

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“PROPUESTA DE GESTIÓN DEL TIEMPO UTILIZANDO PULL PLANNING Y SU RELACIÓN CON EL CUMPLIMIENTO DE PLAZO DEL COLEGIO INNOVA SCHOOLS- ARABISCOS, S.J.L. 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Civil.**

Autor:

Angelica Paulette Ramirez Seguil

Asesor:

Mg. Ing. Julio Christian Quesada Llanto

Lima - Perú

2020

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico en especial a mi madre por ser la persona quien siempre confió en mí en todo momento y me ayudó a poder alcanzar cada uno de mis sueños.

A mi familia y Dios quienes me motivaron a no rendirme.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser siempre el pilar de todos mis objetivos.

A mi esposo, porque hace que mis sueños sean suyos también y siempre está a mi lado ayudándome a levantarme a pesar de las circunstancias, a mi hija que llegó a mi vida para motivarme a ser cada día una mejor persona.

A mis padres y hermanos que siempre estuvieron animándome en mis momentos difíciles.

A Christian A. quién me apoyo incondicionalmente en todo momento para lograr este gran paso.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>9</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>11</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	21
1.2.1. <i>Problema principal</i> .....	21
1.2.2. <i>Problema específicos</i> .....	21
1.3. OBJETIVOS .....	22
1.3.1 <i>Objetivo General</i> .....	22
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	22
1.4. HIPÓTESIS.....	22
1.4.1 <i>Hipótesis general</i> .....	22
1.4.2. <i>Hipótesis específicas</i> .....	22
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b> .....	<b>24</b>
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	24
2.1.1. <i>Variables y Operacionalización</i> .....	25
2.1.2. <i>Operacionalización de Variables</i> .....	25
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	27
2.2.1. <i>Población</i> .....	27
2.2.2. <i>Muestra</i> .....	27
2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....	27
2.4. PROCEDIMIENTO .....	28
2.4.1. <i>Recolección de la información</i> .....	28
2.4.2. <i>Fundamento Teórico</i> .....	29
2.4.3. <i>Descripción del Proyecto</i> .....	63
2.4.4. <i>Diagnóstico del proyecto</i> .....	68
2.4.5. <i>Implementación Pull Planning</i> .....	73
2.4.6. <i>Reunión de coordinación con el grupo de trabajo e involucrados</i> .....	75
2.4.7. <i>Plan Maestro</i> .....	77

2.4.8. Sectorización .....	78
2.4.9. Flujos no paren .....	81
2.4.10. Tren de Actividades .....	81
2.4.11. Planificación Intermedia o Look Ahead .....	83
2.4.12. Análisis de Restricciones .....	85
2.4.13. Planificación Semanal .....	87
2.4.14. Evaluación de cumplimiento .....	89
2.4.15. Control de avance y plazo .....	93
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>96</b>
3.1. CURVA S AL CIERRE DE OBRA .....	96
3.2. SPI .....	97
3.3. PPC .....	99
3.4. TMR .....	100
3.5. COEFICIENTE DE CORELACIÓN ENTRE SPI, TMR Y PPC .....	102
3.5.1. Correlación de SPI Y PPC .....	103
3.5.2. Correlación de PPC y TMR .....	104
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>105</b>
4.1. DISCUSIÓN .....	105
4.2. CONCLUSIONES .....	108
4.3. RECOMENDACIONES .....	110
<b>INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....</b>	<b>115</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipo y niveles de investigación .....	24
Tabla 2 Definición operacional de las variables .....	26
Tabla 3 Detalle de técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	28
Tabla 4 Pasos para acopio de información .....	28
Tabla 5 Síntesis y comparación de las Teorías de Producción .....	34
Tabla 6 Diferencias entre la Gestión Tradicional y la Gestión Lean .....	38
Tabla 7 Fases del uso del Pull Planning.....	56
Tabla 8 Porcentaje de avance hasta la semana 04.....	72
Tabla 9 Porcentaje de avance hasta la semana 07.....	93
Tabla 10 Porcentaje de avance hasta la semana 10.....	94
Tabla 11 Porcentaje de avance hasta la semana 13.....	95
Tabla 12 Porcentaje de avance hasta la última semana .....	96
Tabla 13 Valores del SPI hasta la semana 15 .....	97
Tabla 14 Valores del PPC hasta la semana 15 .....	99
Tabla 15 Valores del TMR hasta la semana 15 .....	100
Tabla 16 Relación entre SPI, TMR y PPC.....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Diagrama de Ishikawa .....	15
<i>Figura 2:</i> Objetivos de Lean Construction .....	30
<i>Figura 3:</i> Objetivos de Lean Construction .....	32
<i>Figura 4:</i> La necesidad del desarrollo de las Teorías de Producción .....	33
<i>Figura 5:</i> Sistema tradicional de construcción .....	35
<i>Figura 6:</i> Ciclo de generación de Valor .....	36
<i>Figura 7:</i> Pérdidas en el Sistema de Producción.....	37
<i>Figura 8:</i> Flujo de procesos de producción y soporte .....	38
<i>Figura 9:</i> Flujos ininterrumpidos de procesos.....	39
<i>Figura 10:</i> Flujo de información en la etapa de planeamiento .....	40
<i>Figura 11:</i> Objetivo de Proteger el plan .....	43
<i>Figura 12:</i> Objetivo de Asegurar el flujo .....	44
<i>Figura 13:</i> Ejemplo de Look Ahead.....	46
<i>Figura 14:</i> Ejemplo de listado de responsabilidades de levantamiento de restricciones.....	47
<i>Figura 15:</i> Ejemplo de Plan Semanal.....	49
<i>Figura 16:</i> Ejemplo de PPC.....	50
<i>Figura 17:</i> Ejemplo de Causas de Incumplimiento .....	52
<i>Figura 18:</i> Ciclo de Programación .....	53
<i>Figura 19:</i> Grafico de las 5S .....	58
<i>Figura 20:</i> Procesos sin balancear .....	59
<i>Figura 21:</i> Procesos balanceados.....	63
<i>Figura 22:</i> Plano de arquitectura 1er nivel planta.....	64
<i>Figura 23:</i> Proyecto Colegio Innova Schools.....	65
<i>Figura 24:</i> Ubicación del Proyecto.....	65
<i>Figura 25:</i> Organigrama del proyecto CIS.....	67
<i>Figura 26:</i> Principales hitos de proyecto.....	68
<i>Figura 27:</i> Cronograma tradicional.....	70
<i>Figura 28:</i> Look Ahead sin levantamiento de restricciones.....	71
<i>Figura 29:</i> Análisis de restricciones incorrecto.....	72
<i>Figura 30:</i> Curva S de la semana 04.....	73
<i>Figura 31:</i> Foto de capacitación al staff .....	75
<i>Figura 32:</i> Reprogramación de proyecto.....	76
<i>Figura 33:</i> Reunión de obra de Pull Planning.....	76

<i>Figura 34.</i> Cronograma reprogramado.....	77
<i>Figura 35.</i> Iteración 01 de Sectorización.....	78
<i>Figura 36.</i> Iteración 02 de Sectorización.....	79
<i>Figura 37.</i> Iteración definitiva de Sectorización .....	79
<i>Figura 38.</i> Iteración de Sectorización en arquitectura.....	80
<i>Figura 39.</i> Formato de planilla de metrados.....	80
<i>Figura 40.</i> Flujos continuos.....	81
<i>Figura 41.</i> Tren de actividades del proyecto. ....	82
<i>Figura 42.</i> Look Ahead de 03 semanas. ....	83
<i>Figura 43.</i> Look Ahead de 04 semanas. ....	84
<i>Figura 44.</i> Look Ahead de 03 semanas. ....	85
<i>Figura 45.</i> Análisis de restricciones de la semana 01.....	86
<i>Figura 46.</i> Análisis de restricciones de la semana 05.....	86
<i>Figura 47.</i> Analisis de restricciones de la semana 07.....	87
<i>Figura 48.</i> Plan semanal 04.....	88
<i>Figura 49.</i> Plan semanal 09.....	88
<i>Figura 50.</i> Plan semanal 11.....	89
<i>Figura 51:</i> Porcentaje de plan cumplido semana 08.....	90
<i>Figura 52:</i> Porcentaje de plan cumplido semana 08.....	91
<i>Figura 53:</i> Porcentaje de plan cumplido semana 12.....	92
<i>Figura 54.</i> Curva S de la semana 07.....	93
<i>Figura 55.</i> Curva S de la semana 10.....	94
<i>Figura 56.</i> Curva S de la semana 13.....	95
<i>Figura 57.</i> Evolución de la Curva S.....	97
<i>Figura 58.</i> Evolución del SPI.....	98
<i>Figura 59.</i> Evolución del PPC.....	100
<i>Figura 60.</i> Evolución del TMR.....	101
<i>Figura 61.</i> Gráfico de correlación entre SPI y PPC.....	103
<i>Figura 62.</i> Gráfico de correlación entre PPC y TMR.....	104

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fórmula para calcular el WACC .....	97
-------------------------------------------------	----

## ANEXOS

Anexo 1. Validez y confiabilidad .....	114
Anexo 2. Instrumento de recolección de datos .....	115
Anexo 3. Ficha de juicio de experto .....	116
Anexo 4. Ficha de recopilación de datos (PPC) semana 02. ....	117
Anexo 5 Ficha de recopilación de datos (PPC) semana 07. ....	118
Anexo 6 Fotografías de avance.....	119

## RESUMEN

La presente investigación denominada: **“PROPUESTA DE GESTIÓN DEL TIEMPO UTILIZANDO PULL PLANNING Y SU RELACIÓN CON EL CUMPLIMIENTO DE PLAZO DEL COLEGIO INNOVA SCHOOLS-ARABISCOS, S.J.L., 2018”** estudia el impacto de la implementación de herramientas del Sistema Last Planner en un proyecto que cuenta con un sistema de gestión tradicional. Para tales efectos, se implementó Pull Planning, con la finalidad de optimizar los flujos de trabajo y los procesos, identificar las restricciones, reducir actividades sin valor y cumplir con los plazos.

Para el desarrollo de la presente investigación se ha utilizado los enfoques de la filosofía lean construction, que define una construcción sin pérdidas. Luego, se evaluó la gestión del proyecto de construcción “Colegio Innova Schools”; mediante la recolección de datos de los miembros del staff y los encargados de la producción a través de la técnica de entrevista y observación. A continuación, se implementó “Pull Planning” en el proyecto y se cuantificaron las mejoras obtenidas a través de determinados indicadores como; la curva S, el porcentaje de plan cumplido (PPC) e índice de desempeño del cronograma (SPI).

Finalmente, se muestra que existe una relación proporcional entre la aplicación de las herramientas Lean y los beneficios de plazo y costo en un proyecto. Por lo tanto, el proyecto en ejecución optimiza su productividad, mejora sus flujos de trabajo y aumenta el cumplimiento de las actividades planificadas en su programación cuando aplica las herramientas para una gestión del tiempo.

**Palabras clave:** Pull Planning, Last Planner System, Lean Construction, curva S, PPC, SPI y plazo.

## ABSTRACT

The present research known as **“TIME MANAGEMENT PROPOSAL USING PULL PLANNING AND ITS RELATIONSHIP TO IMPROVE THE DEADLINE FULFILLMENT IN INNOVA SCHOOL-ARABISCOS SCHOOL, S.J.L., 2018”** studies the impact of Last Planner System tools implementation on a traditional management system project. For such purposes, Pull Planning was implemented in order to optimize workflows and processes, identify restrictions, decreasing non-value activities and meeting deadlines.

For the development of the current investigation, Lean Construction philosophy have been used, which defines a construction without losses. Following, the “Colegio Innova School” construction project management was evaluated by data collection from staff members and personnel in charge of production through the interview and observation technique. Then, Pull Planning was implemented in the project and the improvements obtained through certain indicators such as S Curve, Percentage Plan Completed (PPC) and Scheduled Performance Index (SPI) were quantified.

Finally, it is shown that there is a proportional relationship between the application of Lean tools and the benefits of time and cost in a project. Therefore, the running project optimizes your productivity, improves your workflows, and increases compliance with planned activities in your schedule when you apply the tools for time management.

**Keywords:** Pull Planning, Last Planner System, Lean Construction, S Curve, PPC, SPI and term.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En los últimos años el sector educativo ha crecido de manera sostenida en nuestro país; más aún en el sector privado, la demanda para construir colegios ha hecho que muchas empresas realicen proyectos educativos cada vez en mayores cantidades y disminuyendo los plazos de ejecución. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), desde el año 2008 al 2018 los establecimientos educativos han ido incremento a nivel nacional en un 22.4%. Los colegios de Innova Schools, es una de las cadenas de colegios más importantes en nuestro país, y hay una fuerte demanda debido al modelo de enseñanza, la cual se repercute en el crecimiento de la cantidad de estudiantes y a su vez también en la demanda de infraestructura de los colegios.

Esta demanda de infraestructura ha llevado a que aparezcan nuevas empresas constructoras, desarrollando y ejecutando sus propios proyectos o adjudicándose obras del sector público y privado.

Lo que tienen en común estos proyectos son los plazos cada vez más exigentes y a menores costos, es decir ciclos de duración de los procesos constructivos reducidos alcanzando altos índices de productividad en la utilización de los recursos. Sin embargo, en la fase de ejecución, las empresas priorizan terminar en plazo, concentrando esfuerzos por entregar la obra en el tiempo acordado y dejando de lado el control de los recursos, trayendo como consecuencia márgenes de rentabilidad inferior a lo contratado.

Es frecuente encontrar obras de construcción con altos índices de improductividad. Flavio Picchi (1993) en su tesis doctoral calcula que los desperdicios

que generan las obras de construcción en Sao Paulo (Brasil) bordean el 30% de costo total de la obra. Es decir, si tuviéramos un proyecto de cuatro viviendas, podríamos

construir la cuarta vivienda con el desperdicio generado de los otros tres. Es importante señalar que el desperdicio es representado como toda pérdida que genera un costo, pero no agrega valor al producto desde el punto de vista del cliente, por tanto, el enorme costo generado por los desperdicios incrementa el producto final.

Según Cabrera (2018), uno de los problemas al final de todo proyecto de construcción es la insatisfacción de quien encargó su desarrollo, por sobrecostos, retraso en los plazos, calidad insuficiente y condiciones de uso inferiores a las requeridas. De lo mencionado, la industria de la construcción presenta dificultades de productividad, incorrecta planificación, incumplimiento de plazos, variabilidad en el flujo de trabajo, insuficiente control y baja calidad, los cuales dependen básicamente de la ejecución inadecuada de los sistemas de producción o la falta de diseño formal de estos.

De lo mencionado, Ballard (1994) refiere que, en la planificación tradicional, la variabilidad en obra es alta y hay factores determinantes que no se previenen correctamente, lo que genera incertidumbre, tiempos improductivos y descoordinaciones entre las áreas involucradas. Sin embargo, los principales cambios que han experimentado los proyectos de construcción han provocado cambios en los métodos de construcción, lo cual es totalmente de esperar ya que con el desarrollo de nuevos avances tecnológicos el sector se ha modernizado bastante. Estos cambios han llevado a nacimientos de nuevas herramientas de planificación, que intentan adaptarse en lo mejor posible a los cambios en el sector de la construcción, Abner (2014).

Para esquematizar las causas – efectos del problema en estudio se realizó un

Diagrama de Ishikawa:

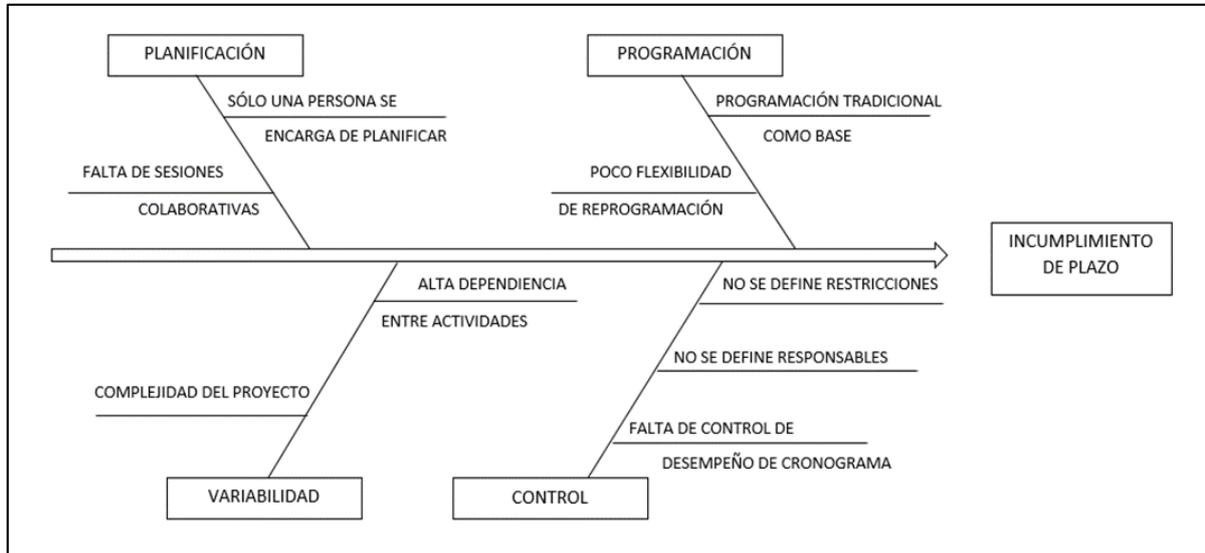


Figura 1: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, cabe resaltar que las actividades que determinan el éxito de la gestión y administración del tiempo en un proyecto son el planeamiento y la programación, pues representan un rol muy importante para el desarrollo de toda la obra, siendo responsables de crear y dar ritmo al avance físico para cumplir con los plazos establecidos. He aquí la importancia de identificar, implementar y seguir innovando en buenas prácticas para la planificación estratégica de proyectos de ingeniería que permitan optimizar procesos en la construcción y gestión con la finalidad de cumplir el alcance en el plazo establecido, con el costo óptimo y satisfaciendo la calidad del cliente. Así mismo, Chokewanka (2018) establece que cada proyecto es independiente y por ello sus necesidades en la planificación varían, no obstante, todos requieren una adecuada planificación mediante herramientas de gestión.

### 1.1.1 Antecedentes

Angeli, A. (2017). Implementación del sistema last planner en edificación en altura en una empresa constructora. Tesis para optar el título de ingeniero civil. Universidad Andrés Bello, Chile. El presente trabajo tiene como objetivo analizar los datos obtenidos a partir de la metodología Last Planner en dos edificios de altura de una empresa constructora, ubicados en la comuna de Las Condes y San Miguel. Para ello se hará una recopilación bibliográfica, recolección de datos a partir de la implementación en obra y un análisis de resultados.

En la industria de la construcción, siempre se ha caracterizado por ser un rubro conservador y reticente a los cambios, por lo que aplicar nuevos métodos y tecnologías para maximizar los recursos antes mencionados y mantener un control de éstos resulta difícil de introducir y masificar. Se concluye de la investigación, que cada proyecto de construcción implica altos costos, necesitando una buena planificación para lograr los objetivos propuestos y obtener mayores utilidades en el menor tiempo posible. Por esta constante búsqueda de optimizar recursos y mejorar la productividad es que nace el sistema Last Planner, el cual se basa en la filosofía Lean Construction, que básicamente se resume en la construcción sin pérdidas.

Duarte, L. (2009). Mejoramiento de la planificación y control en la construcción, mediante el sistema: El último planificador. Tesis para optar el grado de magister en ingeniería y gerencia de la construcción. Universidad de los Andes, Colombia. Menciona que el Sistema del último planificador permite reducir plazos y al reducir plazos, se limita la utilización de recursos que se estimaron. También hace mención a que todo trabajo sea medido y que se represente por el PPC para que se pueda

mejorar y poder controlar mejor las actividades que no pudieron cumplirse según lo programado.

Se concluye de la investigación, que el último planificador, tiene como base que haya participación de todos los involucrados en el proyecto, que haya una relación con la planificación y la producción. Donde el esquema es ganar, se debe hacer notar que el esquema de trabajo y la participación se hace propio.

Pinto De La Sota, S. (2010). Evaluación y mejoramiento de los sistemas de producción en proyectos de construcción. Tesis para optar el grado de magister en ciencias de la ingeniería, Universidad Católica de Chile, Chile. Menciona que la industria de la construcción se viene aplicando el Último planificador, como una herramienta de control de la producción por medio de compromisos confiables en los distintos niveles de la planificación utilizándose este sistema únicamente para la planificación operativa.

Se propone entonces realizar una evaluación real en terreno mediante el análisis del comportamiento natural de los involucrados, creando una metodología paso a paso a través de un caso de estudio para a partir de este, establecer un mejoramiento al diseño de sistemas de producción en proyectos de construcción. Se concluye de la investigación, que la adecuada utilización del Último Planificador así como otras técnicas de mejoramiento de procesos, que generen el ambiente para la creación de un plan de trabajo confiable desde el inicio del proyecto reduciendo la improvisación, con la finalidad de evitar que ocurran complicaciones por no tomar importancia al plan inicial, impidiendo que se identifique a tiempo los problemas que sucedan y causen mayor incertidumbre así como variabilidad al proyecto, ocasionando pérdidas y trabajo que no agrega valor.

Díaz, D. (2007). Aplicación del sistema de planificación de Last Planner a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura. Tesis para optar el título de ingeniero civil, Chile. Tiene como objetivo principal evaluar el sistema de planificación “Last Planner”, mediante su implementación en la construcción de un edificio habitacional de mediana altura. Lo que se busca es detectar sus virtudes para potenciarlas y determinar las fallas que posee este sistema, identificando sus causas y planteando soluciones.

Se concluye que el sistema de planificación “Last Planner” posee aspectos positivos, siendo una buena herramienta para reducir la variabilidad e incertidumbre inherente al sector de la construcción. Sin embargo, la principal falla del sistema es que presenta dificultades al momento de lograr una adecuada implementación en obra, si no existe una persona diferente a los profesionales de terreno, que se preocupe de levantar las restricciones que restringen la ejecución adecuada de las actividades programadas semanalmente.

Díaz, R. (2018). Modelo basado en el lean construction para proyectos de edificación: Caso edificio William Morris de la UCSM. Tesis para optar el grado académico de Doctor en ciencias en ingeniería de producción, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. Actualmente las construcciones de edificaciones en la ciudad de Arequipa no se siguen modelos que permitan mejorar la productividad, lo que trae como consecuencia el incumplimiento de la entrega de obra y con costos muy superiores a los presupuestados; no existiendo datos sobre el control de la productividad; tampoco se identifican pérdidas ni se optimizan los procesos. Por eso se tiene como propuesta de un modelo de gestión para la construcción de edificios, aplicando la teoría

vigente sobre Lean Construction; validándolo en la construcción del edificio William Morris.

Se concluye en la investigación, la aplicación de un modelo secuencial a seguir, en el siguiente orden: a) sectorización del proyecto, b) elaboración de la programación

rítmica de la obra, c) look ahead, d) identificación de las restricciones y su levantamiento, e) programación semanal y diaria, f) porcentaje del plan cumplido y las causas de incumplimiento; con el propósito de lograr una gestión del proyecto más óptima en la construcción de edificios en la ciudad de Arequipa.

Corilla, S. (2016). La implementación del “Pull Planning” para mejorar la confiabilidad de la programación de etapa de acabados en una edificación de oficinas. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Católica del Perú, Perú. Menciona que la herramienta “Pull Planning” tiene como propósito la identificación colaborativa de restricciones de las actividades de producción, con la finalidad de lograr flujos de trabajo continuos. Es lograr la participación de todos los involucrados: jefes de campo, jefes de subcontratos, proveedores y capataces con el fin de que compartan ideas, opiniones y puedan obtener soluciones de las restricciones en conjunto. Estas reuniones generan compromiso y unión en el equipo.

Debido a tanta incertidumbre a la hora de construir es que se introduce la filosofía Lean Construction, que tiene objetivo la mejora continua, minimizar las pérdidas y maximizar el valor del producto final, diseñado conjuntamente con el cliente. Y con ello se concluye de la investigación, la metodología Pull Planning que es una sesión de trabajo, donde todos los involucrados en la ejecución de la obra construyen en

conjunto el plan de obra, sumando los procesos constructivos de cada uno, con esta metodología se logra mejorar la confiabilidad de la programación.

Guzmán, A. (2014). Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos. Tesis para optar el título de ingeniero civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú. El presente trabajo se centra en la aplicación de la filosofía lean construction como método de planificación,

ejecución y control de un proyecto de construcción. Se describen los principales conceptos y herramientas de la filosofía lean para poder generar una base teórica sólida que respalde la aplicación de herramientas y el análisis de resultados en los proyectos, con la finalidad de difundir la metodología de aplicación de cada herramienta.

Por otro lado, se analizan los resultados de productividad obtenidos a lo largo del proyecto y se comparan con estándares de obras de construcción en el país con la finalidad de demostrar los buenos resultados que brinda esta filosofía y de esta forma alentar a que se expanda a una cantidad mayor de empresas del rubro construcción. Se concluye de la investigación, que la filosofía Lean incrementa el valor del producto para los clientes finales y a su vez incrementar las ganancias de la empresa.

Fernández, R. (2018). Evolución en la gestión de obras de los años ´80 al 2017 - filosofía Lean Construcción. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Ricardo Palma, Perú. En el presente trabajo se describen las teorías, técnicas y métodos desde el inicio con F. Taylor y H. Fayol, en los 1911, en búsqueda de la sistematización de la construcción. Se revisan las teorías, técnicas y métodos de gestión, que se aplican en el Perú desde la década del 80´, hasta 2017, siguiendo una línea continua de conocimiento que hoy son parte de la teoría actual en la Gerencia de

Proyectos, teniendo como cambio significativo entre la construcción por conversión de procesos y la construcción por flujo de procesos, y el impacto en la ingeniería del país, por eso la importancia de que se introduzca de manera paulatina en nuestro país, porque aún hay resistencia aplicar las herramientas que nos brinda dicha filosofía. Se concluye de la investigación que los resultados obtenidos y los beneficios que brinda la aplicación de esta filosofía en proyectos de edificaciones con el fin de incentivar su aplicación para una mejora de todo el sector construcción del Perú.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1. Problema principal**

¿De qué manera la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning se relaciona con el cumplimiento de plazo en el colegio Innova Schools-Arabiscos?

### **1.2.2. Problema específicos**

- ¿De qué manera la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning se relaciona con la planificación en el colegio Innova Schools-Arabiscos?
- ¿De qué manera la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning se relaciona con el cumplimiento de los planes semanales en el colegio Innova Schools-Arabiscos?
- ¿De qué manera la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning se relaciona con el levantamiento de restricciones de las actividades programadas en el colegio Innova Schools-Arabiscos?

### **1.3.Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar la relación de la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning con el cumplimiento de plazo en el colegio Innova Schools-Arabiscos.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la relación de la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning con la planificación en el colegio Innova Schools-Arabiscos.
- Determinar la relación de la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning con el cumplimiento de los planes semanales en el colegio Innova Schools-Arabiscos.
- Determinar la relación de la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning con el levantamiento de restricciones de las actividades programadas en el colegio Innova Schools-Arabiscos.

### **1.4. Hipótesis**

#### **1.4.1 Hipótesis general**

Existe relación entre la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning y el cumplimiento de plazo en el colegio Innova Schools-Arabiscos.

#### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- Existe relación entre la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning y la planificación en el colegio Innova Schools-Arabiscos.

- Existe relación entre la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning y el cumplimiento de los planes semanales en el colegio Innova Schools-Arabiscos.
- Existe una relación entre la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning con el levantamiento de restricciones de las actividades programadas en el colegio Innova Schools-Arabiscos.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación del presente trabajo, se muestran en la tabla 1:

Tabla 1

*Tipo y niveles de investigación*

	<b>Aplicada</b>
Según su propósito	Es aplicada, porque se pone en práctica los conocimientos de la herramienta del Pull Planning y la mejora continua con la finalidad de poder aplicarlos en el área de producción de una empresa.
	<b>Correlacional</b>
Según su relación	Investigación que busca conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular para predecir cómo se puede comportar un concepto o una variable al conocer el comportamiento de otras variables vinculadas.
	<b>Cuantitativa</b>
Según la naturaleza de datos	Porque busca analizar el impacto de la implementación del Pull Planning respecto al tiempo.
	<b>Explicativa</b>
Según su diseño de contrastación	Investigación que se propone explicar determinado fenómeno de la realidad mediante la combinación del análisis y la síntesis. Busca establecer una serie de proposiciones coherentes sobre un objeto de estudio (Caballero Romero, 2000)

Fuente: Guía metodológica UPN

## **2.1.1. Variables y Operacionalización**

### **2.1.1.1. Identificación de variables:**

Variable Independiente: Pull Planning.

