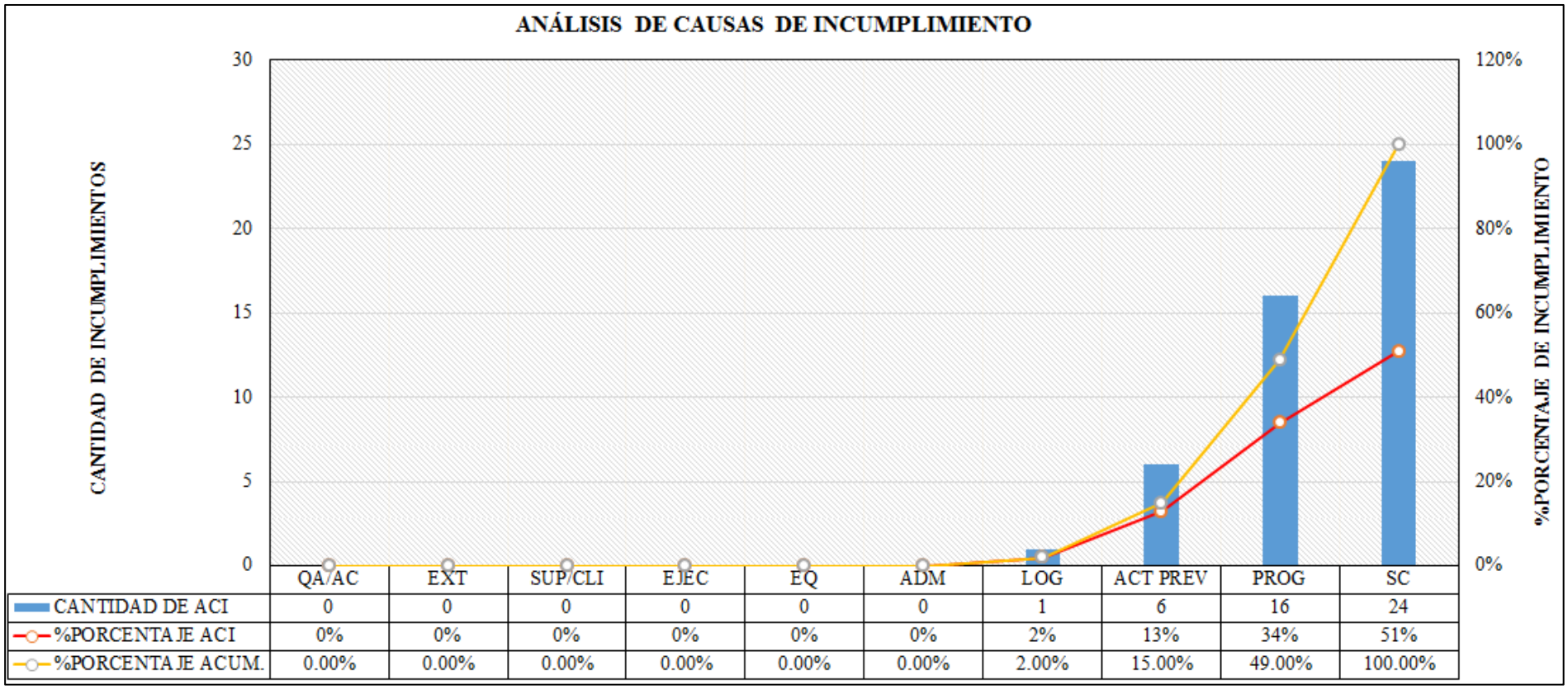
OBRA MURAL	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																			
	DESCRIPCIÓN																			
	PROG		LOG		QA/AC		EXT		ACT PREV		SUP/CLI		EJEC		SC		EQ		ADM		TOTAL
SEMANA 39	4	57%	0	0%	0	0%	0	0%	1	14%	0	0%	0	0%	2	29%	0	0%	0	0%	7
SEMANA 40	1	14%	0	0%	0	0%	0	0%	1	14%	0	0%	0	0%	5	71%	0	0%	0	0%	7
SEMANA 41	1	33%	1	33%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	33%	0	0%	0	0%	3
SEMANA 42	1	17%	0	0%	0	0%	0	0%	2	33%	0	0%	0	0%	3	50%	0	0%	0	0%	6
SEMANA 43	3	60%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	40%	0	0%	0	0%	5
SEMANA 44	1	25%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	3	75%	0	0%	0	0%	4
SEMANA 45	1	33%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	67%	0	0%	0	0%	3
SEMANA 46	1	50%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	50%	0	0%	0	0%	2
SEMANA 47	2	50%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	50%	0	0%	0	0%	4
SEMANA 48	1	17%	0	0%	0	0%	0	0%	2	33%	0	0%	0	0%	3	50%	0	0%	0	0%	6
	16	34%	1	2%	0	0%	0	0%	6	13%	0	0%	0	0%	24	51%	0	0%	0	0%	47

Tabla 5.3: *Cuadro de las CNC.*

Las CNC más frecuentes después de estas 10 semanas (Tabla 5.3) se observa un porcentaje alto de la CNC por parte de los subcontratistas, llegando a 83.10%, los motivos de estas son:

- Los contratistas demoran en enviar la documentación para el ingreso a obra.
- Falta de personal.
- Fallas en los equipos.

