

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA “ÚLTIMO  
PLANIFICADOR” PARA MITIGACIÓN DE RETRASO DEL  
PROYECTO: CENTRO EMPRESARIAL CANTUARIAS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**MARINÉ SUSANA GARCIA MENDOCILLA**

**Lima- Perú**

**2014**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por haberme dado fortaleza y salud para cumplir este objetivo.*

*A mis padres por haber estado presentes en este camino brindándome su apoyo, paciencia, comprensión y todo su amor.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE CUADROS.</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES.</b>	
1.1 ANTECEDENTES.	8
1.2 JUSTIFICACIÓN.	9
1.3 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS.	9
1.3.1 Objetivo principal.	9
1.3.2 Objetivos específicos.	9
1.4 METODOLOGÍA DE ESTUDIO.	10
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.</b>	
2.1 SISTEMA DE PLANIFICACIÓN TRADICIONAL.	11
2.2 PRODUCCIÓN SIN PÉRDIDAS (LEAN PRODUCTION).	13
2.3 CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS (LEAN CONSTRUCTION).	15
2.4 SISTEMA "ÚLTIMO PLANIFICADOR" (LAST PLANNER).	15
2.4.1 Programa Maestro.	16
2.4.2 Planificación intermedia.	17
2.4.2.1 <i>Definición del intervalo de tiempo de la Planificación Lookahead.</i>	18
2.4.2.2 <i>Definición de las actividades de la Planificación Intermedia.</i>	18
2.4.2.3 <i>Análisis de Restricciones.</i>	18
2.4.2.4 <i>Determinación del Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).</i>	20
2.4.3 Planificación Semanal.	20
2.4.4 Porcentaje de Plan cumplido y Causas de No cumplimiento.	20
2.5 COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA TRADICIONAL Y EL SISTEMA ÚLTIMO PLANIFICADOR.	22

### **CAPÍTULO III: ESTUDIO DEL EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO SELECCIONADO.**

3.1	UBICACIÓN DEL PROYECTO.	24
3.2	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO.	25
3.3	PRINCIPALES RESTRICCIONES PRESENTES EN EL PROYECTO	26
3.4	PLANIFICACIÓN EN OBRA.	28
3.5	AVANCE FÍSICO E INVENTARIO DE TRABAJOS.	29

### **CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA “ÚLTIMO PLANIFICADOR” AL PROYECTO.**

4.1	REUNIÓN DE CONOCIMIENTO DEL GRUPO DE TRABAJO.	37
4.2	PLANIFICACIÓN USANDO LEAN CONSTRUCTION.	37
4.2.1	Planificación de muros anclados.	39
4.2.2	Planificación del Casco armado en sótanos.	39
4.3	PROGRAMA MAESTRO.	46
4.4	PLANIFICACIÓN INTERMEDIA.	48
4.5	ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE.	49
4.6	FORMACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO SEMANAL.	49
4.7	INDICADORES DE RESULTADOS.	50
4.8	REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN SEMANAL.	52
4.9	RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.	52

### **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES AL PROYECTO.**

5.1	CONCLUSIONES.	63
5.2	RECOMENDACIONES.	64

**BIBLIOGRAFÍA.** **66**

**ANEXOS.** **67**

## RESUMEN

Este informe describe los principios y metodología del sistema Último Planificador y su aplicación al Proyecto: Centro Empresarial Cantuarias. Lo que se pretende es implementar el sistema para ayudar a controlar los trabajos y contribuir a la mitigación del retraso que tiene el proyecto. Toda la metodología del sistema Último Planificador o Last Planner se fundamentan en el Lean Construction cuyo objetivo fundamental es eliminar todas aquellas actividades que no agregan valor al sistema productivo. Mediante el empleo de técnicas sencillas de control como el sistema del Último Planificador, lo que se pretende es hacer que el proceso constructivo sea un poco más industrializado creando productos de mejor calidad y que satisfagan las necesidades de los clientes.

Mediante la aplicación del sistema del Último Planificador se busca aumentar la confiabilidad del flujo de trabajo mediante la medición del porcentaje de plan cumplido (P.P.C.) como indicador de confiabilidad y mediante la determinación de las causas de no cumplimiento (C.N.C.) con las cuales se procede aplicar las acciones correctivas para eliminar la variabilidad.

En los cinco capítulos se procederá a explicar las causas que llevaron al retraso de obra del proyecto así como la metodología empleada para lograr mejorar la planificación del proyecto. Del mismo modo se expondrá el estudio realizado al proyecto durante diecinueve semanas y que involucra desde la etapa final de los muros anclados hasta la ejecución del cuarto sótano. Finalmente se concluirá si realmente funcionó o no la implementación del sistema y se analizarán las razones para que se contribuya a la mejora continua y al aprendizaje.

*Palabras clave:*, Lean Construction, Porcentaje de Plan Cumplido (P.P.C.), Last Planner, Último Planificador, flujo de trabajo, Porcentaje de asignaciones, variabilidad.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N°	2.1	Comparación entre el sistema convencional y el sistema "Último Planificador".	23
Cuadro N°	4.1	Dimensionamiento de cuadrillas.	46
Cuadro N°	4.2	Causas de No cumplimiento del plan semanal Del Proyecto Cantuarias.	50
Cuadro N°	4.3	Problemas presentados en el Proyecto y soluciones.	54
Cuadro N°	4.4	Tareas programadas Vs. Tareas realizadas durante 19 semanas.	55
Cuadro N°	4.5	Porcentaje de Plan Cumplido (P.P.C.) del Proyecto Cantuarias.	56
Cuadro N°	4.6	Registro de causas de no cumplimiento del Proyecto Cantuarias.	57
Cuadro N°	4.7	Principales causas de no cumplimiento observadas.	60

## LISTA DE FIGURAS

Figura N°	1.1	Metodología de estudio.	10
Figura N°	2.1	Esquema del Proceso de Planificación Tradicional.	12
Figura N°	2.2	La producción como un flujo de procesos.	13
Figura N°	2.3	Esquema del concepto de Revisión.	19
Figura N°	2.4	Resumen de Sistema "Último Planificador".	21
Figura N°	2.5	Filosofía de planificación usual.	22
Figura N°	2.6	Filosofía de planificación Last Planner.	23
Figura N°	3.1	Ubicación del Proyecto "Centro Empresarial Cantuarias".	24
Figura N°	3.2	Colindancia del edificio "Centro Empresarial Cantuarias".	25
Figura N°	3.3	Frente de carga y descarga en "Centro Empresarial Cantuarias".	26
Figura N°	3.4	Etapa de ejecución de muros anclados y excavación en cronograma contractual.	29
Figura N°	3.5	Etapa de ejecución de muros anclados y excavación en cronograma reprogramado.	31
Figura N°	3.6	Frentes de ejecución de los muros anclados.	31
Figura N°	3.7	Frente de ejecución de muro anclado: Elevación eje 1.	32
Figura N°	3.8	Frente de ejecución de muro anclado: Elevación eje A.	33
Figura N°	3.9	Frente de ejecución de muro anclado: Elevación eje F.	34
Figura N°	3.10	Frente de ejecución de muro anclado: Elevación eje 9.	35
Figura N°	4.1	Diagrama de descripción del Proyecto.	36
Figura N°	4.2	Ubicación de Torre grúa en el Proyecto.	38
Figura N°	4.3	Cronograma tentativo de muros anclados.	39
Figura N°	4.4	Secuencia de actividades para cimentación.	40
Figura N°	4.5	Secuencia de actividades para elementos verticales.	40
Figura N°	4.6	Secuencia de actividades para elementos horizontales	41
Figura N°	4.7	Sectorización del proyecto	42
Figura N°	4.8	Sectorización de elementos verticales.	43
Figura N°	4.9	Sectorización de elementos horizontales: vigas.	44
Figura N°	4.10	Sectorización de elementos horizontales: Losas.	45

Figura N° 4.11	Programa Maestro del Proyecto.	47
Figura N° 4.12	Formato de Análisis de restricciones para el Proyecto.	48
Figura N° 4.13	Formato Lookahead para el Proyecto.	49
Figura N° 4.14	Formato P.P.C.-C.N.C. para el Proyecto.	51
Figura N° 4.15	Tendencia del P.P.C. semanal.	58
Figura N° 4.16	Gráfica de P.P.C. en 19 semanas del Proyecto.	59
Figura N° 4.17	Gráfica de las principales causas de no cumplimiento observadas.	61
Figura N° 4.18	Distribución de las causas de no cumplimiento (C.N.C.).	62



## INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción ha crecido en los últimos años y con ello, ha aumentado la competitividad entre las empresas por lograr posicionarse en el medio. Pero a diferencia de los años anteriores, ahora la construcción exige nuevas estrategias para lograr mayores ganancias y menos pérdidas. Ejemplo de esto, son las empresas que se han mantenido en el sector como líderes debido a la utilización de las herramientas de planificación mientras que otras, siguen utilizando la filosofía convencional que no mide, no controla y sobre todo, no se retroalimenta para la mejora continua.

Esta falta de planificación origina que en los proyectos exista incertidumbre en las actividades a ejecutar y por ende, haya incertidumbre en el cumplimiento de los plazos. Como consecuencia de esta incertidumbre, no se puede saber si realmente se está planificando bien y no se puede analizar e identificar las causas que originan los problemas.

Es por eso que el objetivo de este informe es buscar una solución al problema de plazo que tiene un proyecto de oficinas y que por falta de una adecuada planificación, su culminación es una incertidumbre. Con este fin, se plantea implementar las herramientas de planificación para poder lograr estabilizar el rumbo del proyecto.

Para ello se utilizará el sistema "Ultimo Planificador" como herramienta de planificación de modo que ayude a mitigar la incertidumbre de las actividades y contribuya al ordenamiento del proyecto. Esto indudablemente, ayudará a identificar errores y aprender de ellos al mismo tiempo que se mitigue el retraso que ya posee el proyecto.

Con este fin, se ha estudiado la implementación del sistema en un horizonte de diecinueve semanas y se ha distribuido en cinco capítulos en este informe. En el primer capítulo se expondrá los antecedentes del proyecto y se justificará la razón de ser de este informe. En el segundo capítulo se explicará los fundamentos teóricos en los que se basa el estudio. En el tercer capítulo, se detallará los aspectos técnicos del proyecto y sus particularidades, luego en el cuarto capítulo se hará la implementación del sistema planteado y se finalizará con las conclusiones y recomendaciones en el quinto capítulo.

## CAPÍTULO I: GENERALIDADES

Antes de profundizar en el tema, es necesario dar a conocer aspectos generales del proyecto a analizar así como los objetivos del estudio a realizar.

### 1.1 Antecedentes

La reprogramación de una obra, es una situación que se presenta continuamente en las obras, sin embargo, hay casos en que este hecho puede ser perenne a lo largo de la ejecución de la misma, por lo que es oportuno aplicar métodos de planificación como el sistema Último Planificador o Last Planner, para controlar los trabajos y mitigar los retrasos. A continuación se expondrá un caso de un proyecto de edificación que está en dicha situación.

“Centro Empresarial Cantuarias”, es un edificio de oficinas que consta de siete sótanos y once niveles ubicado en el distrito de Miraflores. El proyecto fue aprobado con un plazo contractual de 19 meses. El inicio de los trabajos se dio el 24-09-12 con la demolición de obras existentes. La etapa siguiente fue la construcción de los muros anclados en los sótanos cuyos trabajos iniciaron a mediados del mes de octubre del 2012 con una proyección de culminación para el mes de mayo del 2013. Desafortunadamente, no se llegó a lo planteado inicialmente originándose un problema de retraso considerable de aproximadamente tres meses con respecto al cronograma de obra contractual.

Ante esto, surge la preocupación de la Gerencia por las penalidades que se presentarían por incumplimiento de contrato y la pérdida de imagen como empresa constructora debido a la insatisfacción que se originaría en los clientes; pero a la vez es consciente de que no se llegará a cumplir con el plazo contractual. Lo que se espera, entonces, es mitigar el retraso en lo que resta por ejecutar de la obra. Para esto, la Gerencia, ha exigido una reprogramación de obra para poder replantear las entregas de las oficinas y llegar a un acuerdo con los clientes.

## 1.2 Justificación

Al ser de carácter de urgencia una reprogramación de obra, hay que preocuparse no solo en hacer un nuevo cronograma de obra y dar una fecha final del proyecto sino también en cómo controlar los trabajos restantes para cumplir con dicho cronograma, pues es típico trabajar en función de lo inmediato, preocupándose muchas veces de aspectos que no son críticos para el cumplimiento de los objetivos generales del proyecto y dejando de lado la planificación.

De aquí surge la principal razón para el presente trabajo que es implementar un método de planificación específico como es el "Último Planificador" o "Last Planner" en un proyecto que tiene un atraso considerable y evaluar su eficiencia en el control del cumplimiento del nuevo cronograma que nos lleve a mitigar dicho atraso.

## 1.3 Definición de los objetivos

### 1.3.1 Objetivo Principal:

Controlar y mitigar el retraso de los trabajos en un proyecto de obra, de un caso real, implementando el sistema de planificación "Último Planificador".

### 1.3.2 Objetivos Específicos:

- Mejorar la planificación del proyecto para aumentar la confiabilidad del flujo de trabajo y mitigar la variabilidad del proyecto.
- Identificar los errores del sistema y proponer soluciones para volver al sistema más eficiente.
- Estabilizar y mejorar el porcentaje de actividades semanales programadas cumplidas.

## 1.4 Metodología de estudio

1. Recopilación de información básica: conceptos de producción Lean Production, Lean Construction y del sistema de planificación “Último Planificador” para poder tener una base conceptual adecuada.
2. Tiempo de implementación del sistema: el horizonte de aplicación será de 19 semanas, de las cuales las dos primeras serán para introducir los formatos de control y hacer pruebas, y las diecisiete restantes para implementación y toma de datos.
3. Forma de medición y control: La manera de medir los efectos de la implementación del Sistema “Último Planificador” sobre estas especialidades midiendo el porcentaje de actividades completadas (PAC) semanalmente y llevando un registro de las causas de no cumplimiento (CNC) de las actividades planificadas no cumplidas.
4. Conclusiones y recomendaciones: se analizarán los datos obtenidos y se concluirá acerca de qué tan eficiente es el sistema y qué mejoras se pueden obtener para mitigar el retraso. La figura N° 1.1 resume los pasos a seguir para el presente estudio.

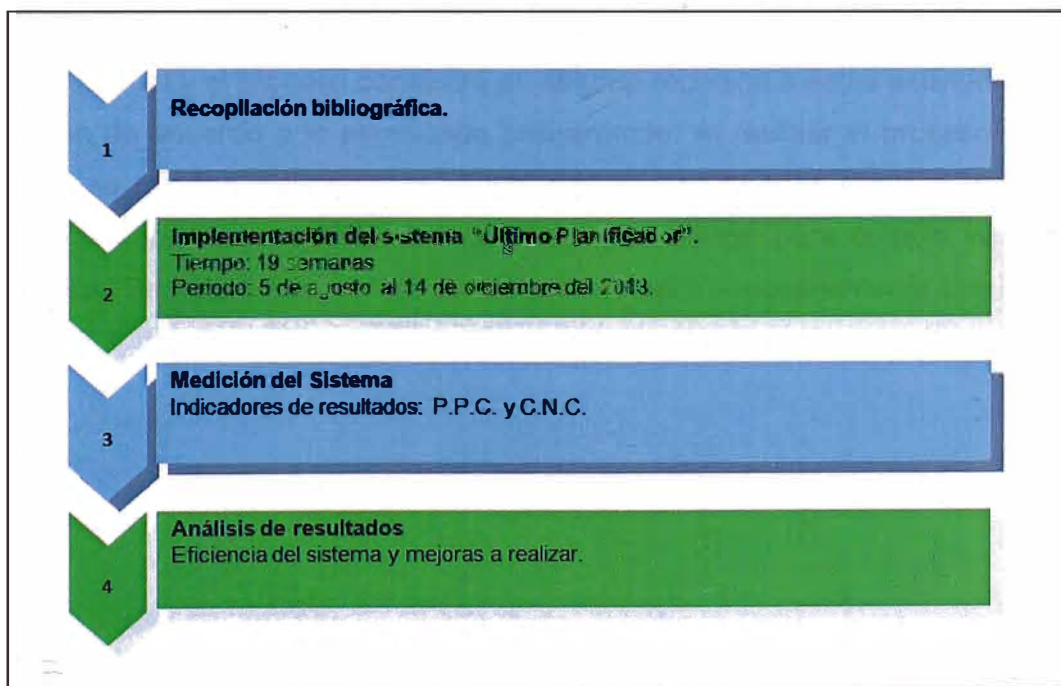


Figura N° 1.1: Metodología de estudio

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se expondrá el marco teórico relacionado al estudio, comenzando con describir la planificación tradicional y luego introduciendo el concepto de “Construcción sin pérdidas” (Lean Construction) para poder entender el sistema “Último Planificador” (Last Planner).