Variable Dependiente: Mejorar el cumplimiento de plazos.

### **2.1.2. Operacionalización de Variables**

Ver tabla N°2

Tabla 2

*Definición operacional de las variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente: Pull Planning	El Pull Planning es una herramienta de planificación a largo plazo; sin embargo, también puede ser usada para elaborar programaciones semanales o diarias. Esta herramienta requiere que los participantes tengan varias reuniones en la etapa de planificación de la obra, en las cuales se identifiquen correctamente el inicio y término de los hitos del proyecto.	El Pull Planning es un componente esencial del Last Planner System. Es una planificación colaborativa, transparente y flexible, que ayuda a eliminar la sobreproducción. Se realiza una planificación desde el término de un hito hacia atrás, con la participación de todos los involucrados en el proyecto, no solo ingenieros responsables, sino también los capataces de todas las especialidades, ya que se encuentran directamente relacionados con la ejecución del proyecto; de esta forma, todas las tareas estarán definidas y secuenciadas.	Planeamiento	Curva S  SPI (Schedule Performance Index)
Variable Dependiente: Mejorar el cumplimiento de plazos	La planificación es un proceso de tomas de decisiones para alcanzar un futuro deseado, teniendo en cuenta la situación actual y los factores internos y externos que pueden influir en el logro de los objetivos. (Jiménez, 1982)	Mediante la observación diaria se evaluará si la planificación es confiable y se deberá cuantificar las mejoras, éstas se medirán por medio de los indicadores de control.	Tiempo	PPC (Porcentaje de Plan Cumplido)  TMR (Task Made Ready)

Fuente: Elaboración propia.

## **2.2. Población y muestra**

### **2.2.1. Población**

La población son ejecuciones de los colegios privados en el distrito de San Juan de Lurigancho.

### **2.2.2. Muestra**

Colegio Innova School Sede Arabiscos en San Juan de Lurigancho.

## **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

La recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas por el analista para desarrollar los sistemas de información, los cuales pueden ser la entrevistas, la encuesta, el cuestionario, la observación, el diagrama de flujo y el diccionario de datos. Todos estos instrumentos se aplicarán en un momento en particular, con la finalidad de buscar información que será útil a una investigación en común. (Bautista, 2015, párr.4).

La técnica que se utilizara en esta investigación es la Observación, ya que es el método fundamental de obtención de datos de la realidad, esto consiste en obtener información mediante la percepción intencionada y selectiva, ilustrada e interpretativa de un objeto o de un fenómeno determinado.

Tabla 3

*Detalle de técnicas e instrumentos de recolección de datos*

TÉCNICA	JUSTIFICACIÓN	INSTRUMENTOS	APLICADO EN:
Entrevista	Preguntar al Jefe de Campo si hubieron restricciones para realizar en campo lo programado y si las hubieron describir cuales fueron.	Lista de chequeo. Lapicero	Encargados del Área de producción.
Observación Directa	Verificar en campo cuántas actividades se han realizado según lo programado y que porcentaje se realizó.	Guías de Observación.	Encargados del Área de producción.

Fuente: Elaboración propia

## 2.4. Procedimiento

A continuación, se muestran los procedimientos realizados en la investigación:

### 2.4.1. Recolección de la información

Tabla 4

*Pasos para acopio de información*

Pasos	Detalles
Pre –Trabajo de gabinete	Se realiza la reunión previa con los SC, donde se les expondrá la forma de trabajar mediante el enfoque de la herramienta Pull Planning. Se les dará toda la información del proyecto para que lo estudien y una vez que tengan todo claro, se procederá a realizar la planificación mediante hitos y de manera inversa, de atrás hacia adelante. Se realizará con el Jefe de Campo, las sectorizaciones, los trenes de trabajos y la Línea base.

---

Trabajo de Campo	Se verificará en obra con el Jefe de Campo, que los trabajos que se hayan planificado se hayan cumplido y describir qué restricciones hubo, con estos datos se llenará en la ficha de recolección de datos.
Post –Trabajo de gabinete	Se vaciará todos los datos a nuestros formatos de Excel del PPC y curva S. Con estos indicadores se podrá evaluar el estado de la obra y cómo vamos con el cumplimiento de plazo.

---

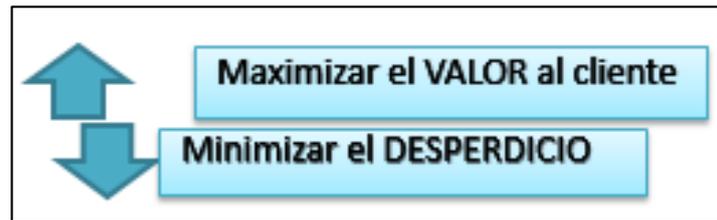
Fuente: Elaboración propia

## 2.4.2. Fundamento Teórico

### 2.4.2.1. Lean Construction

Según Ghio, V. (2001), la filosofía Lean Construction se origina a partir del Lean Production, el cual tuvo un impacto positivo en la industria automotriz, ya que logró cambiar la producción en masa por una producción lineal, en la cual existían flujos de trabajo continuos. Este cambio logró reducir las pérdidas, optimizar los tiempos de fabricación, reducir la variabilidad de los procesos, controlar el proceso completo y, sobre todo, enfocarse en las reales necesidades del cliente.

En 1992, Lauri Koskela adecúa el sistema de Ohno hacia la construcción. Luego, Glenn Ballard y Greg Howell desarrollan el Sistema del Último Planificador (LPS, por sus siglas en inglés). Esta herramienta permite disminuir la alta variabilidad en los proyectos de construcción, que es la principal causa de pérdidas, mediante una programación a corto plazo para lograr una producción más limpia, sin pérdidas (grasa).



*Figura 2:* Objetivos de Lean Construction  
Fuente: Elaboración propia

#### **2.4.2.1.1. Maximizar el valor al cliente**

Según Ghio, V. (2001), valor es todo aquello que ayuda al cliente a alcanzar sus objetivos. Lo define el cliente y lo genera el productor. El objetivo del cliente se presume que está dentro del alcance del proyecto. Pero, si el alcance se ve distorsionado, no cubrirá las necesidades del cliente; entonces, se debe contribuir a que pueda identificar sus verdaderas necesidades.

Está claro, que sólo se logrará maximizar el valor al cliente cuando se logre identificar y satisfacer sus verdaderas necesidades. Las actividades o alcances que no logren cubrir estas necesidades, son pérdidas. La importancia de esta expresión radica en que si no se logra cubrir este primer objetivo, el segundo queda sin efecto, pues se podría construir eficientemente (minimizando pérdidas), pero algo que no sirva bien a los usuarios.

#### **2.4.2.1.2. Minimizar el Desperdicio**

Según Ghio, V. (2001), pérdida o desperdicio es todo aquello que genera costo, pero que no da valor a la producción como medio para cubrir las necesidades del cliente. Entonces, se debe tratar de reducirlos o eliminarlos. Son

8 los tipos de pérdidas desarrollados en la producción: Las 7 primeras fueron identificadas por Shingo y la octava por Koskela.

### **Sobreproducción**

Es producir más de lo que se requiere o antes de lo que se necesite para cubrir las necesidades del cliente.

### **Esperas**

Tiempo perdido mientras se espera para el siguiente paso en el proceso, estos incluyen las esperas de material, información, máquinas, herramientas, cuellos de botella, etc.

### **Transportes**

Son el traslado de recursos (materiales, equipos, etc.) más de lo necesario hasta el lugar donde se han de realizar las actividades. Es decir, ubicarlos en lugares temporales, antes de situarlos en los lugares de procesamientos finales.

### **Sobre procesamiento**

Es la realización de mayor trabajo del necesario para la generación de un producto o servicio de más de la que el cliente no requiere.

### **Inventarios**

Exceso de materia prima, productos y procesos. Estos desencadenan otros tipos de desperdicios como: esperas y transportes.

### **Movimientos**

Son cualquier movimiento que no es necesario para completar una operación o actividad. Estos pueden ser de personas, materiales o herramientas.

### **Defectos (Trabajos rehechos)**

Información, productos o servicios incorrectos o incompletos.

## Talento humano

Este desperdicio se refiere a no utilizar ni aprovechar la creatividad, la innovación o la inteligencia de la fuerza de trabajo.



Figura 3: Objetivos de Lean Construction  
Fuente: Adaptado de Araujo, C. (2016)

Según Ghio, V. (2001), para un mayor reconocimiento de las pérdidas, se han identificado tres tipos de trabajos dentro de los sistemas de producción.

### Trabajo Productivo (TP)

Trabajo que aporta en forma directa a la producción. Por ejemplo: la instalación de acero corrugado, el asentado de ladrillo, etc.

### Trabajo Contributorio (TC)

Trabajo de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Pero no aporta directamente a la producción. Entonces, es una pérdida indirecta, en segunda categoría. Por ejemplo: la preparación de mezcla de concreto, transporte de material, etc.

### Trabajo No Contributorio (TNC)

Cualquier actividad que no genere producción y que no son necesarias, tienen un costo y caen directamente en la categoría de pérdida. Por ejemplo: Trabajos rehechos, esperas, etc.

#### **2.4.2.2. Teorías de Producción**

Según Koskela, L. (1992)., una teoría de producción es un marco de conocimiento, que actúa como un instrumento necesario para el aprendizaje. Permite a los principiantes hacer cosas que normalmente los expertos harían, con el propósito de cumplir con los objetivos de la producción:

- La meta principal es transformar la materia prima en producto final.
- La meta interna es minimizar o eliminar los desperdicios.
- La meta externa es maximizar el valor al cliente.

No obstante, toda teoría debe explicar cuáles son las acciones y cómo esas acciones contribuyen a cumplir los objetivos de la producción. Se tiene que diseñar el sistema de producción y plantear estrategias enfocadas en minimizar las pérdidas y agregar valor al cliente. El control del sistema permite la identificación de potencialidades de mejoras que permitan seguir reduciendo desperdicios y agregando valor.



*Figura 4:* La necesidad del desarrollo de las Teorías de Producción  
Fuente: Adaptado Araujo, C. (2016)

Tabla 5

*Síntesis y comparación de las Teorías de Producción*

<b>Producción como:</b>	<b>Transformación</b>	<b>Flujo</b>	<b>Valor</b>
<b>Producción es:</b>	Transformación de inputs en outputs	Transformación, movimiento, inspección y espera	Creación de Valor para el cliente a través de la atención de sus necesidades
<b>Principios:</b>	Descomposición del trabajo en tareas y optimización de las mismas	Eliminación de pérdidas y reducción de la variabilidad	Tener en cuenta todas las necesidades del cliente y su flujo
<b>Contribución a la meta de producción:</b>	Ocuparnos de lo que tiene que hacerse	Ocuparnos de que lo innecesario se haga tan poco como sea posible	Todos las necesidades del cliente son atendidas de la mejor manera posible

Fuente: Elaboración propia

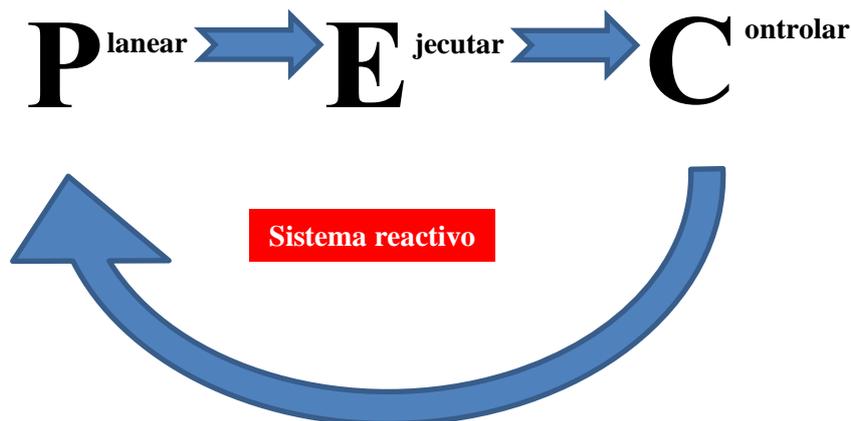
### 2.4.2.3. La construcción en el Perú

#### 2.4.2.3.1. El sistema de gestión tradicional

Según Ghio, V. (2001), en la construcción tradicional, los proyectos se descomponen en las etapas de planeamiento, ejecución y control. Para ello, primero se desarrollan planes o cronogramas con un gran nivel de detalle durante la etapa de planeamiento. Luego, se realiza la ejecución, y para lograr que dichos planes se cumplan, este sistema realiza un control exhaustivo a cada actividad del plan. Entonces, la estrategia utilizada para asegurar que los proyectos cumplan sus objetivos es un sistema reactivo. Se desgastan realizando planes que se desactualizarán muy rápido y que poseen una baja probabilidad de

confiabilidad, y se orienta a realizar un control exhaustivo de actividades. Es decir, se controlan las actividades cuando ya fallaron estos planes.

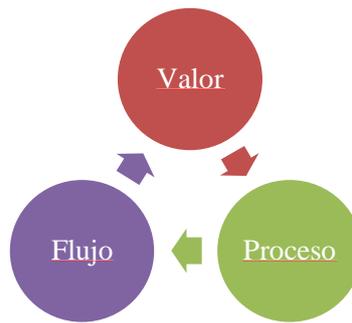
La desactualización rápida de los cronogramas, genera que durante la ejecución de las actividades no se tenga un plan a ejecutar. Entonces, realmente el desarrollo de las actividades se ejecuta de manera improvisada y caótica, dejando muchas veces a decisión del personal de obra. En esta realidad, existe una alta variabilidad en los procesos, generando que paren los flujos, pérdidas de productividad, procesos ineficientes, etc.



*Figura 5: Sistema tradicional de construcción*  
Fuente: Adaptado Araujo, C. (2016)

#### **2.4.2.3.2. La Excelencia Operacional en la construcción**

Según Araujo, C. (2016), hemos visto las tres teorías de producción. Todas son necesarias para el cumplimiento de las metas de producción. Sin embargo, aún no queda claro cómo trasladar estas ideas en el desarrollo de los proyectos.



*Figura 6:* Ciclo de generación de Valor  
Fuente: Adaptado Araujo, C. 2016)

### 2.4.2.3.3. El Sistema de Producción en la Construcción

Para desarrollar estrategias para la gestión humana, contractual y de producción. Por la amplitud y complejidad, en esta investigación se analizarán las estrategias para la gestión de producción buscando minimizar las pérdidas y obteniendo un sistema efectivo de producción. Se deja para el posterior desarrollo de los otros aspectos.

#### **El sistema de gestión Lean**

Según Koskela, L. (1992)., Lean Construction es una filosofía que busca mejorar la eficiencia del sistema productivo en toda la cadena de abastecimiento con el objetivo de maximizar el valor al cliente y minimizar los desperdicios de producción. Maximizar el valor es buscar satisfacer las verdaderas necesidades del cliente, se realiza principalmente en la etapa de diseño. Eso no quiere decir que se dejará de buscar generar valor en la etapa de construcción. Para lograr minimizar los desperdicios, la teoría de producción como flujo de procesos ha permitido identificarlos y ubicarlos mejor dentro del sistema de producción de flujos de procesos.

Proceso: Son cada una de las actividades productivas que conforman el proyecto.

Flujo: Es la consecución de todos procesos que conforman un proyecto.

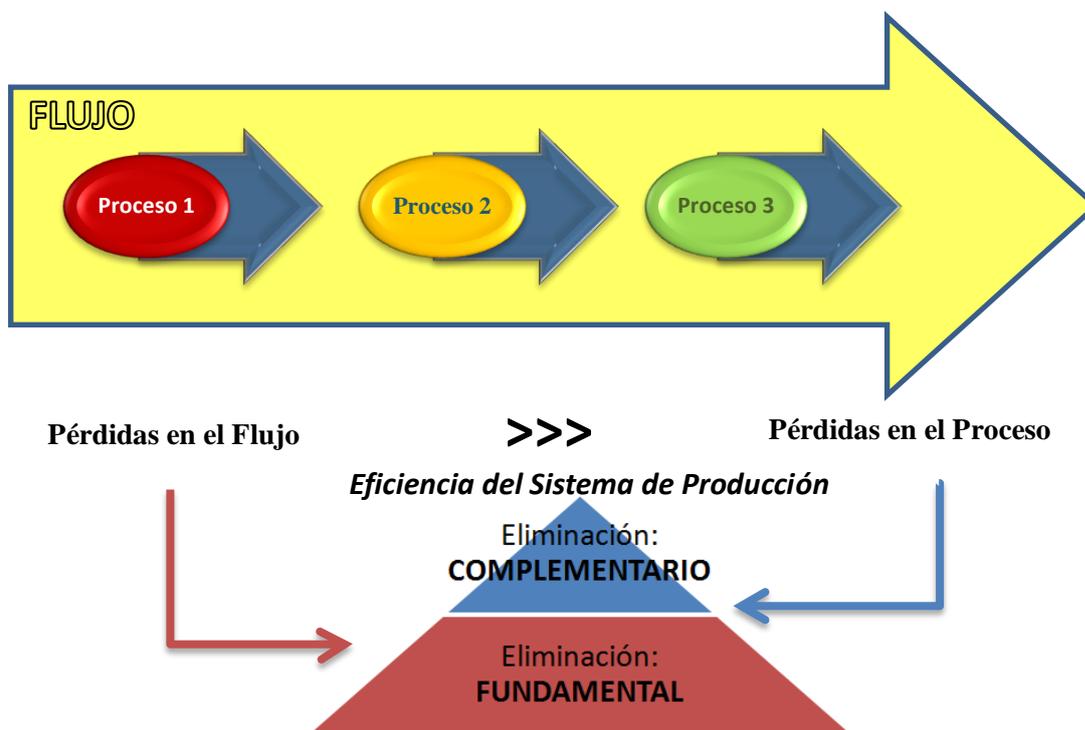


Figura 7: Pérdidas en el Sistema de Producción.  
Fuente: Adaptado Araujo, C. (2016)

La concepción de Koskela, de visualizar la producción como un sistema de procesos por los que fluyen materiales o información permite identificar las pérdidas dentro de los procesos y de los flujos. “La conversión en sí, generalmente tiene alto nivel de pérdidas (TC y TNC); sin embargo, la mayor concentración de estas está en el resto de trabajos incluidos principalmente en los flujos” (Ghio, 2001) Las pérdidas en los flujos tienen mayor incidencia en el sistema de producción que las pérdidas en los procesos, debido a que generan que toda la línea de producción se vea afectada.

En el ejemplo, la falta de tuberías en obra genera el retraso de todos los procesos subsiguientes, a diferencia de poseer el sobredimensionamiento de alguna cuadrilla, cuyas pérdidas no inciden en toda la línea de producción (Figura 8). En general, las principales diferencias entre la gestión Lean y la gestión tradicional se observa en la tabla 6.

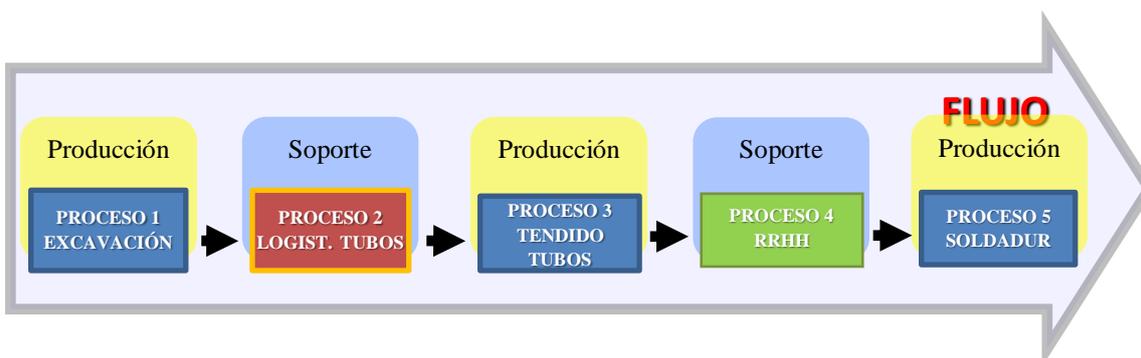


Figura 8: Flujo de procesos de producción y soporte

Fuente: Adaptado Araujo, C. (2016)

Tabla 6

*Diferencias entre la Gestión Tradicional y la Gestión Lean*

<b>Gestión Tradicional</b>	<b>Gestión Lean</b>
Sigue el modelo de conversión	Sigue el modelo de flujos
Participantes acumulan gran cantidad de inventarios para proteger sus propios intereses.	Buffers” son dimensionados y colocados estratégicamente para absorber variabilidad en el sistema de producción.
Las actividades se llevan a cabo tan pronto como sea posible.	Las actividades se llevan a cabo al último momento responsable.
No todas las etapas del ciclo de vida del producto son consideradas durante el diseño	Todas las etapas del ciclo de vida del producto son consideradas durante el diseño.
El diseño de producto se termina y después empieza el diseño de proceso.	Productos y procesos son diseñados conjuntamente.
Aprendizaje ocurre esporádicamente. No es sistemático.	Aprendizaje es incorporado en el manejo de proyectos, empresas, y de las cadenas de provisión.
Se eligen los subcontratistas debido al costo.	Se eligen los subcontratistas debido a su capacidad de colaboración.

Fuente: Koskela, L. (1992).

Según Koskela, L. (1992)., el análisis y la optimización de la productividad dentro de los procesos, que fue desarrollada en la producción como transformación, es la última etapa para lograr un sistema efectivo de producción. En resumen, la gestión de producción Lean plantea que para lograr que un sistema de producción sea efectivo, se debe seguir los siguientes pasos o etapas:

1. Asegurar que los flujos no paren, aún con flujos y procesos ineficientes.
2. Los flujos no paran y sean eficientes, aún con procesos todavía ineficientes.
3. Flujos no paran, y que sean flujos y procesos eficientes.

#### 2.4.2.4. Flujos No Paren

La primera etapa para acercarnos hacia la excelencia operacional es asegurarnos que los flujos no paren, a pesar de poseer flujos y procesos todavía ineficientes. Un sistema de producción debe tener un flujo ininterrumpido como primer paso para ser un sistema efectivo.

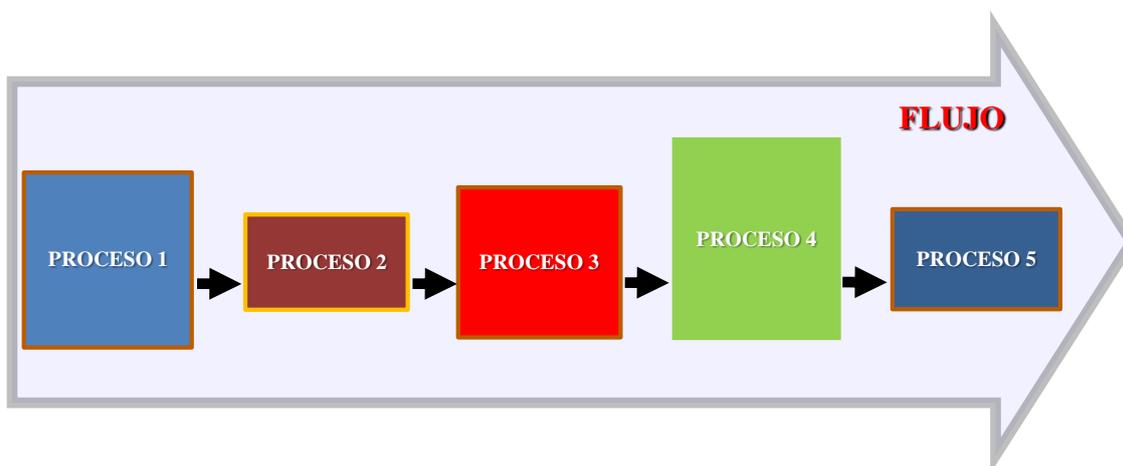


Figura 9: Flujos ininterrumpidos de procesos

Fuente: Adaptado Araujo, C. (2016)

Para lograr que los flujos no paren, se tiene que realizar un análisis profundo de las actividades a realizar, con el objetivo de establecer las estrategias necesarias

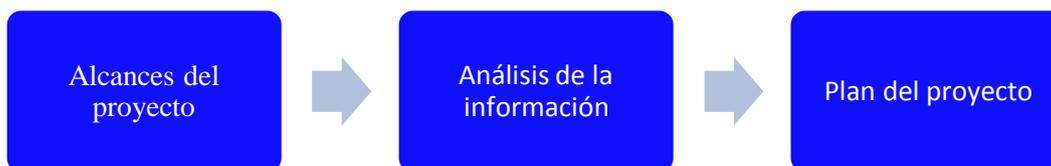
para su ejecución. Se debe considerar la elaboración de estrategias enfocadas al manejo de variabilidad. Durante la etapa de ejecución, la aplicación del sistema del último planificador actúa como escudo para la proteger el plan a través de una programación detallada conforme se acerque la fecha de ejecución.

#### **2.4.2.4.1. Analizar bien lo evidente**

Consiste en realizar un buen análisis de las actividades que se van a realizar en la etapa de ejecución. Este debe ser profundo, con la finalidad de obtener un planeamiento confiable. Sin embargo, ello no significa que se obtendrá un plan detallado, sino simple y por hitos, ya que la variabilidad lo desactualizará fácilmente

Se va a analizar todo lo que se va hacer y cómo se va hacer, los recursos que se van a necesitar, los tiempos de ejecución y todas las estrategias necesarias para cumplir los objetivos del proyecto. El resultado que se espera es obtener un cronograma macro que sea sencillo de leer, revisar y actualizar; y las estrategias para la ejecución de cada proyecto.

Son claves para el éxito de la etapa de planeamiento: la capacidad de integración del equipo de proyecto, sus conocimientos técnicos y la experiencia en proyectos similares. Además, que se encuentren enfocados unilateralmente en la búsqueda del cumplimiento de los objetivos del proyecto.



*Figura 10:* Flujo de información en la etapa de planeamiento

Fuente: Adaptado Araujo, C. 2016)

El análisis del plan busca cubrir la mayoría de los aspectos del proyecto. Para ello, se centra en diseñar el sistema de producción (que va producir el producto) y en las estrategias de las áreas de soporte que permitan el desarrollo eficiente del sistema de producción.

El diseño del sistema de producción se enfoca en analizar las estrategias de ejecución: etapas y frentes de trabajos, secuencia de actividades, las duraciones de las mismas, los recursos necesarios, etc. La finalidad es lograr un planeamiento confiable y así un flujo ininterrumpido de la producción.

#### **2.4.2.4.2. El Sistema del Último Planificador**

Según Ballard, G. (2000), LPS ofrece una forma realista de gestionar en colaboración la producción basada en proyectos, permite que los problemas ser identificado y resuelto antes de que se conviertan en problemas en el lugar y aumenta las posibilidades de que el trabajo fluirá y los proyectos se completarán a tiempo

Hay muchas razones por las que las organizaciones (incluidos propietarios, diseñadores y constructores) y los proyectos adoptan el pensamiento lean y Last Planner System

- Para entregar proyectos de forma más segura, más rápida o a un costo reducido.
- Crear un programa de producción más predecible.
- Reducir el estrés en el personal de gestión de proyectos.
- Ayudar a mejorar el proceso global de producción.
- Reducir el riesgo de pérdida catastrófica.

- Hacer de los proyectos un cliente confiable para entregas justo a tiempo.
- Convertirse en el cliente de elección en un mercado ajustado.

#### **2.4.2.4.3. Enfoque Lean**

Según Ballard, G. (2000), para lograr que el sistema de producción sea exitoso, el sistema *Last Planner* se enfoca en cumplir los siguientes objetivos:

#### **Proteger el Plan**

La confiabilidad del cumplimiento de la programación en las construcciones es muy baja. El Último Planificador es el sistema que busca incrementar la confiabilidad del cumplimiento de las actividades planificadas.

Para proteger el plan, el sistema *Last Planner* tiene un cronograma general de obra por hitos con poco detalle de las actividades. De este cronograma se hace el *look ahead*, en el cual se detalla un poco más las actividades a realizar y se analizan las restricciones de las mismas. Finalmente se elabora y realiza el plan semanal, en donde se detalla las actividades que se realizarán diariamente, programación a detalle (Figura 12). Si cumplimos nuestro plan semanal, estaremos cumpliendo por consiguiente con el planeamiento macro.





Para asegurar el flujo, el punto de gran importancia es asegurarse que no existan restricciones que dificulten el desarrollo de las actividades, según el plan. Para introducir las actividades en la programación, se debe haber levantado sus restricciones con anticipación. Las áreas de soportes son las que se encargarán de tener los recursos listos, por lo que una buena interacción y colaboración de las áreas de soporte y la de producción es la clave para asegurar el flujo de producción.