En la tabla 5.4 se muestra el diagrama de Pareto donde muestra la cantidad de CNC durante estas 10 semanas de estudio, las cuales se observan 24 ocasiones donde la CNC fue por parte de los subcontratistas.



	QA/AC	EXT	SUP/CLI	EJEC	EQ	ADM	LOG	ACT PREV	PROG	SC
CANTIDAD DE ACI	0	0	0	0	0	0	1	6	16	24
%PORCENTAJE ACI	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	13%	34%	51%
%PORCENTAJE ACUM.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.00%	15.00%	49.00%	100.00%

Tabla 5.4: *Diagrama de Pareto de las CNC.*

5.1.3 Análisis de las Principales Actividades Programadas

El siguiente cuadro (Tabla 5.9) muestra las principales actividades programadas durante las 10 semanas de estudio, el criterio utilizado para su selección es la repetición de estas a lo largo del tiempo de evaluación.

Se han colocado 02 columnas por semana, donde se indica si cumplió o no con la realización de la actividad y la otra columna detalla la "Causa de no Cumplimiento" (CNC), donde las más repetitivas durante estas 10 semanas fueron las siguientes:

- Subcontratistas
- Actividades previas
- Programación

MURAL	SEMANA 39		SEMANA 40		SEMANA 41		SEMANA 42		SEMANA 43		SEMANA 44		SEMANA 45		SEMANA 46		SEMANA 47		SEMANA 48	
Actividades principales	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC
Enchape de cerámicos (Azotea)	NO	ACT PREV	-	-	-	-	-	-	NO	PROG	SI	-	-	-	SI	-	SI	-	SI	-
Colocación ladrillo pasteleto (Azotea)	NO	SC	-	-	-	-	-	-	NO	PROG	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarrajeo fachada	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pintura de fachada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-
IIEE Cableado	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	-	-	SI	-
Instalación de gabinetes de gas	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	-	-	SI	-
Enchape de cerámicos (Torre)	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	-	-	SI	-
Suministro e instalación de puertas	SI	-	NO	SC	SI	-	SI	-	NO	SC	SI	-	SI	-	NO	SC	NO	SC	NO	SC
Tablero de granito y cuarzo	SI	-	SI	-	SI	-	NO	SC	NO	SC	SI	-	NO	SC	SI	-	SI	-	SI	-
Instalacion de vidrios	SI	-	SI	-	NO	SC	NO	SC	SI	-	NO	SC	SI	-	SI	-	SI	-	NO	ACT PREV
Instalación de espejos	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	NO	SC	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-
Colocación de papel mural	SI	-	NO	ACT PREV	NO	PROG	SI	-	NO	PROG	NO	PROG	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-
Instalación de ascensores	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-

Tabla 5.5: *Listado de Principales Actividades*

De la lista de actividades que cumplió, se sacó un porcentaje aproximado de estas, dando como resultado lo siguiente:

ACTIVIDADES PRINCIPALES	% ACT CUMPLIDAS
Colocación ladrillo pasteleto (Azotea)	**50%**
Suministro e instalación de puertas	**50%**
Instalacion de vidrios	**60%**
Colocación de papel mural	**60%**
Enchape de cerámicos (Azotea)	**67%**
Tablero de granito y cuarzo	**70%**
Instalación de espejos	**90%**
Tarrajeo fachada	**100%**
Pintura de fachada	**100%**
IIEE Cableado	**100%**
Instalación de gabinetes de gas	**100%**
Enchape de cerámicos (Torre)	**100%**
Instalación de ascensores	**100%**

Tabla 5.6: *Listado de Principales Actividades Cumplidas*

El siguiente grafico (Tabla 5.7) muestra el porcentaje de actividades cumplidas durante estas 10 semanas, donde las actividades como:

- Colocación de ladrillo pastelero (Azotea)
- Suministro e instalación de puertas
- Instalación vidrios
- Colocación de papel mural