Posterior a esto, se describirá el sistema “Último Planificador” y finalmente se hará una comparación entre este sistema y el sistema tradicional donde se observarán las ventajas de utilización de esta herramienta de planificación en la construcción.

### 2.1 Sistema de Planificación Tradicional

El sistema de planificación tradicional se basa principalmente en la Planificación Global, la cual incluye las bases de la organización, el programa maestro y el presupuesto oficial.

Campero y Alarcón (2008), citados por Gonzales (2012, p.09) señalan que el programa maestro y el presupuesto oficial serán los elementos básicos de dirección, coordinación y control para todos los grupos de trabajo del proyecto.

Según esto, el programa de obra se basará en la programación maestra de toda la obra contractual y el proceso consistirá en asignar recursos a estas actividades y se ejecutarán de acuerdo a lo planificado previamente. Al realizar el proceso de esta forma no se pueden distinguir las actividades que se pueden realizar, ya que se basa netamente en las actividades que hay que realizar para cumplir los plazos estipulados. De esta forma, el flujo de trabajos no será necesariamente continuo. La figura N° 2.1, resume en un esquema el proceso de planificación tradicional.

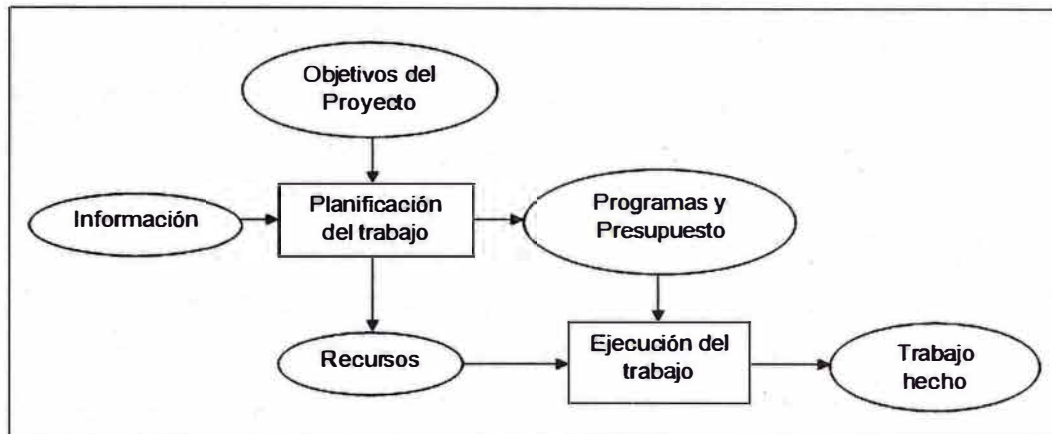


Figura N° 2.1: Esquema del Proceso de Planificación Tradicional.

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

Asimismo, Ballard (1994) citado por Gonzáles (2012, p.10) , explica que el modelo de planificación tradicional posee las siguientes características:

- La planificación tradicional se basa en la destreza del ingeniero a cargo de la programación de la obra.
- El traspaso de información comúnmente se realiza en forma verbal y abarca aspectos de corto plazo, descuidando los aspectos a largo plazo.
- La planificación es considerada como una secuencia de actividades, sin tener en cuenta los recursos.
- Se mide lo realizado contra lo programado en la obra, pero no se mide el desempeño de la habilidad y la destreza para planificar. Esto conlleva a que no se analicen los errores de la planificación y sus causas y por lo tanto a que no se genere un aprendizaje.
- El hacer una planificación muy detallada a largo plazo es innecesario debido a la gran incertidumbre existente. Esta característica es inherente a la construcción por lo que deberemos evitar perder el tiempo planificando con un gran grado de detalle pues inevitablemente habrá que reprogramar.

Como se observa el modelo tradicional hace que el sistema de planificación no sea óptimo pues no se disminuye la incertidumbre y variabilidad presente en la construcción.

## 2.2 Producción sin pérdidas (Lean Production)

El Lean Production es un sistema de producción que se desarrolló en Japón a causa de la difícil situación que se vivía en ese país luego de la Segunda Guerra Mundial. El Lean Production o Sistema Toyota se desarrolló principalmente para empresas manufactureras y buscó producir a bajos costos pequeñas cantidades de productos variados bajo la teoría del desperdicio cero y mejora continua. Taiichi Ohno (1912-1990), creador del sistema Toyota, afirmaba que “en su empresa estudiaban la línea de tiempo desde que el cliente hacía el pedido hasta que la empresa recibía el dinero e iban reduciendo esa línea por medio de la eliminación de los desperdicios que no agregaban valor”.

De acuerdo a Lauri Koskela, la nueva filosofía de producción puede definirse como sigue:

La producción es un flujo de materiales y/o información desde la materia prima hasta el producto final. En este flujo, el material es procesado (conversiones), es inspeccionado, se encuentra en espera o es transportado. Estas actividades son diferentes entre sí. Los procesos representan las *conversiones* en la producción, mientras que los transportes, esperas e inspecciones son los *flujos* de la producción. El proceso de flujo puede caracterizarse por su costo, tiempo y valor, este último entendido como el cumplimiento de los requerimientos del cliente.

La figura N° 2.2 resume en un esquema lo expuesto por Koskela.

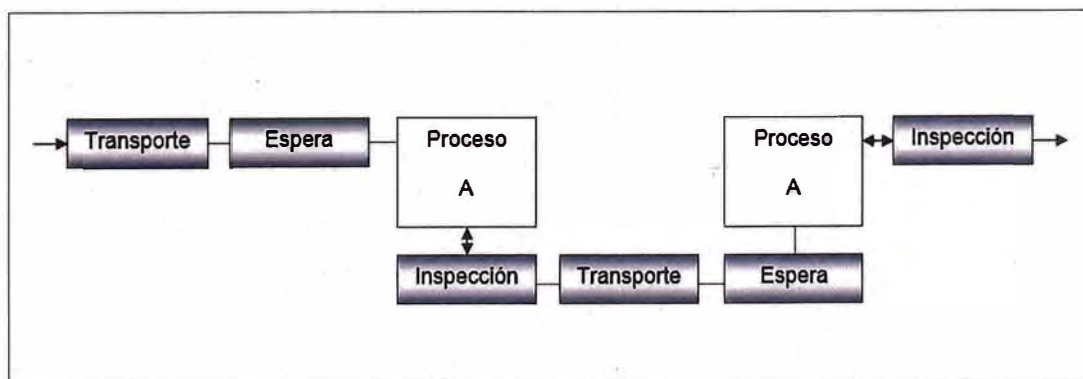


Figura N° 2.2: La producción como un flujo de procesos.

Fuente: Koskela, Lauri. Application of the New Production Philosophy to Construction. 1992

Los cuadros sombreados en gris representan las actividades de flujos, que no agregan valor, en contraste con las conversiones. El nuevo modelo se compone de conversiones y flujos donde las conversiones son las actividades de transformación que convierten los materiales y la información en productos pensando en los requerimientos del cliente y por tanto agregan valor, mientras que en contraposición los flujos no generan valor final para el cliente. Por ejemplo actividades que agregan valor son: concreto de un elemento, albañilería de un muro, etc. De igual manera las actividades que no agregan valor son aquellas que consumen recursos y generan costos, pero no implican un avance en la construcción. Por tanto más productiva será la empresa tanto más eficiente sean las conversiones y reduzca o elimine la duración de los flujos.

Una vez diferenciado los flujos y las conversiones, surge la interrogante de administrar, controlar y evaluar el sistema productivo propuesto. Para esto, Luis Koskela (1992), considera once principios fundamentales para una adecuada gestión de los procesos:

- Reducir las actividades que no agregan valor. (Pérdidas)
- Reducir la variabilidad.
- Reducir el tiempo del ciclo
- Simplificar mediante minimización de los pasos, las partes y la necesidad de conciliar información y uniones.
- Incrementar la flexibilidad en la producción.
- Incrementar la transparencia en los procesos.
- Enfocar el Control del proceso al proceso completo.
- Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.
- Balancear el mejoramiento de los flujos y las conversiones.
- Referenciar permanentemente los procesos (Benchmarking).



### 2.3 Construcción sin pérdidas (Lean Construction)

Lo que se conoce como construcción sin pérdidas (de acuerdo con el *Lean Construction Institute*, [www.leanconstruction.org](http://www.leanconstruction.org)) es una nueva manera de aplicar la gestión de producción en la industria de la construcción. Como su nombre lo dice, esta es una teoría que se ha desarrollado sobre la base de los descubrimientos de la producción sin pérdidas, descrita anteriormente. La filosofía de *lean construction* comienza su auge a comienzos de los noventa, mediante el trabajo realizado por el *International Group of Lean Construction*, el cual congrega a investigadores y a profesionales del medio de la construcción de todo el mundo.

El principio, al igual que en el marco teórico de la producción sin pérdidas, lo que diferencia a la construcción sin pérdidas de las prácticas convencionales es su enfoque en las pérdidas y en la reducción de las mismas. El segundo punto fundamental es el manejo del modelo de flujos planteado por Koskela (1992) en contraposición del modelo de conversión. El modelo de flujo de procesos permite visualizar las abundantes pérdidas que usualmente se encuentran en la construcción y que el modelo de conversión no permite ver.

Ballard (1994) citado por Ghio (2001, p.31) establece que en lugar de mejorar los procesos, la nueva filosofía apunta a mejorar tanto los procesos como los flujos. Por lo tanto, la teoría de construcción sin pérdidas requiere fortalecer los sistemas de gestión de producción así como los procesos de producción en sí, centrando su trabajo en el manejo de un sistema adecuado de planificación y diseño de procesos.

### 2.4 Sistema “Último Planificador” (Last Planner)

El sistema de “Último Planificador” o Last Planner es un sistema de control de proyectos en donde se rediseñan los sistemas de planificación convencionales incorporando en algunos casos a supervisores, subcontratistas, entre otros, con el fin de lograr compromisos en la planificación. Con este propósito, surge el nombre de último planificador quien no da instrucciones a ningún otro nivel de planificación posterior, sino que ellas van directamente a terreno, a las operaciones de construcción. Adicionalmente, la función del último planificador es lograr que lo que

*queremos* hacer coincida con lo que *podemos* hacer y finalmente ambas se conviertan en lo que *vamos* a hacer. Ballard (1994 II) citado por Ghio (2001, p.33).

En este sentido, y con el fin de implementar un sistema de planificación que incorpore los puntos antes mencionados, Ballard, propone el sistema Last Planner, basado en los siguientes principios:

- Las actividades no deben comenzar antes de que todos los requerimientos, para la realización de las mismas, estén satisfechos.
- Se debe medir y monitorizar la realización de las actividades.
- Las causas por las que una actividad no se puede realizar deben ser identificadas y eliminadas.
- Se debe evitar la pérdida de productividad, reasignando actividades cuando las inicialmente asignadas no se pueden ejecutar.
- Debe realizarse una programación a corto plazo, considerando aquellas actividades cuyas restricciones para ser ejecutadas, hayan sido eliminadas.

Como se puede ver, el sistema Last Planner apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con eso a mejorar los desempeños.

A continuación detallaremos cada uno de los elementos que conforman el sistema "Último Planificador".

#### **2.4.1 Programa Maestro**

El programa maestro, es el que se desarrolla según los objetivos generales que hayan sido planteados en el programa inicial. Este programa le pone fechas a los objetivos planteados, es decir, establece las metas del proyecto. Debemos recordar que las actividades de duración despreciable son consideradas como acontecimientos.

Si un acontecimiento es especialmente importante se denominará hito. Entonces, el programa maestro nos sirve para identificar los hitos de control de nuestro proyecto.

## 2.4.2 Planificación intermedia

En la planificación jerárquica, el proceso de planificación intermedia, conocido como Lookahead, cumple la función de controlar los flujos de trabajo. La planificación Lookahead desempeña la función de resaltar lo que se DEBERÍA HACER en un futuro cercano.

Según Ballard, a diferencia de los sistemas tradicionales, el proceso de planificación Lookahead en el sistema Last Planner, tiene múltiples funciones que se muestran a continuación:

- Formar la secuencia del flujo de trabajo y su calcular su costo.
- Proponer el flujo de trabajo y su capacidad.
- Descomponer las actividades del Programa Maestro en paquetes de programas y operaciones de trabajo de más fácil manejo.
- Desarrollar métodos detallados para la ejecución del trabajo.
- Mantener un inventario de trabajo ejecutable.
- Poner al día y revisar los programas del nivel superior.

Para cumplir las funciones antes mencionadas se definen los siguientes procesos específicos:

- Definición del intervalo de planificación
- Definición de actividades.
- Análisis de restricciones.
- Determinación del Inventario de Trabajo Ejecutable.

#### 2.4.2.1 Definición del intervalo de tiempo de la Planificación Lookahead

El intervalo de tiempo que abarca la Planificación Lookahead, se encuentra entre 4 y 12 semanas, dependiendo de las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los tiempos de respuesta para la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria.

#### 2.4.2.2 Definición de las actividades de la Planificación Intermedia

Una vez que se tiene identificado el horizonte de trabajo, se debe desglosar el programa maestro y determinar qué actividades se deben realizar durante el intervalo de tiempo programado. En cada una de las actividades, debo identificar qué factores impiden que mi actividad pueda ser realizada. A estos factores le llamaremos restricciones. Después de identificar cada una de las tareas y sus restricciones dentro de la Planificación Lookahead, se procede a realizar el análisis de las restricciones.

#### 2.4.2.3 Análisis de Restricciones

La función principal del análisis de restricciones es analizar por qué una actividad no puede ser ejecutada, es estudiar cuales son las restricciones que impiden realizar la actividad con la finalidad de liberarla de sus restricciones para ser ejecutada según lo planificado. Para dicha liberación existen dos procesos, éstos son: Revisión de las restricciones y Preparación de las restricciones.

La **revisión de las restricciones** consiste en determinar el estado de las tareas en relación a sus restricciones y a la posibilidad de removerlas antes del comienzo programado de la actividad, a partir de lo cual se puede elegir adelantarlas o retardarlas con respecto al programa maestro. El no realizar el proceso de revisión hace que todas las actividades entren a la planificación intermedia, lo cual supone implícitamente que todas serán ejecutadas, lo cual es un concepto erróneo pues no se obtendrán los resultados esperados. La figura N° 2.3 esquematiza el concepto.