### **Aprendizaje - Mejora Continua**

El proceso de mejora continua en el Sistema *Last Planner* se inicia con el PPC (Porcentaje del Plan Completado), que mide la confiabilidad de la programación semanal. Muestra la relación entre el número de actividades completas al 100% y el número de actividades programadas en la semana.

#### **2.4.2.4.4. El ciclo de Programación**

Para hacer posible el cumplimiento de los objetivos de proteger el plan, asegurar el flujo continuo y generar una mejora continua; el sistema del último planificador establece un ciclo continuo de programación en un mediano plazo. Para ello se sigue la siguiente secuencia:

##### **2.4.2.4.4.1. Look Ahead**

Según Ballard, G. (2000), se desarrolla el *look ahead*, que es un cronograma de ejecución que se desprende del cronograma general por hitos (Figura 13) para proteger el plan. En él, se definen las actividades a realizarse en un mediano plazo. Para ello, se establece un horizonte de tiempo mínimo responsable, pues ello genera menor probabilidad de incidencia de la variabilidad. El horizonte de tiempo se define por la variabilidad del proyecto y

por el tiempo que toma levantar las restricciones. Por lo general, el horizonte queda establecido por el plazo de abastecimiento suele ser entre 3 a 6 semanas.

LOOKAHEAD PLANNING																														
NOMBRE DE PROYECTO:		PROPIETARIO:										FECHA: viernes, 13 de enero de 2012						UBICACIÓN:												
Descripción de la Actividad	Und	Metrodo Total	SEMANA 7					SEMANA 8					SEMANA 9					SEMANA 10												
			L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V								
EXCAVACION MASIVA Y ELIMINACION																														
EXCAVACION MASIVA 2DO ANILLO	m3	7500.00	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X																
EXCAVACION MASIVA 3ER ANILLO	m3	7500.00																							X	X	X	X	X	
MUROS ANCLADOS (2DO Y 3ER ANILLO)																														
PERFORACION DE ANCLAJES CON MAQUINA	ML						P1,2,3			P5,6,7	P9,10,11	P13,14,15	P17,18,19	P21,22,23	P25,26,27	P29,30,31	P33,34,12	P35,8	P7,8,9,10											
INYECCION DE CONCRETO	ML						P1,2,3			P5,6,7	P9,10,11	P13,14,15	P17,18,19	P21,22,23	P25,26,27	P29,30,31	P33,34,12	P35,8	P7,8,9,10											
EXCAVACION DE BANQUETAS CON MAQUINA	M3		P1,2,3	P4,5,6	P7,8,9	P10,11,12	P13,14,15	P16,17,18	P19,20,21	P22,23,24	P25,26,27	P28,29,30	P31,32,33	P34,12	P3,4,5	P6,7,8	P9,10,11													
PERFILADO DE BANQUETA (MANUAL) Y LECHEADA DE CEMENTO	M2		P1,2,3	P4,5,6	P7,8,9	P10,11,12	P13,14,15	P16,17,18	P19,20,21	P22,23,24	P25,26,27	P28,29,30	P31,32,33	P34,12	P3,4,5	P6,7,8	P9,10,11													
COLOCACION DE ACERO	UND		P1,2,3	P4,5,6	P7,8,9	P10,11,12	P13,14,15	P16,17,18	P19,20,21	P22,23,24	P25,26,27	P28,29,30	P31,32,33	P34,12	P3,4,5	P6,7,8	P9,10,11													
EXCAVACION Y RELLENO DE ZANJA PARA EMPALMES DE ACERO	UND		P1,2,3	P4,5,6	P7,8,9	P10,11,12	P13,14,15	P16,17,18	P19,20,21	P22,23,24	P25,26,27	P28,29,30	P31,32,33	P34,12	P3,4,5	P6,7,8	P9,10,11													
ENCORFADO DE MURO	M2		P1,2,3	P4,5,6	P7,8,9	P10,11,12	P13,14,15	P16,17,18	P19,20,21	P22,23,24	P25,26,27	P28,29,30	P31,32,33	P34,12	P3,4,5	P6,7,8	P9,10,11													
COLOCACION DE CONTRAFUERTE PARA ENCORFADO	UND		P1,2,3	P4,5,6	P7,8,9	P10,11,12	P13,14,15	P16,17,18	P19,20,21	P22,23,24	P25,26,27	P28,29,30	P31,32,33	P34,12	P3,4,5	P6,7,8	P9,10,11													
VACIADO DE MURO	M3		P1,2,3	P4,5,6	P7,8,9	P10,11,12	P13,14,15	P16,17,18	P19,20,21	P22,23,24	P25,26,27	P28,29,30	P31,32,33	P34,12	P3,4,5	P6,7,8	P9,10,11													
DESENCORFADO	M2		P1,2,3	P4,5,6	P7,8,9	P10,11,12	P13,14,15	P16,17,18	P19,20,21	P22,23,24	P25,26,27	P28,29,30	P31,32,33	P34,12	P3,4,5	P6,7,8	P9,10,11													
TENSADO DE ANCLAJES DE MUROS	UND																P1,2,3,4	P5,6,7,8	P9,10,11,12	P13,14,15,16	P17,18,19,20	P21,22,23,24	P25,26,27,28,29,30,31	P33,34,12						
FAJA TRANSPORTADORA																														
MONTAJE Y DESMONTAJE																										X	X	X	X	X

Figura 13: Ejemplo de Look Ahead

Fuente: Adaptado Araujo, C. (2016)

#### 2.4.2.4.4.2. Análisis de Restricciones

Según Ballard, G. (2000), las actividades que se deben ejecutar según el plan, ya fueron identificadas en el *look ahead*. El objetivo ahora es identificar las restricciones que dificultarán la programación de estas actividades en el tiempo planeado.

Se analiza cada actividad del *look ahead* y se identifican los obstáculos y limitaciones que dificultarían la ejecución de estas con adecuada anticipación para que puedan ser levantadas. Cada una de las restricciones identificadas debe ser asignada a un responsable encargado de hacerle seguimiento y de levantarlo en un plazo razonable definido (Figura 14). Aquellas actividades que no presentan restricciones, ya están listas para ser programadas e incluidas en los

planes semanales o diarios correspondientes. Las restricciones pueden ser de cualquier tipo: Contractuales, logística, ingeniería, etc.

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES / RECURSOS						
NOMBRE DE PROYECTO		AREA / DPTO		FECHA:		
PLAZA LA DALMACIA		EDIFICACIONES		Lunes 23 de enero de 2012		
CODIGO DEL PROYECTO		PROPIETARIO		UBICACION		
15		GERENCIA Y CONSTRUCCION EDIFICA SAC		CALLE ALJOVIN 630,640 Y 650		
Cantidad	Und.	Actividad	Fecha que se debe realizar la actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Requerida en Obra	Responsable
<b>EXCAVACION MASIVA Y ELIMINACION</b>						
1	GLB	Seguros De Subcontratista	23-ene-12	Solicitar a SUPERMAQ	23-ene-12	Heriberto Crisanto
1	GLB	Coordinar con SUPERMAQ	23-ene-12	Flota de 5 camiones (2do anillo)	23-ene-12	Ing. Ricardo Anyaimpoma
1	GLB	Coordinar con SUPERMAQ Ingreso	30-ene-12	Minimo flota de 8 camiones (3er anillo)	01-feb-12	Ing. Ricardo Anyaimpoma
1	GLB	Coordinar con SUPERMAQ Ingreso	10-feb-12	Minimo flota de 8 camiones (4to anillo)	13-feb-12	Ing. Ricardo Anyaimpoma
<b>MUROS ANCLADOS (2DO Y 3ER ANILLO)</b>						
1	GLB	Seguros de Subcontratistas	24-ene-12	Solicitarlo	26-ene-12	Heriberto Crisanto
PERFORACION DE ANCLAJES CON MAQUINA						
1	GLB	Llegada de Equipos PTP a obra (Perforadora, Compresora e Inyectora)	23-ene-12	Coordinar con Juan PTP	27-ene-12	Ing. Ricardo Anyaimpoma
1	GLB	Seguros De Subcontratista (Febrero)	30-ene-12	Solicitarlo	30-ene-12	Heriberto Crisanto
1	GLB	Llegada de Grupo Electrogeno	26-ene-12		26-ene-12	Ing. Ricardo Anyaimpoma
1	GLB	Coordinar Combustible de Grupo Electrogeno	25-ene-12		26-ene-12	Ing. Claudia Castro
INYECCION DE CONCRETO						
1	GLB	Verificar aumento de carga o equipo electrogeno (cables)	23-ene-12	Coordinar con AyA	26-ene-12	Heriberto Crisanto
EXCAVACION DE BANQUETAS CON MAQUINA						
1	GLB	Coordinar sobre su combustible	23-ene-12		23-ene-12	Ing. Ricardo Anyaimpoma
PERFILADO DE BANQUETA (MANUAL) Y LECHADA DE CEMENTO						
1	GLB	Verificar Rendimientos para esta actividad	23-ene-12	Actualizar Curvas de Productividad	23-ene-12	Ing. Ibeth Lijarza
COLOCACION DE ACERO						
1	GLB	Cerrar contrato SC Mano de Obra Instalacion	23-ene-12	Para enviar al ciclo de contratos	23-ene-12	Ing. Julio Obando
1	GLB	Seguros de Subcontratistas	30-ene-12	Solicitarlo	30-ene-12	Heriberto Crisanto
1	GLB	Realizar Corte de Acero para los anillos restantes	27-ene-12	Entregarselo al SC	27-ene-12	Ing. Ricardo Anyaimpoma
1	GLB	Llegada de Acero a Obra	23-ene-12	verificar lo ya llegado a obra	23-ene-12	Ing. Ricardo Anyaimpoma
1	GLB	Realizar Primos pedidos de acero	30-ene-12		30-ene-12	Ing. Claudia Castro
VACIADO DE MURO						
1	GLB	Pedidos de concreto premezclado	27-ene-12	(f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup> a 3 dias) para 2 semanas	27-ene-12	Ing. Claudia Castro
1	GLB	Pedidos de concreto premezclado Diario	23-ene-12	(f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup> a 3 dias)	27-ene-12	Ing. Ibeth Lijarza
1	GLB	Realizar formato de desperdicio de concreto	19-ene-12	Coordinar con HARSCO	20-ene-12	Ing. Ibeth Lijarza
1	GLB	Verificar el rendimiento y pedido del aditivo expansivo	27-ene-12		27-ene-12	Ing. Claudia Castro
1	GLB	Verificar Vibradoras de concreto	27-ene-12		27-ene-12	Jean Carlos Mendoza
1	GLB	Realizar formato de desperdicio de concreto	23-ene-12		23-ene-12	Ing. Ines Castillo
TENSADO DE ANCLAJES DE MUROS						
1	GLB	Coordinar llegada de equipo de tensado a obra	27-feb-12	Coordinar con PTP	02-feb-12	Ing. Ricardo Anyaimpoma
ELABORADO POR:				APROBADO POR:		FIRMA:
Ing. Ricardo Anyaimpoma				Ing. Julio Obando		Residente Ing. Julio Obando Ingeniero Asistente de Campo Ing. Ricardo Anyaimpoma Ingeniero Asistente de Campo Ing. Ines Castillo Ingeniero de Oficina Tecnica Ing. Claudia Castro Ingeniero Asistente de OT Ing. Ibeth Lijarza Administración Heriberto Crisanto Logística, Almacén Jean Carlos Mendoza Prevencionista de Riesgo Ing. Juan Carlos Ramos Maestro de Obra Rodolfo Alanya

Figura 14: Ejemplo de listado de responsabilidades de levantamiento de restricciones

Fuente: Adaptado Araujo, C. (2016)

Según Ballard, G. (2000), los criterios o tipos de restricciones más comunes identificados son los siguientes:

- **Información:** Evaluar si se cuenta con la información necesaria (planos, especificaciones, normas técnicas, procedimientos constructivos, etc.).
- **Materiales:** Evaluar si se cuenta con los materiales y consumibles necesarios. Para ello, el ingeniero de producción deberá elaborar el Look Ahead de materiales.

- Recursos humanos: Evaluar si se cuenta con los recursos humanos necesarios (empleados, obreros, terceros, etc.) con la especialidad, la experiencia y en cantidad suficiente.
- Equipos y Herramientas: Evaluar si se cuenta con los equipos y herramientas necesarias (propias y/o alquiladas).
- Actividades Predecesoras: Evaluar si las actividades predecesoras ya están ejecutadas o se ejecutarán con anterioridad al inicio de esta actividad.
- Permisos o Licencias: Verificar si se cuentan con los permisos municipales o los que correspondan.
- Clientes/ Supervisión: Verificar si existen aprobaciones o permisos que deban ser otorgados por el cliente y/o supervisor.

#### **2.4.2.4.4.3. Plan Semanal o Diario**

Según Ballard, G. (2000), el plan semanal o diario tiene como objetivo establecer las actividades que se van a realizar. Se desliga del *Look ahead* y se consideran las actividades que estaban programadas en el *Look ahead* para dicha semana siempre y cuando se hayan levantado sus restricciones en el análisis de restricciones.

El plan semanal permite programar actividades, las cuales cuentan con todo lo necesario para su ejecución. Además, se pueden tener actividades listas para ejecutar, sin restricciones, que sean de reserva y que funcionen como un buffer que permita redistribuir recursos asignándolos a estos, si alguna de las tareas programadas no pudiera ser ejecutada. No obstante, la ejecución de las actividades de reserva no se considerará para el análisis de Porcentaje de Plan

Cumplido (PPC), debido a que no fueron programadas en el Plan semanal, sino durante su ejecución.

PROGRAMACION SEMANAL															
NOMBRE DE PROYECTO			AREA / DPTO					FECHA							
PLAZA LA DALMACIA			EDIFICACIONES					viernes, 20 de enero de 2012							
CODIGO DE PROYECTO			PROPIETARIO					UBICACION							
15			GERENCIA Y CONSTRUCCION EDIFICA SAC					CALLE ALJOVIN 630,640 Y 650							
Descripción de la Actividad	Und	Metrado Programado	SEMANA 4					SEGUIMIENTO LEVANTAMIENTO DE RESTRICCIONES							
			Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	INFORMACION	ACTIVIDAD PRECEDENTES	ESPACIO	MANO DE OBRA	MATERIALES	EQUIPOS	CONDICIONES EXTERNAS	ESTADO
EXCAVACION MASIVA Y ELIMINACION															
EXCAVACION MASIVA 2DO ANILLO	M3	3750	450	450	450	450	450								
MUROS ANCLADOS (2DO Y 3ER ANILLO)															
PERFORACION DE ANCLAJES CON MAQUINA	ML						4 PAÑOS								
INYECCION DE CONCRETO	ML						4 PAÑOS								
EXCAVACION DE BANQUETAS CON MAQUINA	M3	315	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
PERFILADO DE BANQUETA (MANUAL) Y LECHADA DE CEMENTO	M2	210	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
COLOCACION DE ACERO	UND	9	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
EXCAVACION Y RELLENO DE ZANJA PARA EMPALMES DE ACERO	UND	9	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
ENCOFRADO DE MURO	M2	105	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
COLOCACION DE CONTRAFUERTE PARA ENCOFRADO	UND	6	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
VACIADO DE MURO	M3	31.5	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
DESENCOFRADO	M2	52.5	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
TENSADO DE ANCLAJES DE MUROS	UND														
ELABORADO POR:			APROBADO POR:					FIRMA:							
Ing. Ricardo Anyalpoma			Ing. Julio Obando												

Figura 15: Ejemplo de Plan Semanal

Fuente: Adaptado Araujo, C. (2016)

El plan diario cumple el mismo objetivo que el plan semanal. La elección se da dependiendo de los requerimientos o funciones de los proyectos. El formato incluye la descripción de la actividad, el metrado general de la semana y su distribución en cada día, así como un formato de seguimiento para las restricciones de cada actividad (figura 15).

#### 2.4.2.4.4.4. Porcentaje de Plan Completado (PPC)

Según Ballard, G. (2000), es un indicador de confiabilidad que indica qué tan bien se ha estado programando el proyecto. El objetivo es analizar la seguridad del sistema para establecer una mejora continua. Se busca medir el

nivel de confianza del sistema de programación, es decir, la precisión con la que podemos predecir lo que se hará en la semana. La finalidad no es medir el avance del proyecto, sino la efectividad de la programación. El cálculo se realiza midiendo la relación entre las tareas completadas con respecto a las tareas programadas:

$$PPC = \frac{\text{Cantidad de tareas completadas}}{\text{Cantidad de tareas programadas}}$$

Además, si para alguna actividad, se realiza un avance mayor a lo previsto, también se considera como tarea incompleta, pues no es lo que se programó.

PORCENTAJE DEL PLAN COMPLETADO														
NOMBRE DE PROYECTO PLAZA LA DALMACIA			AREA / DPTO EDIFICACIONES				FECHA							
CODIGO DE PROYECTO 15			PROPIETARIO GERENCIA Y CONSTRUCCION EDIFICA.SAC				UBICACION CALLE ALJOVIN 630,640 Y 650							
Descripción de la Actividad	Und	Metrado Programado	Metrado Realizado	SEMANA 27							ANALISIS DE INCUMPLIMIENTO			
				L	M	X	J	V	S	SI	NO	TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA
Acero De Verticales	kg	1,000.00		1A	1B	1C	1D	1E		X				
	kg		1,000.00	1A	1B	1C	1D	1E						
Encofrado y Desencofrado De Verticales	m2	600.00		1A	1B	1C	1D			X				
	m2		600.00	1A	1B	1C	1D							
Concreto De Verticales	m3	60.00		1A	1B	1C	1D							
	m3		60.00	1A	1B	1C	1D			X				
Encofrado De Fondos y Costado De Vigas	m2	240.00			1A	1B	1C							
	m2		240.00		1A	1B	1C			X				
Acero De Vigas	kg	600.00			1A	1B	1C							
	kg		600.00		1A	1B	1C			X				
Colocación Viguetas Pretensadas	und	150.00				1A	1B							
	und		150.00			1A	1B			X				
Colocación de Casetones	und	1,000.00				1A	1B							
	und		1,000.00			1A	1B			X				
Colocación Instalaciones Eléctricas y Sanitarias	und	2.00				1A	1B						No se realizó a tiempo la prueba hidráulica	El área de calidad debe verificar que se cumpla correctamente y a tiempo todas las pruebas
	und		1.00			1A				X	QA/AC			
Concreto y Acabado De Horizontales	m3	200.00					1A						Retraso de los mixers	Coordinar bien con despacho para que la llegada de los mixers sea puntual
	m3									X	SC			
ANALISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL (EN %)										7	2			
										78%	22%			
ELABORADO POR: Ing. Ricardo Anyaimpoma			APROBADO POR: Ing. Julio Obando				FIRMA:							

Figura 16: Ejemplo de PPC

Fuente: Adaptado Araujo, C. (2016)

#### 2.4.2.4.4.5. Análisis de las Causas de Incumplimiento (CI)

Según Ballard, G. (2000), del análisis de PPC, se identifican las causas o razones que no permitieron el cumplimiento de las actividades del plan programado (semanal o diario) para proponer medidas correctivas. Aprender sistemáticamente de las experiencias que se estén obteniendo en el proyecto, con el fin de no cometer errores repetitivos y así generar un aprendizaje y una mejora continua. Además, obtener un registro de las mismas para entender la frecuencia de su ocurrencia y buscar soluciones para las más importantes (Figura 16).

Los responsables de determinar las causas de incumplimiento son los jefes de cada frente de producción. A fin de uniformizar la información generada por medio de este análisis, se han definido algunas categorías de causas de incumplimiento:

- Programación: Errores en la programación, cambios en programación, etc.
- Logística de Materiales: Ausencia o insuficiencia de materiales en el Proyecto.
- Incumplimiento de otro frente: Retrasos en actividades previas.
- Cliente/Supervisión: Compromisos del cliente que no han sido realizados.
- Externo: Eventos extraordinarios como huelgas sindicales, accidentes.
- Ingeniería: cambios en la ingeniería durante el desarrollo del Plan Semanal, incongruencias de los planos con la realidad del campo.
- Mantenimiento de Equipos: Averías o fallas en los equipos.
- Subcontratas: Incumplimiento en la entrega de algún recurso o servicio subcontratado.

- Logística de equipos: Falta de equipos.
- Topografía: Falta de replanteo topográfico.
- Logística de Personal: Problemas en el reclutamiento de personal.
- Permisos: Incumplimiento de los organismos responsables de otorgar las licencias o permisos solicitados de antemano por el Proyecto.
- Errores de ejecución: Retrabados durante el proceso constructivo.
- Control de Calidad: Fallas o atrasos del área de control de calidad del Proyecto.

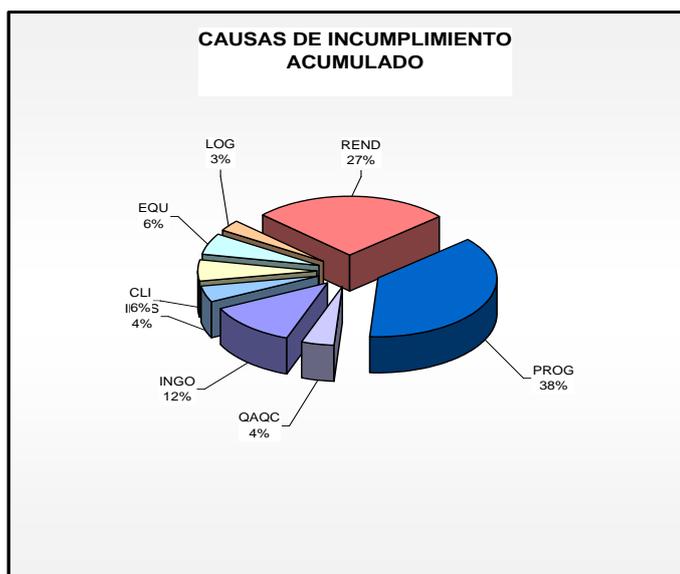


Figura 17: Ejemplo de Causas de Incumplimiento

Fuente: Adaptado Araujo, C. (2016)

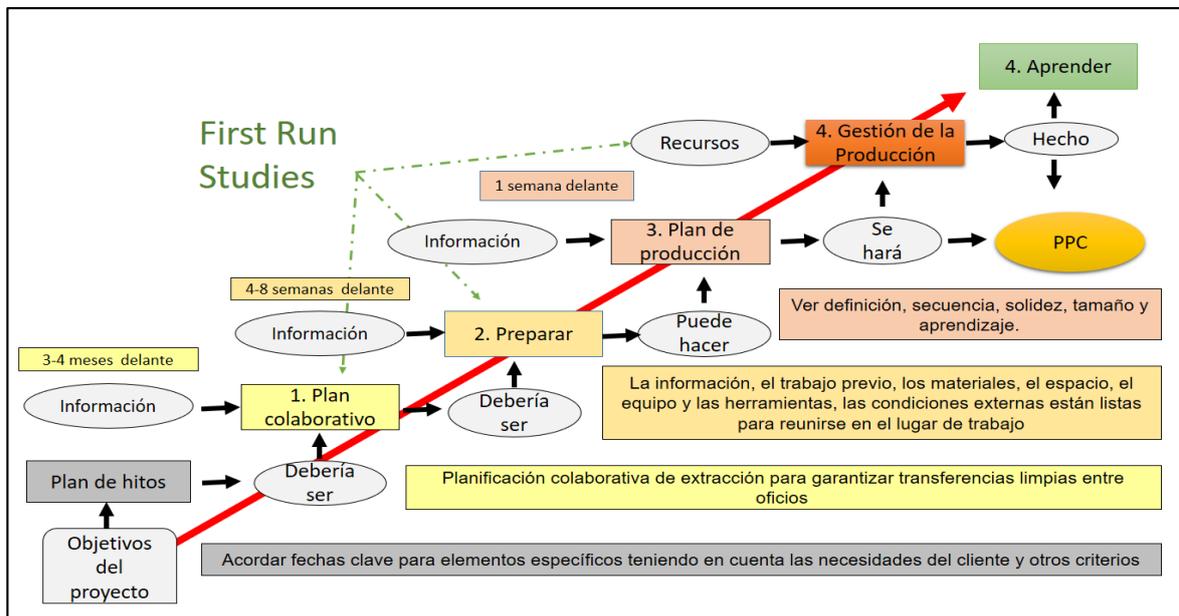


Figura 18: Ciclo de Programación

Fuente: Elaboración propia.

#### 2.4.2.4.5. Task Made Ready (TMR):

De acuerdo a la publicación realizada por Farok y Omar, en el paper “Modelado de métricas del Last Planner System: Caso de estudio de la compañía AEC” (2013), este indicador es definido como la métrica del performance del Look Ahead Planning en la identificación y eliminación de restricciones, con la finalidad que se pueda lograr un mayor PPC semanal. Es decir, se identifican las restricciones de las actividades que se encuentran programadas en el Look Ahead Planning y se programan aquellas que el equipo está dispuesto a realizar.

De acuerdo a los resultados obtenidos por Farok y Omar en su caso de estudio de la compañía AEC, el TMR es directamente proporcional al PPC.

Este factor se calcula mediante la división de 2 indicadores:  $TTC / TTA$

- TTC (Total de tareas a completar): Tareas planificadas para la semana que sí se podrán ejecutar, esta información se conoce luego de realizar el análisis de restricciones.
- TTA (Total de tareas anticipadas): Tareas planificadas con más de una semana de anticipación, es decir en el Look Ahead Planning.

#### **2.4.2.4.6. SPI (Schedule performance index)**

El Índice de Rendimiento de Programa o SPI indica la eficiencia con la que realmente está progresando un proyecto, en comparación con el programa del proyecto planificado o intención inicial. Según el PMBOK, es una medida de la eficiencia de la programación, expresada como la relación entre el valor ganado y el valor planificado. El SPI se puede determinar dividiendo la cantidad ejecutada (Avance Real) por la cantidad planificada (Avance Planificado).

$$\text{SPI} = \text{Avance Real} / \text{Avance Planificado}$$

Dado lo anterior, si el SPI es mayor que uno ( $\text{SPI} > 1$ ), significa que se ha completado MÁS trabajo que el planificado, es decir, se está adelantado a lo previsto. Si el SPI es igual a uno ( $\text{SPI} = 1$ ) significa que el trabajo se está completando a la misma velocidad que lo planificado. Si el SPI es menor que uno ( $\text{SPI} < 1$ ) significa que se ha completado MENOS trabajo que el planificado, es decir, el proyecto está atrasado.

El plan a nivel macro fue realizado en la etapa de planeamiento de acuerdo al alcance del proyecto. La manera en que el Sistema *Last Planner* protege el

planeamiento es a través del *look ahead* y el Análisis de Restricciones. El *look ahead* es un formato de programación intermedia en el cual se puede observar y analizar lo que se viene en un horizonte para la obra. Las actividades que se iniciaran en la obra, para poder analizarlas y levantar las restricciones que estas actividades tengan. Para esto, se utiliza el formato de análisis de restricciones en el cual se coloca las restricciones por actividad, fecha de inicio de la actividad, una fecha límite de levantamiento y un responsable de levantar dicha restricción. Entonces, el *Look ahead* y el Análisis de Restricciones brindan altas probabilidades de que las actividades empiecen en la fecha establecida protegiendo de esta manera el plan. Luego, en base a las restricciones levantadas, se desarrolla la programación semanal o diaria, que es lo que vamos a hacer. La elaboración de PPC y causas de incumplimiento examinan en que se puede mejorar.

#### **2.4.2.4.7. Pull Planning**

El Pull Planning es un componente esencial del LPS. Es una planificación colaborativa, transparente y flexible, que ayuda a eliminar la sobreproducción, también puede ser definido como un proceso de mapeos que ilustra la relación entre las diferentes actividades o especialidades. Tiene como finalidad realizar una planificación desde el término de un hito hacia el inicio, con la participación de todos los involucrados en el proyecto, no solo ingenieros responsables, sino también los capataces de todas las especialidades, ya que se encuentran directamente relacionados con la ejecución del proyecto; de esta forma, todas las tareas estarán definidas y secuenciadas.

El Pull Planning está surgiendo como primer paso del inicio de una implementación Lean en los proyectos de muchas empresas. (McGrawHill, 2013). El Pull Planning es una herramienta de planificación a largo plazo; sin embargo, también puede ser usada para elaborar programaciones semanales o diarias. Esta herramienta requiere que los participantes tengan varias reuniones en la etapa de planificación de la obra, en las cuales se identifiquen correctamente el inicio y término de los hitos del proyecto. Luego, se procede a dividir el trabajo correspondiente a un hito en módulos iguales, de tal forma que los trabajos se encuentren equilibrados y puedan ser repetitivos, la finalidad es poder controlar, ajustar y mejorar cada actividad, además de disminuir las interferencias, de tal forma que exista mayor eficiencia durante la ejecución. Es necesario la coordinación de todas las áreas del proyecto para definir el alcance del hito, de esta forma se evitarán cruces e interferencias en la ejecución del proyecto, los cuales ocasionan variabilidades en el flujo de trabajo.