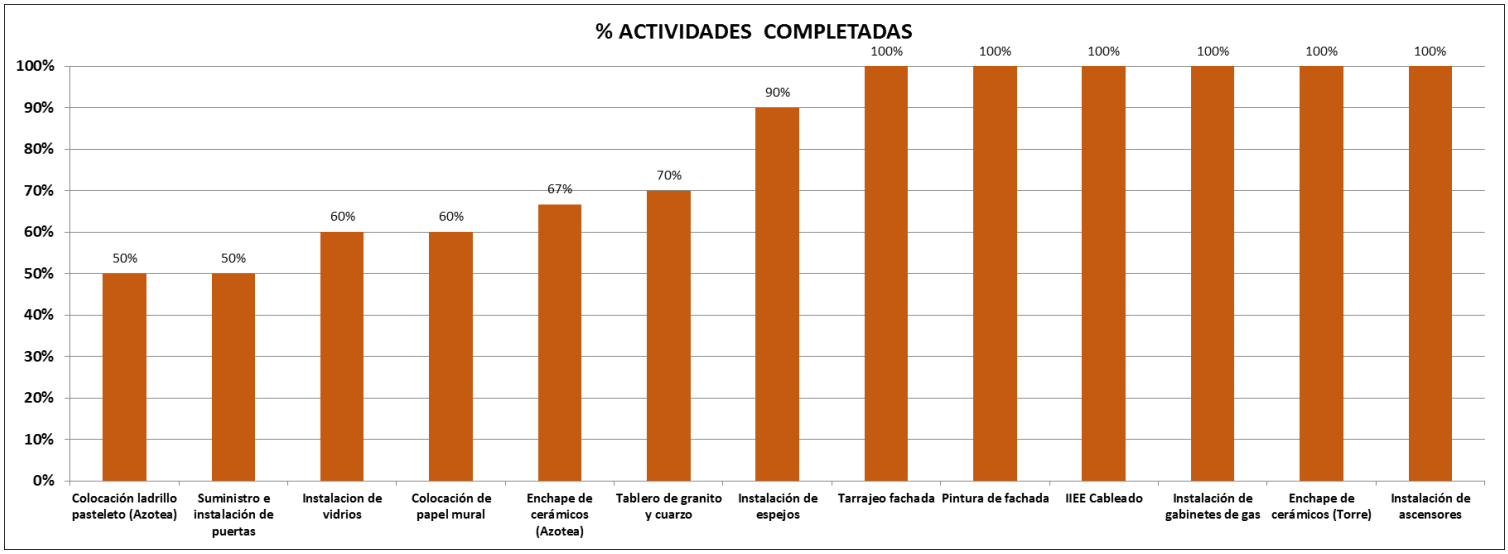


Tabla 5.7: *Diagrama de Actividades Cumplidas*

Estuvieron por debajo del 50% de ser completadas (y/o acercándose), estas actividades están necesariamente vinculadas a sus CNC, como ya se detalló líneas arriba, la gran cantidad es por los **"Subcontratistas"** y **"Actividades previas"** y **"Programación"**. Las medidas correctivas para no generar más estas CNC serían:

- Charlas de capacitación a los encargados de obra para su correcta planificación de actividades.
- Seguimiento y control de las partidas previas a lo programado.
- Evaluación de los subcontratistas de puertas, con la finalidad de intervenir sus actividades.
- Coordinación con oficina central para los pagos mediante valorizaciones a los subcontratistas.

5.2 Proyecto "Arnaldo Márquez"

5.2.1 Porcentaje de Plan Cumplido

El siguiente cuadro (Tabla 5.8) muestra el número de actividades programas y realizadas, mostrando en las 02 últimas columnas el PPC semanal y acumulado.

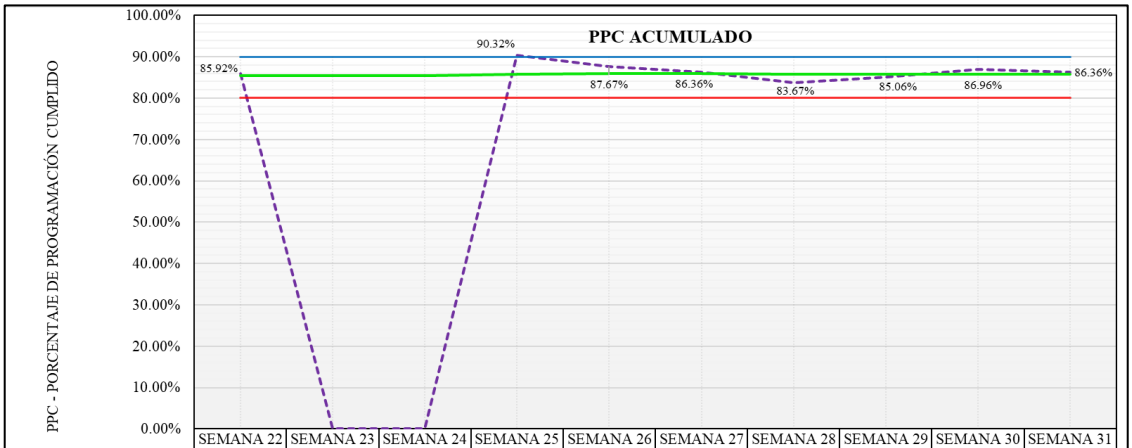
La muestra de 10 semanas como ya se mencionó inicio en la semana 22, teniendo un PPC acumulado de 85.46% manteniendo durante estas 10 semanas una tendencia horizontal.