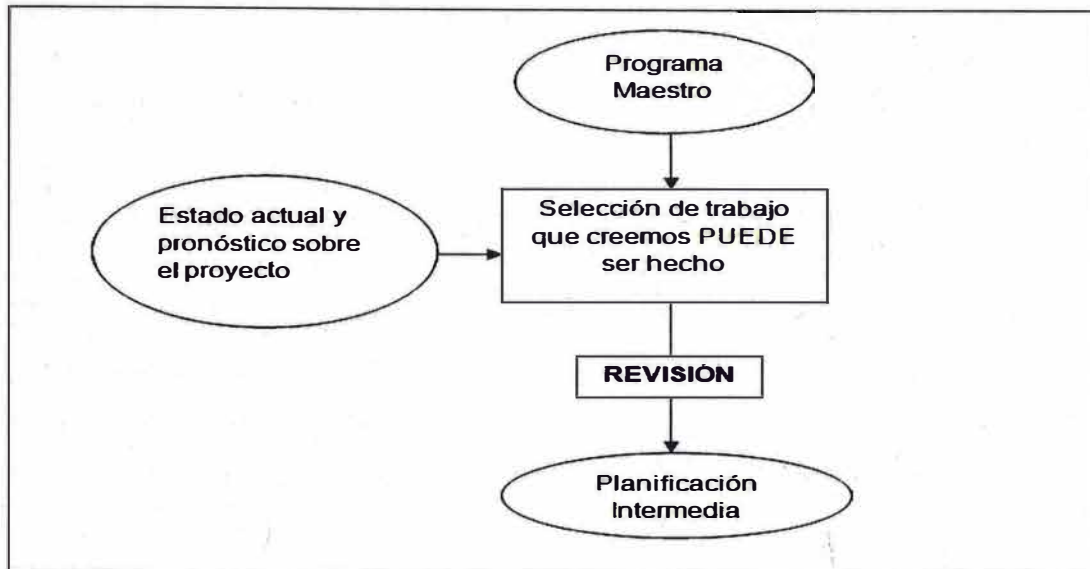


Figura N° 2.3: Esquema del concepto de Revisión.

Fuente: Díaz, Daniela. Aplicación del sistema de planificación Last Planner a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura. 2007.

La **preparación de las restricciones** consiste en tomar las acciones necesarias para remover las restricciones de las actividades de modo que puedan comenzar en la fecha programada. La preparación es un proceso que tiene tres pasos:

1. **Confirmar el “tiempo de respuesta”**, el liberar restricciones, está íntimamente relacionado con los tiempos de respuesta que tengan nuestros proveedores. Es por esto que debemos conocer el tiempo de respuesta más probable que nos brinda el proveedor. Este tiempo de respuesta debe ser más corto que la ventana Lookahead o la tarea no será admitida en este programa.
2. **Arrastrar**, que significa pedirle certeza al proveedor acerca de cuándo contaré con todo lo necesario para completar el proceso de la tarea a comenzar.
3. **Apresurar**, Si el período de respuesta anticipado es demasiado largo, entonces puede ser necesario asignar recursos adicionales para acortarlos.

Cuando una actividad ya ha sido liberada de todas sus restricciones, está en condiciones de ser ejecutada. Así es como pasamos al siguiente nivel del sistema: el inventario de trabajo ejecutable (ITE).

#### **2.4.2.4 Determinación del Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)**

Cuando liberamos las restricciones de alguna actividad, esta actividad pasa inmediatamente a una lista de actividades que podemos ejecutar. Esta lista es el llamado inventario de trabajos ejecutables. En esta etapa, estamos pasando desde las actividades que se deben hacer, hacia las actividades que se pueden hacer.

#### **2.4.3 Planificación Semanal**

De las actividades del Inventario de Trabajo Ejecutable, se deberán seleccionar aquellas que entrarán en la ventana de programación semanal.

Si una actividad del Plan de Trabajo Semanal no puede ser ejecutada o si se ejecutan algunas actividades antes de lo esperado, del Inventario de Trabajos Ejecutables se “escogerán” nuevas actividades, para evitar tiempos muertos en la unidades de trabajo, o que se realicen actividades al azar que se salgan de la secuencia de trabajo y que más tarde generen trabajos más costosos o de mayor dificultad.

#### **2.4.4 Porcentaje de Plan cumplido (PPC) Y Causas de No cumplimiento (CNC)**

Consiste en medir la efectividad de la programación usando un indicador como el PPC (porcentaje de Planificación cumplida) e identificar las Causas del No cumplimiento. Esto último sirve para conocer cuáles son las razones que más se repiten y poder corregirlas para las siguientes semanas (proceso de retroalimentación).

Finalmente, en la figura N° 2.4 se muestra un esquema en donde se resumen todos los conceptos y etapas del sistema de planificación “Último Planificador”.

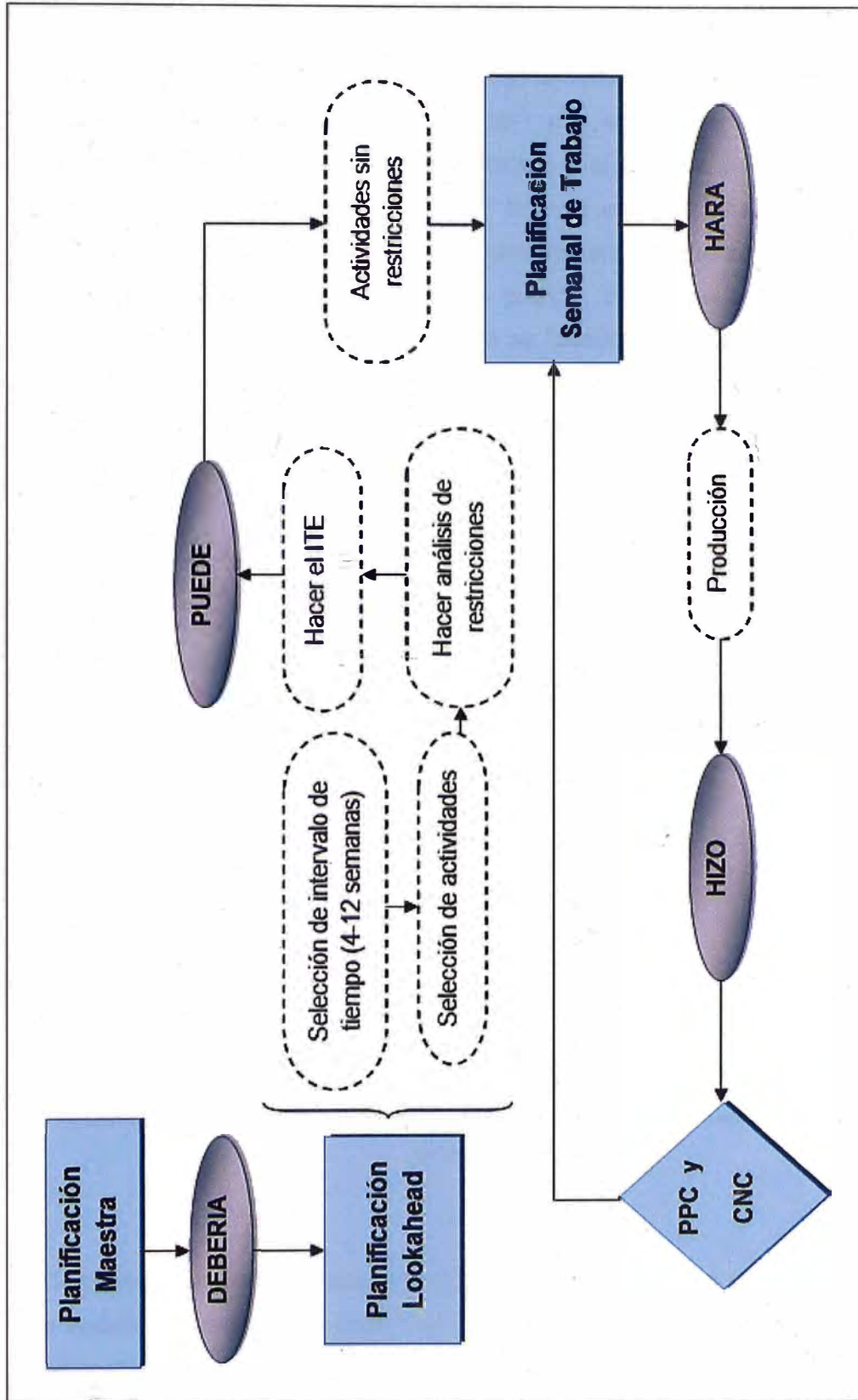


Figura N° 2.4: Resumen de Sistema "Último Planificador".

Fuente: Elaboración propia

## 2.5. Comparativo entre el sistema tradicional y el sistema Último Planificador

Hasta el momento, se ha explicado el fundamento teórico para el desarrollo de este informe. Ahora bien podemos hacer una síntesis y explicar la diferencia fundamental entre el sistema convencional y el sistema último planificador. En la programación convencional (figura N° 2.5) se propone una meta de tiempo para desarrollar una actividad, a esta se le conoce como lo que se “debería” hacer según la programación, este es el conjunto grande, dentro de este se encuentran dos subconjuntos lo que “se hará” y lo que se “puede” hacer y generalmente se ponen metas muy exigentes sin tener en cuenta lo que realmente puede hacerse, haciendo que finalmente la intersección entre lo que “se hará” y lo que “puede” hacerse sea lo que finalmente se ejecuta.



Figura N° 2.5: Filosofa de planificación usual.

Fuente: García, Alejandro. Aplicación de la metodología Lean Construction en las viviendas de interés social. 2012.

Contrario al proceso de programación tradicional, el último planificador, al involucrar a aquellas personas que tienen un cierto nivel de conocimiento de las actividades a ejecutar pretende que lo que se “debería” hacer contenga a lo que se “puede” hacer y éste a su vez contenga a lo que “se hará” tal como se muestra en la figura N°2.6.





Figura N° 2.6: Filosofía de planificación Last Planner.

Fuente: García, Alejandro. Aplicación de la metodología Lean Construction en las viviendas de interés social. 2012

Asimismo el cuadro N° 2.1 resume y compara a la vez ambos sistemas.

Cuadro N° 2.1: Comparación entre sistema convencional y sistema "Último Planificador".

Sistema de gestión Convencional	Sistema de gestión "Último Planificador"
La producción se basa en actividades de conversión, que añaden valor al producto.	La producción consiste en actividades de conversión y flujos: actividades que agregan valor y actividades que no agregan valor al producto.
Filosofía de incrementar la eficiencia de los procesos de conversión	Filosofía de reducir y eliminar actividades que no agregan valor e incrementar la eficiencia de las actividades que sí agregan valor.
Se debe--Se hará --Puede	Debe--Puede--Se hará
Planificación basada en supuestos con alto grado de incertidumbre.	Planificación basada en compromisos de corto plazo y confiables.
Programación según criterio del programador.	Programación con la participación del personal clave en el proyecto.
Metodología: Detectar y corregir.	Metodología: Prevenir y monitoreo permanente.

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO III: ESTUDIO DEL EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO SELECCIONADO Y EVALUACIÓN DEL AVANCE FÍSICO E INVENTARIO DE OBRA

En el capítulo anterior, se expuso los fundamentos teóricos en que se basa este informe; ahora se explicará en qué consiste el proyecto, la forma en que se desarrolló hasta la implementación del sistema “Ultimo planificador”, su avance físico y sobre todo las causas que llevaron al atraso con respecto al cronograma contractual.

### 3.1. Ubicación del Proyecto

El proyecto “Centro Empresarial Cantuarias”, se encuentra ubicado en el pasaje Tello N° 219 esquina con calle Cantuarias N° 152 - 154, distrito de Miraflores, provincia y departamento de Lima. La figura N° 3.1 muestra la ubicación del proyecto.



Figura N° 3.1: Ubicación del Proyecto “Centro Empresarial Cantuarias”.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2 Memoria descriptiva del Proyecto

El edificio posee un área de terreno de 788.49 m<sup>2</sup> y el área a construir es de 10 997.68 m<sup>2</sup>. El edificio es de uso administrativo y colinda con 03 edificios. La figura N° 3.2 muestra la colindancia del edificio.

Tendrá 11 pisos y 07 sótanos en los cuales se albergará 03 locales comerciales en el 1° piso, 55 oficinas repartidas del 2° al 11° piso y 108 estacionamientos distribuidos en 07 sótanos.

La modalidad de contrato celebrado es SUMA ALZADA. El presupuesto contractual aprobado para el proyecto es de 11 647 202.94 Nuevos Soles de los cuales la empresa cobrará el 13% por dirección técnica lo que equivale a 1 800 923.30 Nuevos Soles.

El proyecto tiene un plazo de ejecución contractual de 19 meses. El inicio de los trabajos fue setiembre del año 2012 y el mes de culminación contractual es abril del año 2014.

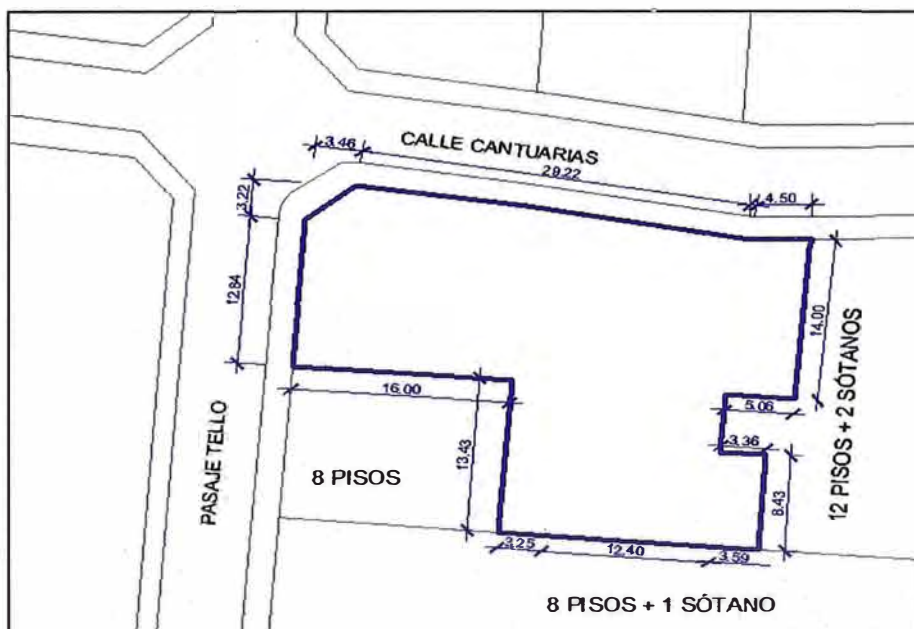


Figura N° 3.2: Colindancia del edificio "Centro Empresarial Cantuarias".

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Principales restricciones presentes en el Proyecto

Adicionalmente a la falta de planificación en obra, se sumaba las restricciones que no se tenían en cuenta al momento de hacer la programación de las actividades. Estas restricciones las mencionamos de la siguiente manera:

#### 1. Frente para carga y descarga limitado

El único frente permitido y aprobado por la Municipalidad que tiene el proyecto para las maniobras de carga y descarga es por el lado de pasaje Tello el cual mide aproximadamente 16 m. Este espacio solo permite que se haga una maniobra a la vez, es decir por ejemplo, o bien se descarga material, o se coloca la bomba y mixer para el vaciado de concreto. En la etapa de excavación masiva y vaciado de muros, se instaló una faja transportadora que no podía funcionar en simultáneo con el vaciado de los muros anclados, prolongando las actividades. La figura N° 3.3 muestra el espacio limitado en pasaje Tello.