Tabla 7

*Fases del uso del Pull Planning*

PASOS	DETALLES
<p><b>Previo a la Planificación Pull Planning</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incorporar una cláusula en los contratos de las subcontratas y especificar claramente que la obra se rige por la Metodología Last Planner System (LPS).</li> <li>2. Con una semana de anticipación invitas a todos a la Pull Session. Se explicará detalladamente el proyecto de ejecución, las partidas que han contratado, la duración, orden de entrada, y las posibles restricciones.</li> <li>3. Tener un espacio y que preferentemente que sea en la propia obra mucho mejor para las reuniones.</li> <li>4. Como vamos a planificar con todos los representantes de las subcontratas necesitamos de un método que sea INTUITIVO, VISUAL y RÁPIDO</li> <li>5. Tener un Mediador, éste debe ayudar para IMPULSAR soluciones, sin emitir opiniones o juicios.</li> </ol>

---

**Durante a la  
Planificación Pull  
Planning**

1. Colocarse todos alrededor del panel, se realiza una planificación inversa, de derecha a izquierda, desde el Hito Final de Obra hacia el presente.
2. Se trata de una Visión General, es una programación en dónde las actividades son generales y de larga duración, luego se hará con más detalles.
3. La planificación la hace “de corrido”, es importante es respetar la SECUENCIA y para ello dibujamos una flecha desde la tarea (predecesora) a la tarea (sucesora).
4. Cada responsable de las subcontratas rellenará los post-its y los colocará en el panel.
5. Finalmente se hace una revisión de las tareas con los participantes para asegurarse de que están de acuerdo con el resultado.

**Finalización a la  
Planificación Pull  
Planning**

1. La sesión pull acabará cuando todos estén seguros de que tienen los recursos y el tiempo suficiente.
2. El resultado que lanzará la planificación pull no coincidirá con lo planificado sino todo lo contrario se habrá dilatado bastante, eso es porque las tareas no están traslapadas.
3. Ahora sobre el Gantt proyectado se hace la pregunta si se pueden traslapar las actividades y los subcontratistas volverán a proponer si pueden iniciar las tareas a la vez que otras o una vez ya iniciadas.

---

Fuente: Elaboración propia

➤ **Las 5’S**

La teoría 5’S es una técnica desarrollada por la empresa Toyota. Hace referencia a mantener el lugar de trabajo limpio, organizado y seguro. Tiene como objetivo la mejora continua, reducción de plazos y costos, disminución de los riesgos en obra y en la Figura n.º 2.16, el eje vertical para el desarrollo del proyecto son el talento, experiencia, conocimiento y criterios de los profesionales a cargo. En la etapa de planeamiento, se recibe los expedientes y toda la información de los alcances del proyecto para la construcción. La ejecución se realiza con el desarrollo de los planes y el uso de recursos, de acuerdo al planeamiento.



*Figura 19:* Grafico de las 5S

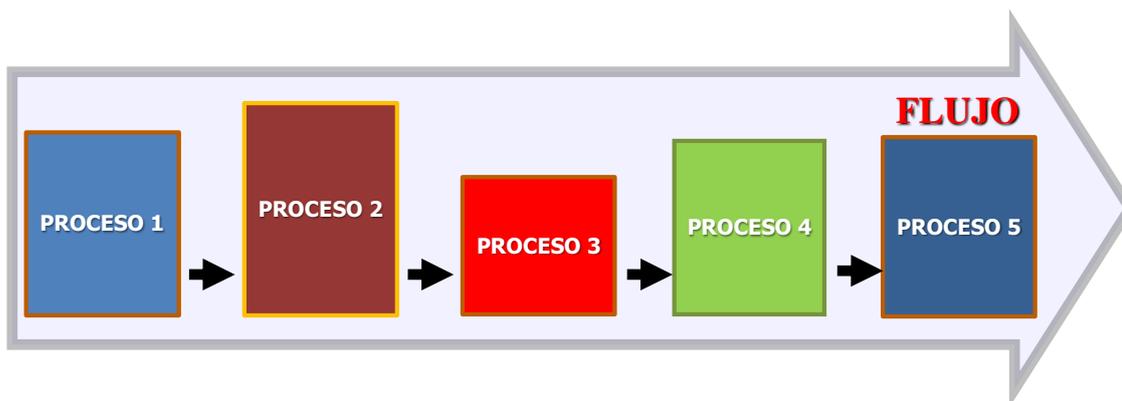
Elaboración propia

- Seiri (seleccionar): Implica identificar lo necesario de lo innecesario, de esta forma se puede evitar tener excesos de insumos y evitar que se obstruya los flujos de trabajo.
- Seiton (organizar): Implica organizar los materiales en una zona determinada, con el fin de identificarlos con facilidad.
- Seiso (limpiar): Luego de seleccionar los materiales y ordenar el ambiente de trabajo se procede a limpiar, y así tener una zona confortable y cómoda.
- Seiketsu (estandarizar): Tiene por finalidad mantener las mejoras alcanzadas con los pasos anteriores, de esta forma el ambiente de trabajo se encontrará ordenado, organizado y limpio.

- Shitsuke (autodisciplina): Finalmente lograr en los trabajadores el hábito de mantener el orden y la limpieza del lugar de trabajo, eso hará disminuir accidentes de trabajos y atrasos.

#### 2.4.2.5. Flujos Eficientes

Según Araujo, C. (2016), la segunda etapa para acercarnos hacia la excelencia operacional, luego de asegurarnos que los flujos no paren, es que los flujos sean eficientes. En esta etapa, el sistema de producción se observa desde una visión sistémica, en la que se evalúa la eficiencia de los flujos y la capacidad global del sistema.



*Figura 20: Procesos sin balancear*

Fuente: Adaptado Araujo, C. (2016)

##### 2.4.2.5.1. Tren de Actividades

El tren de actividades es una forma de representar el cronograma general de un proyecto como un sistema balanceado de producción constante en la construcción. Se basa en los principios de la física de producción, eliminando así tiempos de esperas y tiempos muertos. También es llamada programación rítmica o lineal. La finalidad es que cuando se aplique, la eficiencia del sistema sea la óptima, entonces todas las

partidas se vuelven críticas; por ello se exige un compromiso del equipo de obra. Sin embargo, solamente es aplicable a proyectos donde la variabilidad es reducida y donde físicamente el trabajo es divisible en partes similares. Esta herramienta está orientada a optimizar actividades repetitivas y secuenciales tales como estructuras de edificaciones, montajes de líneas de transmisión, tendido de tuberías, etc.

La programación del tren de actividades se realiza de tal manera que: la cantidad de trabajo que se ejecute en todas las estaciones de trabajo sea la misma y que la capacidad de cada estación, esté diseñada para esta cantidad de trabajo. Para ello, se consideran las siguientes características:

- Las actividades (procesos) se consideran como una estación de trabajo.
- Se programan actividades secuenciales, una detrás de otra.
- Se realiza el balance de cuadrillas para que todas las actividades culminen un sector en el mismo intervalo de tiempo.
- Se busca que todas las estaciones estén balanceadas en capacidad y demanda.
- Todos los procesos son cuello de botella, todas las actividades son ruta crítica; es decir, no existen holguras.
- Todos los días, cada cuadrilla produce prácticamente lo mismo, consecuentemente, todos los días se tiene un avance similar en el proyecto.
- La cantidad de recursos necesarios es constante.
- Genera cuadrillas muy especializadas en una única actividad, etc.

Para el caso de edificaciones, se puede observar como las actividades van pasando por los lugares de trabajo (sectores), transformándolo y dejándolo listo para

la realización de la siguiente actividad que pasara por dicha estación de trabajo. Esto se repite para todas las actividades hasta la finalización, ya que todas las actividades avanzan linealmente un tras de otra por las estaciones de trabajo.

#### **2.4.2.5.1.1. Elaboración del Tren de Actividades**

La elaboración de un cronograma de tren de actividades se basa en dividir los volúmenes de trabajo en porciones pequeñas que sean más manejables. Para ello, se detallada la secuencia constructiva de las partidas y de las cuadrillas, que se realiza en la etapa de planeamiento. Con esta información, el objetivo es dividir la construcción en sectores, de tal manera que las mismas cuadrillas puedan realizar las mismas actividades y especializarse en una única actividad, en el mismo tiempo de las otras partidas, cambiando únicamente el lugar de trabajo (sector). Es necesario definir la sectorización y el tren de actividades de un proyecto para diseñar las estrategias del planeamiento. La metodología para la elaboración de un tren de actividades es la siguiente:

- **Sectorizar** el área de trabajo en pequeñas divisiones es el paso fundamental para la elaboración de un tren de actividades. De tal manera que cada sector esté compuesto de un volumen de trabajo aproximadamente igual a los demás. La cantidad de tarea por sector deberá ser realizada en un mismo plazo de tiempo, en un día de trabajo para conseguir repetición en los trabajos y aprovechar las ventajas de la curva de aprendizaje.
- **Listar las actividades** que conforman el tren de trabajo que se va a realizar en cada sector. El objetivo es detallar todas las actividades que se consideren necesarias para entender los procesos, pero que a su vez no sean demasiadas para que no resulte tediosos que puedan confundir a los obreros.

- **Secuenciar las actividades que fueron listadas previamente**, de tal modo que se cubran todos los sectores de trabajo. Es común que las primeras secuencias no sean las mejores y que no encajen dentro de los hitos del plan general. Con el paso del tiempo, se obtendrán mejores secuencias de actividades y es común ajustar la secuencia constructiva o variar la cantidad de recursos para que calce la programación en el plan general.
- **Dimensionar la cantidad de obreros y de equipos necesarios**, considerando los metrados más representativos de cada sector, la velocidad de avance de las cuadrillas y el número de las mismas, para que las actividades se ejecuten en un solo día.

#### **2.4.2.5.1.1.1. Ventajas**

El uso del tren de actividades permite aumentar la eficiencia del flujo en el sistema. Determinar qué avance de obra se tendrá en cada día determinado y con ello facilitar el control del proyecto. Los trabajos repetitivos permiten avanzar la obra con un mínimo de trabajos rehechos mejorando la productividad mediante la curva de aprendizaje.

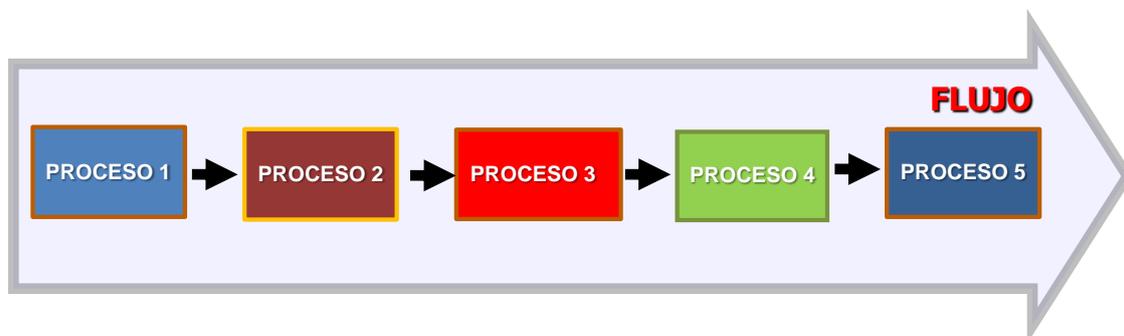
#### **2.4.2.5.1.1.2. Desventajas**

Como todas las actividades son críticas, el incumplimiento de una genera improductividad de todo el sistema y un posible incumplimiento del plazo. En este caso, la especialización vulnera el sistema.

#### **2.4.2.6. Procesos Eficientes**

Ahora que poseemos operaciones continuas y balanceadas, podemos pasar a optimizar cada uno de los procesos. La tercera etapa para acercarnos hacia la excelencia operacional es asegurarnos que los procesos sean eficientes. Es decir, un sistema de

producción debe tener un flujo ininterrumpido y poseer procesos y flujos eficientes para ser un sistema eficiente.



*Figura 21: Procesos balanceados*

Fuente: Adaptado Araujo, C. (2016)

#### **2.4.2.6.1. Optimización de procesos**

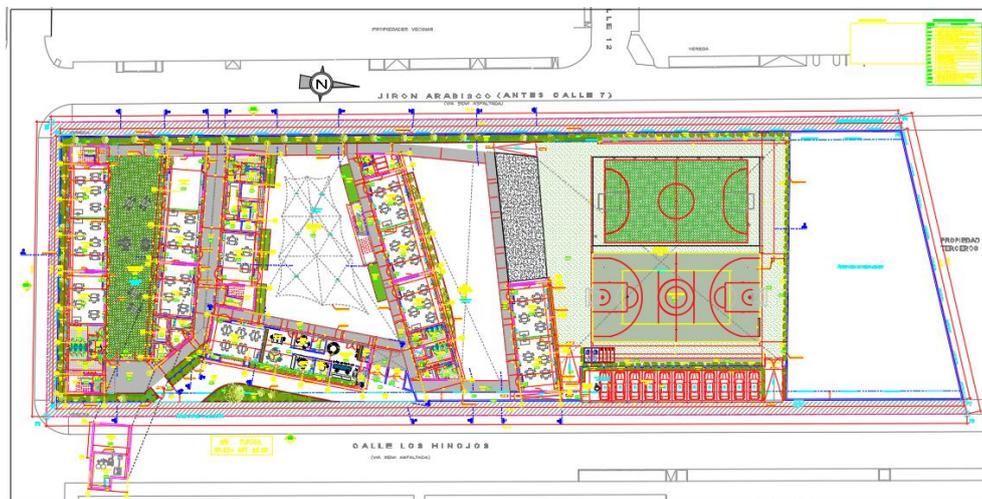
La optimización de procesos se da con la mejora de la productividad, que se alcanza con la reducción de recursos utilizados en un proceso específico, o incrementando la producción de dicho proceso con los mismos recursos. Se consigue con el análisis detallado de cada proceso mediante el uso de algunas herramientas de ingeniería industrial. Para lograr las mejoras, primero tenemos que recordar los tipos de trabajos dentro del sistema de producción: TP, TC Y TNC.

### **2.4.3. Descripción del Proyecto**

#### **2.4.3.1. Memoria Descriptiva**

El Proyecto “Innova Schools” Sede Arabiscos es un colegio privado que consta de 3 niveles y comprende aulas para educación inicial, primaria y secundaria, aulas multimodales (aulas que funcionaran como aulas de clases y aulas de computo), administración, sala de profesores, laboratorio de ciencias, baños (niños y niñas) y cuarto

técnico. Los cuales están distribuidos en 6 volúmenes. Existe además un volumen interno que contiene la cafetería en la cual se desarrollaran también clases de artes, tiene 12 estacionamientos, 1 discapacitados, 1 ambulancia, 1 losa de multifuncional (básquet y futbol), 1 cancha sintética de futbol, 1 losa de vóley. En el subsuelo se encuentra cuarto de bombas y cisterna. El sistema constructivo del proyecto es en base a un sistema de pórticos de concreto armado y muros de albañilería.



*Figura 22.* Plano de arquitectura 1er nivel planta.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 23. Proyecto Colegio Innova Schools.

Fuente: Elaboración propia.

#### 2.4.3.2. Ubicación

El proyecto se encuentra ubicado en la Av. Los Arabiscos, cruce con Av. Los Tusilagos Oeste, San Juan de Lurigancho, provincia y departamento de Lima.

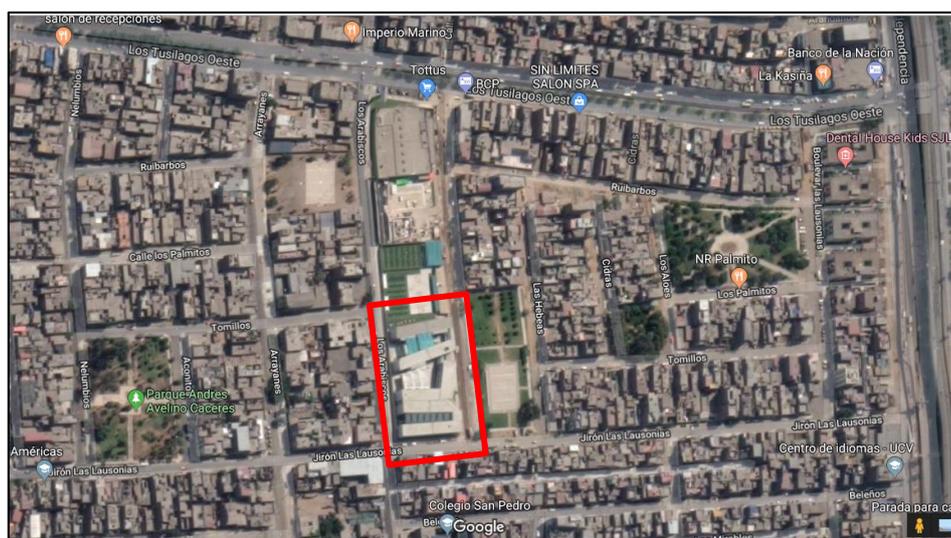


Figura 24. Ubicación del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

#### **2.4.3.3. Área del terreno**

El terreno tiene un área total de 5,913.06 m<sup>2</sup>, el área techada total del proyecto es de 4,753.00 m<sup>2</sup> y el área libre total del proyecto es de 4,138.73 m<sup>2</sup>.

#### **2.4.3.4. Cliente**

Colegios Peruanos S.A.C.

#### **2.4.3.5. Plazo de ejecución:**

105 días calendario.

#### **2.4.3.6. Tipo de Contrato**

Suma Alzada

#### **2.4.3.7. Constructora**

Ingeniería Arquitectura y Gestión S.A.C.

#### **2.4.3.8. Horario de Trabajo**

Lunes a viernes: 3:00 pm a 12:00 am

Sábado: 1:00 pm a 6:00 pm

#### **2.4.3.9. Descripción del proyecto a ejecutar**

Esta ampliación consta de 05 bloques con un área techada aproximada de 1,244 m<sup>2</sup> (Nivel 03) con 14 salones, 02 servicios higiénicos y 02 pasarelas metálicas.

Se indican brevemente las actividades:

Estructuras:

- Concreto armado vertical (Columnas y Placas).
- Concreto armado Horizontal (Prelosas y Vigas).
- C°A° en Zapatas de Pasarela.

- Estructura metálica (pasarela).

Arquitectura:

- Muros de albañilería KB
- Drywall
- Solaqueos y/o tarrajeos
- Pintado general
- Enchapes en muro (SSHH)
- Enchape losetas
- Carpintería de madera
- Carpintería metálica
- Carpintería de melamine

#### 2.4.3.10. Organigrama de obra

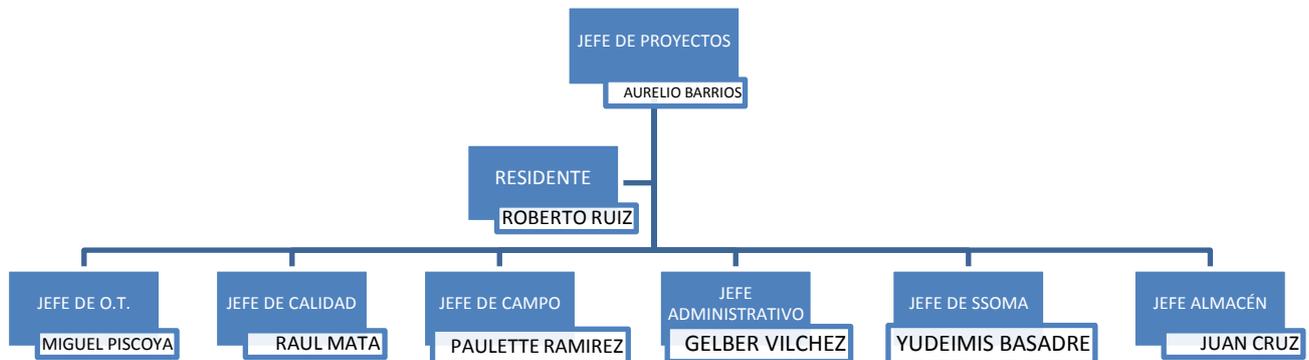


Figura 25. Organigrama del proyecto CIS.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.4.3.11. Principales Hitos del Proyecto

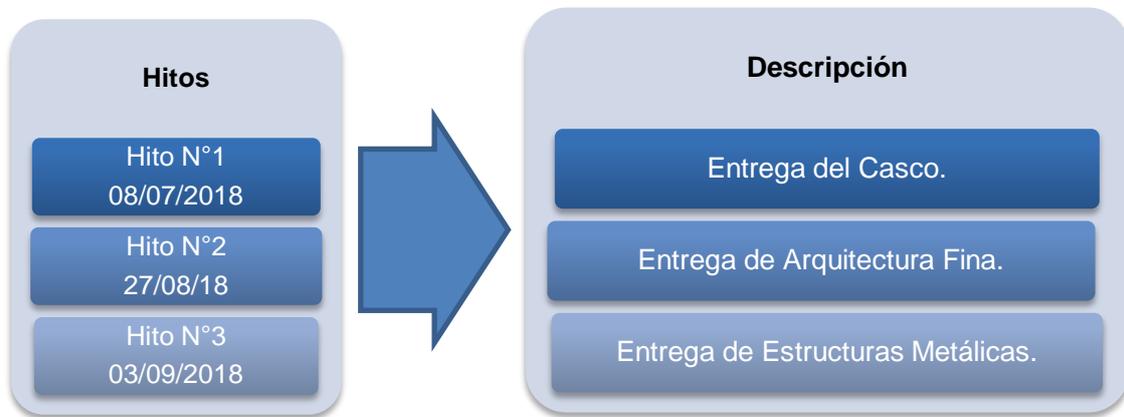


Figura 26. Principales hitos de proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.4.4. Diagnóstico del proyecto

#### 2.4.4.1. Sistema Tradicional

Las primeras cuatro semanas se aplicó el sistema tradicional trabajando con el cronograma sin actualizar y con recursos que no han sido analizados para los trabajos próximos. La mano de obra no ha sido dimensionada para poder lograr la meta diaria y restricciones que no han sido levantadas por el ingeniero de campo.

El área de oficina técnica también ha mostrado en su resultado operativo y curva S perdidas en las partidas de estructuras y atraso con respecto a la curva S contractual. Esto ha generado que se tomen otras medidas, logrando que el personal profesional del staff sea capacitado con la filosofía Lean y las herramientas del Last Planner System.

#### **2.4.4.2. Planificación**

El cronograma con el que se ejecutó la obra fue con el que se ganó la licitación, es en la ejecución donde se evidenció fallas debido a que no había un orden. Éste cronograma no tuvo planificación por hitos, por lo tanto, la obra tenía muchas restricciones que no pudieron levantar al no tener una secuencia de trabajos. Ver figura 26.

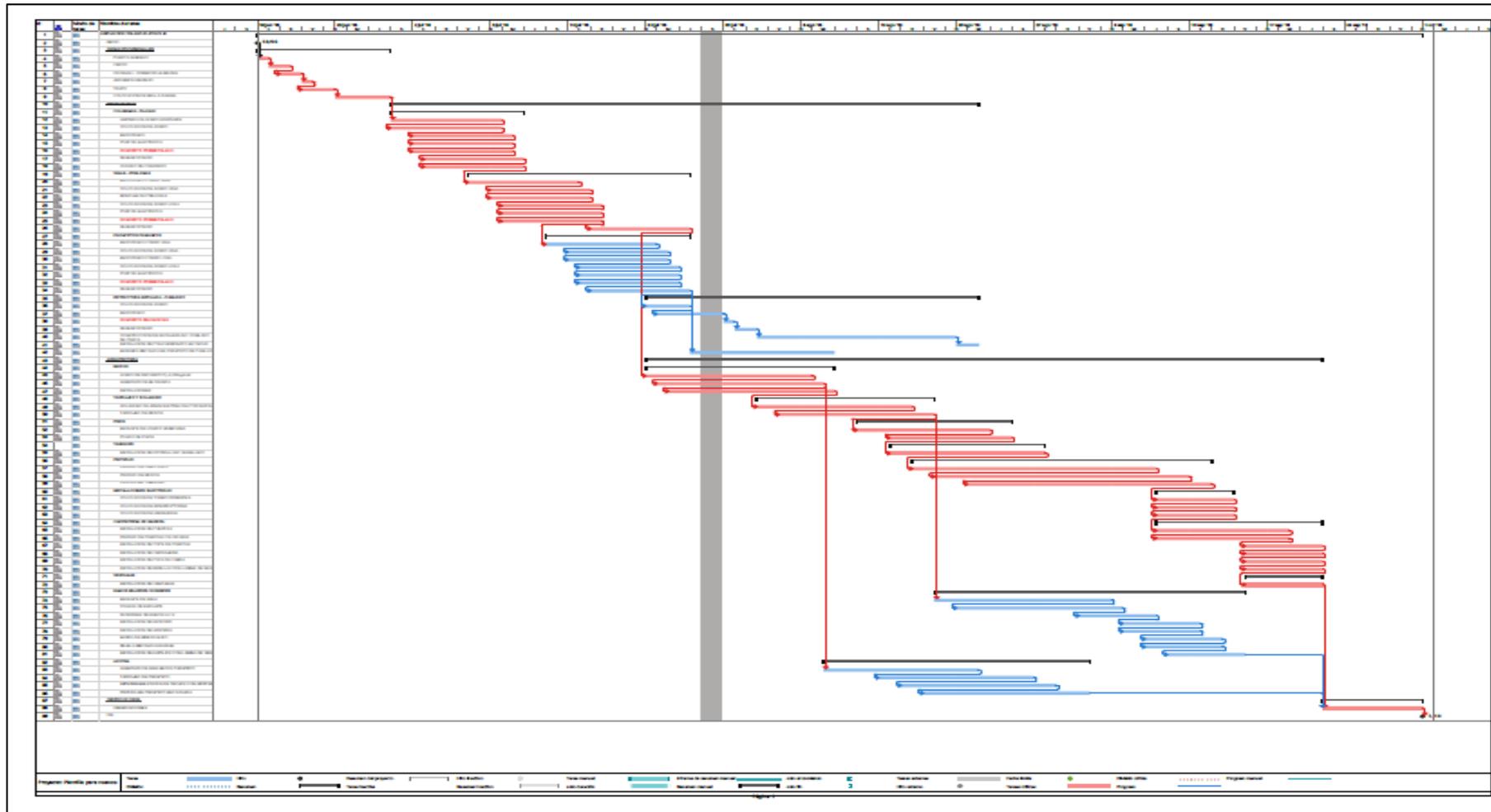


Figura 27. Cronograma tradicional.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.4.4.3. Programación

La obra solamente veía una gestión hacia adelante a dos semanas lo cual que causaba muchas esperas y demoras en el levantamiento de restricciones, además se tenía una sectorización inapropiada que no permita que se produzca un flujo continuo y eficiente de producción. Se observa en la figura 28 y figura 29, que no hay una evaluación correcta en el análisis de restricciones y el LAH son de dos semanas no hay una sectorización adecuada y no se puede prever para levantar las restricciones con anticipación.

LOOK AHEAD														
										ELABORADO POR : PAULETTE RAMIREZ				
										REVISADO POR : ING. AURELIO BARRIOS				
PROYECTO: AMPLIACIÓN CIS-ARABISCOS SJL -III-ETAPA - 2018	SEM 03							SEM 04						
	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
ACTIVIDADES	2/07/2018	3/07/2018	4/07/2018	5/07/2018	6/07/2018	7/07/2018	8/07/2018	9/07/2018	10/07/2018	11/07/2018	12/07/2018	13/07/2018	14/07/2018	15/07/2018
<b>ESTRUCTURAS</b>														
<b>COLUMNAS - PLACAS</b>														
LIMPIEZA DE ACERO EXISTENTE														
COLOCACION DE ACERO														
ENCOFRADO														
PUNTOS ELECTRICOS														
CONCRETO PREMEZCLADO														
DESENCOFRADO														
CURADO DE CONCRETO														
<b>VIGAS - PRELOSAS</b>														
ENCOFRADO FONDO VIGA														
COLOCACION DE ACERO VIGA														
MONTAJE DE PRELOSAS														
COLOCACION DE ACERO LOSA														
PUNTOS ELECTRICOS														
CONCRETO PREMEZCLADO														
DESENCOFRADO														

Figura 28. Look Ahead sin levantamiento de restricciones.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES											
PROYECTO: COLEGIO INNOVA SCHOOL - ARABISCOS					SEM: 02/07 AL 08/07						
ELABORADO POR : PAULETTE RAMIREZ					REVISADO POR : ING. AURELIO BARRIOS						
PROYECTO: AMPLIACIÓN CIS-ARABISCOS S.J.L -II-ETAPA - 2018	SEM 03							DESCRIPCION DE RESTRICCION	FECHA DE LEVANTAMIENTO	RESPONSABLE	STATUS
	L	M	X	J	V	S	D				
ACTIVIDADES	2/07/2018	3/07/2018	4/07/2018	5/07/2018	6/07/2018	7/07/2018	8/07/2018				
ESTRUCTURAS											
COLUMNAS - PLACAS											
LIMPIEZA DE ACERO EXISTENTE											
COLOCACION DE ACERO								TENER MATERIAL	25/06/2018	ING CAMPO	EN PROCESO
ENCOFRADO								PEDIR ACERO	25/06/2018	ING CAMPO	EN PROCESO
PUNTOS ELECTRICOS								PEDIR ENCOFRADO	25/06/2018	ING CAMPO	EN PROCESO
CONCRETO PRMEZCLADO								SC ELECTRICO Y MATERIALES	25/06/2018	ING CAMPO	EN PROCESO
DESENCOFRADO								SOLICITAR CONCRETO	25/06/2018	ING CAMPO	EN PROCESO
CURADO DE CONCRETO								MANO OBRA	25/06/2018	ING CAMPO	EN PROCESO
VIGAS - PRELOSAS								MANO OBRA			
ENCOFRADO FONDO VIGA									25/06/2018	ING CAMPO	EN PROCESO

Figura 29. Análisis de restricciones incorrecto.