OBRA A. MÁRQUEZ	Tareas Programadas		Tareas Realizadas		PPC	
	Semanal	Acumulado	Semanal	Acumulado	Semanal	Acumulado
SEMANA 22	71	798	61	682	85.92%	85.46%
SEMANA 23	0	798	0	682	0.00%	85.46%
SEMANA 24	0	798	0	682	0.00%	85.46%
SEMANA 25	62	860	56	738	90.32%	85.81%
SEMANA 26	73	933	64	802	87.67%	85.96%
SEMANA 27	88	1021	76	878	86.36%	85.99%
SEMANA 28	98	1119	82	960	83.67%	85.79%
SEMANA 29	87	1206	74	1034	85.06%	85.74%
SEMANA 30	46	1252	40	1074	86.96%	85.78%
SEMANA 31	44	1296	38	1112	86.36%	85.80%

Tabla 5.8: *Cuadro acumulativo de conteo de actividades*

En la tabla 5.9 se muestra gráficamente el avance del PPC semanal a lo largo de las 10 semanas, en esta ocasión hubieron 02 semanas de paralización por temas municipales, donde observamos que el PPC inicial fue de 85.46% al inicio de este estudio, teniendo un retraso de 02 semanas, al retomar la ejecución de la obra se obtuvo un 90.32% en la semana 25 el cual fue bastante optimo y no empeoro la situación, sino que fue un indicador de que las herramientas son bien aplicadas.

Al finalizar estas 10 semanas se obtuvo 85.80%.



	SEMANA 22	SEMANA 23	SEMANA 24	SEMANA 25	SEMANA 26	SEMANA 27	SEMANA 28	SEMANA 29	SEMANA 30	SEMANA 31
PPC-SEMANAL	85.92%	0.00%	0.00%	90.32%	87.67%	86.36%	83.67%	85.06%	86.96%	86.36%
PPC-ACUMULADO	85.46%	85.46%	85.46%	85.81%	85.96%	85.99%	85.79%	85.74%	85.78%	85.80%
PPC - ÓPTIMO	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
PPC - CRÍTICO	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%

Tabla 5.9: *Diagrama acumulado del PPC*

5.2.2 Causas de No Cumplimiento

OBRA A. MÁRQUEZ	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																			
	DESCRIPCIÓN																			
	PROG		LOG		QA/AC		EXT		ACT PREV		SUP/CLI		EJEC		SC		EQ		ADM		TOTAL
SEMANA 22	4	40%	0	0%	0	0%	0	0%	3	30%	0	0%	0	0%	3	30%	0	0%	0	0%	10
SEMANA 23		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%	0
SEMANA 24		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%	0
SEMANA 25	1	17%	0	0%		0%	0	0%	1	17%	0	0%	0	0%	4	67%	0	0%	0	0%	6
SEMANA 26	3	33%	0	0%	0	0%	0	0%	3	33%	0	0%	0	0%	3	33%	0	0%	0	0%	9
SEMANA 27	3	25%	0	0%	0	0%	0	0%	4	33%	0	0%	0	0%	5	42%	0	0%	0	0%	12
SEMANA 28	4	25%	0	0%	0	0%	0	0%	7	44%	0	0%	0	0%	5	31%	0	0%	0	0%	16
SEMANA 29	4	31%	0	0%	0	0%	0	0%	3	23%	0	0%	0	0%	6	46%	0	0%	0	0%	13
SEMANA 30	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	4	67%	0	0%	0	0%	2	33%	0	0%	0	0%	6
SEMANA 31	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	3	50%	0	0%	0	0%	3	50%	0	0%	0	0%	6
	19	24%	0	0%	0	0%	0	0%	28	36%	0	0%	0	0%	31	40%	0	0%	0	0%	78