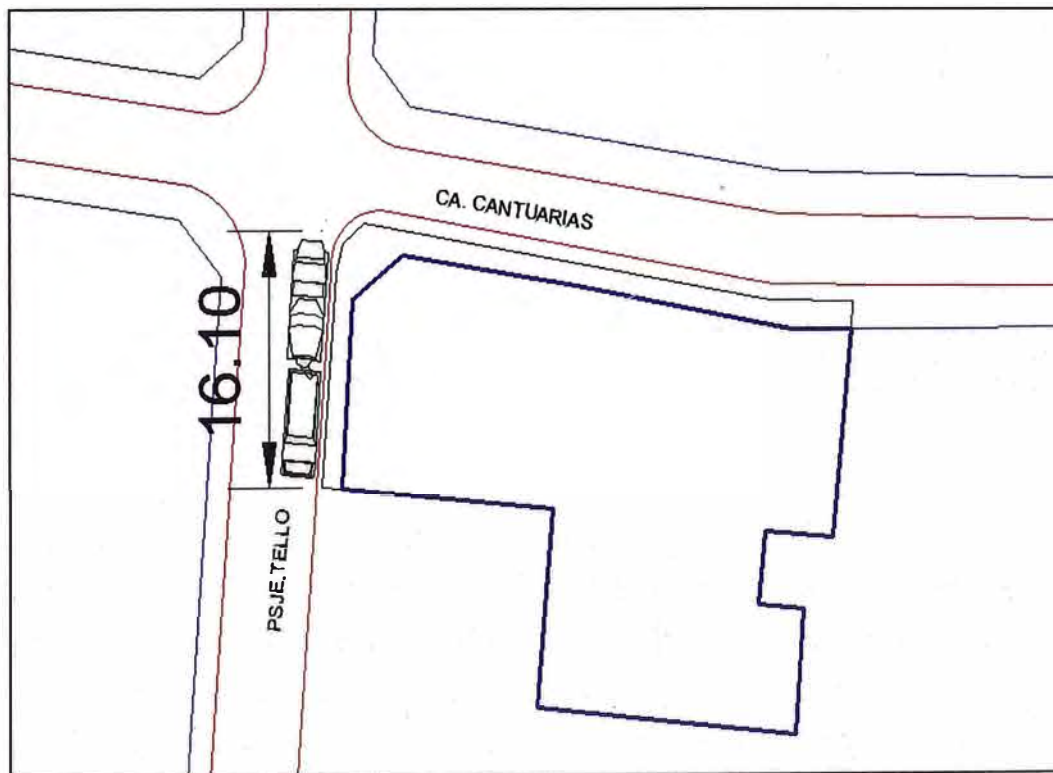


Figura N° 3.3: Frente de carga y descarga en "Centro Empresarial Cantuarias".

Fuente: Elaboración propia.

## **2. Restricción de horario**

La obra está ubicada a pocas cuadras de la municipalidad del distrito de Miraflores, lo que hace que sea aún más vulnerable a continuas inspecciones por fiscalización cuando se excede el horario establecido. Si bien es cierto que existe un horario reglamentado, hay ocasiones en que es necesario excederse pocos minutos para terminar la jornada, pero al tener la obra una ubicación poco estratégica, esos minutos ocasionaron notificaciones. Para evitar esto, innumerables veces se tuvo que dejar inconclusa alguna actividad.

## **3. Espacio limitado para acopiar materiales**

Al tener un solo frente de carga y descarga, las maniobras deben realizarse en el menor tiempo posible, por lo que los materiales debían acopiarse en lugares cercanos para evitar demoras.

## **4. Forma asimétrica del terreno.**

Asimismo, la forma asimétrica del terreno no ayudaba en la planificación debido a que al tenerse las actividades de vaciado de los muros anclados, las perforaciones de anclajes y la excavación masiva, no se podía tener personal obrero trabajando cerca porque estaban expuestos al peligro. Las actividades pocas veces se hacían en simultáneo.

## **5. Interferencias circundantes**

En el único frente de carga y descarga había una interferencia importante que era los cables de luz y telefonía, los cuales hacían que el ciclo de eliminación de material fuese más lento.

## **6. Hostigamiento por parte de los vecinos.**

En cualquier proyecto que se realice siempre se presentará el problema con los vecinos. En nuestro caso, este problema se convirtió en hostigamiento, debido a que un vecino quería a cualquier costo paralizar la obra, por lo cual movía sus influencias con la municipalidad y lograba tenernos vigilados las 8 horas que dura la jornada laboral. Las influencias de este vecino con la municipalidad eran un problema puesto que diez minutos antes de terminar las labores, el personal de fiscalización ya estaba afuera de obra esperando que nos excedamos del tiempo para emitir una notificación.

### 3.4 Planificación en obra

El inicio de los trabajos se dio el 24 de setiembre del 2012. Esta obra tenía un staff profesional conformado por 01 residente de obra, 01 ingeniero de producción, 01 ingeniero de costos y calidad (quien relata este informe), 01 administrador de obra y 01 prevencionista de riesgos. A continuación se resumirá la forma de planificación que se llevaba en obra:

- El ingeniero residente era la autoridad mayor dentro del equipo staff y se encargaba de las coordinaciones de obra. El ingeniero residente, a su vez, reportaba a su jefe directo que tenía el cargo de Gerente de Operaciones y era quien daba las disposiciones finales del proyecto. Asimismo, el Gerente de Operaciones coordinaba los últimos detalles y aprobaciones de decisiones con el Gerente Inmobiliario, quien viene a ser el cliente.
- Las coordinaciones de los trabajos de obra y la forma de ataque de frentes eran lideradas por el ingeniero residente y éstas se hacían una vez a la semana contando con la participación del maestro de obra. Estas reuniones se llevaron a cabo durante los primeros meses de ejecución de la obra pero después se dejaron de realizar.
- La planificación se basaba en la experiencia del ingeniero residente, quien no permitía ninguna objeción a sus decisiones tomadas.
- La información e indicaciones se hacía en forma verbal y era por un periodo muy corto, de hasta de un día por ejemplo.
- Se planificaba considerando que se tenían todos los recursos o que éstos eran fáciles de conseguir, haciendo que la logística de los materiales no sea óptima.
- No se le daba importancia suficiente a las restricciones y se planificaba las actividades sin tener las observaciones levantadas.
- Se realizaba planificaciones con un periodo máximo de una semana, y muchas veces se llegaba a cumplir lo estipulado sólo en los dos primeros días.
- Las actividades se planificaban con un plazo muy óptimo de ejecución que no admitía error alguno, por lo que si algo fallaba, el cambio en lo programado era notable.

- Se medía lo realizado contra lo programado en la obra, pero no se medía si se estaba planificando bien y en cuánto se ha mejorado. No había un patrón que mida la mejora en la planificación.

Como se puede apreciar, según lo anteriormente mencionado, no había un concepto claro de planificación lo que condujo a un atraso de obra considerable.

### 3.5 Avance físico e inventario de trabajos

Los primeros trabajos a realizar fueron de demolición de estructuras existentes, luego se procedió con la excavación y eliminación masiva en simultáneo con la ejecución de los muros anclados.

Según el cronograma contractual (anexo N° 1), la duración de los trabajos de muros anclados era de 197 días calendario (aprox. 6.5 meses), teniendo como fecha de culminación el 31 de mayo del 2013. Asimismo la excavación y eliminación masiva tenía como fecha de término el 29 de agosto del 2013. La figura N° 3.4 muestra un extracto del cronograma contractual con las fechas de término mencionadas.

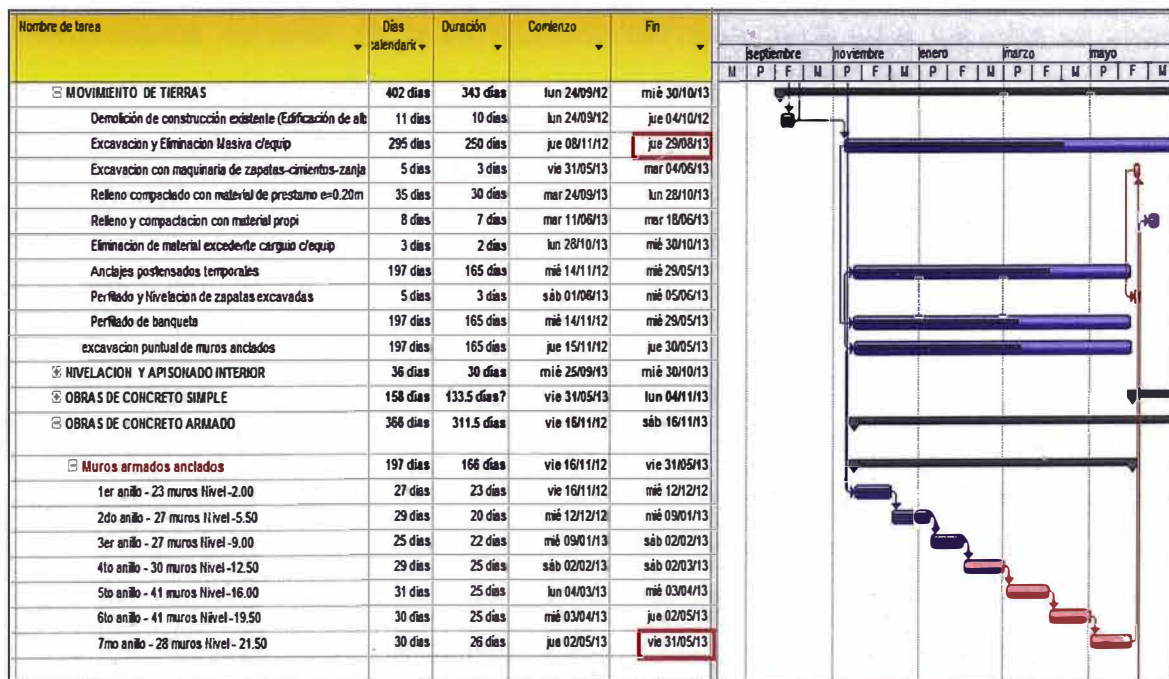


Figura N° 3.4: Etapa de ejecución de muros anclados y excavación masiva en cronograma contractual.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el extracto sustraído del cronograma contractual, cada anillo de muro anclado tiene un periodo de duración de aproximadamente un mes, lo que da a entender que cada anillo tiene el mismo grado de dificultad.

Aquí ya se observa un error sustancial y determinante para la obra, puesto que por experiencia y proceso constructivo se sabe que la ejecución de los muros anclados aumenta su grado de dificultad en ejecución conforme aumenta la profundidad ya que se hace más complicado eliminar el material y por ende, más complicado tener frentes libres de trabajo para vaciado de muros.

Este cronograma estuvo vigente hasta el **20 de mayo del 2013**, cuando aún se estaba ejecutando el quinto anillo, debido al atraso considerable de dos meses que ya se tenía con respecto del hito de término de los muros anclados (31 de mayo del 2013).

Se planteó, entonces, hacer una nueva reprogramación de obra (anexo N° 2) que contemple los plazos reales de las actividades ejecutadas en obra y plasme el nuevo hito de culminación de los muros anclados. Esta reprogramación estuvo a cargo únicamente del ingeniero residente y se hizo sin la participación de todos los involucrados, es decir, sin la participación del maestro de obra, los jefes de cada frente de trabajo, llámese jefe de encofradores y vaciado, jefe de colocación de acero, ingenieros y maestro de obra. De este modo, se plasmó que el nuevo hito de culminación de los muros anclados sería el día 10 de julio del 2013. La figura N° 3.5 muestra un extracto del cronograma reprogramado con la fecha de término mencionada.

El cronograma reprogramado, también tuvo errores puesto que no consideró las restricciones sustanciales que el proyecto tenía y los rendimientos reales de la mano de obra. Asimismo se usó el mismo criterio que se usó para la elaboración del cronograma contractual, es decir, se concentraron en la secuencia de actividades y no en los recursos disponibles. Esta reprogramación de obra tuvo vigencia hasta el día **02 de julio del 2013**, fecha en que por disposiciones de la Gerencia, se hace un cambio en la residencia de la obra.



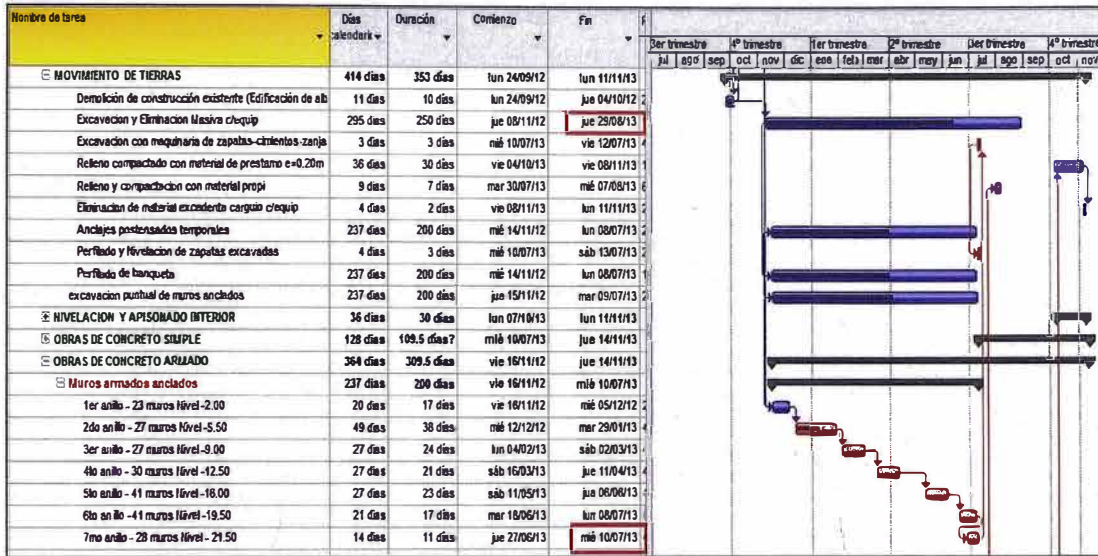


Figura N° 3.5: Etapa de ejecución de muros anclados y excavación masiva en cronograma reprogramado.

Fuente: Elaboración propia.

Los trabajos ejecutados a la fecha durante el primer periodo de residencia se muestran en las figuras N°3.6 ,3.7 ,3.8 ,3.9 ,3.10.



Figura N° 3.6: Frentes de ejecución de los muros anclados.

Fuente: Elaboración propia.

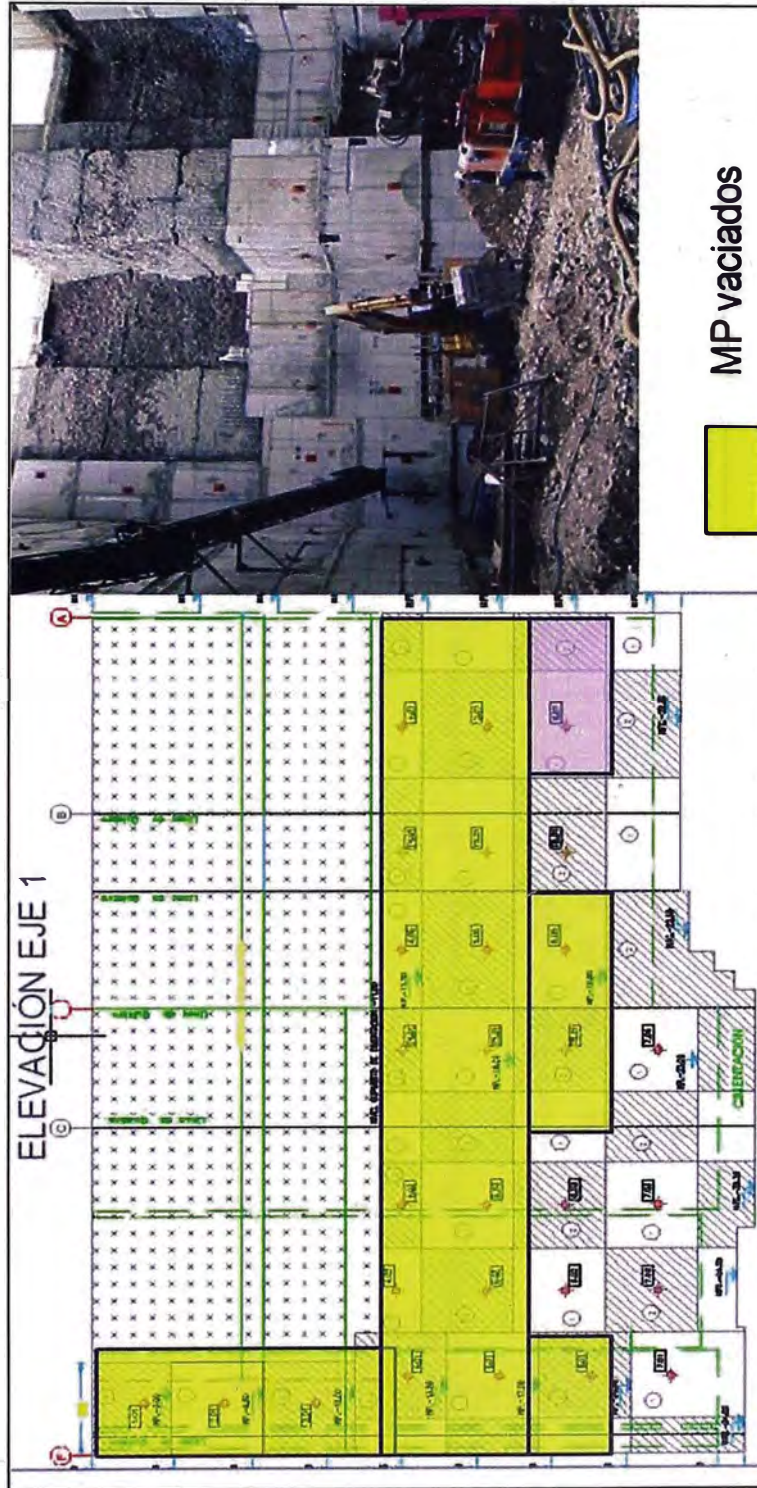


Figura N° 3.7: Frente de ejecución de muro anclado: Elevación eje 1.