Fuente: Elaboración propia.

#### 2.4.4.4. Avance

El avance que se obtenía era el reflejo de la mala gestión de planificación y programación. Esto se reflejaba en la curva S, donde se evidenciaba los atrasos de obra, como se puede observar en la figura 29 hay un atraso de 7 días.

Tabla 8

Porcentaje de avance hasta la semana 04

SEMANA	PROGRAMA SEMANAL	PROGRAMA ACUMULADO	REAL SEMANA	REAL ACUMULADO	% ADELANTO	ADELANTO
SEM1	1.00%	1.00%	0.20%	0.20%	-0.80%	-0.8
SEM2	1.00%	2.00%	0.90%	1.10%	-0.90%	-0.90
SEM3	8.00%	10.00%	5.40%	6.50%	-3.50%	-3.50
SEM4	9.00%	19.00%	6.50%	13.00%	-6.00	-6.30

Fuente: Elaboración propia

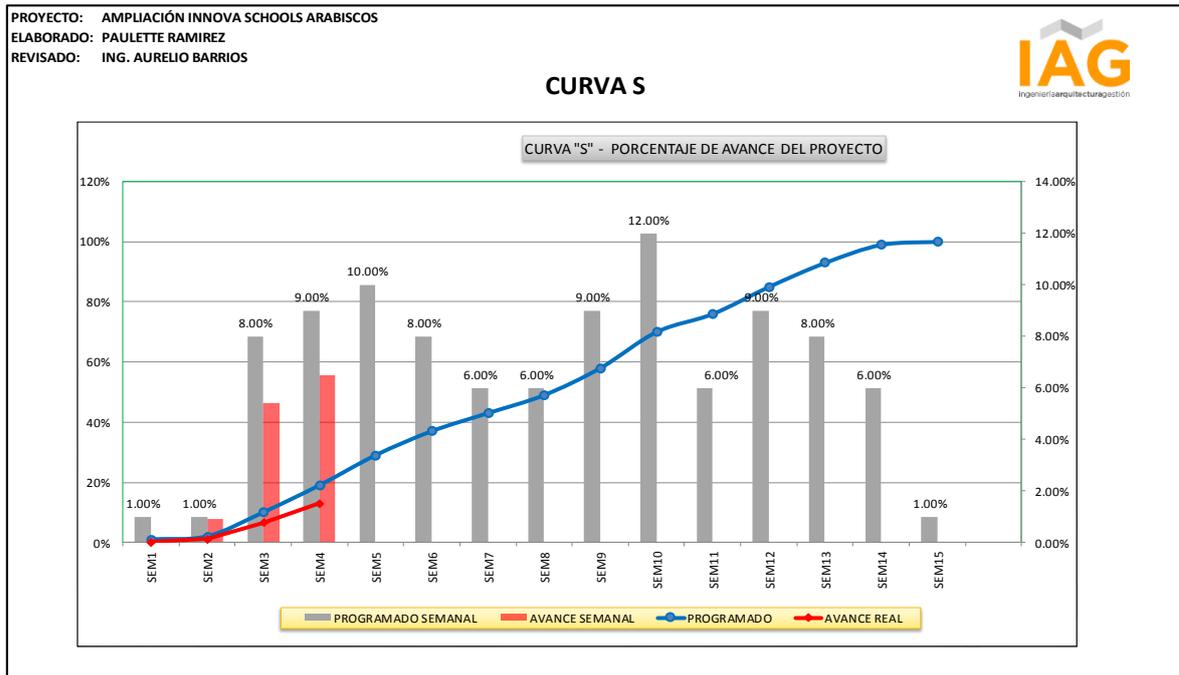


Figura 30. Curva S de la semana 04.

Fuente: Elaboración propia.

#### 2.4.5. Implementación Pull Planning

Se capacitó al personal de staff (residente, jefe de campo, jefe de oficina técnica y asistentes) se inició con una nueva programación del proyecto; con reuniones con la participación de todos involucrados (la contratista y los subcontratistas) considerando el cronograma contractual como base para la planificación, donde se trazaron los principales hitos y estos fueron expuestos y comprometidos con el cliente.

Se utilizó la programación inversa, aplicando las físicas de producción; las sectorizaciones fueron mediante iteraciones hasta encontrar un balanceo entre las unidades de producción. Una vez definido la cantidad de sectores se elaboró el cronograma interno línea base basado en trenes de trabajo o actividades.

Como seguimiento de control del proyecto, se implementaron reuniones semanales de “Pull Planning”. En estas, participaban por parte de la contratista, el jefe de producción y el jefe de campo. Por parte de los subcontratistas, asistían los jefes de campo o residentes. Se determinó que los participantes de estas reuniones sean profesionales que se encontraban permanentemente en obra, debido que ellos están al tanto de las planificaciones, avances, recursos del proyecto y, además tienen la capacidad de tomar decisiones en estas reuniones.

Las cooperaciones de los subcontratistas en estas reuniones son obligatoria, condicionada en los nuevos contratos bajo penalidad. Antes de estas reuniones se solicitó que el jefe de campo reúna con el capataz de la obra, de tal forma que estos últimos les puedan comunicar las dificultades que se presentaron en las primeras 4 semanas y el cumplimiento de las actividades planificadas. En estas reuniones se evaluaban las actividades que se encontraban programadas para la semana, se identificaban las restricciones y se reprogramaban las actividades hasta obtener una programación sin interferencias que compliquen el cumplimiento semanal. La finalidad de estas reuniones es lograr un flujo de trabajo continuo y cumplir con el plan semanal una vez que se han identificado todas las restricciones.

En las reuniones Pull Planning, el jefe de campo debe de asistir con los trabajos que están programados y mapeados en planos, de tal forma que sea más factible de identificar las áreas de trabajo y las posibles restricciones que se podrían presentar. Sin embargo, los jefes de campo en muchas ocasiones no identificaban todas sus restricciones y durante la ejecución de los trabajos aparecían interferencias no mapeadas según la planificación por ello se tomó la decisión de implementar recorridos de obra antes de las reuniones, con esto de lograría identificar en campo los trabajos planificados de todas las especialidades. De

esta forma, se analizaba in situ y en conjunto cada sector, siendo más fácil la identificación de las restricciones.



*Figura 31.* Foto de capacitación al staff

Fuente: Elaboración propia.

#### **2.4.6. Reunión de coordinación con el grupo de trabajo e involucrados**

Se les explicó brevemente cuáles son los principios de la filosofía Lean Construction, los indicadores con los que se medirá la programación y los resultados que se esperaban obtener. Esta herramienta te exige a planificar a conciencia, el Pull Planning es una sesión de trabajo colaborativo, donde todos los involucrados en la ejecución de la obra construyen en conjunto el plan de obra, sumando los procesos constructivos de cada uno. Donde se explica lo siguiente:

- El alcance de su trabajo dentro del proyecto, (incluyendo cantidades).
- Su proceso constructivo, cómo van a ejecutar cada actividad, para lo cual deben detallar la secuencia de tareas.
- Cuántos recursos necesitan.
- Qué impedimentos o restricciones se tienen.

En la reunión se enfatizó el compromiso que se debe tener con la implementación, cumpliendo con los entregables de cada semana y estos mediante informes realizados se expondrán a la gerencia de la constructora para mostrar los resultados obtenidos.



*Figura 32.* Reprogramción de proyecto.

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 33.* Reunión de obra de Pull Planning.

Fuente: Elaboración propia.



#### 2.4.8. Sectorización

Se estableció el método constructivo, luego se realizó el metrado de las actividades generales en unidades definidas kg, m3, m2 y/o metros lineales, se dividió los metrados totales entre la cantidad de sectores definidos, estos sectores tienen la misma cantidad de elementos y metrado, esto con la finalidad de balancear la producción entre las cuadrillas, se tuvo en consideración los criterios constructivos y estructurales que pudieron afectar la calidad de la obra.

Se realizaron iteraciones de sectorización y luego de analizar la viabilidad de acuerdo las nuevas necesidades de obra, por ser una ampliación del último piso del proyecto se priorizó los accesos para la facilidad de transporte entre los 5 bloques. Así se llegó a definir los sectores de inicio y las actividades de la sectorización, se expusieron al personal involucrado en estos trabajos de forma clara, esto ayudó a la toma de mediciones y el control de la ejecución de las actividades programadas.

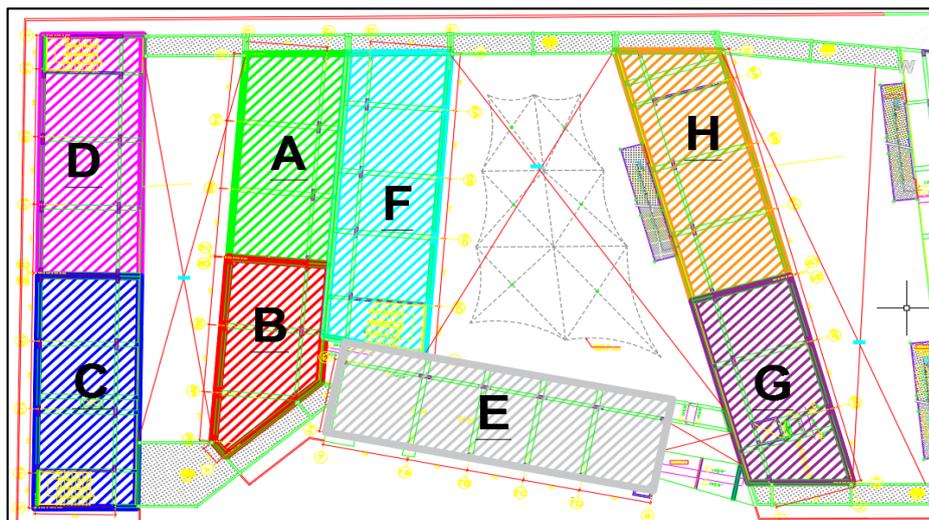


Figura 35. Iteración 01 de Sectorización

Fuente: Elaboración propia.

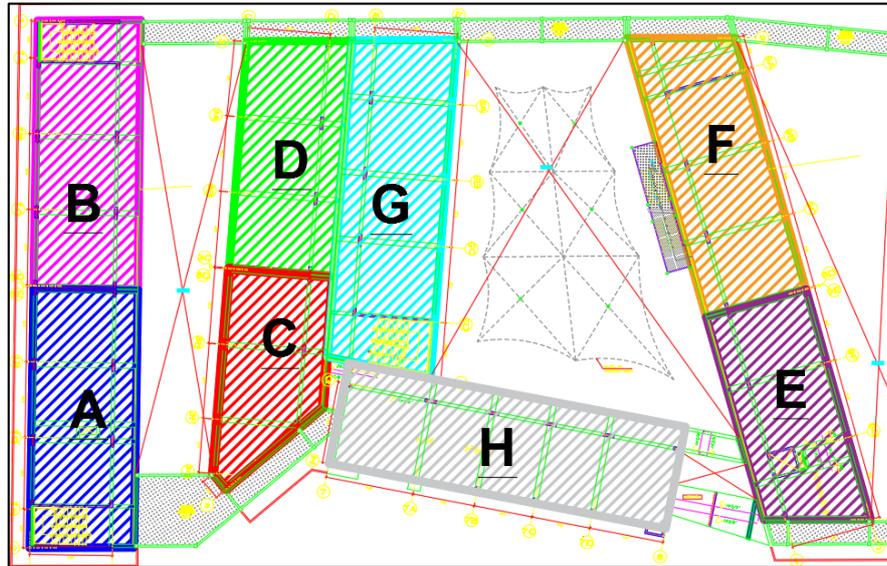


Figura 36. Iteración 02 de Sectorización.

Fuente: Elaboración propia.

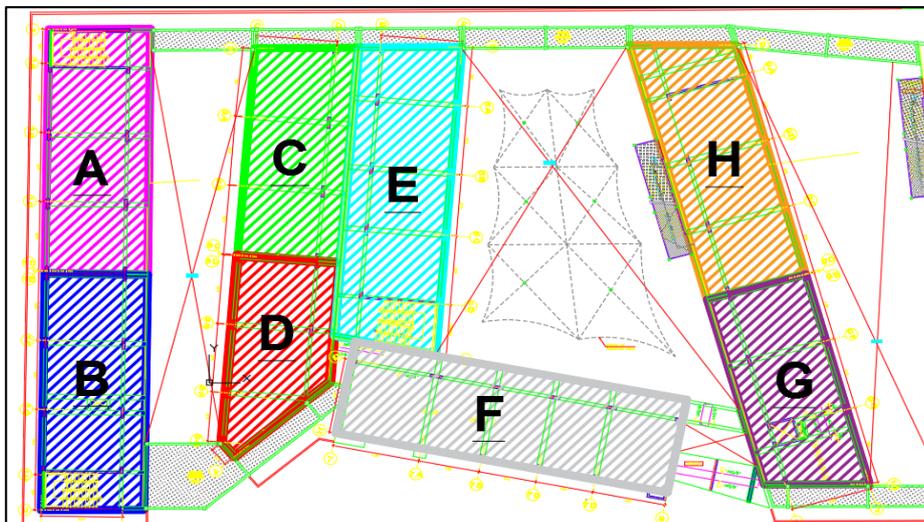


Figura 37. Iteración definitiva de Sectorización

Fuente: Elaboración propia.

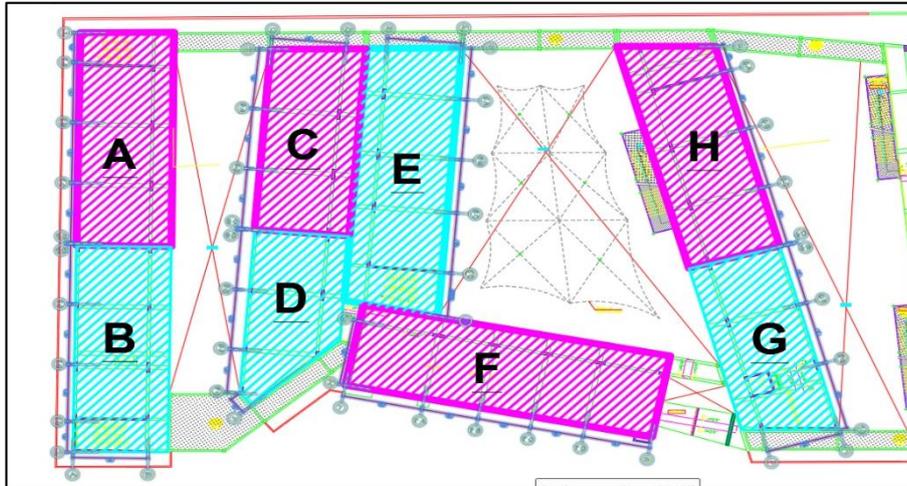


Figura 38. Iteración de Sectorización en arquitectura.

Fuente: Elaboración propia.

PLANILLA DE METRADOS ELEMENTOS VERTICALES																													
BLOQUE F1																													
Obra : CIS S.J.L. LOS MANGOS 2DA ETAPA 2018 Propietar : COLEGIOS PERUANOS Contratista : IAG S.A.C. Respons : ING. RAFAEL CORDOVA Fecha :																													
LOS M2 DE PLACAS DONDE ESTA LA JUNTA SE DESCUENTA PARA M2, PORQUE NO ESTA COINCIDIENDO CON M2 TARRAJEO																													
PARTIDA Nº	DESCRIPCION	CODI	CONCRETO				ENCOFRADO				ACERO					DIMENSIONES DE ACERO													
			Dimensiones (m)			TOTAL (M3)	Dimensiones (m)			TOTAL (M2)	Nº	Nº	Long.			Cant.	Long.												
			Nº	L	A	H		L	A	P	H		dad	Veces	Total	L1	L2	L3	L4	L5	Emp.	Emp.	8mm	3/8	1/2	5/8	3/4	1	TOTAL (KG)
<b>NIVEL +0.00 / +3.05</b>																													
<b>ELEMENTOS VERTICALES</b>																													
	EJE 16 Entre Ejes Q		2	0.60	0.30	2.45	0.88	0.60	0.30	1.80	2.45	8.82	3/8	10	1	4.20	0.30	3.90				0.00	0.75					84.00	130.37
	COL P2		2										3/8	26	1	1.73	0.13	1.48	0.13			0.00	0.50					89.96	210.83
	Acero Longitudinal Øus		2										3/8	26	1	0.60	0.08	0.45	0.08			0.00	0.50					31.20	441.23
	Estribo Ø en 2.45m		2																										
	Estribo en C Ø en 2.45m		2																										
	P2		1	6.00	0.15	2.78	2.50	6.00		12.00	2.78	33.36	3/8	30	2	4.20	0.30	3.90				0.00	0.50					252.00	
	Acero Longitudinal Øus doble malla en Y		1										3/8	13	2	7.00	0.20	6.60	0.20			0.00	0.50					192.00	
	Acero Longitudinal Øus doble malla en X		1																										
	EJE 16 Entre Ejes R		1	1.00	0.30	2.45	0.74	1.00	0.30	2.60	2.45	6.37	3/4	14	1	4.20	0.30	3.90				0.00	1.00					58.80	121.42
	P1		1										3/8	26	1	2.53	0.13	2.28	0.13			0.00	0.50					65.78	69.74
	Acero Longitudinal Øus		1										3/8	26	2	1.13	0.13	0.88	0.13			0.00	0.50					58.76	201.13
	Estribo grande Ø en 2.45m		1																										
	Estribo chico Ø en 2.45m		1																										
	EJE 16 Entre Ejes S		1	1.00	0.30	2.45	0.74	1.00	0.30	2.60	2.45	6.37	3/4	14	1	4.20	0.30	3.90				0.00	1.00					58.80	121.42
	P1		1										3/8	26	1	2.53	0.13	2.28	0.13			0.00	0.50					65.78	69.74
	Acero Longitudinal Øus		1										3/8	26	2	1.13	0.13	0.88	0.13			0.00	0.50					58.76	201.13
	Estribo grande Ø en 2.45m		1																										
	Estribo chico Ø en 2.45m		1																										
	EJE 16 Entre Ejes S																												

Figura 39. Formato de planilla de metrados

Fuente: Elaboración propia.

### 2.4.9. Flujos no paren

El flujo de trabajo se estableció de manera continua, se analizaron las actividades para establecer un proceso continuo.

PROYECTO: COLEGIO INNOVA SCHOOL - ARABISCOS		ELABORADO POR : PAULETTE RAMIREZ		IAG Ingeniería de la Gestión	
		REVISADO POR : ING. AURELIO BARRIOS			
PROYECTO: AMPLIACIÓN CIS-ARABISCOS SJL-III-ETAPA - 2018					
FLUJOS CONTINUOS					
DERRAME COLUMNAS	3ACHF2	3ACHF3	3ACHF4		
II EE	3ACHF2	3ACHF3	3ACHF4	3ACHF5	3ACHF6
VISS BAÑOS	3ACHF2	3ACHF3	3ACHF4	3ACHF5	3ACHF6
KB 1ER PARTE	3ACHF1	3ACHF2	3ACHF3	3ACHF4	3ACHF5
KB 2DA PARTE		3ACHF1	3ACHF2	3ACHF3	3ACHF4
DESENCOFRADO HORIZONTAL - FONDOS LOSA Y VIGA			3ACHF1	3ACHF2	3ACHF3
TARRAJEO DE VIGAS				3ACHF1	3ACHF2
TARRAJEO DE MUROS INTERIORES				3ACHF1	3ACHF2
DERRAME				3ACHF1	3ACHF2
BRUNAS Y REMATE				3ACHF1	3ACHF2
3ER NIVEL,BDGE				3ACHF1	3ACHF2
DERRAME COLUMNAS		3BDGE1	3BDGE2	3BDGE3	3BDGE4
II EE		3BDGE1	3BDGE2	3BDGE3	3BDGE4
VISS BAÑOS		3BDGE1	3BDGE2	3BDGE3	3BDGE4
KB 1ER PARTE		3BDGE1	3BDGE2	3BDGE3	3BDGE4
KB 2DA PARTE			3BDGE1	3BDGE2	3BDGE3
DESENCOFRADO HORIZONTAL - FONDOS LOSA Y VIGA			3BDGE1	3BDGE2	3BDGE3
TARRAJEO DE VIGAS				3BDGE1	3BDGE2
TARRAJEO DE MUROS INTERIORES				3BDGE1	3BDGE2
DERRAME				3BDGE1	3BDGE2
BRUNAS Y REMATE				3BDGE1	3BDGE2

Figura 40. Flujos continuos.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.4.10. Tren de Actividades

Ya teniendo la sectorización del trabajo y la secuencia de actividades, se optimizó la producción para que esta esté balanceada en capacidad y demanda, las cuadrillas producían todos los días lo mismo, con esto reducimos la variabilidad.





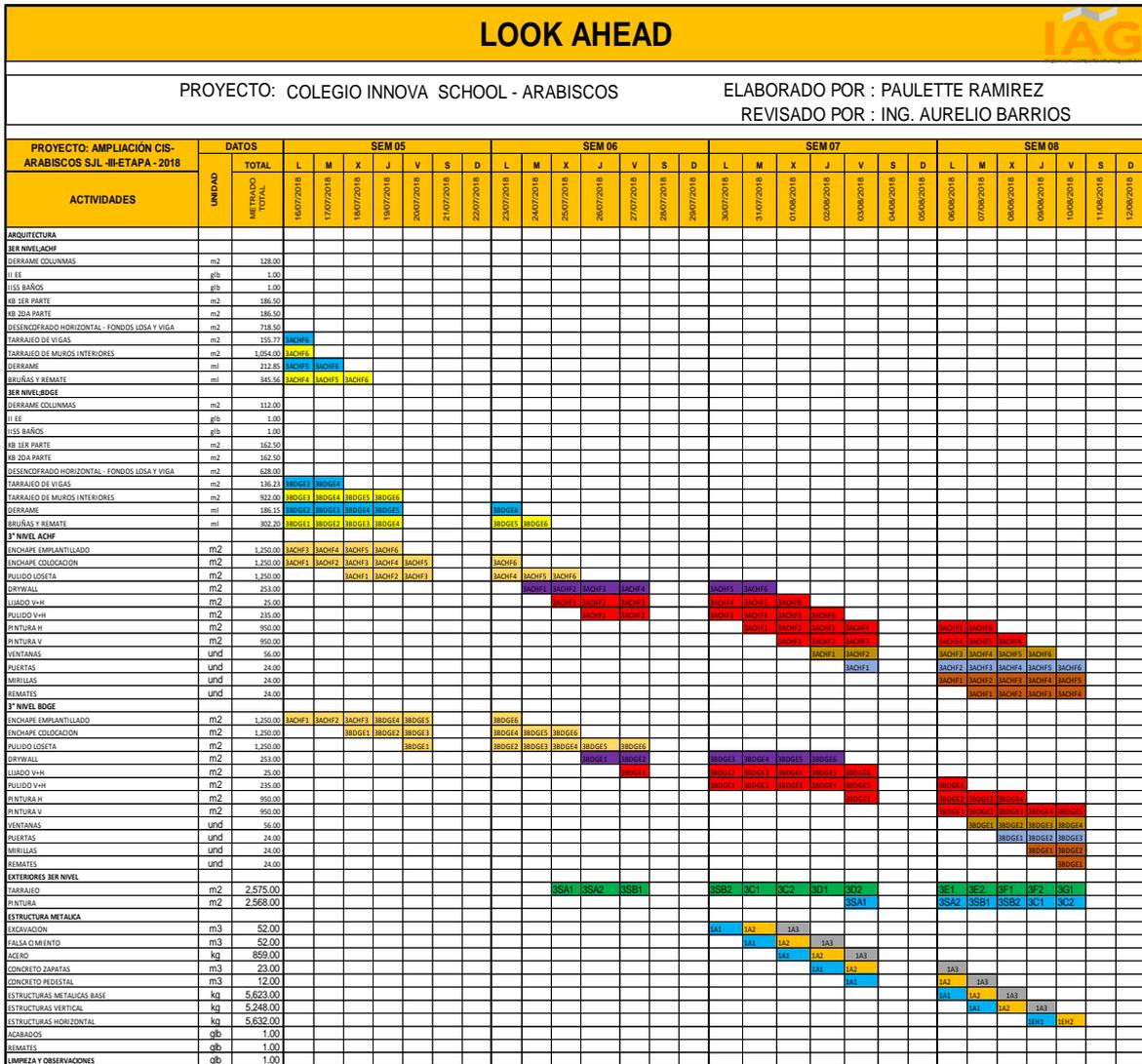


Figura 43. Look Ahead de 04 semanas.

Fuente: Elaboración propia.

LOOK AHEAD																																				
PROYECTO: COLEGIO INNOVA SCHOOL - ARABISCOS ELABORADO POR : PAULETTE RAMIREZ																																				
REVISADO POR : ING. AURELIO BARRIOS																																				
PROYECTO: AMPLIACIÓN CIS-ARABISCOS S.J.L. -III-ETAPA - 2018		DATOS		SEM 08								SEM 09								SEM 10																
ACTIVIDADES	UNIDAD	METRILADO TOTAL	TOTAL	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					
			06/08/2018	07/08/2018	08/08/2018	09/08/2018	10/08/2018	11/08/2018	12/08/2018	13/08/2018	14/08/2018	15/08/2018	16/08/2018	17/08/2018	18/08/2018	19/08/2018	20/08/2018	21/08/2018	22/08/2018	23/08/2018	24/08/2018	25/08/2018	26/08/2018													
<b>3° NIVEL ACHF</b>																																				
ENCHAPE EMPLANTILLADO	m2	1,250.00																																		
ENCHAPE COLOCACION	m2	1,250.00																																		
PULIDO LOSETA	m2	1,250.00																																		
DRYWALL	m2	253.00																																		
LIJADO V+H	m2	25.00																																		
PULIDO V+H	m2	235.00																																		
PINTURA H	m2	950.00	3ACH3	3ACH4																																
PINTURA V	m2	950.00	3ACH4	3ACH5	3ACH6																															
VENTANAS	und	56.00	3ACH3	3ACH4	3ACH5	3ACH6																														
PUERTAS	und	24.00	3ACH2	3ACH3	3ACH4	3ACH5	3ACH6																													
MIRILLAS	und	24.00	3ACH1	3ACH2	3ACH3	3ACH4	3ACH5																													
REMATES	und	24.00		3ACH1	3ACH2	3ACH3	3ACH4																													
<b>3° NIVEL BDGE</b>																																				
ENCHAPE EMPLANTILLADO	m2	1,250.00																																		
ENCHAPE COLOCACION	m2	1,250.00																																		
PULIDO LOSETA	m2	1,250.00																																		
DRYWALL	m2	253.00																																		
LIJADO V+H	m2	25.00																																		
PULIDO V+H	m2	235.00	3BDG3																																	
PINTURA H	m2	950.00	3BDG3	3BDG4	3BDG5	3BDG6																														
PINTURA V	m2	950.00	3BDG4	3BDG5	3BDG6	3BDG7	3BDG8																													
VENTANAS	und	56.00	3BDG1	3BDG2	3BDG3	3BDG4	3BDG5																													
PUERTAS	und	24.00		3BDG1	3BDG2	3BDG3	3BDG4																													
MIRILLAS	und	24.00		3BDG1	3BDG2	3BDG3	3BDG4																													
REMATES	und	24.00			3BDG1	3BDG2	3BDG3																													
<b>EXTERIORES 3ER NIVEL</b>																																				
TARRAJEO	m2	2,575.00	3E1	3E2	3F1	3F2	3G1																													
PINTURA	m2	2,568.00	3SA2	3SB1	3SB2	3C1	3C2																													
<b>ESTRUCTURA METALICA</b>																																				
ERIGACION	m3	52.00																																		
FALSA OMIENTO	m3	52.00																																		
ACERO	kg	859.00																																		
CONCRETO ZAPATAS	m3	23.00	1A3																																	
CONCRETO PEDESTAL	m3	12.00	1A2	1A3																																
ESTRUCTURAS METALICAS BASE	kg	5,623.00	1A1	1A2	1A3																															
ESTRUCTURAS VERTICAL	kg	5,248.00	1A1	1A2	1A3																															
ESTRUCTURAS HORIZONTAL	kg	5,632.00			1EH1	1EH2																														
ACABADOS	glb	1.00									1EH1	1EH2	1EH3																							
REMATES	glb	1.00										1EH1	1EH2	1EH3																						
LIMPIEZA Y OBSERVACIONES	glb	1.00											1EH1	1EH2	1EH3																					

Figura 44. Look Ahead de 03 semanas.