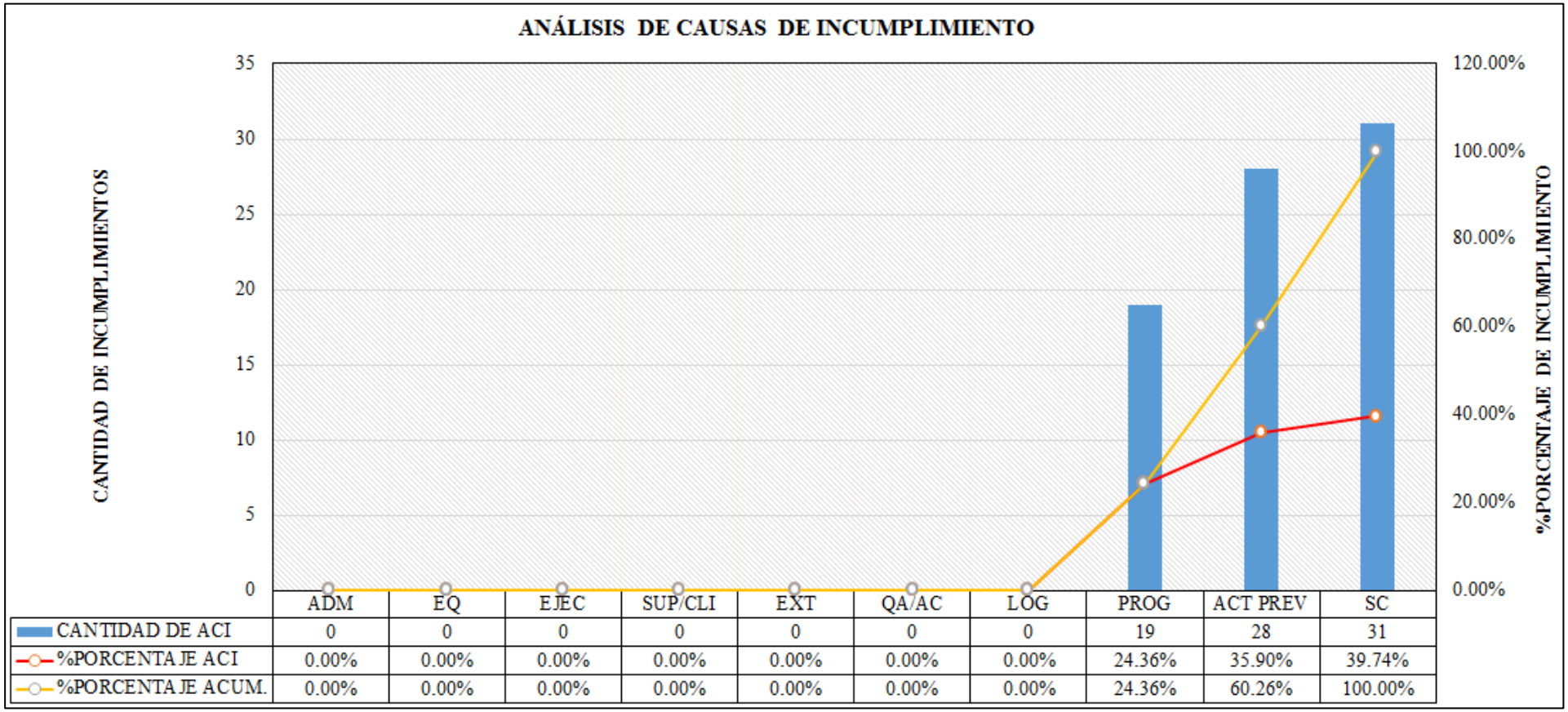
Tabla 5.10: *Cuadro de las CNC.*

Las CNC más frecuentes después de estas 10 semanas se muestran en la tabla 5.10 donde el porcentaje es alto de las CNC por parte de los subcontratistas, llegando a 83.10%, los motivos de estas son:

- Los contratistas demoran en enviar la documentación para el ingreso a obra.
- Falta de personal.
- Fallas en los equipos.

Estas causas se deben a que en la semana 23 y 24 la obra fue paralizada por motivos municipales, esto dificulto que en la semana 25 los subcontratistas vuelvan a obra, ya que durante estas 02 semanas su personal fue asignado a otros proyectos y fue dificultoso su retorno, y hubo un déficit de personal en obra.

En la tabla 5.11 se muestra el diagrama de Pareto donde muestra la cantidad de CNC durante estas 10 semanas de estudio, las cuales se observan 31 ocasiones donde la CNC fue por parte de los subcontratistas, la medida correctiva antes esa situación fue la confiabilidad que se generó dentro del proyecto a pesar de una paralización.



	ADM	EQ	EJEC	SUP/CLI	EXT	QA/AC	LOG	PROG	ACT PREV	SC
CANTIDAD DE ACI	0	0	0	0	0	0	0	19	28	31
%PORCENTAJE ACI	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	24.36%	35.90%	39.74%
%PORCENTAJE ACUM.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	24.36%	60.26%	100.00%

Tabla 5.11: *Diagrama de Pareto de las CNC.*

5.2.3 Análisis de las Principales Actividades Programadas

El siguiente cuadro (Tabla 5.12) muestra las principales actividades programadas durante las 10 semanas de estudio, el criterio utilizado para su selección es la repetición de estas a lo largo del tiempo de evaluación.