Fuente: Elaboración propia.

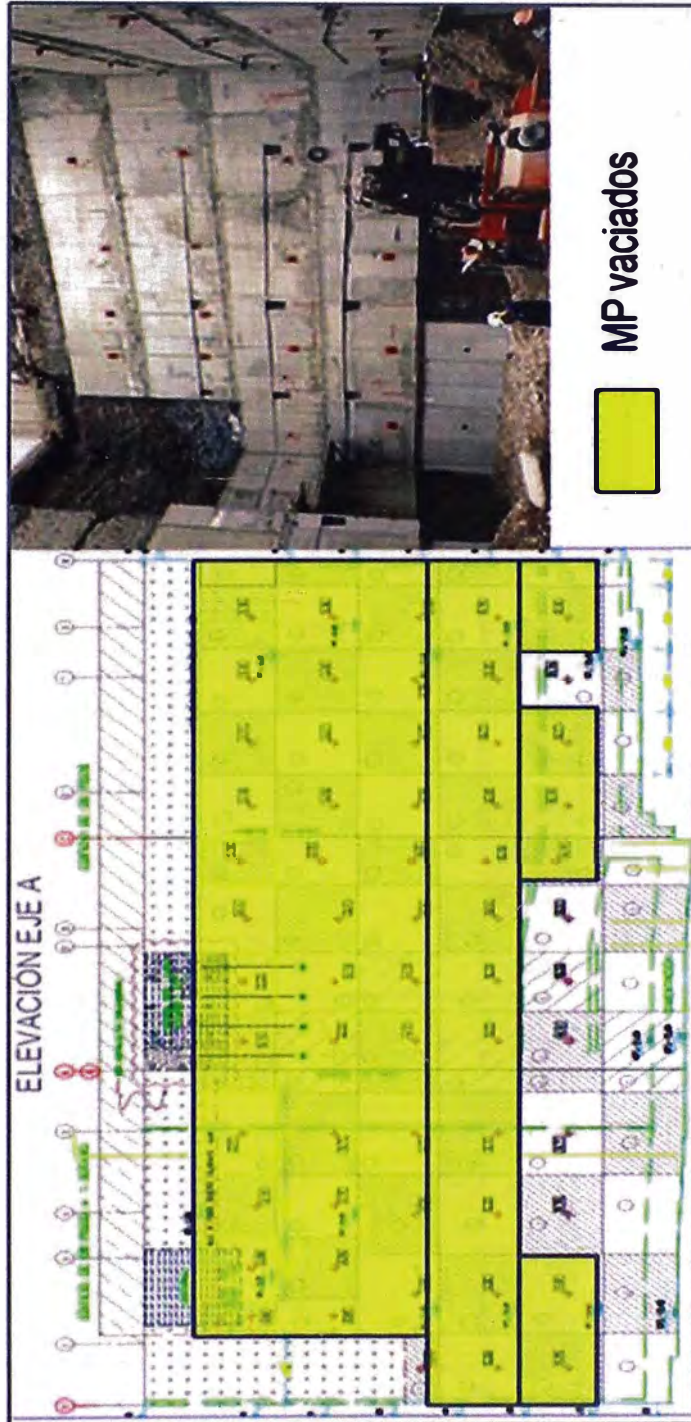


Figura N° 3.8: Frente de ejecución de muro anclado: Elevación eje A.

Fuente: Elaboración propia.

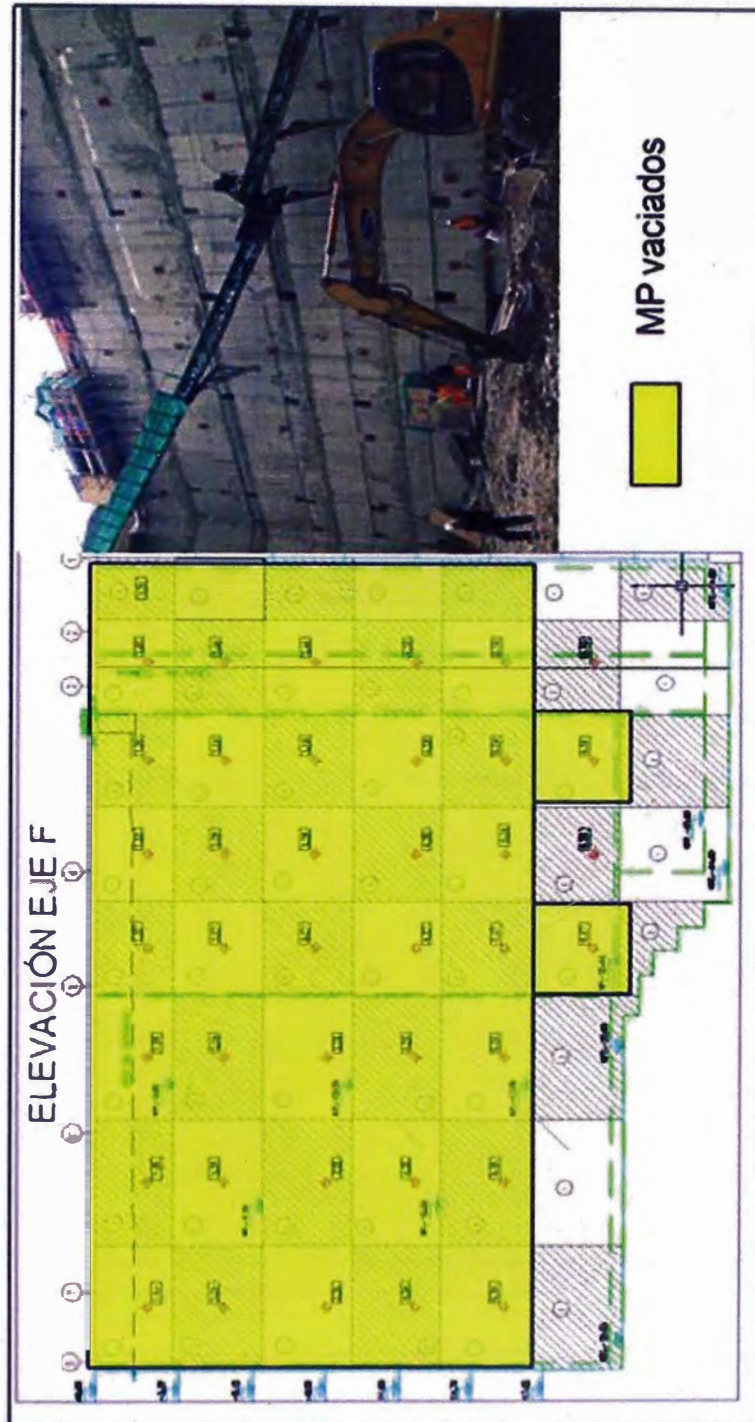


Figura N° 3.9: Frente de ejecución de muro anclado: Elevación eje F.

¡Fuente: Elaboración propia.

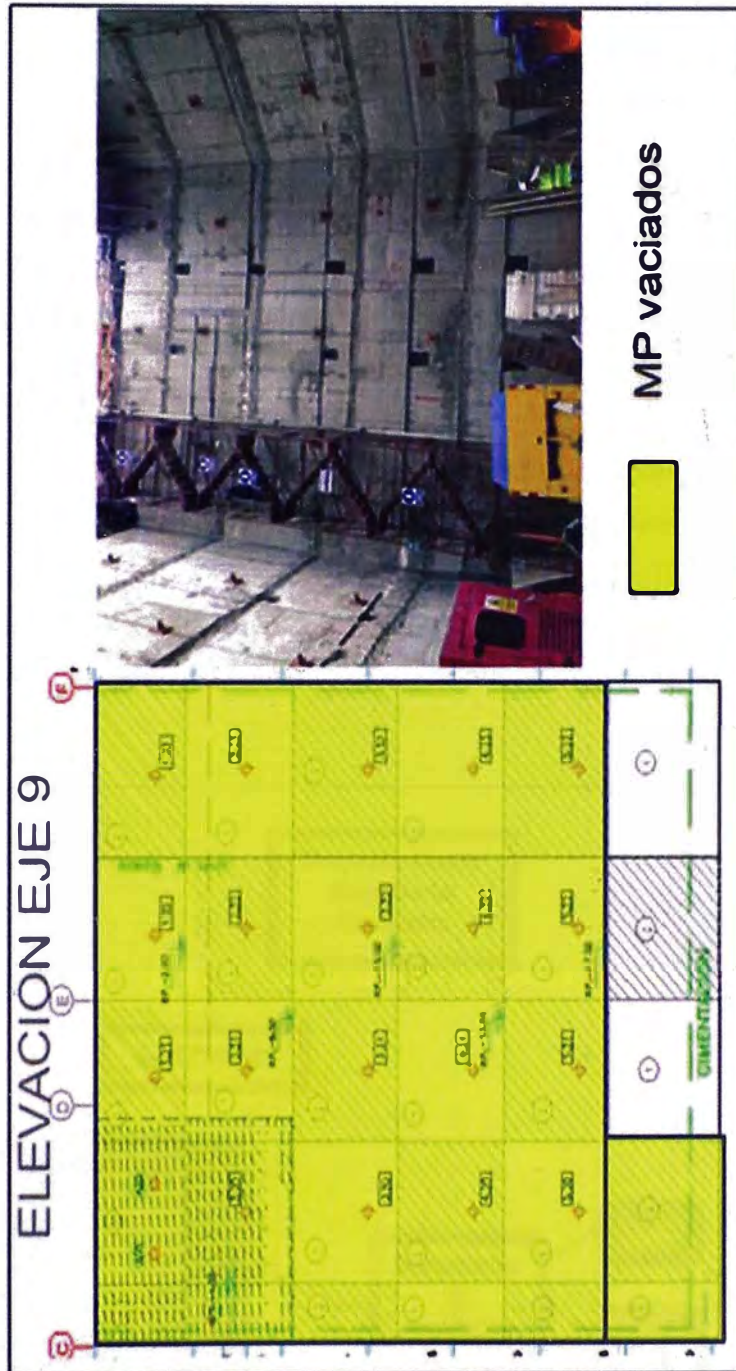


Figura N° 3.10: Frente de ejecución de muro anclado: Elevación eje 9.

Fuente: Elaboración propia.

## CAPITULO IV: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA "ÚLTIMO PLANIFICADOR" AL PROYECTO.

En este capítulo se expondrá la implementación del sistema "Último Planificador" al proyecto, considerando los criterios expuestos en el capítulo anterior.

Para dicho fin, se describirá de forma cualitativa la metodología de implementación y se mostrarán cuantitativamente los indicadores de porcentaje de plan completado (PPC) y causas de no cumplimiento (CNC) obtenidos para evaluar el nivel de eficiencia de la implementación del sistema.

Dadas las condiciones del proyecto, se empezó por implementar el sistema "Último Planificador" o "Last Planner" a partir del sexto anillo correspondiente a la etapa de muros anclados. El horizonte de implementación fue de 19 semanas (05 de agosto al 14 de diciembre del 2013). La figura N° 4.1 muestra un esquema de lo que se verá en este capítulo.

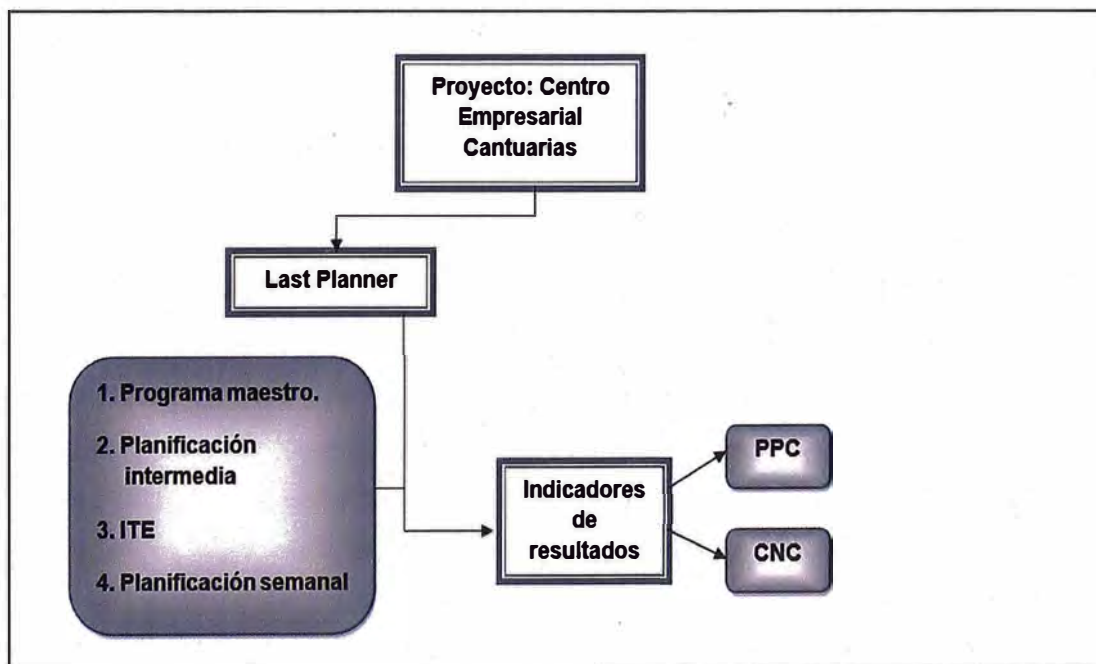


Figura N° 4.1: Diagrama de descripción del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1 Reunión de Conocimiento del Grupo de Trabajo

Debido a que el Proyecto dejaba una etapa en donde no había una adecuada planificación y entraba a una nueva etapa con nuevos cambios para mejoras en la planificación y ejecución de obra, se tuvo que reunir a todo el equipo para informarles acerca del cambio y de los nuevos retos que como obra y equipo tendríamos que asumir para poder mitigar el atraso que ya se tenía.

Los integrantes de la reunión fueron el ingeniero residente, el ingeniero de producción, el administrador, el jefe de almacén, el maestro de obra y el ingeniero de costos, quien redacta este informe.

En la reunión se explicó el sistema a implementar dejando en claro los objetivos a cumplir. Se explicó que cada actividad tenía restricciones que impedían que ésta se realizara y había que focalizarse en realizar un seguimiento a cada una de estas restricciones para liberarlas y permitir la ejecución de la actividad en la fecha que estaba programada. Asimismo, se les dio a entender que no se buscaba imponer actividades sino, por el contrario, se buscaba la participación de todos para poder obtener una planificación confiable.