Fuente: Elaboración propia.

## 2.4.12. Análisis de Restricciones

Se identificó las restricciones del plan semanal, se analiza diferentes factores como: planos actualizados, materiales, personal, espacio, herramientas y maquinaria, proceso y calidad, siendo el problema más común la logística de los materiales. Para el levantamiento de las restricciones se asignó encargados con fechas límites para su levantamiento. Con esto se llevará un status de restricciones levantadas, no levantadas y en proceso.

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES																	
PROYECTO: COLEGIO INNOVA SCHOOL - ARABISCOS ELABORADO POR : PAULETTE RAMIREZ							SEM: 18/06 AL 24/06 REVISADO POR : ING. AURELIO BARRIOS				IAG						
ACTIVIDADES	SEM 01							RESTRICCIONES									
	S	D	L	M	X	J	V	PLANOS	MATERIALES	PERSONAL	ESPACIO	HERR. Y MAQU.	PROCESO	DESCRIPCION DE RESTRICCION	FECHA DE LEVANTAMIENTO	RESPONSABLE	STATUS
PRELIMINARES																	
CERCO	PREL	PREL								X	X	X		TENER EL MATERIAL SCTR. Y PERSONAL/PANEL METÁLICO	14/06/2018	GELBER VILCHEZ	SOLUCIONADO
OFIOMAS + COMEDOR+ALMACEN	PREL	PREL							X	X		X		TENER EL PERSONAL Y PANELES MADERA	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	SOLUCIONADO
PUERTA INGRESO	PREL								X			X		TENER EL PERSONAL Y SC DE DEMOLICION Y RELLENO PERSONAL	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	EN PROCESO
DESAMONTAJE		PREL												COMPRA O ALQUILER DE ANDAMIOS DE INGRESO	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	SOLUCIONADO
ANDAMIOS INGRESO		PREL	PREL						X		X	X		COMPRA DE INSUMOS + PERSONAL DE INSTALACION	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	SOLUCIONADO
TRAZO	PREL	PREL	PREL	PREL					X	X	X			COMPRA DE INSUMOS + PERSONAL DE INSTALACION	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	SOLUCIONADO
COLOCACION DE MALLA RASHEL	PREL	PREL	PREL	PREL					X	X	X			COMPRA DE INSUMOS + PERSONAL DE INSTALACION	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	SOLUCIONADO
INSTALACIONES PROVISIONALES	PREL	PREL							X	X	X	X		SCTR Y PERSONAL, MATERIALES	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	EN PROCESO
LIMPIEZA DE ACERO EXISTENTE	A1	A2	B1	B2						X	X			MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA DE ACERO. (REQ CHARLY RESPUESTA)	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	EN PROCESO
LIMPIEZA DE ACERO EXISTENTE	C1	C2	D1	D2						X	X			MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA DE ACERO. (REQ CHARLY RESPUESTA)	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	EN PROCESO
LIMPIEZA DE ACERO EXISTENTE	H1	H2	G1	G2						X	X			MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA DE ACERO. (REQ CHARLY RESPUESTA)	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	EN PROCESO
LIMPIEZA DE ACERO EXISTENTE	F2	F1	E1	E2						X	X			MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA DE ACERO. (REQ CHARLY RESPUESTA)	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	EN PROCESO
HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO	A1	A2	B1	B2					X	X	X	X		MATERIALES EN OBRA, LISTADO DE SUBCONTRATISTAS	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	EN PROCESO
HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO	C1	C2	D1	D2					X	X	X	X		MATERIALES EN OBRA, LISTADO DE SUBCONTRATISTAS	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	EN PROCESO
HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO	H1	H2	G1	G2					X	X	X	X		MATERIALES EN OBRA, LISTADO DE SUBCONTRATISTAS	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	EN PROCESO
HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO	F2	F1	E1	E2					X	X	X	X		MATERIALES EN OBRA, LISTADO DE SUBCONTRATISTAS	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	EN PROCESO
III-E - HABILITACION DE PUNTOS ELÉCTRICOS	A1	A2	B1	B2					X	X	X	X		DETECCION DE SUBIDAS ELÉCTRICAS EXISTENTES	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	EN PROCESO
III-E - HABILITACION DE PUNTOS ELÉCTRICOS	C1	C2	D1	D2					X	X	X	X		DETECCION DE SUBIDAS ELÉCTRICAS EXISTENTES	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	EN PROCESO
III-E - HABILITACION DE PUNTOS ELÉCTRICOS	H1	H2	G1	G2					X	X	X	X		DETECCION DE SUBIDAS ELÉCTRICAS EXISTENTES	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	EN PROCESO
III-E - HABILITACION DE PUNTOS ELÉCTRICOS	F2	F1	E1	E2					X	X	X	X		DETECCION DE SUBIDAS ELÉCTRICAS EXISTENTES	15/06/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	EN PROCESO

Figura 45. Análisis de restricciones de la semana 01.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES																	
PROYECTO: COLEGIO INNOVA SCHOOL - ARABISCOS ELABORADO POR : PAULETTE RAMIREZ							SEM: 09/07 AL 15/07 REVISADO POR : ING. AURELIO BARRIOS				IAG						
ACTIVIDADES	SEM 01							RESTRICCIONES									
	L	M	X	J	V	S	D	PLANOS	MATERIALES	PERSONAL	ESPACIO	HERR. Y MAQU.	PROCESO	DESCRIPCION DE RESTRICCION	FECHA DE LEVANTAMIENTO	RESPONSABLE	STATUS
ARQUITECTURA																	
2ER NIVEL ACDF																	
DERRAME COLUMNAS																	
II EE																	
IISS BAÑOS																	
KB 1ER PARTE	3ACHF5								X	X				PEDIDO KB, CONSUMIBLES, ARENA G, CEMENTO, PERSONAL	05/07/2018	GELBER VILCHEZ	SOLUCIONADO
KB 2DA PARTE	3ACHF5	3ACHF6							X	X				PEDIDO KB, CONSUMIBLES, ARENA G, CEMENTO, PERSONAL	05/07/2018	GELBER VILCHEZ	SOLUCIONADO
DESENCOFRADO HORIZONTAL - FONDOS LOSA Y VIGA	3ACHF3	3ACHF4								X				PERSONAL	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	SOLUCIONADO
TARRAJEO DE VIGAS	3ACHF1	3ACHF2	3ACHF3	3ACHF4	3ACHF5				X	X	X	X		ARENA F, HERRAMIENTAS, CEMENTO, SC	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
TARRAJEO DE MUROS INTERIORES	3ACHF1	3ACHF2	3ACHF3	3ACHF4	3ACHF5				X	X	X	X		ARENA F, HERRAMIENTAS, CEMENTO, SC	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
DERRAME	3ACHF1	3ACHF2	3ACHF3	3ACHF4	3ACHF5				X	X	X	X		ARENA F, HERRAMIENTAS, CEMENTO, SC	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
BRUÑAS Y REMATE		3ACHF1	3ACHF2	3ACHF3					X	X	X	X		ARENA F, HERRAMIENTAS, CEMENTO, SC	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
2ER NIVEL ACDF																	
DERRAME COLUMNAS	3BDGE4								X	X	X	X		ARENA F, HERRAMIENTAS, CEMENTO, SC	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
II EE	3BDGE4	3BDGE5	3BDGE6						X	X	X	X		MATERIAL ELÉCTRICO (TUBOS, CAJAS R/O, PEGAMENTO) SC	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
IISS BAÑOS	3BDGE4	3BDGE5	3BDGE6						X	X	X	X		MATERIAL SANITAR. (TUBOS, PEGAMENTO) SC	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
KB 1ER PARTE	3BDGE3	3BDGE4	3BDGE5	3BDGE6					X	X				PEDIDO KB, CONSUMIBLES, ARENA G, CEMENTO, PERSONAL	07/07/2018	GELBER VILCHEZ	SOLUCIONADO
KB 2DA PARTE	3BDGE2	3BDGE3	3BDGE4	3BDGE5	3BDGE6				X	X				PEDIDO KB, CONSUMIBLES, ARENA G, CEMENTO, PERSONAL	07/07/2018	GELBER VILCHEZ	SOLUCIONADO
DESENCOFRADO HORIZONTAL - FONDOS LOSA Y VIGA	3BDGE1	3BDGE2	3BDGE3	3BDGE4					X					PERSONAL	06/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	SOLUCIONADO
TARRAJEO DE VIGAS			3BDGE1	3BDGE2					X	X	X	X		ARENA F, HERRAMIENTAS, CEMENTO, SC	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
TARRAJEO DE MUROS INTERIORES			3BDGE1	3BDGE2					X	X	X	X		ARENA F, HERRAMIENTAS, CEMENTO, SC	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
DERRAME			3BDGE1	3BDGE2					X	X	X	X		ARENA F, HERRAMIENTAS, CEMENTO, SC	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
BRUÑAS Y REMATE			3BDGE1	3BDGE2					X	X	X	X		ARENA F, HERRAMIENTAS, CEMENTO, SC	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
3° NIVEL ACDF																	
ENCHAPE EMPLANTILLADO			3ACHF1	3ACHF2					X	X	X	X		TRAZO, LOSETAS V. SC	10/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
ENCHAPE COLOCACION									X	X	X	X		ARENA G, CEMENTO, HERRAMIENTAS	10/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO

Figura 46. Análisis de restricciones de la semana 05.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES																	
PROYECTO: COLEGIO INNOVA SCHOOL - ARABISCOS ELABORADO POR: PAULETTE RAMIREZ							SEM: 06/08 AL 12/08 REVISADO POR: ING. AURELIO BARRIOS				IAG						
PROYECTO: AMPLIACIÓN CIS-ARABISCOS S.J.L. III-ETAPA - 2018	SEM 01							RESTRICCIONES									
	L	M	X	J	V	S	D	PLANOS	MATERIALES	PERSONAL	ESPACIO	HERR. Y MAQU.	PROCESO	DESCRIPCION DE RESTRICCION	FECHA DE LEVANTAMIENTO	RESPONSABLE	STATUS
ACTIVIDADES	06/08/2018	07/08/2018	08/08/2018	09/08/2018	10/08/2018	11/08/2018	12/08/2018										
3° NIVEL ACHF																	
PINTURA H	BQHF3	BQHF2							X					ARENA F. HERRAMIENTAS, CEMENTO, SC	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	SOLUCIONADO
PINTURA V	BQHF4	BQHF1	BQHF5						X	X	X	X		SC, PINTURAS COLORES, MATERIAL CONSUMIBLE	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
VENTANAS	BQHF3	BQHF4	BQHF5	BQHF6					X	X	X	X		SC, SUMINISTRO DE VENTANA POR CLIENTE	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
PUERTAS	BQHF2	BQHF3	BQHF4	BQHF5	BQHF6				X	X	X	X		SC, SUMINISTRO DE VENTANA POR CLIENTE	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
MIRILLAS	BQHF1	BQHF2	BQHF3	BQHF4	BQHF5				X	X	X	X		SC, SUMINISTRO DE VENTANA POR CLIENTE	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
BEMATES		BQHF1	BQHF2	BQHF3	BQHF4									SC, SUMINISTRO DE VENTANA POR CLIENTE			
3° NIVEL BOGE									X	X		X	X				
ENCHAPE EMPLANTILLADO									X	X	X	X		TRAZO, LOSETAS V. SC	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
ENCHAPE COLOCACION									X	X	X	X		ARENA G, CEMENTO, HERRAMIENTAS	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
PULIDO LOSETA									X	X				SC	07/07/2018	GELBER VILCHEZ	SOLUCIONADO
DRYWALL									X	X				MATERIAL, CONSUMIBLE, SC	07/07/2018	GELBER VILCHEZ	SOLUCIONADO
LIJADO V.H									X	X				MATERIAL, CONSUMIBLE, SC	06/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	SOLUCIONADO
PULIDO V.H	BBDG4								X	X	X	X		SC	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
PINTURA H	BBDG1	BBDG3	BBDG2						X	X	X	X		SC, PINTURAS COLORES, MATERIAL CONSUMIBLE	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
PINTURA V	BBDG1	BBDG2	BBDG3	BBDG4	BBDG5				X	X	X	X		SC, PINTURAS COLORES, MATERIAL CONSUMIBLE	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
VENTANAS		BBDG1	BBDG2	BBDG3	BBDG4				X	X	X	X		SC, SUMINISTRO DE VENTANA POR CLIENTE	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
PUERTAS			BBDG1	BBDG2	BBDG3									SC, SUMINISTRO DE VENTANA POR CLIENTE			
MIRILLAS				BBDG1	BBDG2				X	X	X	X		SC, SUMINISTRO DE VENTANA POR CLIENTE	10/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
BEMATES					BBDG1				X	X	X	X		SC, SUMINISTRO DE VENTANA POR CLIENTE	10/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
EXTERIORES 3ER NIVEL																	
TARRAJEO	3E1	3E2	3E1	3E2	3E1				X	X				ARENA F. HERRAMIENTAL, CEMENTO, SC	06/07/2018	GELBER VILCHEZ	SOLUCIONADO
PINTURA	3SA2	3SB1	3SB2	3C1	3C2				X	X				SC, PINTURAS COLORES, MATERIAL CONSUMIBLE	06/07/2018	GELBER VILCHEZ	SOLUCIONADO
ESTRUCTURA METALICA									X	X							
ENCAMACION									X	X	X	X		PERSONAL, HERRAMIENTAS	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
PALSA CEMENTO									X	X	X	X		PERSONAL, HERRAMIENTAS	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
ACERO									X	X	X	X		PERSONAL, HERRAMIENTAS, PEDIDO DE ACERO	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
CONCRETO ZAPATAS	3A1								X	X	X	X		MADERA, PERSONAL	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
CONCRETO POSTAL	3A2	3A3												PEDIDO DE CONCRETO, PERSONAL			
ESTRUCTURAS METALICAS BASE	3A1	3A2	3A3						X	X	X	X		SC, ESTRUC. METALICA	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
ESTRUCTURAS VERTICAL	3A1	3A2							X	X	X	X		SC, ESTRUC. METALICA	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO
ESTRUCTURAS HORIZONTAL				3E4	3E2				X	X	X	X		SC, ESTRUC. METALICA	07/07/2018	ING. PAULETTE/ ING RUIZ	PROCESO

Figura 47. Analisis de restricciones de la semana 07.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.4.13. Planificación Semanal

Ya teniendo el Look Ahead con el horizonte a 3 semanas, se programó las actividades por semana, se hizo el análisis de las restricciones de cada una de ellas, donde se le puso un encargado de levantar la restricción y la fecha estimada, ya con las actividades libres de restricción se dio inicio a la ejecución.

En esta etapa se controló la unidad de producción, para ver si estas se cumplen de manera correcta, y de no cumplirse se analiza las causas de no cumplimiento para la mejora continua.

- ✓ El plan semanal

PLAN SEMANAL									
PROYECTO: COLEGIO INNOVA SCHOOL - ARABISCOS					SEM: 18/06 AL 24/06				
ELABORADO POR : PAULETTE RAMIREZ					REVISADO POR : ING. AURELIO BARRIOS				
ACTIVIDADES	UNIDAD	DATOS		SEM 01					
		METRADO TOTAL	L	M	X	J	V	S	D
			18/06/2018	19/06/2018	20/06/2018	21/06/2018	22/06/2018	23/06/2018	24/06/2018
TRAZO	m2	1,374.00	PREL	PREL	PREL	PREL			
COLOCACION DE MALLA RASHEL	ml	345.00	PREL	PREL	PREL	PREL			
INSTALACIONES PROVISIONALES	glb	1.00	PREL						
LIMPIEZA DE ACERO EXISTENTE	kg	1,240.84	A1	A2	B1	B2			
LIMPIEZA DE ACERO EXISTENTE	kg	929.56	C1	C2	D1	D2			
LIMPIEZA DE ACERO EXISTENTE	kg	1,162.99	H1	H2	G1	G2			
LIMPIEZA DE ACERO EXISTENTE	kg	1,432.03	F2	F1	E1	E2			
HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO	kg	3,722.51	A1	A2	B1	B2			
HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO	kg	2,788.70	C1	C2	D1	D2			
HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO	kg	3,488.96	H1	H2	G1	G2			
HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO	kg	4,296.12	F2	F1	E1	E2			
IIIEE - HABILITACION DE PUNTOS ELECTRICOS	glb	1.00	A1	A2	B1	B2			
IIIEE - HABILITACION DE PUNTOS ELECTRICOS	glb	1.00	C1	C2	D1	D2			
IIIEE - HABILITACION DE PUNTOS ELECTRICOS	glb	1.00	H1	H2	G1	G2			
IIIEE - HABILITACION DE PUNTOS ELECTRICOS	glb	1.00	F2	F1	E1	E2			
<b>ESTRUCTURAS</b>									
<b>3ER NIVEL</b>									
ENCOFRADO VERTICAL	m2	320.45					A1		
ENCOFRADO VERTICAL	m2	213.44					C1		
ENCOFRADO VERTICAL	m2	288.62					H1		
ENCOFRADO VERTICAL	m2	342.43					F2		
CONCRETO VERTICAL	m3	31.10					A1		
CONCRETO VERTICAL	m3	18.75					C1		
CONCRETO VERTICAL	m3	26.50					H1		
CONCRETO VERTICAL	m3	28.70					F2		

Figura 48. Plan semanal 04.

Fuente: Elaboración propia.

PLAN SEMANAL									
PROYECTO: COLEGIO INNOVA SCHOOL - ARABISCOS					SEM: 09/07 AL 15/07				
ELABORADO POR : PAULETTE RAMIREZ					REVISADO POR : ING. AURELIO BARRIOS				
ACTIVIDADES	UNIDAD	DATOS		SEM 04					
		METRADO TOTAL	L	M	X	J	V	S	D
			09/07/2018	10/07/2018	11/07/2018	12/07/2018	13/07/2018	14/07/2018	15/07/2018
<b>ARQUITECTURA</b>									
<b>3ER NIVELACHF</b>									
DERRAME COLUMNAS	m2	128.00							
II EE	glb	1.00							
IISS BAÑOS	glb	1.00							
KB 1ER PARTE	m2	186.50	3ACHF6						
KB 2DA PARTE	m2	186.50	3ACHF5	3ACHF6					
DESENCOFRADO HORIZONTAL - FONDOS LOSA Y VIGA	m2	718.50	3ACHF3	3ACHF4					
TARRAJEO DE VIGAS	m2	155.77	3ACHF1	3ACHF2	3ACHF3	3ACHF4	3ACHF5		
TARRAJEO DE MUROS INTERIORES	m2	1,054.00	3ACHF1	3ACHF2	3ACHF3	3ACHF4	3ACHF5		
DERRAME	ml	212.85		3ACHF1	3ACHF2	3ACHF3	3ACHF4		
BRUÑAS Y REMATE	ml	345.56			3ACHF1	3ACHF2	3ACHF3		
<b>3ER NIVELBDGE</b>									
DERRAME COLUMNAS	m2	112.00	3BDGE4						
II EE	glb	1.00	3BDGE4	3BDGE5	3BDGE6				
IISS BAÑOS	glb	1.00	3BDGE4	3BDGE5	3BDGE6				
KB 1ER PARTE	m2	162.50	3BDGE3	3BDGE4	3BDGE5	3BDGE6			
KB 2DA PARTE	m2	162.50	3BDGE2	3BDGE3	3BDGE4	3BDGE5	3BDGE6		
DESENCOFRADO HORIZONTAL - FONDOS LOSA Y VIGA	m2	628.00		3BDGE1	3BDGE2	3BDGE3	3BDGE4		
TARRAJEO DE VIGAS	m2	136.23				3BDGE1	3BDGE2		
TARRAJEO DE MUROS INTERIORES	m2	922.00				3BDGE1	3BDGE2		
DERRAME	ml	186.15					3BDGE1		
BRUÑAS Y REMATE	ml	302.20						3BDGE1	
<b>3* NIVELACHF</b>									
ENCHAPE EMPLANTILLADO	m2	1,250.00				3ACHF1	3ACHF2		
ENCHAPE COLOCACION	m2	1,250.00							

Figura 49. Plan semanal 09.

Fuente: Elaboración propia.

PLAN SEMANAL									
PROYECTO: COLEGIO INNOVA SCHOOL - ARABISCOS					SEM: 06/08 AL 12/08				
ELABORADO POR : PAULETTE RAMIREZ					REVISADO POR : ING. AURELIO BARRIOS				
PROYECTO: AMPLIACIÓN CIS-ARABISCOS SJL -III-ETAPA - 2018	UNIDAD	DATOS		SEM 08					
		TOTAL	L	M	X	J	V	S	D
ACTIVIDADES		METRAO TOTAL	06/08/2018	07/08/2018	08/08/2018	08/08/2018	10/08/2018	11/08/2018	12/08/2018
<b>3° NIVEL ACHF</b>									
ENCHAPE EMPLANTILLADO	m2	1,250.00							
ENCHAPE COLOCACION	m2	1,250.00							
PULIDO LOSETA	m2	1,250.00							
DRYWALL	m2	253.00							
LIJADO V+H	m2	25.00							
PULIDO V+H	m2	235.00							
PINTURA H	m2	950.00	3ACHF5	3ACHF6					
PINTURA V	m2	950.00	3ACHF4	3ACHF5	3ACHF6				
VENTANAS	und	56.00	3ACHF3	3ACHF4	3ACHF5	3ACHF6			
PUERTAS	und	24.00	3ACHF2	3ACHF3	3ACHF4	3ACHF5	3ACHF6		
MIRILLAS	und	24.00	3ACHF1	3ACHF2	3ACHF3	3ACHF4	3ACHF5		
REMATES	und	24.00		3ACHF1	3ACHF2	3ACHF3	3ACHF4		
<b>3° NIVEL BDGE</b>									
ENCHAPE EMPLANTILLADO	m2	1,250.00							
ENCHAPE COLOCACION	m2	1,250.00							
PULIDO LOSETA	m2	1,250.00							
DRYWALL	m2	253.00							
LIJADO V+H	m2	25.00							
PULIDO V+H	m2	235.00	3BDGE6						
PINTURA H	m2	950.00	3BDGE2	3BDGE3	3BDGE4				
PINTURA V	m2	950.00	3BDGE1	3BDGE2	3BDGE3	3BDGE4	3BDGE5		
VENTANAS	und	56.00		3BDGE1	3BDGE2	3BDGE3	3BDGE4		
PUERTAS	und	24.00			3BDGE1	3BDGE2	3BDGE3		
MIRILLAS	und	24.00				3BDGE1	3BDGE2		
REMATES	und	24.00					3BDGE1		
<b>EXTERIORES 3ER NIVEL</b>									
TARRAJEO	m2	2,575.00	3E1	3E2	3F1	3F2	3G1		
PINTURA	m2	2,568.00	3SA2	3SB1	3SB2	3C1	3C2		
<b>ESTRUCTURA METALICA</b>									
EXCAVACION	m3	52.00							
FALSA CIMIENTO	m3	52.00							
ACERO	kg	859.00							
CONCRETO ZAPATAS	m3	23.00	1A3						
CONCRETO PEDESTAL	m3	12.00	1A2	1A3					
ESTRUCTURAS METALICAS BASE	kg	5,623.00	1A1	1A2	1A3				
ESTRUCTURAS VERTICAL	kg	5,248.00		1A1	1A2	1A3			
ESTRUCTURAS HORIZONTAL	kg	5,632.00				1EH1	1EH2		
ACABADOS	glb	1.00							
REMATES	glb	1.00							
LIMPIEZA Y OBSERVACIONES	glb	1.00							

Figura 50. Plan semanal 11.

Fuente: Elaboración propia.

#### 2.4.14. Evaluación de cumplimiento

Para medir el desempeño de la planificación semanal, se utilizó el porcentaje de plan cumplido (P.P.C.), este indicador controla a la unidad de producción, se cuantifico el desempeño de los trabajadores durante la semana observando el porcentaje de actividades cumplidas de acuerdo a lo planificado. Las causas de no cumplimiento fueron muy importantes, ya que nos permitió obtener un registro de inconvenientes con el desarrollo de las actividades, este registro nos ayudó a tomar las acciones correctivas para no cometer los mismos errores de semanas anteriores, el aprendizaje de los errores es la base del mejoramiento continuo.



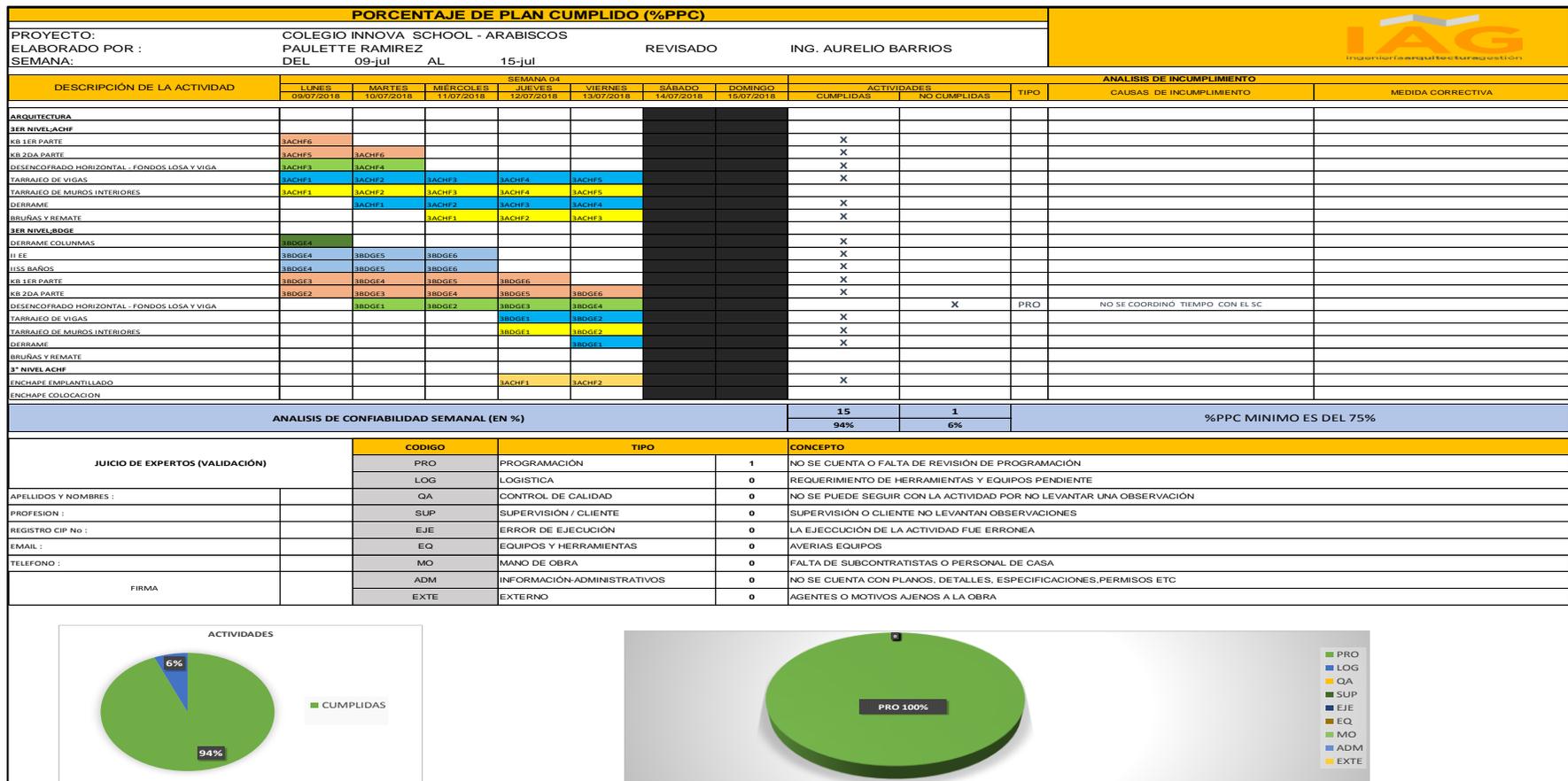


Figura 52: Porcentaje de plan cumplido semana 08.