Se han colocado 02 columnas por semana, donde se indica si cumplió o no con la realización de la actividad y la otra columna detalla la "Causa de no Cumplimiento" (CNC), donde las más repetitivas durante estas 10 semanas fueron las siguientes:

- Subcontratistas
- Actividades previas
- Programación
- Logística

ARNALDO MÁRQUEZ	SEMANA 22		SEMANA 23		SEMANA 24		SEMANA 25		SEMANA 26		SEMANA 27		SEMANA 28		SEMANA 29		SEMANA 30		SEMANA 31	
Actividades principales	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC	Cumplio	CNC
Enchape de cerámicos en dptos	SI	-	NO	-	NO	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-
Enchape de cerámicos en pasadizo	SI	-	NO	-	NO	-	NO	LOG	SI	-	NO	ACT PREC	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-
Empaste 1era mano	SI	-	NO	-	NO	-	SI	-	NO	ACT PREV	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	NO	SC
Empaste 2da mano	SI	-	NO	-	NO	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	NO	SC
Pintura 1era mano	SI	-	NO	-	NO	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-
Pintura 2da mano	SI	-	NO	-	NO	-	SI	-	SI	-	SI	-	NO	SC	NO	PROG	NO	SC	SI	-
Instalación de puertas	NO	SC	NO	-	NO	-	SI	-	NO	ACT PREV	SI	-	SI	-	SI	-	NO	ACT PREV	NO	ACT PREV
Piso laminado	SI	-	NO	-	NO	-	NO	SC	SI	-	SI	-	NO	ACT PREV	NO	ACT PREV	SI	-	SI	-
Sellado de vidrios	NO	ACT PREV	NO	-	NO	-	NO	SC	NO	SC	NO	SC	NO	PROG	SI	-	SI	-	SI	-
Aparatos sanitarios y griferias	SI	-	NO	-	NO	-	SI	-	SI	-	NO	ACT PREV	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-
Solaqueo fachada	SI	-	NO	-	NO	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-
Suministro e instalación de ascensores	SI	-	NO	-	NO	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-
IIEE - Cableado de circuitos	SI	-	NO	-	NO	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-
Carpinteria de madera en sótanos	NO	PROG	NO	-	NO	-	SI	-	NO	ACT PREV	SI	-	NO	ACT PREV	SI	-	NO	ACT PREV	NO	SC
Pintura de tráfico	NO	PROG	NO	-	NO	-	SI	-	SI	-	-	-	-	-	NO	ACT PREV	-	-	-	-
Albañileria en sótanos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SI	-	SI	-

Tabla 5.12: *Listado de Principales Actividades*

De la lista de actividades que cumplió, se sacó un porcentaje aproximado de estas, dando como resultado lo siguiente:

ACTIVIDADES PRINCIPALES	% ACT CUMPLIDAS
Albañileria en sótanos	100%
Enchape de cerámicos en dptos	80%
Pintura 1era mano	80%
Solaqueo fachada	80%
Suministro e instalación de ascensore	80%
IIEE - Cableado de circuitos	80%
Empaste 2da mano	70%
Aparatos sanitarios y griferias	70%
Enchape de cerámicos en pasadizo	60%
Empaste 1era mano	60%
Pintura 2da mano	50%
Piso laminado	50%
Instalación de puertas	40%
Sellado de vidrios	30%
Carpinteria de madera en sótanos	30%
Pintura de tráfico	20%

Tabla 5.13: *Listado de Principales Actividades Cumplidas*

El siguiente grafico (Tabla 5.14) muestra el porcentaje de actividades cumplidas durante estas 10 semanas, donde las actividades como:

- Pintura 2da mano
- Instalación de piso laminado
- Instalación de puertas
- Sellado de vidrios
- Carpintería de madera en sótanos
- Pintura de trafico