#### 4.2 Planificación usando Lean Construction

Al darse el cambio en la residencia, se tuvo que planificar la culminación de los trabajos de muros anclados para dar inicio a la construcción del casco armado y obtener nuestro plan maestro. Para este fin, fue necesario usar la filosofía del lean construction, es decir, la utilización de trenes de trabajo para lo cual se tuvo que analizar la forma de sectorización, la secuencia de trabajos y el dimensionamiento de las cuadrillas. Del mismo modo, se tuvo que optar por cambiar algunos sistemas constructivos para mejorar el tiempo y mitigar las restricciones que se tenían en obra, como por ejemplo, se cambió el sistema convencional de losas Firth por el sistema de Pre-losas, la albañilería convencional por albañilería armada con ladrillo blanco, se cambió a drywall la albañilería en sótanos, etc. Asimismo, al tener las restricciones de espacio y tiempo, se optó por la utilización de una torre grúa, no prevista en el presupuesto, para facilitar el acarreo vertical y horizontal. La figura N° 4.2 muestra la ubicación de la torre grúa en obra.

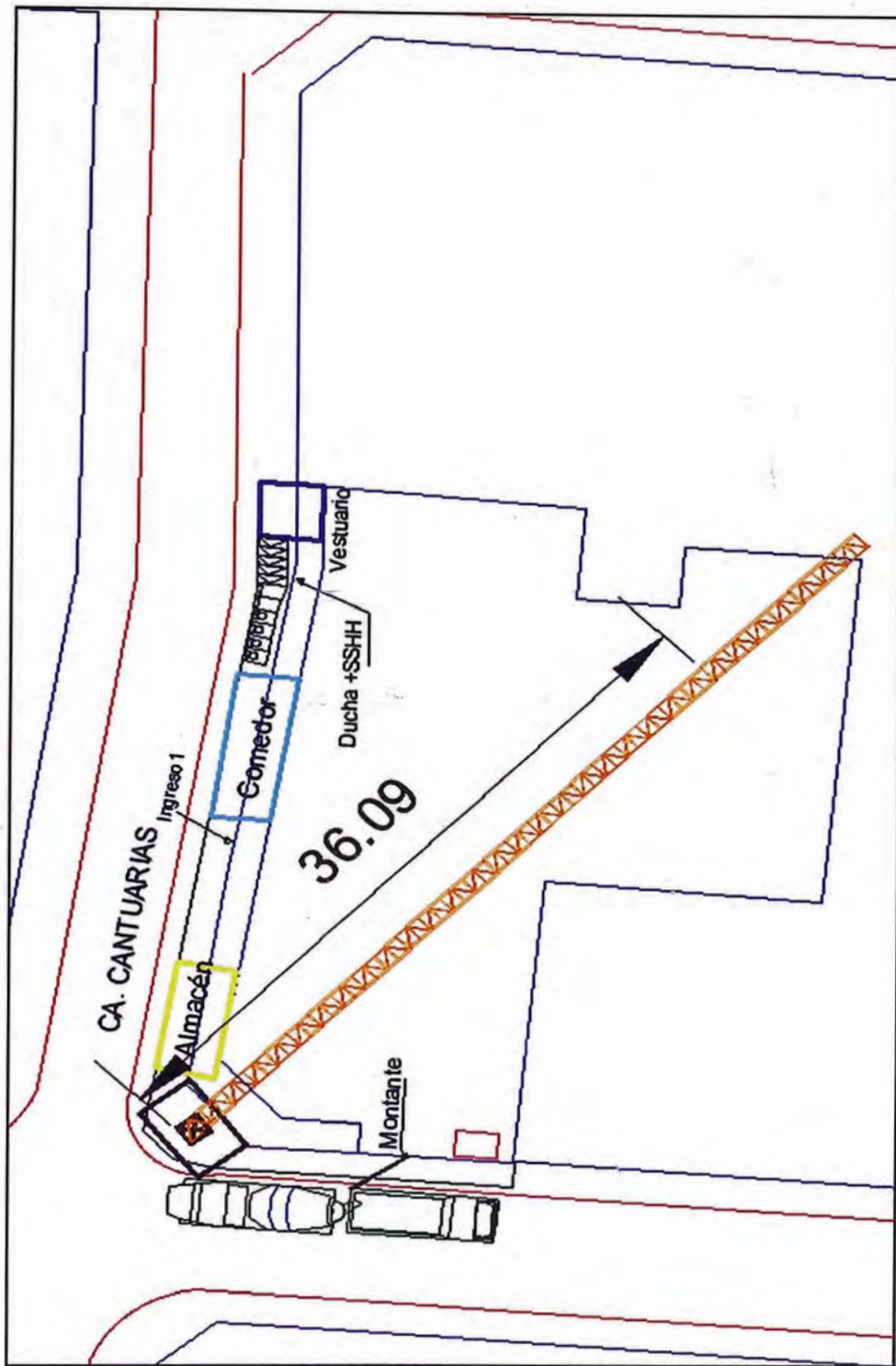


Figura N° 4.2: Ubicación de Torre grúa en el Proyecto.

Fuente: Elaboración propia



#### 4.2.1 Planificación de muros anclados

Para el término de los muros anclados y la excavación masiva , no se pudo aplicar el concepto de trenes de trabajo ,debido a que existía mucha variabilidad en las actividades ya sea por indecisiones de la Gerencia o intervenciones de la intendencia . A pesar de las complicaciones, se analizó la forma de programar los trabajos restantes que serían parte del plan maestro. A continuación se muestra la figura N°4.3, donde se observa la programación tentativa de la culminación de los muros anclados.

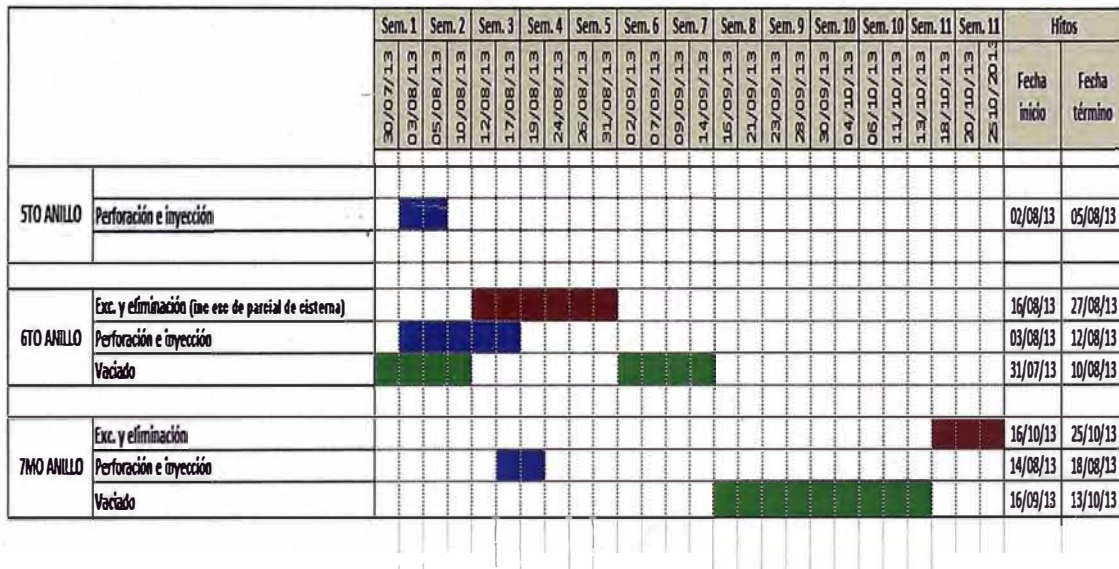


Figura N° 4.3: Cronograma tentativo de muros anclados.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2 Planificación del Casco armado en sótanos

Debido al alcance de estudio de este informe, se presentará la planificación solamente en sótanos.

1. **Secuencia constructiva.-** Teniendo en cuenta las restricciones mencionadas en el capítulo 3, se estableció la secuencia de actividades que mostramos a continuación en las figuras N° 4.3, 4.4, 4.5, 4.6.

**\*Cimentación:**

ACTIVIDADES	SECTORES							
	DIAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
EXCAVACION LOCALIZADA ZAPATAS ( 8 am @ 4.30 pm)	█	█	█	█				
SOLADOS Y FALSAS ZAPATAS ( 8 am @ 4.30 pm)		█	█	█	█			
ACERO DE CIMENTACION ( 8 am @ 4.30 pm)			█	█	█	█		
ENCOFRADO DE CIMENTACION ( 8 am @ 3.30 pm)				█	█	█	█	
CONCRETO CIMENTACION ( 1 pm @ 4.30 pm)				█	█	█	█	

Figura N° 4.4: Secuencia de actividades para cimentación.

Fuente: Elaboración propia

**\*Elementos verticales:**

ACTIVIDADES	SECTORES									
	DIAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACERO EV ( 8 am @ 4.30 pm)					█	█	█	█		
ENCOFRADO EV ( 8 am @ 3.30 pm)						█	█	█	█	
CONCRETO EV ( 1 pm @ 4.30 pm)						█	█	█	█	

Figura N° 4.5: Secuencia de actividades para elementos verticales.

Fuente: Elaboración propia

**\*Elementos horizontales:**

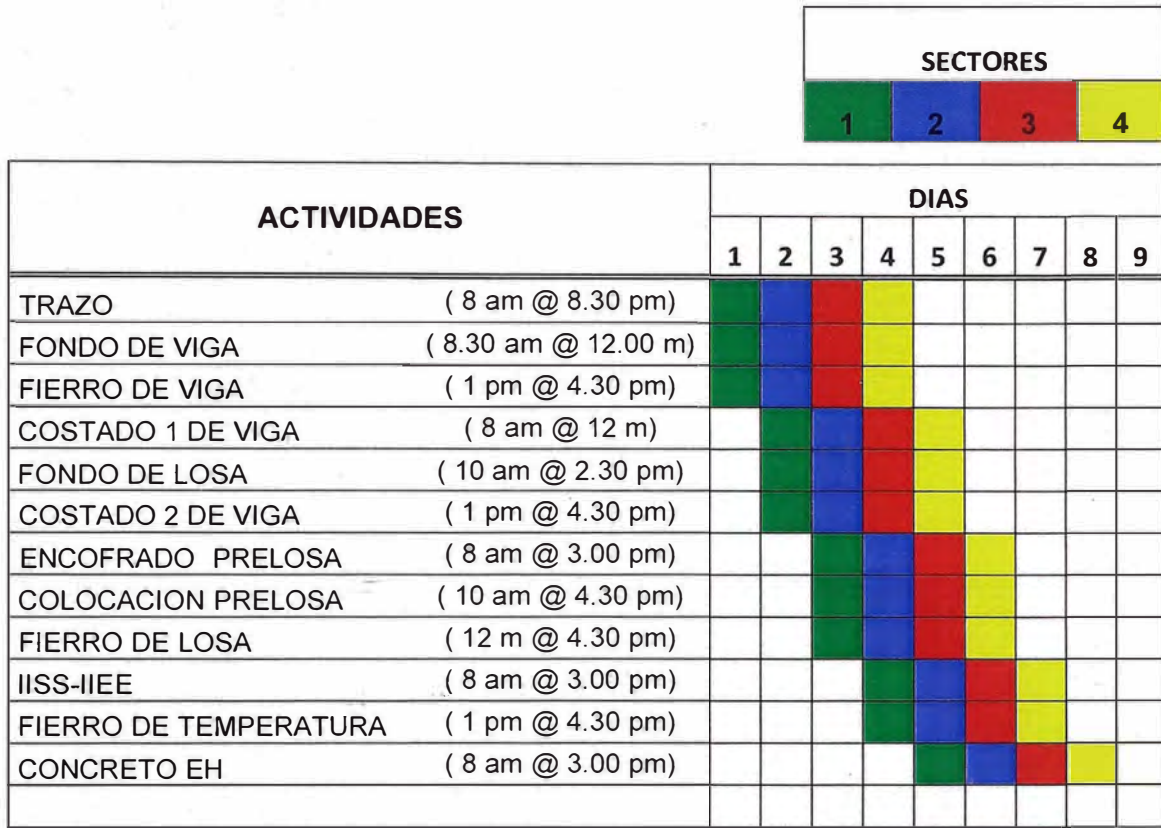


Figura N° 4.6: Secuencia de actividades para elementos horizontales.

Fuente: Elaboración propia

**2. Tren de Actividades.-** Se busca que, una vez detallada la secuencia constructiva para la ejecución de un elemento o partida, una cuadrilla específica pueda realizar todos los días la misma actividad, cambiando únicamente de lugar de trabajo. A esto se le llama tren de actividades y para ello se tiene que dividir los volúmenes de trabajo en porciones pequeñas, más manejables o lo que conocemos como sectorización. La programación de cada actividad se logra mediante el balance de la capacidad de las cuadrillas asignadas a cada actividad, eliminando así tiempos de espera y tiempos muertos. La figura N° 4.7 muestra la sectorización del proyecto.

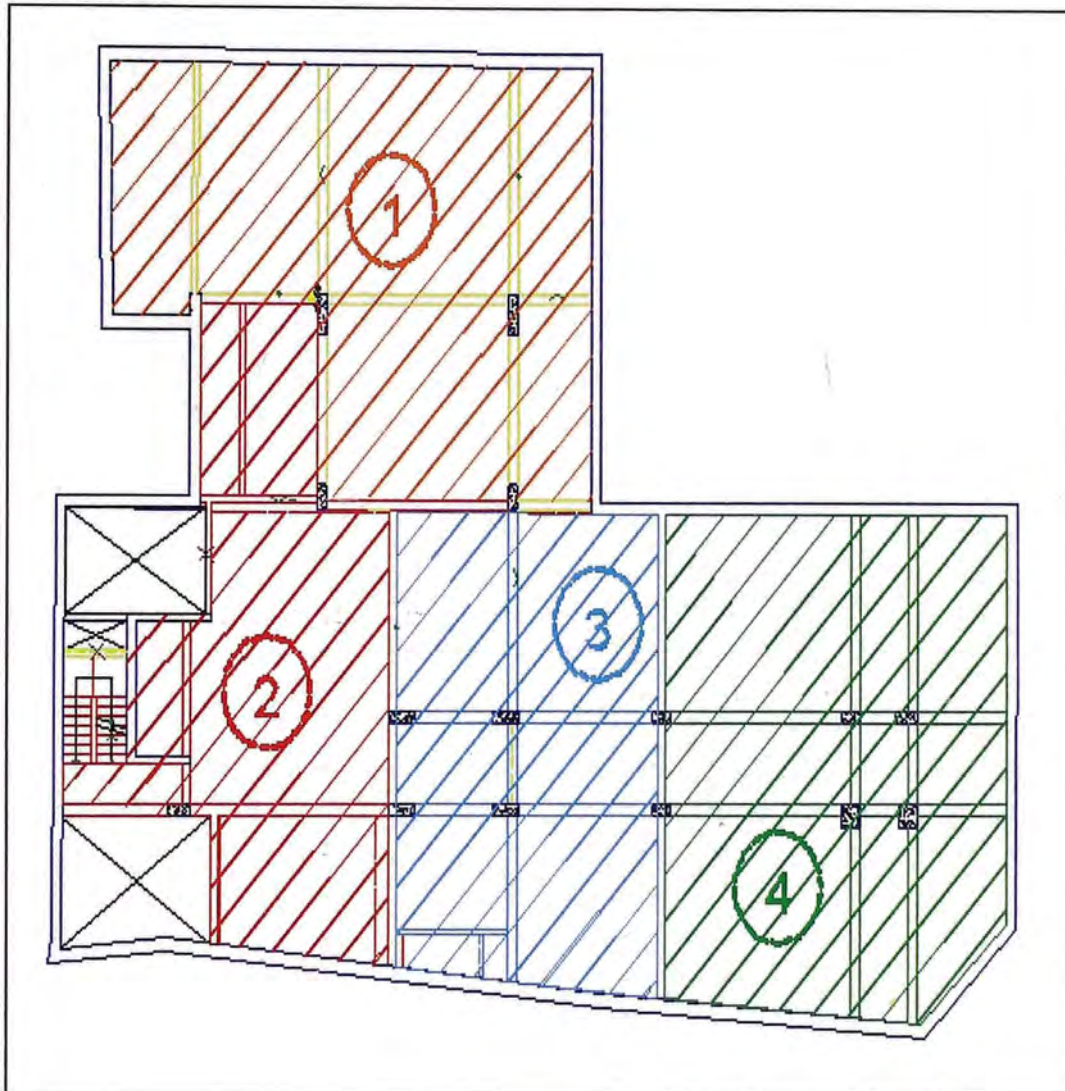


Figura N° 4.7: Sectorización del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