Fuente: Elaboración propia

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO (%PPC)										IAG		
PROYECTO: ELABORADO POR : SEMANA:		COLEGIO INNOVA SCHOOL - ARABISCOS PAULETTE RAMIREZ DEL 06-ago AL 12-ago				REVISADO		ING. AURELIO BARRIOS				
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	ACTIVIDADES		ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTO		
	06/08/2018	13/07/2018	14/07/2018	15/07/2018	16/07/2018	17/07/2018	18/07/2018	CUMPLIDAS	NO CUMPLIDAS	TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA
<b>3° NIVEL ACHF</b>												
PINTURA H	JACH5	JACH5						X				
PINTURA V	JACH6	JACH6	JACH6					X				
VENTANAS	JACH7	JACH7	JACH7	JACH7				X				
PUERTAS	JACH2	JACH3	JACH4	JACH5	JACH6			X				
MIRILLAS	JACH3	JACH2	JACH3	JACH4	JACH5			X				
REMATES		JACH1	JACH2	JACH3	JACH4			X				
<b>3° NIVEL BDDG</b>												
ENCHAPE EMPLANTILLADO												
ENCHAPE COLOCACION												
PULIDO LOSETA												
DRYWALL												
LIJADO V+H												
PULIDO V+H	IBDD10							X				
PINTURA H	IBDD7	IBDD1	IBDD4					X				
PINTURA V	IBDD8	IBDD2	IBDD5	IBDD6	IBDD9			X				
VENTANAS		IBDD1	IBDD2	IBDD3	IBDD4			X				
PUERTAS		IBDD1	IBDD2	IBDD3	IBDD4			X				
MIRILLAS				IBDD1	IBDD2			X				
REMATES					IBDD1			X				
<b>EXTERIORES 3ER NIVEL</b>												
TARBAHO	3E1	3E2	3E1	3E2	3E1			X				
PINTURA	3BA2	3BB1	3BR2	3C1	3C2			X				
<b>ESTRUCTURA METALICA</b>												
EXCAVACION												
FALSA CIMENTO												
ACERO												
CONCRETO ZAPATAS	1A3							X				
CONCRETO PEDESTAL	1A2	1A3						X				
ESTRUCTURAS METALICAS BASE	1A1	1A2	1A3					X				
ESTRUCTURAS VERTICAL		1A1	1A2	1A3				X				
ESTRUCTURAS HORIZONTAL				1B1	1B2			X				
ACABADOS												
REMATES												
LIMPIEZA Y OBSERVACIONES												
<b>ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL (EN %)</b>								22	0	%PPC MINIMO ES DEL 75%		
								100%	0%			
<b>JUICIO DE EXPERTOS (VALIDACIÓN)</b>		<b>CODIGO</b>	<b>TIPO</b>	<b>CONCEPTO</b>								
		PRO	PROGRAMACIÓN	0 NO SE CUENTA O FALTA DE REVISIÓN DE PROGRAMACIÓN								
		LOG	LOGÍSTICA	0 REQUERIMIENTO DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS PENDIENTE								
APELLIDOS Y NOMBRES :		QA	CONTROL DE CALIDAD	0 NO SE PUEDE SEGUIR CON LA ACTIVIDAD POR NO LEVANTAR UNA OBSERVACIÓN								
PROFESION :		SUP	SUPERVISIÓN/ CLIENTE	0 SUPERVISIÓN O CLIENTE NO LEVANTAN OBSERVACIONES								
REGISTRO CIP No :		EJE	ERROR DE EJECUCIÓN	0 LA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD FUE ERRÓNEA								
EMAIL :		EQ	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	0 AVERIAS EQUIPOS								
TELEFONO :		MO	MANO DE OBRA	0 FALTA DE SUBCONTRATISTAS O PERSONAL DE CASA								
FIRMA		ADM	INFORMACIÓN ADMINISTRATIVOS	0 NO SE CUENTA CON PLANOS, DETALLES, ESPECIFICACIONES, PERMISOS ETC								
		EXTE	EXTERNO	0 AGENTES O MOTIVOS AJENOS A LA OBRA								
 <p>ACTIVIDADES 0% 100% ■ CUMPLIDAS</p>												

Figura 53: Porcentaje de plan cumplido semana 12.

Fuente: Elaboración propia

### 2.4.15. Control de avance y plazo

- **Curva S**

Tabla 9

Porcentaje de avance hasta la semana 07

SEMANA	PROGRAMA SEM.	PROGRAMA ACUM.	REAL SEM.	REAL ACUM.	% REPROGRAM.	ADELANTO
SEM1	1.00%	0.20%	0.20%	0.20%	-	-
SEM2	1.00%	0.90%	1.10%	1.10%	-	-
SEM3	8.00%	5.40%	6.50%	6.50%	-	-
SEM4	9.00%	6.50%	13.00%	13.00%	13.00%	-6.3
SEM5	5.00%	0.70%	13.70%	13.70%	14.00%	-10.5
SEM6	8.00%	8.30%	22.00%	22.00%	22.50%	-10.0
SEM7	9.00%	10.00%	32.00%	32.00%	33.00%	-5.4

Fuente: Elaboración propia

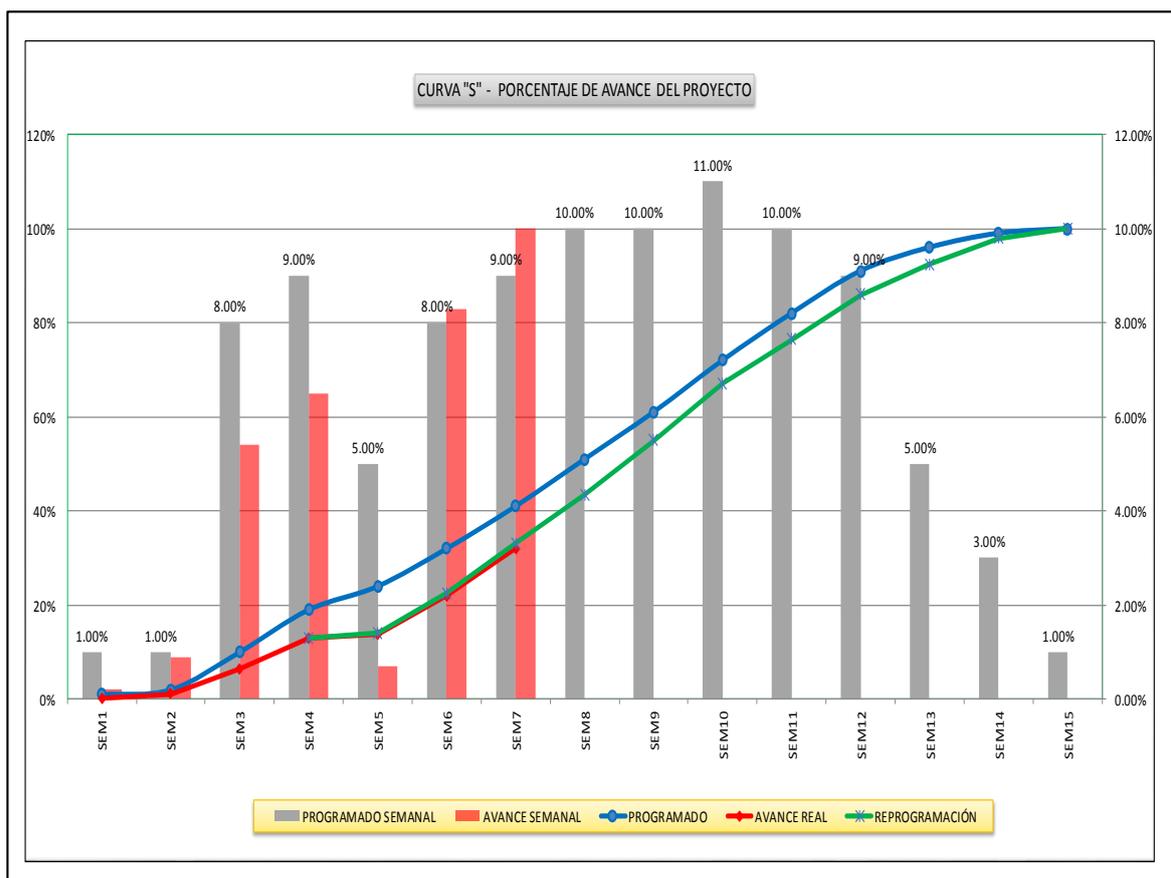


Figura 54. Curva S de la semana 07.

Fuente: Elaboración propia.

- **Curva S**

Tabla 10

*Porcentaje de avance hasta la semana 10*

SEMANA	PROGRAMA SEM.	PROGRAMA ACUM.	REAL SEM.	REAL ACUM.	% REPROGRAM.	ADELANTO
SEM1	1.00%	0.20%	0.20%	0.20%	-	-
SEM2	1.00%	0.90%	1.10%	1.10%	-	-
SEM3	8.00%	5.40%	6.50%	6.50%	-	-
SEM4	9.00%	6.50%	13.00%	13.00%	13.00%	-6.3
SEM5	5.00%	0.70%	13.70%	13.70%	14.00%	-10.5
SEM6	8.00%	8.30%	22.00%	22.00%	22.50%	-10.0
SEM7	9.00%	10.00%	32.00%	32.00%	33.00%	-5.4
SEM8	10.00%	10.00%	42.00%	42.00%	43.50%	-7.9
SEM9	10.00%	12.00%	54.00%	54.00%	55.00%	-6.3
SEM10	11.00%	12.00%	66.00%	66.00%	67.00%	-5.2

Fuente: Elaboración propia

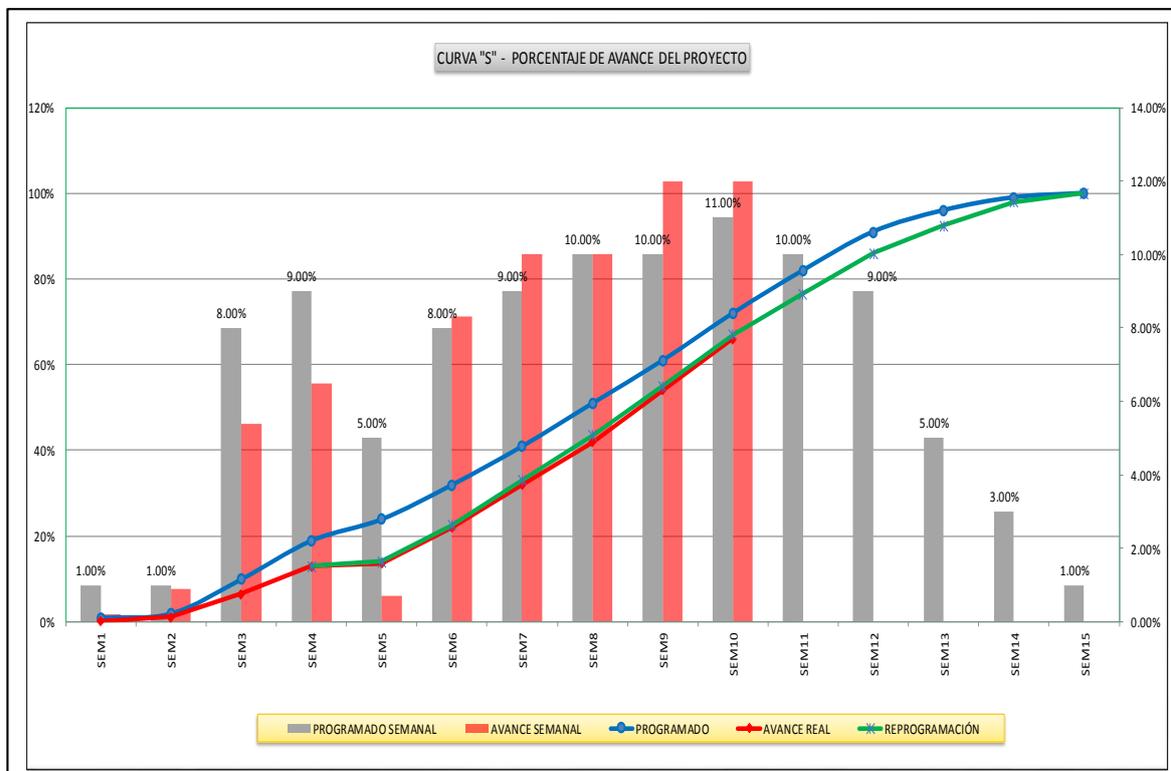


Figura 55. Curva S de la semana 10.

Fuente: Elaboración propia.

- **Curva S**

Tabla 11

*Porcentaje de avance hasta la semana 13*

SEMA NA	PROGRAMA SEM.	PROGRAMA ACUM.	REAL SEM.	REAL ACUM.	% REPROGRAM.	ADELANTO
SEM1	1.00%	0.20%	0.20%	0.20%	-	-
SEM2	1.00%	0.90%	1.10%	1.10%	-	-
SEM3	8.00%	5.40%	6.50%	6.50%	-	-
SEM4	9.00%	6.50%	13.00%	13.00%	13.00%	-6.3
SEM5	5.00%	0.70%	13.70%	13.70%	14.00%	-10.5
SEM6	8.00%	8.30%	22.00%	22.00%	22.50%	-10.0
SEM7	9.00%	10.00%	32.00%	32.00%	33.00%	-5.4
SEM8	10.00%	10.00%	42.00%	42.00%	43.50%	-7.9
SEM9	10.00%	12.00%	54.00%	54.00%	55.00%	-6.3
SEM10	11.00%	12.00%	66.00%	66.00%	67.00%	-5.2
SEM11	10.00%	9.00%	75.00%	75.00%	76.50%	-5.8
SEM12	9.00%	10.00%	85.00%	85.00%	86.00%	-5.2
SEM13	5.00%	6.50%	91.50%	91.50%	92.50%	-3.7

Fuente: Elaboración propia

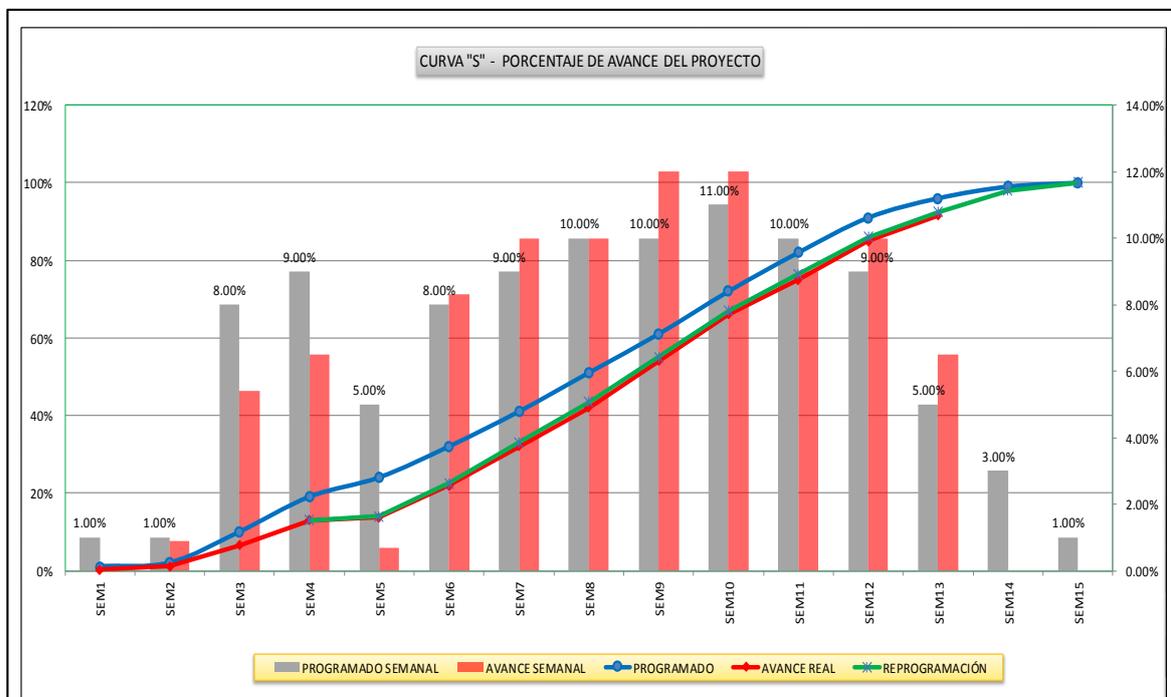


Figura 56. Curva S de la semana 13.

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Curva S al cierre de obra

En la figura 56 se muestra la curva S programada y la curva S reprogramada a partir de 5ta semana, también se puede observar que después de la reprogramación con la implementación del Pull Planning se ha podido ver mejora durante las semanas siguientes hasta la fecha de entrega, viéndose que sí se pudo entregar la obra en el plazo establecido de 105 días.

Tabla 12

*Porcentaje de avance hasta la última semana*

SEMANA	PROGRAMA SEM.	PROGRAMA ACUM.	REAL SEM.	REAL ACUM.	% REPROGRAM.	ADELANTO
SEM1	1.00%	0.20%	0.20%	0.20%	-	-
SEM2	1.00%	0.90%	1.10%	1.10%	-	-
SEM3	8.00%	5.40%	6.50%	6.50%	-	-
SEM4	9.00%	6.50%	13.00%	13.00%	13.00%	-6.3
SEM5	5.00%	0.70%	13.70%	13.70%	14.00%	-10.5
SEM6	8.00%	8.30%	22.00%	22.00%	22.50%	-10.0
SEM7	9.00%	10.00%	32.00%	32.00%	33.00%	-5.4
SEM8	10.00%	10.00%	42.00%	42.00%	43.50%	-7.9
SEM9	10.00%	12.00%	54.00%	54.00%	55.00%	-6.3
SEM10	11.00%	12.00%	66.00%	66.00%	67.00%	-5.2
SEM11	10.00%	9.00%	75.00%	75.00%	76.50%	-5.8
SEM12	9.00%	10.00%	85.00%	85.00%	86.00%	-5.2
SEM13	5.00%	6.50%	91.50%	91.50%	92.50%	-3.7
SEM14	3.00%	6.50%	98.00%	98.00%	98.00%	-1.1
SEM15	1.00%	2.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.0

Fuente: Elaboración propia

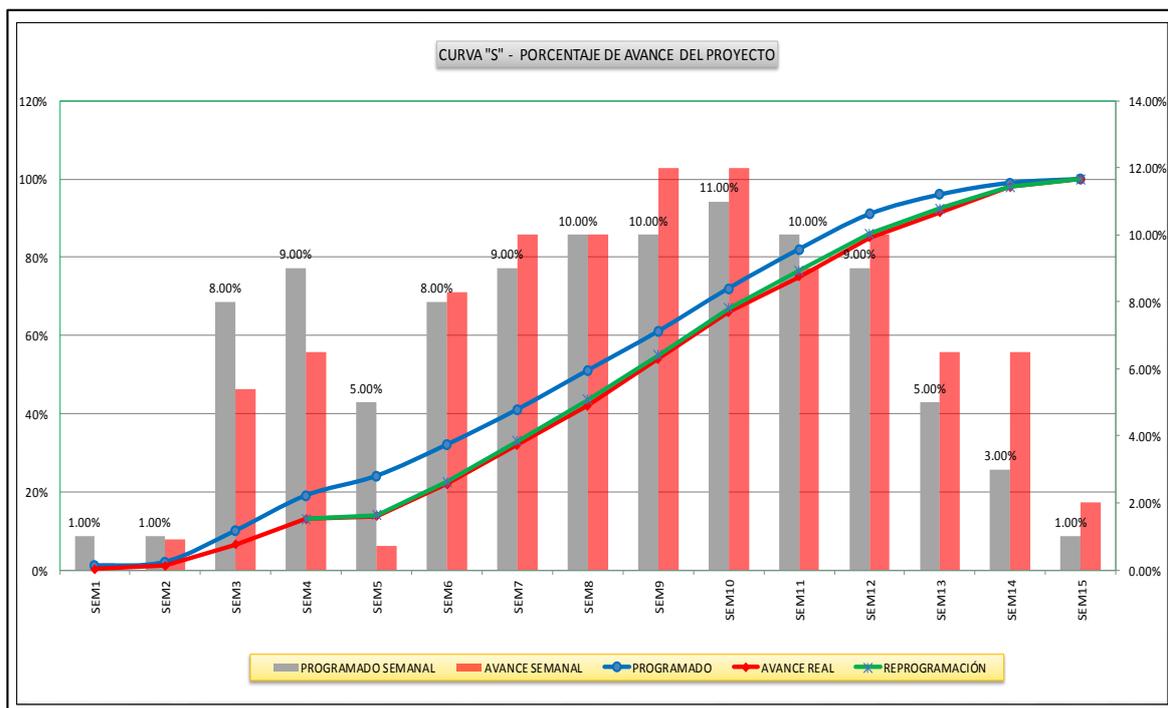


Figura 57. Evolución de la Curva S.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. SPI

Tabla 13

Valores del SPI hasta la semana 15

SEMANA	COSTO DIRECTO:		S/2,008,788.46		SPI
	REAL ACUMULADO	AVANCE REAL	PROGRAMA ACUM.	AVANCE PLANIF.	
SEM1	0.20%	S/4,017.58	1.00%	S/20,087.88	0.20
SEM2	1.10%	S/22,096.67	2.00%	S/40,175.77	0.55
SEM3	6.50%	S/130,571.25	10.00%	S/200,878.85	0.65
SEM4	13.00%	S/261,142.50	19.00%	S/381,669.81	0.68
SEM5	14.00%	S/281,230.38	24.00%	S/482,109.23	0.58
SEM6	22.50%	S/451,977.40	32.00%	S/642,812.31	0.70
SEM7	33.00%	S/662,900.19	41.00%	S/823,603.27	0.80
SEM8	43.50%	S/873,822.98	51.00%	S/1,024,482.11	0.85
SEM9	55.00%	S/1,104,833.65	61.00%	S/1,225,360.96	0.90
SEM10	67.00%	S/1,345,888.27	72.00%	S/1,446,327.69	0.93
SEM11	76.50%	S/1,536,723.17	82.00%	S/1,647,206.54	0.93
SEM12	86.00%	S/1,727,558.08	91.00%	S/1,827,997.50	0.95

SEM13	92.50%	S/1,858,129.33	96.00%	S/1,928,436.92	0.96
SEM14	98.00%	S/1,968,612.69	99.00%	S/1,988,700.58	0.99
SEM15	100.00%	S/2,008,788.46	100.00%	S/2,008,788.46	1.00

Fuente: Elaboración propia

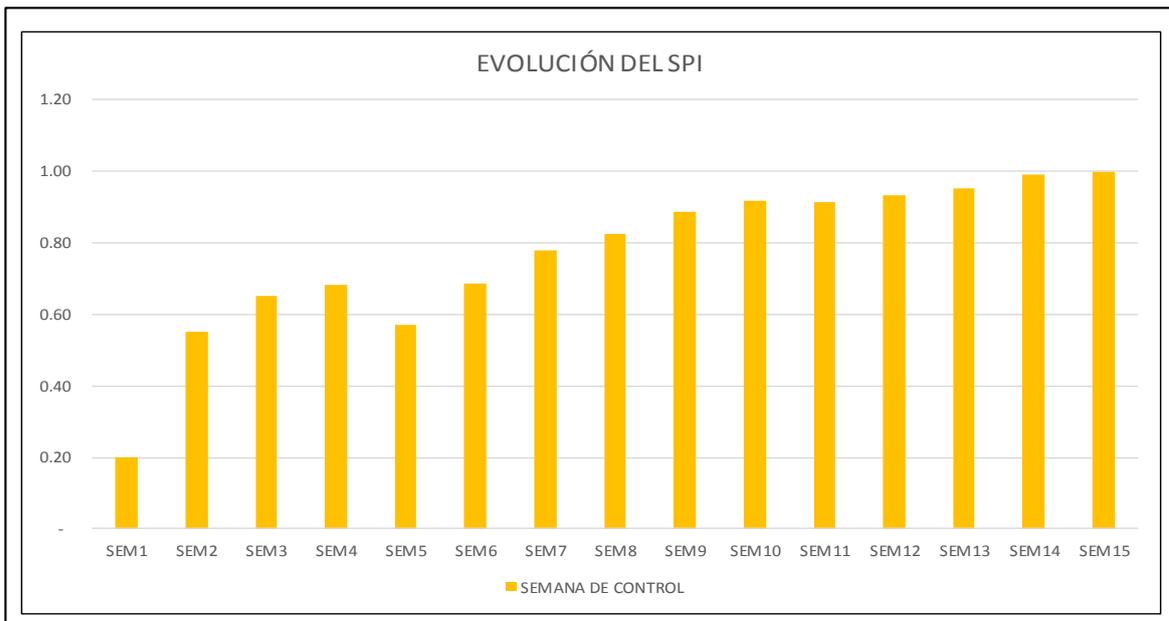


Figura 58. Evolución del SPI.

Fuente: Elaboración propia.

Si el SPI es mayor que uno ( $SPI > 1$ ), significa que se ha completado MÁS trabajo que el planificado, es decir, se está adelantado a lo previsto. Si el SPI es igual a uno ( $SPI = 1$ ) significa que el trabajo se está completando a la misma velocidad que lo planificado. Si el SPI es menor que uno ( $SPI < 1$ ) significa que se ha completado MENOS trabajo que el planificado, es decir, el proyecto está atrasado.

Al disponer de la trazabilidad del SPI en nuestros proyectos, podremos obtener una lectura del comportamiento de este indicador, con el objetivo de tomar acciones en el caso que se requiera. Por ejemplo, en la semana del 01 al 04 se puede observar un periodo en que

constantemente se estaba desarrollando menos trabajo del planificado, lo que se traducían en un aumento en los días de atraso. Luego de realizar seguimiento a este indicador, se pudieron tomar las acciones correctivas pertinentes por parte del equipo del proyecto para revertir la situación, lo que se tradujo en un cambio de pendiente del SPI, generando así un aumento progresivo en días de desfase positivo de la semana 05 a la semana 15 tal y como se muestra en la Figura 58.

### 3.3. PPC

Tabla 14

*Valores del PPC hasta la semana 15*

SEMANA	PPC OBRA	PPC ACUMULADO	PPC ESPERADO
SEM1	70%	70%	75%
SEM2	65%	68%	75%
SEM3	55%	54%	75%
SEM4	45%	42%	75%
SEM5	75%	75%	75%
SEM6	80%	82%	75%
SEM7	85%	86%	75%
SEM8	85%	87%	75%
SEM9	90%	89%	75%
SEM10	90%	89%	75%
SEM11	95%	93%	75%
SEM12	100%	95%	75%
SEM13	100%	98%	75%
SEM14	95%	99%	75%
SEM15	100%	100%	75%

Fuente: Elaboración propia

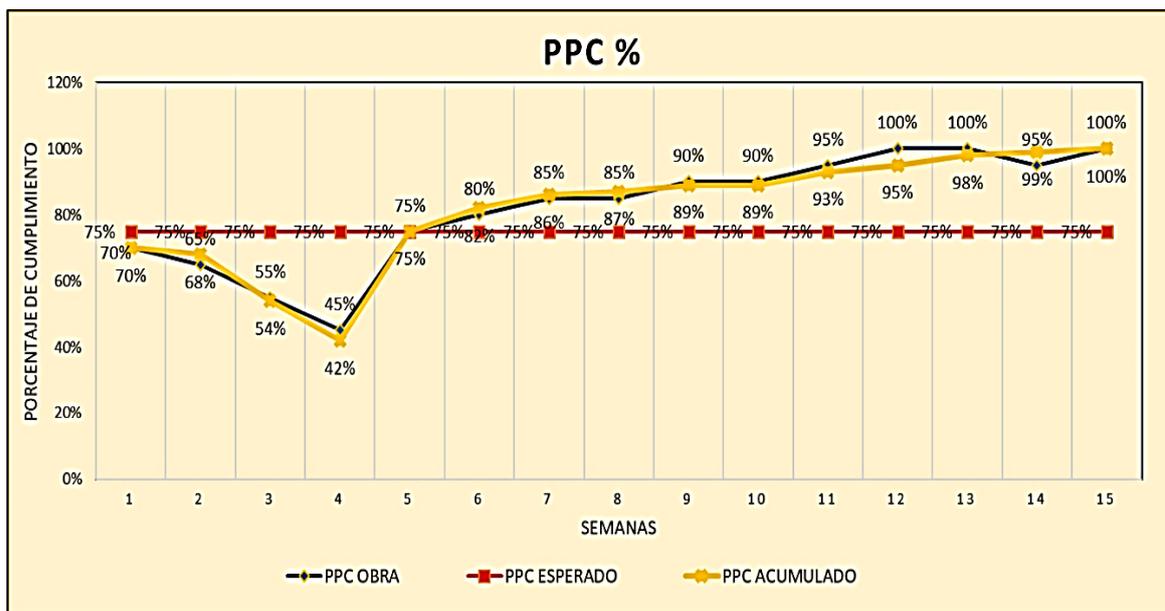


Figura 59. Evolución del PPC.