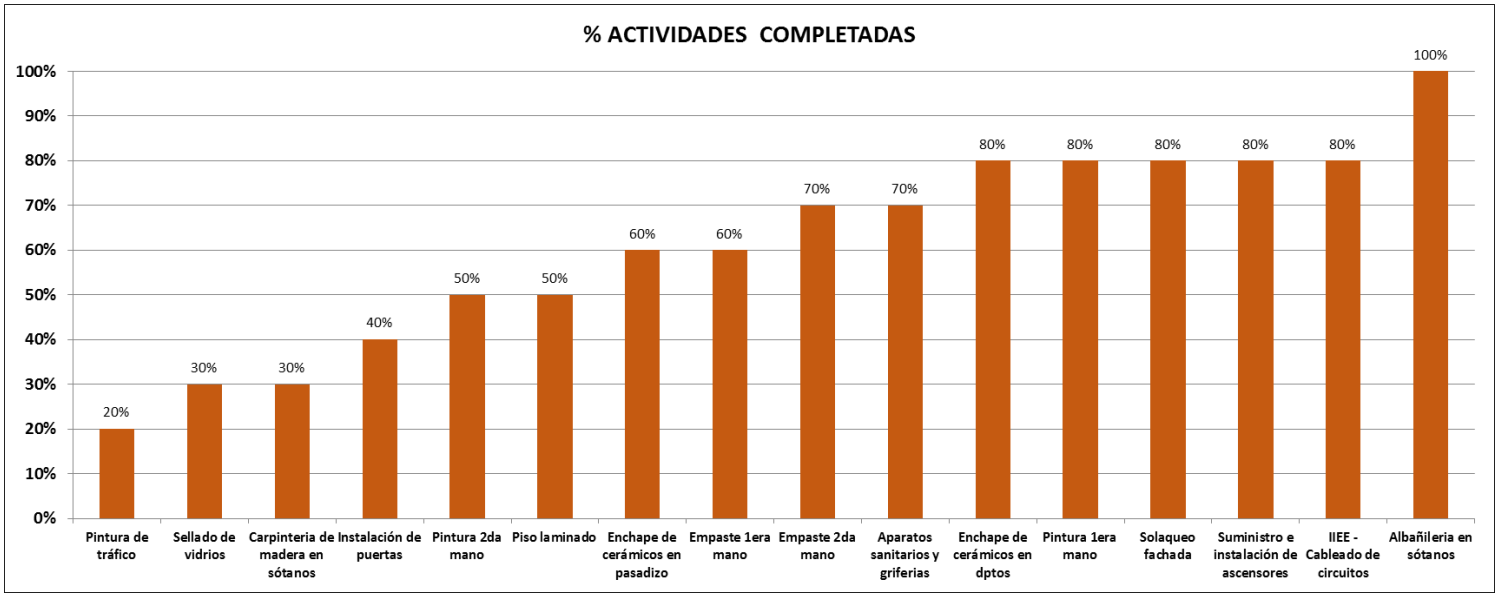


Tabla 5.14: *Diagrama de Actividades Cumplidas*

Estuvieron por debajo del 50% de completado, estas actividades están necesariamente vinculadas a sus CNC, como ya se detalló líneas arriba, la gran cantidad es por los **"Subcontratistas"** y **"Actividades previas"**. Las medidas correctivas para no generar más estas CNC serían:

- Reuniones con las SC para ajustar tiempo de partidas.
- Adjudicación de nueva contratista.
- Evaluación de 02 frentes de trabajo.
- Seguimiento y control de las partidas previas a lo programado
- Coordinación con oficina central para los pagos mediante valorizaciones a los subcontratistas.

6. Conclusiones

- Toda implementación en algunos casos se vuelve complicada, esto debido al grupo de trabajo y a el cambio en la forma de planificar, el cambio de mentalidad es dificultoso, estableces nuevos principios no es fácil en profesionales que llevan trabajando siempre con el mismo método tradicional y para ellos la implementación de nuevas técnicas puede significar una pérdida de tiempo.

  En relación al sistema aplicado, su finalidad es la disminución de la variabilidad través de la aplicación de 04 premisas:

  - Compromiso personal (Último planificador)
  - Reuniones semanales de obra
  - Utilización del PPC como un indicador del cumplimiento del plazo
  - Visión de los resultados obtenidos semanalmente

- Ante lo anterior, se concluye que esta implementación tuvo un impacto positivo, demostrándolo que a pesar de una paralización de una obra, se supo manejar la situación y volver a reprogramar las actividades para que no afecte la productividad. Ambas obras alcanzaron un promedio acumulado de más del **% PPC óptimo** establecido por la empresa.

- De los análisis del **"PPC"** y **"Análisis de Restricciones"**, se logró concluir que un buen **PPC** y una liberación de restricciones a tiempo son factores a considerar para lograr un buen desempeño del periodo a corto plazo.

- Esta herramienta esta direccionada a la estabilización del flujo de trabajo, para lograrlo se fundamenta en los principios del Lean Construction.

- Las herramientas de control utilizadas del Sistema del Último Planificador nos facilitan la reducción del plazo de obra, no necesariamente por el sistema constructivo sino por la correcta utilización de los recursos asignados.

- Lo elemental al comenzar con la implementación del sistema a las 02 obras fue conocer el grupo con el cual se interactuará, para esto fue necesario reunirlos en la primera reunión de obra, donde se explicó brevemente los principios del sistema, como se implementará, que indicadores se evaluaran y los resultados que se esperan obtener.

- Entre las principales causas de no cumplimiento, las más incidentes son por los subcontratistas, programación, siendo realistas, durante estas 10 semanas el motivo fundamental y creciente de estas **CNC** fue la paralización de obra, como ya se mencionó, volver a crear una credibilidad por parte de agentes externos es complicado.

- A raíz de esto, decidí escoger estas semanas de estudio, con el fin de como una nueva técnica o sistema de planificación puede resurgir a pesar de una paralización y asumir los retos que esta conlleva, en ambas obras fue favorable, como ya se mencionó este **"Trabajo por Suficiencia Profesional"** no demuestra cómo es la aplicación del "Sistema Last Planner" sino como se aplica y ejecuta con ejemplos y datos reales de obra.