**A) Sectorización de elementos verticales:** La figura N° 4.8 muestra la sectorización de Columnas y placas.

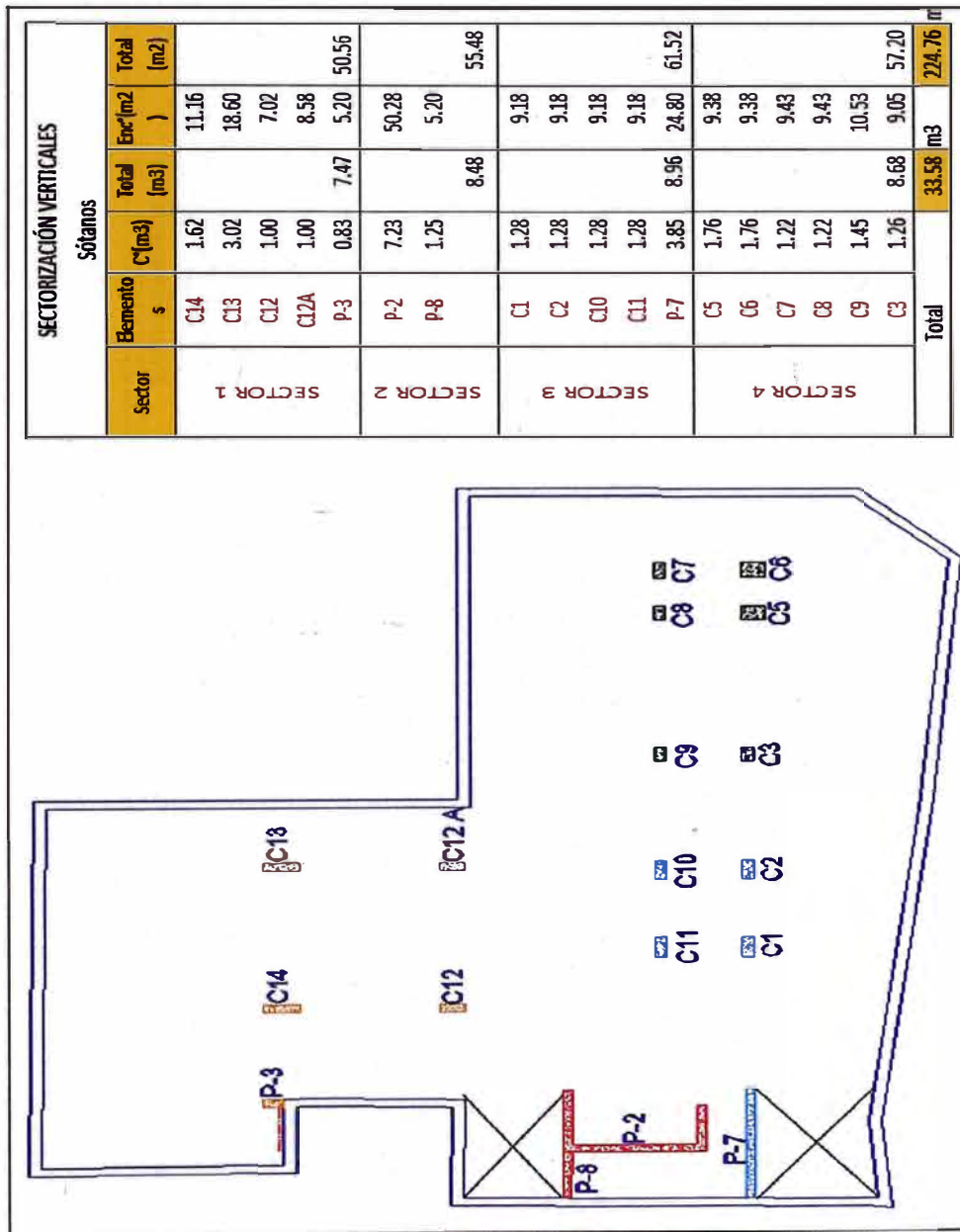


Figura N° 4.8: Sectorización de elementos verticales.

Fuente: Elaboración propia

**B) Sectorización de elementos horizontales-Vigas:** La figura N° 4.9 muestra la sectorización de vigas.

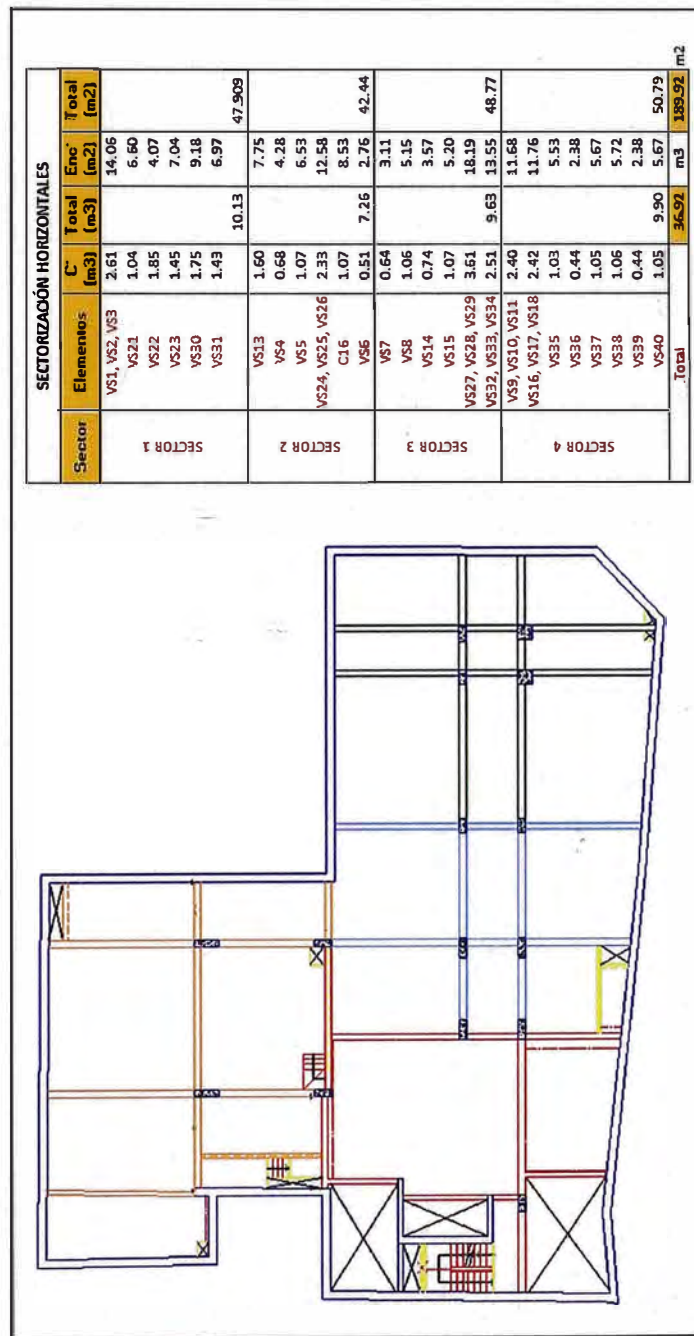


Figura N° 4.9: Sectorización de elementos horizontales: vigas.

Fuente: Elaboración propia

C) Sectorización de elementos horizontales-Losas: La figura N° 4.10 muestra la sectorización de losas.

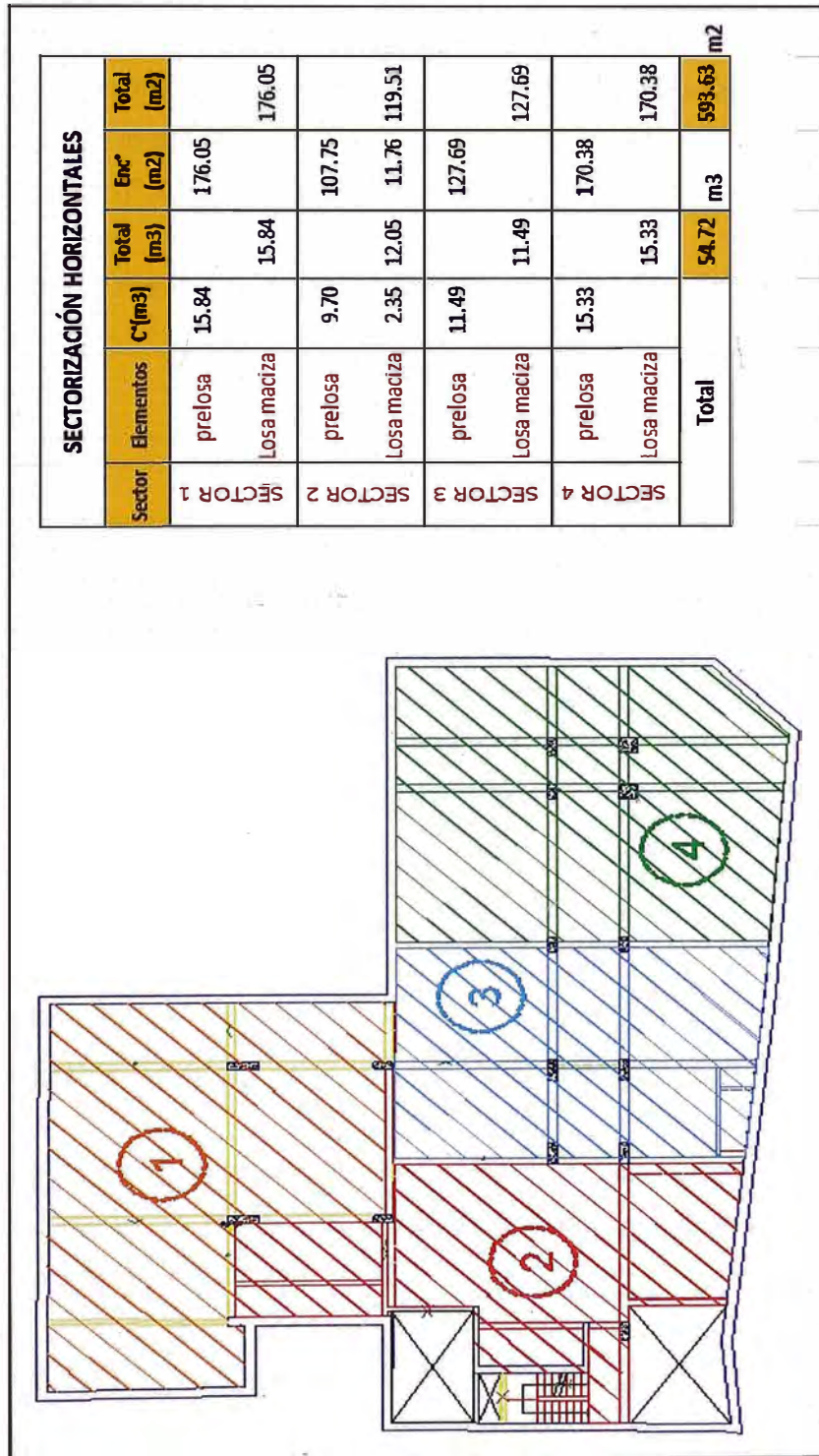


Figura N° 4.10: Sectorización de elementos horizontales: Losas.

Fuente: Elaboración propia

**3. Dimensionamiento de cuadrillas.-** Después de calcular los metrados para cada sector se procede a dimensionar la cantidad de obreros necesario, considerando:

- Metrados de cada sector (del más representativo).
- Velocidad de avance de cada cuadrilla básica.
- Número de cuadrillas básicas para que las actividades se ejecuten en 1 sólo día (en lo posible).

El cuadro n° 4.1 muestra lo mencionado anteriormente.

El cuadro N°4.1: Dimensionamiento de cuadrillas

<b>CASCO SOTANO DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS</b>													
PROCESO	UNIDAD	METR.	Rdto. Cuadrilla	Cuadrilla Unit.			Duración	Unidad de Producción	N° de Cuadrillas	Cuadrilla Total			Nro. Personas
				OP	OF	AY				OP	OF	AY	
<b>ENCOFRADO</b>													
ELEMENTOS VERTICALES	m2	55	15	1	2	0	1	55	4	4	7	0	11
ELEMENTOS HORIZONTALES	m2	50	15	1	1	0	1	50	3	3	3	0	7
APUNTALAMIENTO ALIGERADO	m2	150	35	1	1	1	1	150	4	4	4	4	13
<b>FIERRO</b>													
ELEMENTOS VERTICALES	kg	1169	280	1	0.5		1	1169	4	4	2	0	6
ELEMENTOS HORIZONTALES	kg	1657	280	1	0.5		1	1657	6	6	3	0	9
<b>CONCRETO</b>													
ELEMENTOS VERTICALES	m3	8	25	1	2	4	1	8	1	1	2	4	7
ELEMENTOS HORIZONTALES	m3	24	38	3	2	6	1	24	1	2	1	4	7
												60	

Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Programa Maestro

Después de haber identificado la secuencia de actividades y haber procedido a hacer los trenes de trabajo, se procedió a elaborar el plan maestro con los hitos respectivos para el control de obra.

La figura N°4.11 muestra el programa maestro del Proyecto.



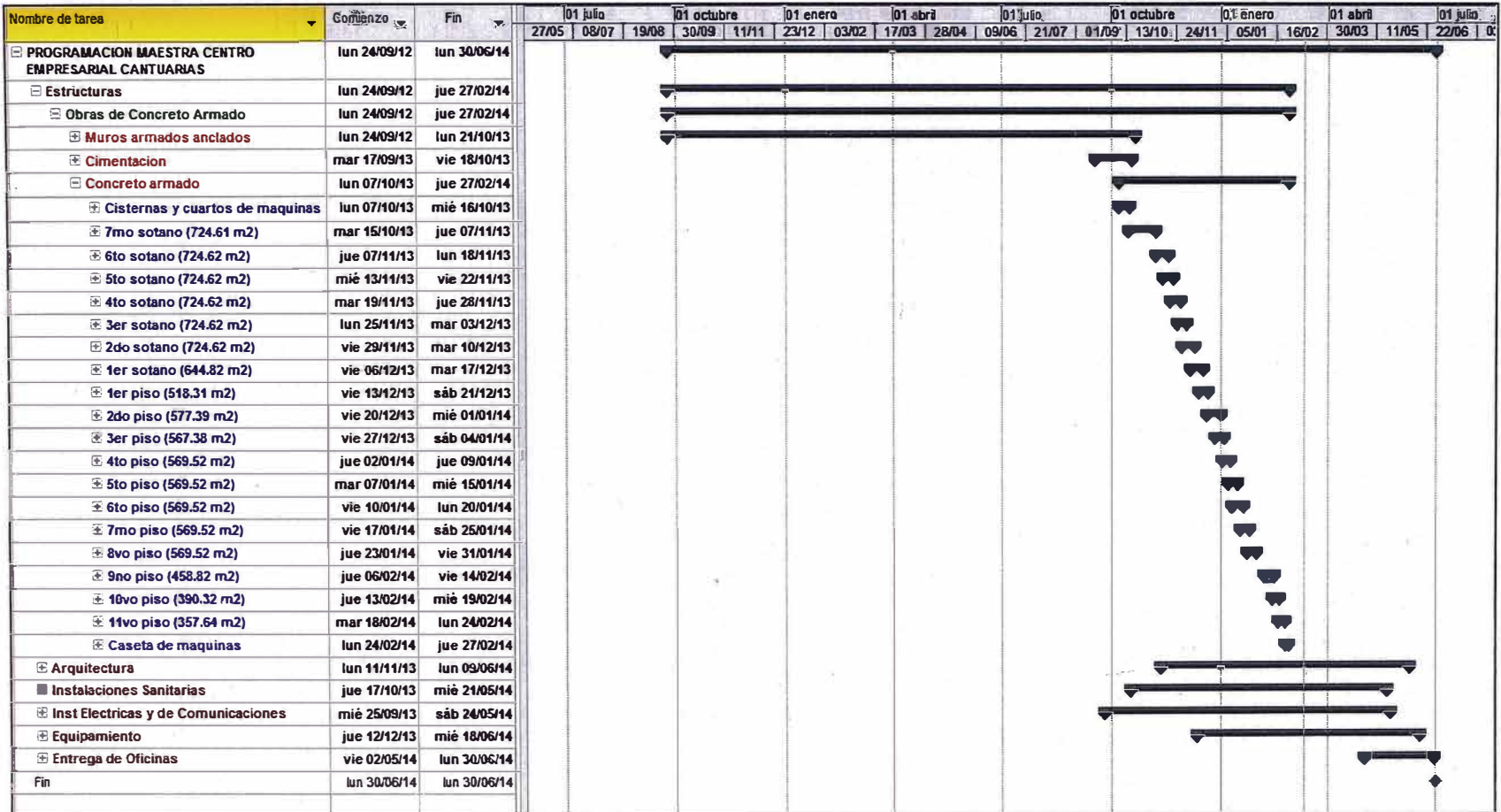


Figura N° 4.11: Programa Maestro del Proyecto

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4 Planificación Intermedia

Para tener un mejor control de las actividades y viendo el tiempo de respuesta de los involucrados en las tareas, se decidió tomar un horizonte de planificación de cuatro semanas. Posterior a esto, se procedió a desglosar el programa macro para determinar qué actividades se iban a realizar durante ese tiempo.