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de plan cumplido semanal en las cuatro primeras semanas es bajo debido al método tradicional, cabe resaltar que el PPC considera una actividad cumplida cuando está ejecutada al 100%. Desde la quinta semana que fue la reprogramación se puede apreciar que comienza a igual y hasta superar el porcentaje mínimo establecido de 75%, mostrándose que se levantó restricciones a tiempo y tener una programación más confiable.

### 3.4. TMR

Tabla 15

Valores del TMR hasta la semana 15

SEMANA	TAREAS PLANIFICADAS	TAREAS SEMANALES CON RESTRICCIÓN	TMR	TMR PROMEDIO
SEM1	176	131	0.74	
SEM2	185	132	0.71	
SEM3	175	113	0.65	0.65
SEM4	162	83	0.51	
SEM5	136	115	0.85	
SEM6	95	84	0.88	0.91
SEM7	54	42	0.78	

SEM8	63	51	0.81
SEM9	53	49	0.92
SEM10	47	41	0.87
SEM11	36	31	0.86
SEM12	33	32	0.97
SEM13	20	18	0.90
SEM14	15	15	1.00
SEM15	15	15	1.00

Fuente: Elaboración propia

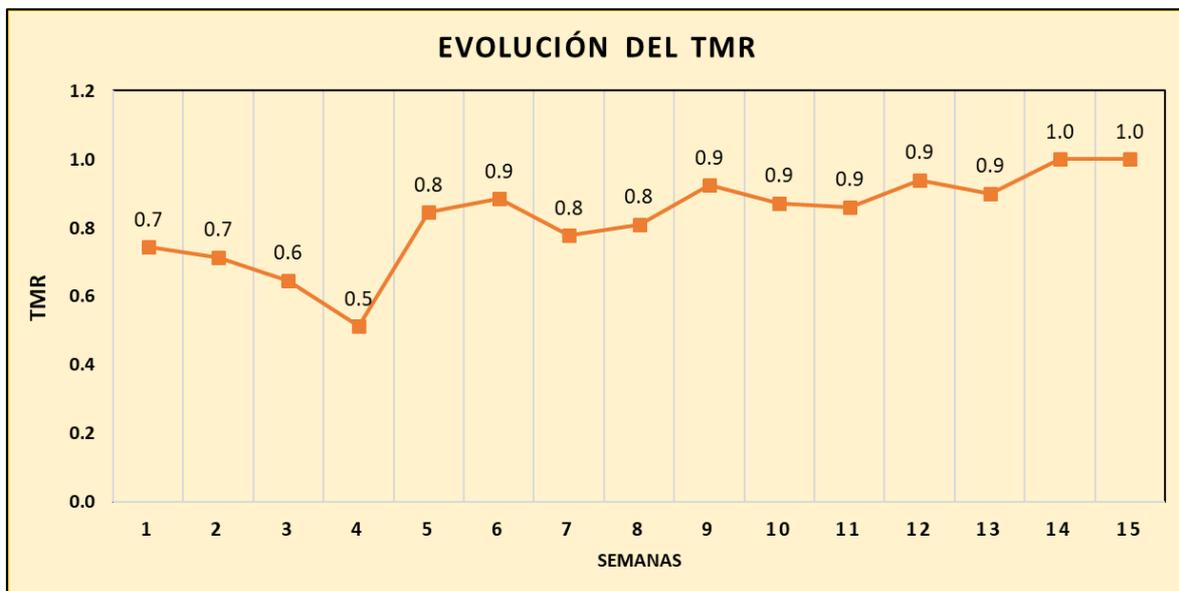


Figura 60. Evolución del TMR.

Fuente: Elaboración propia.

De la semana 01 a 04, la cantidad de trabajo programado según el Look Ahead Planning dos semanas antes (TTA) y la cantidad de trabajo programada semanalmente que sí podrá ser ejecutado (TTC), no se podrán ejecutar ya que no se levantaron las restricciones.

De la semana 05 al 15, se evalúa la cantidad de trabajo programado según el Look Ahead Planning dos semanas antes (TTA) y la cantidad de actividades programadas en la semana que sí podrán ser ejecutadas, estas últimas se analizan en las reuniones Pull Planning (TTC).

La ventaja de analizar las restricciones en las reuniones Pull Planning, en las cuales se tiene una participación colaborativa, es que cada restricción encontrada es entregada a un responsable, el cual se compromete a levantar ésta en una fecha en específico, luego de analizar la cantidad de recursos que tiene disponible.

### 3.5. COEFICIENTE DE CORELACIÓN ENTRE SPI, TMR Y PPC

El coeficiente de correlación de Pearson es una prueba que mide la relación estadística entre dos variables continuas. Si la asociación entre los elementos no es lineal, entonces el coeficiente no se encuentra representado adecuadamente.

El coeficiente de correlación de Pearson puede tomar un rango de valores de +1 a -1. Un valor de 0 indica que no hay asociación entre las dos variables. Un valor mayor que 0 indica una asociación positiva. Es decir, a medida que aumenta el valor de una variable, también lo hace el valor de la otra. Un valor menor que 0 indica una asociación negativa; es decir, a medida que aumenta el valor de una variable, el valor de la otra disminuye.

Para ello se aplicará la siguiente fórmula:

Ecuación 1: Fórmula para calcular WACC

$$\rho = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$

$S_{xy}$  = Covariancia de  $x, y$

$S_x$  = Desviación estandar de  $x$

$S_y$  = Desviación estandar de  $x$

Tabla 16

*Relación entre SPI, TMR y PPC*

SEMANA	SPI	TMR	PPC
SEM1	0.20	74%	70%
SEM2	0.55	71%	65%
SEM3	0.65	65%	55%
SEM4	0.68	51%	45%
SEM5	0.58	85%	75%
SEM6	0.70	88%	80%
SEM7	0.80	78%	85%
SEM8	0.85	81%	85%
SEM9	0.90	92%	90%
SEM10	0.93	87%	90%
SEM11	0.93	86%	95%
SEM12	0.95	97%	100%
SEM13	0.96	90%	100%
SEM14	0.99	100%	95%
SEM15	1.00	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.1. Correlación de SPI Y PPC

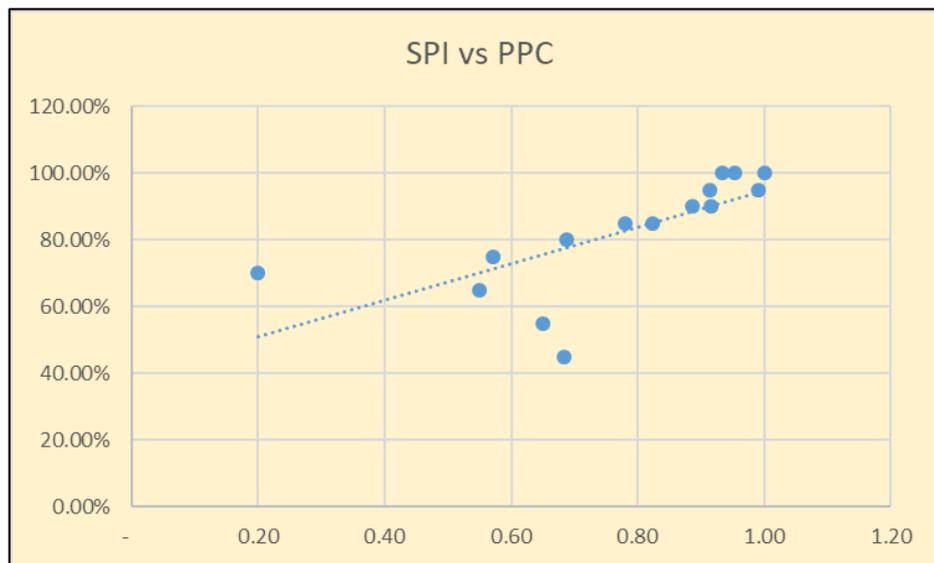


Figura 61. Gráfico de correlación entre SPI y PPC.

Fuente: Elaboración propia.

$$P = 0.7$$

Del resultado de  $\rho$ , nos indica que es significativa. En este caso significa que la correlación es positiva, es decir, que las variables se correlacionan directamente.

En el gráfico 61, se puede apreciar que a medida que mejoramos la gestión de los compromisos semanales con nuestros últimos planificadores, incrementa el índice de cumplimiento de programa. Se tiene un PPC promedio de 88% v/s un SPI promedio de 100%.

### 3.5.2. Correlación de PPC y TMR

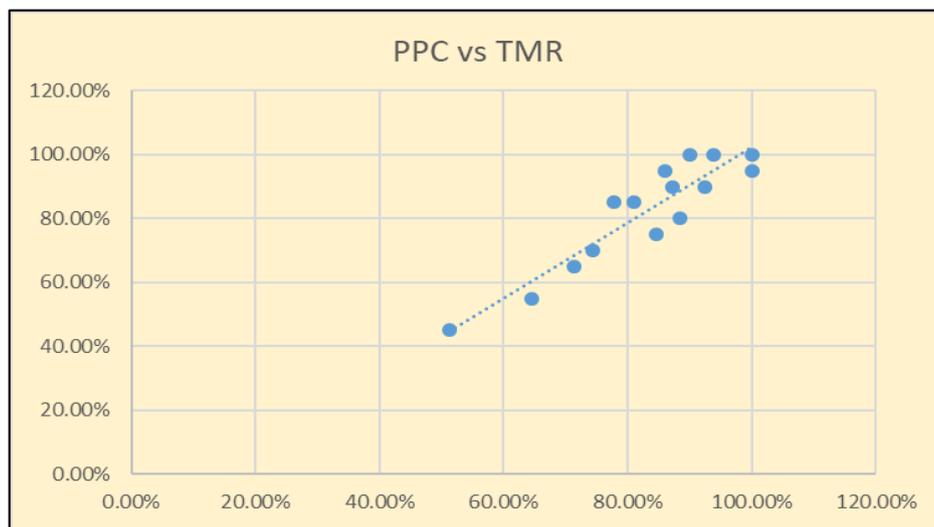


Figura 62. Gráfico de correlación entre PPC y TMR.

Fuente: Elaboración propia.

$$P = 0.9$$

Del resultado de  $\rho$ , nos indica que es positiva perfecta. En este caso significa que la correlación es positiva, es decir, que las variables se correlacionan directamente. En el gráfico 62, se puede apreciar que las actividades que fueron programadas se ejecutaron casi a su totalidad.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

- a) La gestión tradicional o con enfoque tradicional que se venía conduciendo la obra hasta la semana 4 afectó el cumplimiento del plazo del proyecto, de haber continuado en esa misma línea iba a ocasionar, además de incumplir el plazo, también sanciones y consecuencias económicas contractuales en contra de la empresa constructora. A partir de la semana 5 se pudo tomar acciones en la planificación que permitieron mejorar las estrategias de ejecución y de gestión. En esto tuvo efecto la aplicación oportuna de la gestión del tiempo utilizando el Pull Planning, para el aseguramiento y cumplimiento del plazo del proyecto.

De las investigaciones realizadas por Duarte (2006) y Angeli (2017), señalan que al implementar el Sistema del Último Planificador permite reducir los plazos contractuales de ejecución de los proyectos. Así mismo se tienen reducciones en costo y en uso de recursos. Lo afirmado concuerda con lo establecido en el presente estudio.

- b) Hasta la semana 4 se tuvo serios inconvenientes en el desempeño y asignación adecuada de los recursos de mano de obra, materiales, equipos y subcontratos. Se hallaba constantemente esperas del personal obrero por falta de confiabilidad en la planificación a todo nivel, el personal hacía lo que podía mas no lo que debía, y por otro lado se consumían recursos en excesos o se vencían por falta de uso, ocasionando sobrecostos por desperdicios no presupuestados. En tanto, a partir de la semana 5 se aplicó el método del Pull Planning mediante el dimensionamiento de los lotes de producción o sectores que permitieron ordenar la ejecución de la obra de una mejor manera. Con los sectores definidos se balanceó eficientemente los recursos

mediante una programación de actividades a un ritmo constante de trabajo, donde se podía diseñar mejor la cantidad de recursos (mano de obra, materiales y equipos) para cada sector, y con ello se aseguró que los insumos sean utilizados convenientemente en todas las actividades, logrando reducir los índices de desperdicios y mejorando la planificación

De la investigación realizada por Chokewanca (2018), afirma que la implementación del Pull Planning es una herramienta fundamental para la planificación a nivel intermedio, puesto que se planteó un tren de avance por sectores, con el dimensionamiento adecuado de recursos, cronograma de adquisición de materiales, levantamiento de restricciones y la retroalimentación para la mejora continua. Lo afirmado concuerda con lo establecido en el presente estudio.

- c) La confiabilidad de cumplimiento del plan semanal de la obra es un indicador de la calidad de las programaciones que realiza el responsable de producción, es el que monitorea que las actividades se hayan ejecutado y las que no pudieron ejecutarse por completo. Posteriormente, haciendo un análisis de causa a incumplimiento para tomar medidas correctivas, de tal manera que aquello que no permitió cumplir una actividad no vuelva a ocurrir. Hasta la semana 4 la obra no llevaba este indicador de calidad de programación y cumplimiento de metas de avance diario y semanal, por tanto, no se sabía, y se estaba ejecutando de acuerdo a la línea base contractual del proyecto cayendo constantemente en incumplimiento de metas diarias y semanales. Dicha línea base no había sido reprogramada desde el inicio de obra, por tanto, lo que se iba ejecutando era en función al criterio del equipo de producción. A partir de la semana 5, se instauró el indicador de cumplimiento de la programación semanal (PPC) y se obtuvieron mejoras significativas en las metas

de avance, según el plan semanal y lo planificado en la línea base reprogramada del proyecto. La evaluación constante de cumplimiento nos daba información en qué se debía mejorar o tener una atención particular en las actividades que no se pudieron completar su avance planificado al 100%, esta retroalimentación en conjunto con el equipo sirvió para que no ocurran futuras interrupciones por el mismo motivo.

De las investigaciones realizadas por Chokewanca (2018), Pacheco (2016) y Duarte (2006), establecen que el porcentaje de plan de cumplimiento (PPC) es una herramienta de control que permitió medir la confiabilidad del sistema, así como también detectar de manera oportuna las Causas de No cumplimiento para su respectiva acción correctiva. Lo afirmado concuerda con lo establecido en el presente estudio.

- d) La secuencia adecuada de actividades durante la ejecución representa la ruta a seguir para cumplir con las metas de avance diario y semanal. Esto se logró teniendo pleno conocimiento de lo que se va a ejecutar y monitoreando constantemente la ruta crítica del proyecto. El cual, hasta la semana 4 se tuvo problemas con actividades con restricciones no identificadas y por ende se tenía problemas de incumplimiento de avances diarios. A partir de la semana 5 se pudo analizar el 100% de actividades que se debían ejecutar y sus restricciones para evitar paros o interrupciones en la secuencia de ejecución, buscando tener un flujo de trabajo continuo y eficiente. Haber sectorizado la obra ayudó a dimensionar los recursos de las actividades, parte necesaria y fundamental diseñar un ritmo de trabajo lineal, y mediante el tren de actividades se logró asignarlos oportunamente para cumplir las metas de avance establecidas en un plan semanal.

De la investigación realizada por Corilla (2016), establece que con la implementación del Pull Planning con todo el equipo de obra (Oficina Técnica, Calidad, Seguridad, Producción, Administración) permite identificar las restricciones, así como también solucionar de manera efectiva dichas restricciones. Lo afirmado concuerda con lo establecido en el presente estudio.

#### **4.2.Conclusiones**

- a) La dinámica del Pull Planning incrementó el nivel de compromiso de los ejecutores, mayor confiabilidad en el cumplimiento de sus actividades y mejor entendimiento de las diferentes áreas y especialidades que se realizaban en simultaneo. Todos estos beneficios se daban porque el equipo de obra tenía claro lo que debían hacer para que no hubiera interrupciones o paras en el flujo de producción. Asumieron compromisos en cumplir los hitos del proyecto y como consecuencia se culminó la obra a los 105 días contractuales, tal como se muestra en el resultado de la curva S del proyecto, que se fue mejorando paulatinamente, es así que en la semana 15 se obtuvo como resultado del 100% en la curva S. Por tales motivos, se concluye que existe relación entre la gestión del tiempo utilizando el pull planning y el cumplimiento de plazo en el colegio Innova Schools-Arabiscos,
- b) Se identificó que en el proyecto hasta la semana 4 muestra un periodo en que constantemente se estaba desarrollando menos trabajo del planificado, lo que se traducía en un aumento en los días de atraso con un SPI de 0.68. La trazabilidad de este indicador permitió tomar las acciones correctivas pertinentes por parte del equipo del proyecto para revertir la situación, generando así que a partir de la semana 5 un aumento progresivo en días de desfase positivo con un SPI próximo a 1 y que al término del proyecto cerró con un SPI igual 1. Por tales motivos, se concluye que

se tiene relación entre la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning y la planificación en el colegio Innova Schools-Arabiscos.

- c) Se identificó en la evaluación de todos los planes semanales que el PPC antes de la semana 5 se tenía un porcentaje 58.80% promedio que es menor del PPC promedio de 75%, dándose a notar que había una inadecuada planificación. Y que mediante la implementación del Pull Panning mejoró el PPC promedio el cual fue del 92 % por encima del porcentaje esperado y finalizando con un acumulado del 100% al término de la obra. Por tales motivos, se concluye que existe relación entre la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning y el cumplimiento del Plan Semanal en el colegio Innova Schools-Arabiscos.
- d) La identificación oportuna y anticipada de las acciones que impiden ejecutar una actividad programada en el Look ahead son de suma importancia para que el flujo no pare. Es por ello que el análisis y levantamiento de las restricciones mejoró la confiabilidad de la eficiencia de la planificación semanal. Es así que el TMR promedio hasta la semana 04 es de 0.65, debido a que se ejecutaba actividades planificadas sin haberse levantado las restricciones a tiempo, y partir de la semana 05 mejoró el análisis anticipado de restricciones y su levantamiento oportuno, haciéndose confiable la planificación con un TMR promedio del 0.91 y al termino de proyecto se obtuvo un TMR igual 1. Por tales motivos, se concluye que existe relación entre la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planning y el levantamiento de restricciones de las actividades programadas en el colegio Innova Schools.
- e) En el desarrollo de la implementación con la propuesta de gestión del tiempo utilizando el Pull Planing y su relación con el cumplimiento de plazo, se pudo

verificar mediante el coeficiente de correlación de Pearson que entre el SPI y el PPC hay una correlación de 0.7, así como el TMR y el PPC con una correlación de 0.9. Ambos resultados nos muestran que hay una relación directa entre indicadores mencionados, es así que a medida que mejoramos la gestión de los compromisos semanales con nuestros últimos planificadores, se completan casi todas las actividades programadas y por ende, se incrementa el índice de cumplimiento de programa.

#### **4.3. Recomendaciones**

- a) Un proyecto debe tener resultados positivos y como base es terminarlo en el tiempo planificado, es por eso que se recomienda que las empresas deben implementar un sistema de gestión del tiempo donde se implemente el Pull Planning desde el inicio del proyecto. Se debe capacitar al staff, hacer reuniones colaborativas e invitar subcontratas en la planificación de las actividades y el análisis de restricciones. Es importante acentuar que todo sistema nuevo implica mayor tiempo, dedicación compromiso y ganas de querer mejorar. Es decir, se requiere capital humano comprometido y con ganas de hacer las cosas cada día mejor.
- b) Evaluar el proyecto y sectorizar de manera geográfica y luego mediante iteraciones y quedarte con el que cumpla el plazo del proyecto. Esto nos ayuda a poder optimizar los recursos en materiales, equipos y mano de obra y que estos se empleen según las actividades, debido a que se hacen trabajos repetitivos repartiendo los lotes de trabajos. Posteriormente se genera los trenes de actividades que permite que se pueda monitorear cada actividad planificada y así también ver las restricciones disminuyendo las horas inproductivas y así los flujos no paren.

- c) Realizar un plan diario de las actividades programadas del plan semanal. De este mismo al plan diario se debe realizar el PPC y casusas de incumplimiento diario para tomar medidas correctivas oportunas y no esperar a que se termine la semana para recién aplicarlas.
- d) Las planificaciones deben ser anticipadas, previendo que las restricciones se identifiquen a tiempo y su levantamiento sea oportuno según lo requerido por el Residente. Es por ello que se recomienda agendar reuniones semanales de obra rutinarias, donde deben asistir los involucrados de la obra, con el objetivo de coordinar y revisar las herramientas de gestión, prevaleciendo la revisión de las restricciones, su análisis y estado de levantamiento para que no afecten la programación

## REFERENCIAS

- Guzmán Tejada, A. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos* (tesis de titulación). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Angeli, A. (2017). *Implementación del sistema last planner en edificación en altura en una empresa constructora* (tesis de titulación). Universidad Andrés Bello. Chile.
- Araujo, C. (2016). *Apuntes del curso Productividad en obras*. Facultad de ingeniería civil, Universidad privada del norte.
- Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of production control*. School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham.
- Ballard, G. (1994). *The Las Planner*. International Gropu of Lean Construction 2. Northern California Construction Institute, Monterrey, CA.
- Bertelsen, S., & Sacks, R. (2007). *Towards a new understanding of the construction industry and the nature of its production*. International Group of Lean Construction 15. Michigan, USA.
- Bracamonte, L. (2015). *Aplicación de herramientas Lean Construction para optimizar los costos y tiempos en la ampliación del colegio Markhan* (tesis de titulación). Universidad Privada del Norte. Perú.
- Castaño, P. (2012). *Implementación del sistema de planeación y control “Last Planner” en el tramo 2b del corredor parcial de envigado para mejorar la confiabilidad y reducir la incertidumbre en la construcción* (Tesis de maestría). Universidad EAFIT. Colombia.
- Cabrera, J. (2018). La nueva tendencia del sector construcción: la gestión colaborativa. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2018/08/17/la-nueva-tendencia-del-sector-construccion-la-gestion-colaborativa/>
- Chokewanka, V. (2018). *Sistema Last Planner para mejorar la planificación en la obra civil del centro de salud Picota - San Martín* (tesis de titulación). Universidad San Martín de Porres. Perú.
- Corilla, S. (2016). *Implementación Del “Pull Planning” para mejorar la confiabilidad de la programación de la etapa de acabados en una edificación de oficinas* (Tesis de titulación). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru
- Diaz, D. (2007). *Aplicación del Sistema de Planificación ‘Last Planner’ a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura*. (tesis de titulación).Universidad de Chile. Chile.

- Díaz, R. (2018). *Modelo basado en el lean construction para proyectos de edificación: Caso edificio William Morris de la UCSM*. (Tesis de titulación). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Fernández, R. (2018). “Evolución en la gestión de obras de los años ´80 al 2017 - filosofía Lean Construcción”. (tesis de titulación). Universidad Ricardo Palma. Perú.
- Ghio, V. (2001). *Productividad en obras de construcción*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo editorial.
- Goldratt, & Goldratt, E. (2004). *La Meta*.
- Guzmán, A. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos* (tesis de titulación). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Howell, G. (1999). *What is lean construction. International Group of Lean Construction 7*. University of California, Berkeley, CA, USA.
- Johnson, H., & Kaplan, R. (1987). *Relevance lost - the rise and fall Management Accounting*. Boston: Harvard Business School Press.
- Koskela, L., & Vrijhoef, R. (2003). *Revisiting the three peculiarities of production in construction*. International Group of Lean Construction 13. Sydney, Australia.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Espoo, Finlandia: Technical Research Centre of Finland VTT Building Technology. VTT Publications 408.
- Koskela, L. (2004). *Making do - The eighth category of waste*. International Group of Lean Construction 12. Denmark.
- Miranda, D. (2012). *Implementación del sistema Last Planner en una habilitación* (tesis de titulación). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Orihuela, P., & Ulloa, K. (2011). “La planificación de las obras y el sistema Last Planner”. Boletín N° 12, Corporación Aceros Arequipa.
- Pinto De La Sota, S. (2010). *Evaluación y mejoramiento de los sistemas de producción en proyectos de construcción* (tesis de titulación). Universidad Católica de Chile. Chile.

## ANEXOS

### Anexo 1: Validez y confiabilidad

Para obtener los resultados de validez y confiabilidad se empleó el test KR20 (Kuder Richardson), donde se obtuvo 0.81 indicando que el test tiene moderada confiabilidad.

Lista de chequeo	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	Total
1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	7
2	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	6
3	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	5
4	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	5
5	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
6	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9
7	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	6
8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
9	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	7
10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	3
RC	0	8	5	8	9	9	7	10	4	4	3	67
RIC	10	2	5	2	1	1	3	0	6	6	7	
P	0	0.8	0.5	0.8	0.9	0.9	0.7	1	0.4	0.4	0.3	
Q	1	0.2	0.5	0.2	0.1	0.1	0.3	0	0.6	0.6	0.7	
PQ	0	0.16	0.25	0.16	0.09	0.09	0.21	0	0.24	0.24	0.21	1.65

VAR= 4.68

n= 10

$$KR20 = \left( \frac{n}{n-1} \right) \frac{\sigma_t^2 - \sum p_i q_i}{\sigma_t^2}$$

KR20= 0.81

## Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

### INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### LISTA DE CHEQUEO

Estimado(a) ingeniero, la siguiente lista de chequeo mide algunos indicadores para implementar mejoras para el cumplimiento de plazos en la obra del colegio Innova Schools-Arabiscos.

#### 1. INFORMACION GENERAL

Nombre: \_\_\_\_\_ Semana de obra: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_ Especialidad: \_\_\_\_\_

#### 2. RESPONDER SÍ O NO A LAS PREGUNTAS

#	Descripción	Sí	No	Observaciones
1	¿Se realizó una reunión de trabajo para diseñar la planificación con los involucrados al inicio de obra?			
2	¿Se identificaron las restricciones durante la reunión de planificación?			
3	¿Se definieron hitos intermedios de compromiso para cada Subcontratista?			
4	¿Se realizó una sectorización del proyecto?			
5	¿Se realizó tren de actividades y cronograma línea base?			
6	¿Se evalúa el cumplimiento del Plan semanal en comités de planificación?			
7	¿Se realizan planificaciones a 4 semanas en comités de planificación?			
8	¿Se analizan las restricciones para las cuatros próximas semanas en el comité de planificación?			
9	¿Se entregan los planes semanales a capataces y encargados de los subcontratistas?			
10	¿ Se Monitorea el avance la de obra con la curva S?			
11	¿Se mide la eficiencia del avance de la obra con el SPI?			

### Anexo 3: Ficha de juicio de experto

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
FICHA DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN  
JUICIO DE EXPERTOS

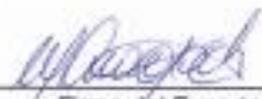
Apellidos y Nombres: Aravijo Choque Christian Marlon  
 Grado Académico: Maestro  
 Institución que labora: Villa Ingenieros y Asociados SAC  
 Título de la Investigación: Propuesta de Gestión del Tiempo utilizando Pull Planning y su relación con el cumplimiento del plazo en el colegio Innova Schools Arabiscos – S.J.L. 2018  
 CRITERIO DE APLICABILIDAD:

- a) Del 00 al 20%: (No válido, reformular)
- b) Del 21% al 40%: (No válido, modificar)
- c) Del 41% al 60%: (Válido, mejorar)
- d) Del 61% al 80%: (Válido, precisar)
- e) Del 81% al 100%: (Válido, aplica)

INDICADORES DE EVALUAC. DE INSTRUMENTO	CRITERIOS CUALITATIVOS Y CUANTITATIVOS	Deficiente 0% - 20%	Regular 21% - 40%	Buena 41% - 60%	Muy Buena 61% - 80%	Excelente 81% - 100%
Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado					82%
Objetividad	Está formulado con conductas observables					85%
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y Tecnología					90%
Organización	Existe organización y lógica					87%
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					95%
Intencionalidad	Adecuado para valorar los aspectos del estudio					93%
Consistencia	Basado en el aspecto teórico – científico y del tema de estudio					85%
Coherencia	Entre las variables, dimensiones y variables					90%
Metodología	La estrategia responde al propósito del estudio					89%
Convergenia	Genera nuevas ideas para la investigación y construcción de teorías.					83%
SUB TOTAL						88%
TOTAL						88%

Valoración Cuantitativa: 88%  
 Valoración Cualitativa: Aplicable  
 Opinión de Aplicabilidad: El instrumento cumple con estándares para ser aplicable por el tesisista.

Lugar y fecha: Lima, 13 de abril 2020.

  
 Firma del Experto  
 DNI: 44759840





## Anexo 6 Fotografías de avance