- La aplicación asidua del SUP en una obra de construcción, aumenta la confiabilidad de la planificación, y está en el grupo de trabajo, el cual permite que el responsable (Último planificador) elimine las pérdidas ocasionadas por la incertidumbre y la variabilidad propias de un proceso de constructivo.

- Esta implementación no requiere una gran tecnología ni compras costosas, sino un entendimiento y compromiso de todos los involucrados en cada proyecto y empresa por la filosofía LEAN.

7. Recomendaciones

- Se recomienda que en las reuniones, informar sobre los logros obtenido de la semana anterior, el **PPC**, porque no se cumplió la totalidad planeada si fuera el caso y lograr entre todas las áreas las acciones correctivas a tomar.

- Los últimos planificadores son un pilar fundamental en el proyecto, **"más vale prevenir todas las actividades que vendrán que reprogramar o re planificar".** Si una obra reprograma continuamente sus actividades es un indicador de irresponsabilidad, falta de compromiso, el cual se notara en los costos y tiempo se atrasó.

- Las **CNC** podrían considerarse como excusas para no ejecutar las actividades programadas y no como una posibilidad de mejora, además de la toma de acción correctiva para revertir situaciones con **PPC críticos**, la carencia de responsabilidad y compromiso impedirá una clara visión de los problemas del proyecto y no permitirá tomas ventajas de las oportunidades que se pueden presentar para tomas las acciones necesarias dentro del sistema de producción.

- Hay que ser bien cuidadoso con el mal uso que le podrían dar al **PPC**, si alguien considera una actividad como completada y no lo está, conseguirá inflar el %, que podría ser utilizado para obtener ventajas para justificar los plazos, adicionales, etc. Por lo que se deberá hacer un control de como calculan el **PPC** y hacer el seguimiento respectivo en obra.

- **Seleccionar el equipo adecuado**
  El grupo de personas encargadas para el proyecto deben de tener la participación y compromiso de adaptarse a nuevas metodologías, además de sus conocimientos, esta combinación es muy prospera y el éxito estará garantizado en esta implementación.

- **Adaptación de la metodología a la cultura**
  Ya implementada la metodología, se podrá analizar los resultados y darán los pros y contras de esta implementación en las obras donde se ejecutó esta metodología, dando los puntos a mejorar y adaptarlos en la cultura de la empresa, para que sirva como lección aprendida para futuras obras

- **Realizar un diagnóstico interno de la empresa**
  De los resultados obtenidos en las diferentes obras donde se implementó esta metodología, se deberá analizar los factores que podrán afectar la implementación para ser filtrados asignándoles una prioridad de acuerdo a su grado crítico.

- **Cambios y futuras acciones**
  Se tomarán las medidas correctivas para el mejoramiento basadas en el resultado de la implementación. Se contralora las acciones correctivas, el impacto y resultados con la colaboración de todos los involucrados de la implementación.

8. Referencias

Alarcón Luis (2008). **Guía para la implementación del Sistema del Ultimo Planificador, Pontificia Universidad Catolica de Chile.**

Ballard, G. (2015). **Planificación de nivel de tripulación "Lean Construction Journal".**

Ballard, G. (2000). **"The Last Planner System of Production Control"**

Ballard, G, (1993). **Construcción magra y mejora en el desempeño de EPC**. En: LF Alarcón, ed. Construcción Lean. Rotterdam, Países Bajos: AA Balkema Publishers.

Ballard, G. y Howell, G. (1998). **Blindaje de la producción: paso esencial en el control de la producción.** Revista de Ingeniería y Gestión de la Construcción.

Goldratt Eliyah, La Meta – Un proceso de Mejora Continua.

Howell, G. (2002). **A Guide for new users of the last planner system, nine steps for success, Lean Projects Consulting.**

Koskela, L, (2000). Necesitamos una teoría de la construcción. En Berkeley-Stanford Construction Engineering and Management Workshop: definición de una agenda de investigación para el proceso / producto de AEC.

Koskela, L. ***Application of the production philosophy to construction****, Koskela, L (2000).*

Google [Mapa del distrito de Miraflores, Lima, Perú en Google maps], de: https://www.google.com.pe/maps/@-12.1206888,-77.0178699,18z

http://www.fasedos.com.pe/

http://www.motiva.com.pe/articulos/TOC_proceso_constructivo1.pdf

9. Glosario de Abreviaciones

- LPS: Last Planner System
- SUP: Sistema del Último Planificador
- LCI: Lean Construction Institute
- PERT: Program Evaluation and Review Technique
- CPM: Critical Path Method
- WBS: Work Breakdown Structure
- EDT: Estructura de Desglose de Trabajo
- PPC: Porcentaje de Plan Cumplido
- CNC: Causas de no Cumplimiento

10. Anexos