Definidas ya las actividades, se procedió a hacer el análisis de restricciones de las mismas, asignando los responsables para su seguimiento y su liberación. La figura N° 4.12 muestra el formato de análisis de restricciones aplicado al proyecto y la figura N° 4.13 muestra el lookahead con las actividades a ejecutar en cuatro semanas.

REGISTRO					Revisión: 01	
GESTION DE PROYECTOS					Fecha: 05/08/2013	
ANÁLISIS DE RESTRICCIONES					Página: 1 de 1	
PROYECTO: CENTRO EMPRESARIAL CANTUARIAS				FECHA DE CONTROL: Semana 01		
Item	Descripción de la Actividad	Fecha de la Actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Requerida en Obra	Responsable	Observaciones
<b>Semana N° 01</b>						
1	VACIADO DE MUROS	07/08/2013	DEBEN DE TERMINAR LOS FERREROS LOS MUROS PROGRAMADOS	07/08/2013	CYJ	
		07/08/2013	DEBEN ESTAR LOS ENCOFRADOS LISTOS Y VERIFICAR SU ALINEA	07/08/2013	LOPEZ	
		07/08/2013	SE DEBE CONTAR CON EQUIPOS TOPOGRAFICOS OPERATIVOS	07/08/2013	CYJ	
		07/08/2013	SE DEBE PROGRAMAR EL CONCRETO PARA EL VACIADO	07/08/2013	CYJ	
		07/08/2013	SE DEBE CONTAR CON LOS MATERIALES NECESARIOS	07/08/2013	CYJ	- Abastecimiento de Acero 05/08/13
2	PERFORADO	05/08/2013	SE DEBE HABILITAR PUNTOS PARA PERFORACIÓN	05/08/2013	CYJ	
		05/08/2013	DEBE CONTAR CON LOS MATERIALES NECESARIOS	05/08/2013	PILOTES	
3	TENSADO DE MUROS	10/08/2013	SE DEBE PROGRAMAR LOS PUNTOS A TENSAR	10/08/2013	JE	- Programar 07/08/13
		10/08/2013	DEBEN ENCONTRARSE HABILITADOS LOS PUNTOS	10/08/2013	JE	
		10/08/2013	EL PERSONAL DE TENSADO DEBE PRESENTARSE A LA HORA INDICADA	10/08/2013	PILOTES	
<b>Semana N° 02</b>						
	PERFORADO	05/08/2013	SE DEBE HABILITAR PUNTOS PARA PERFORACIÓN	05/08/2013	CYJ	

Figura N° 4.12: Formato de Análisis de restricciones para el Proyecto.

Fuente: Elaboración propia.



#### 4.7 Indicadores de resultados

Estos indicadores miden la influencia de la implementación del sistema en la evolución de la obra. Los indicadores de medición fueron:

- **PPC** (porcentaje de plan cumplido), que es el número de actividades ejecutadas durante la semana dividido entre el número de actividades programadas en dicha semana. La actividad se consideró como completada sólo si se finalizó. Es decir, si se hizo menos de un 100% de lo que se había programado hacer de la actividad durante la semana, la actividad se consideró como no realizada. Si la actividad se realizó completamente se le asignó un 1 y si la actividad no se encontró terminada según lo programado se le asignó un 0. Se tomó como referencia un PPC de 80% como patrón de comparación de los resultados obtenidos.
- **CNC** (causas de no cumplimiento). Para el proyecto, cada actividad no ejecutada según lo planeado, tenía asignada una causa de no cumplimiento. Dichas causas fueron clasificadas según lo muestra el cuadro N° 4.2.

**Cuadro N° 4.2: Causas de No cumplimiento del plan semanal del Proyecto Cantuarias.**

<b>CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO</b>	
<b>Causas Fijas</b>	
PROG	Error en programación
LOG MAT	Falla en logísticas de materiales
IOF	Incumplimiento del Programa
CLI/SUP	Cliente o Supervisión
<b>Causas Variables</b>	
EXT	Factor externo al proyecto
ING	Errores en la ingeniería
EQP	Fallas de equipos
CON	Errores de contratas
LOG EQ	Falla en logística de equipos
TOP	Errores topográficos
LOG PER	Falla en logística de personal
EJEC	Errores en ejecución
QC/AC	Error en control o administración de calidad

**Fuente: Elaboración propia**



#### 4.8 Reunión de Planificación Semanal

Con la finalidad de controlar la implementación del sistema, se estableció una reunión semanal los días sábados con todos los jefes de frente, en la cual se trataban los siguientes puntos:

- Revisión del PPC de la semana anterior.
- Revisión de las CNC.
- Revisión del estado de las restricciones de las actividades.
- Incorporación de actividades posibles de realizar; pero que no hayan sido incorporadas desde un principio en la planificación intermedia por haber considerado poco probable que fueran realizadas.
- Informe del estado de restricciones a las personas involucradas.

Con esto, lográbamos identificar los errores y tomar las medidas correctivas a tiempo.

#### 4.9 Resultados de la implementación del sistema

Como ya se mencionó anteriormente, el cronograma maestro fue realizado considerando las restricciones principales presentes en el proyecto que son:

1. Restricción de horario
2. Espacio limitado para acopiar materiales
3. Forma asimétrica del terreno.
4. Interferencias circundantes
5. Hostigamiento por parte de los vecinos.

Considerando estas restricciones, en el cronograma maestro se consideraron holguras parciales y holguras totales, siendo estas últimas las que afectaban a la ruta crítica del proyecto. A continuación se muestran las holguras del proyecto asociados a la etapa de estudio.

### Etapa de muros anclados

6to anillo	1.5 semana
7mo anillo	1.5 semana

### Etapa de pisos

7mo sótano	3 día
6to sótano	3 día
5to sótano	3 día
4to sótano	3 día

Las holguras asociadas a los muros anclados eran de una semana y media debido a la incertidumbre presente al inicio de la implementación y a las indecisiones por parte del cliente. Progresivamente se iban identificando las principales restricciones asociadas y se iban considerando en las acciones correctivas semanales.

Con respecto a los muros anclados, no se logró a cumplir con la holgura inicial, es decir, hubo demoras por indefiniciones y restricciones, las cuales conforme avanzaba la implementación del sistema iban identificándose y superándose, logrando que las holguras consideradas para la etapa siguiente no fuesen usadas, con lo cual se recuperaba días y se mitigaba el retraso.

Con estas consideraciones, se escogían las actividades que entraban a la programación semanal, las cuales eran acordadas en las reuniones semanales planteadas con el staff de obra y los jefes de cada frente y subcontrata, de modo que se analizaban los recursos para llegar a la meta. Debido a que la mano de obra era subcontratada, nosotros como constructora, no cuantificábamos las horas hombres y la eficiencia de la mano de obra era analizada directamente por el contratista, nosotros exigíamos a cada subcontrata que se debía cumplir con una tarea específica y ellos analizaban la forma de cómo llegar a la meta semanal y a nuestras exigencias.

En resumen, el cuadro N° 4.3 muestra las acciones tomadas en obra para mejorar el flujo y cumplimiento de las actividades programadas.

**Cuadro N° 4.3: Problemas presentados en el Proyecto y soluciones.**

Problemas suscitados	Soluciones asociados al sistema
1 Indefiniciones de la Gerencia	Holgura en la programación de actividades y reuniones semanales con la participación de la Gerencia.
2 Problemas de acarreo.	Instalación de torre grúa a nivel 0.00m.ayudar con el acarreo vertical de los cuerpos de encofrados, acero y vaciado de concreto de algunos elementos verticales cuando no se podía utilizar el sistema de bombeo.
3 Errores por falta de comunicación	Reuniones semanales a nivel de jefaturas para establecer las actividades a realizar.
4 Deficiencia en la logística , incidencia en el flujo de trabajo.	Se asignó una persona encargada de la logística en obra para tener los recursos a tiempo.
5 Sistema de construcción tradicional .	Cambio de sistema a prelosa (vigüeta, losa y tecnopor integrado), con lo que se evitaba pérdida de espacio por almacenaje, transporte excesivo y variabilidad en la llegada de materiales.
6 Problemas con las subcontratas en coordinación de llegada al terreno.	Se designó un personal obrero para las coordinaciones respectivas y monitoreo constante
7 Hostigamiento por parte de los vecinos y entidades municipales	Se asignó un ayudante de prevención de riesgos para mantener el orden de las actividades que se ejecutaban fuera de la obra que era lo que ocasionaba molestia a los vecinos.
8 Interferencias circundantes	Se hicieron las gestiones necesarias para evitar interferir con los servicios circundantes.

**Fuente:** Elaboración propia

Para cuantificar la eficiencia del sistema, semanalmente se midió el porcentaje de actividades programadas ejecutadas. En esta obra, las reuniones de planificación semanal se realizaban los días lunes en la mañana y los días sábados se realizaba el análisis de PPC. Todos los días lunes se repartía la programación para la semana que se iniciaba. El cuadro N° 4.4 muestra el tipo de actividades programadas para cada semana y cuantifica las actividades realizadas vs las actividades programadas.



Cuadro N° 4.4: Tareas programadas Vs. Tareas realizadas durante las 19 semanas.

Semana	Actividades	Tareas Programadas		Tareas Realizadas	
		Sem	Acum	Sem	Acum
semana 1	Excavación masiva	2	2	1	1
semana 2	Excavación masiva	2	4	1	2
semana 3	Excavación masiva	2	6	1	3
semana 4	Muro anclado	21	27	14	17
semana 5	Muro anclado	33	60	29	46
semana 6	Muro anclado	24	84	19	65
semana 7	Muro anclado	6	90	5	70
semana 8	Muro anclado	5	95	3	73
semana 9	Muro anclado	19	114	18	91
semana 10	Muro anclado	17	131	15	106
semana 11	Muro anclado	11	142	6	112
semana 12	Muro anclado	12	154	11	123
semana 13	Muro anclado	5	159	3	126
semana 14	Muro anclado	11	170	9	135
semana 15	nivel cisterna	11	181	5	140
semana 16	7mo sótano	14	195	14	154
semana 17	6to sótano	20	215	20	174
semana 18	5to sótano	13	228	13	187
semana 19	4to sótano	11	239	11	198

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro de registro anterior, se obtiene el % P.P.C. semanal y acumulado en dividiendo las actividades ejecutadas entre las actividades programadas:

$$\% \text{ P.P.C. SEMANAL} = \frac{\text{Actividades realizadas}}{\text{Actividades programadas}} \times 100\%$$

$$\% \text{ P.P.C. ACUMULADO} = \frac{\text{Actividades realizadas acum.}}{\text{Actividades programadas acum.}} \times 100\%$$

Dicho resultado, se muestra en el cuadro N° 4.5.

Cuadro N° 4.5: Porcentaje de Plan Cumplido P.P.C. del Proyecto Cantuarias.

Mes	Semana	Desde el día	Hasta el día	Tareas Programadas		Tareas Realizadas		Confiabilidad (PPC)		
				Sem	Acum	Sem	Acum	Sem	Acum	Meta
ago-13	sem 1	05/08/2013	10/08/2013	2	2	1	1	50%	50%	80%
ago-13	sem 2	12/08/2013	17/08/2013	2	4	1	2	50%	50%	80%
ago-13	sem 3	19/08/2013	24/08/2013	2	6	1	3	50%	50%	80%
ago-13	sem 4	26/08/2013	31/08/2013	21	27	14	17	67%	63%	80%
sep-13	sem 5	02/09/2013	07/09/2013	33	60	29	46	88%	77%	80%
sep-13	sem 6	09/09/2013	14/09/2013	24	84	19	65	79%	77%	80%
sep-13	sem 7	16/09/2013	21/09/2013	6	90	5	70	83%	78%	80%
sep-13	sem 8	23/09/2013	28/09/2013	5	95	3	73	60%	77%	80%
oct-13	sem 9	30/09/2013	05/10/2013	19	114	18	91	95%	80%	80%
oct-13	sem 10	07/10/2013	12/10/2013	17	131	15	106	88%	81%	80%
oct-13	sem 11	14/10/2013	19/10/2013	11	142	6	112	55%	79%	80%
oct-13	sem 12	21/10/2013	26/10/2013	12	154	11	123	92%	80%	80%
oct-13	sem 13	28/10/2013	02/11/2013	5	159	3	126	60%	79%	80%
nov-13	sem 14	04/11/2013	09/11/2013	11	170	9	135	82%	79%	80%
nov-13	sem 15	11/11/2013	16/11/2013	11	181	5	140	45%	77%	80%
nov-13	sem 16	18/11/2013	23/11/2013	14	195	14	154	100%	79%	80%
nov-13	sem 17	25/11/2013	30/11/2013	20	215	20	174	100%	81%	80%
dic-13	sem 18	02/12/2013	07/12/2013	13	228	13	187	100%	82%	80%
dic-13	sem 19	09/12/2013	14/12/2013	11	239	11	198	100%	83%	80%

Fuente: Elaboración propia

El cuadro N° 4.5. muestra el registro de las 19 semanas y el porcentajes medidos semanalmente y acumulados. La meta era obtener un 80% en PPC cada semana, pero por las diferentes restricciones e indecisiones hubo cierta discontinuidad al inicio y recién durante las últimas semanas del estudio se observa que se llegó a la continuidad esperada. Se recuerda que para que la actividad se calificara con 1 tuvo que estar completada al 100 %. Al adoptar este criterio, las actividades que adelantan su inicio también se consideraban dentro del porcentaje de actividades completadas. El cuadro N° 4.6 muestra el registro clasificado de las causas de no cumplimiento semanal.

**Cuadro N° 4.6: Registro de causas de no cumplimiento del Proyecto Cantuarias.**

Mes	Semana	Causas de Incump Fijas					Causas de Incump Variable									Total	
		PROG	LOG MAT	IOF	CLI	EXT	ING	EQ	SC	LOG EQ	TOP	LOG PER	PER	EJEC	QA/QC		
		Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem		
ago-13	sem 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ago-13	sem 2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ago-13	sem 3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ago-13	sem 4	0	0	0	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7
sep-13	sem 5	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
sep-13	sem 6	0	0	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5
sep-13	sem 7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
sep-13	sem 8	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
oct-13	sem 9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
oct-13	sem 10	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
oct-13	sem 11	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
oct-13	sem 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
oct-13	sem 13	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
nov-13	sem 14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
nov-13	sem 15	1	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
nov-13	sem 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nov-13	sem 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dic-13	sem 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dic-13	sem 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 4.15 se muestra gráficamente la tendencia de los resultados obtenidos en cada semana. Como se observa durante las primeras semanas el PPC es bajo, pero después va aumentando con algunos puntos de inflexión.

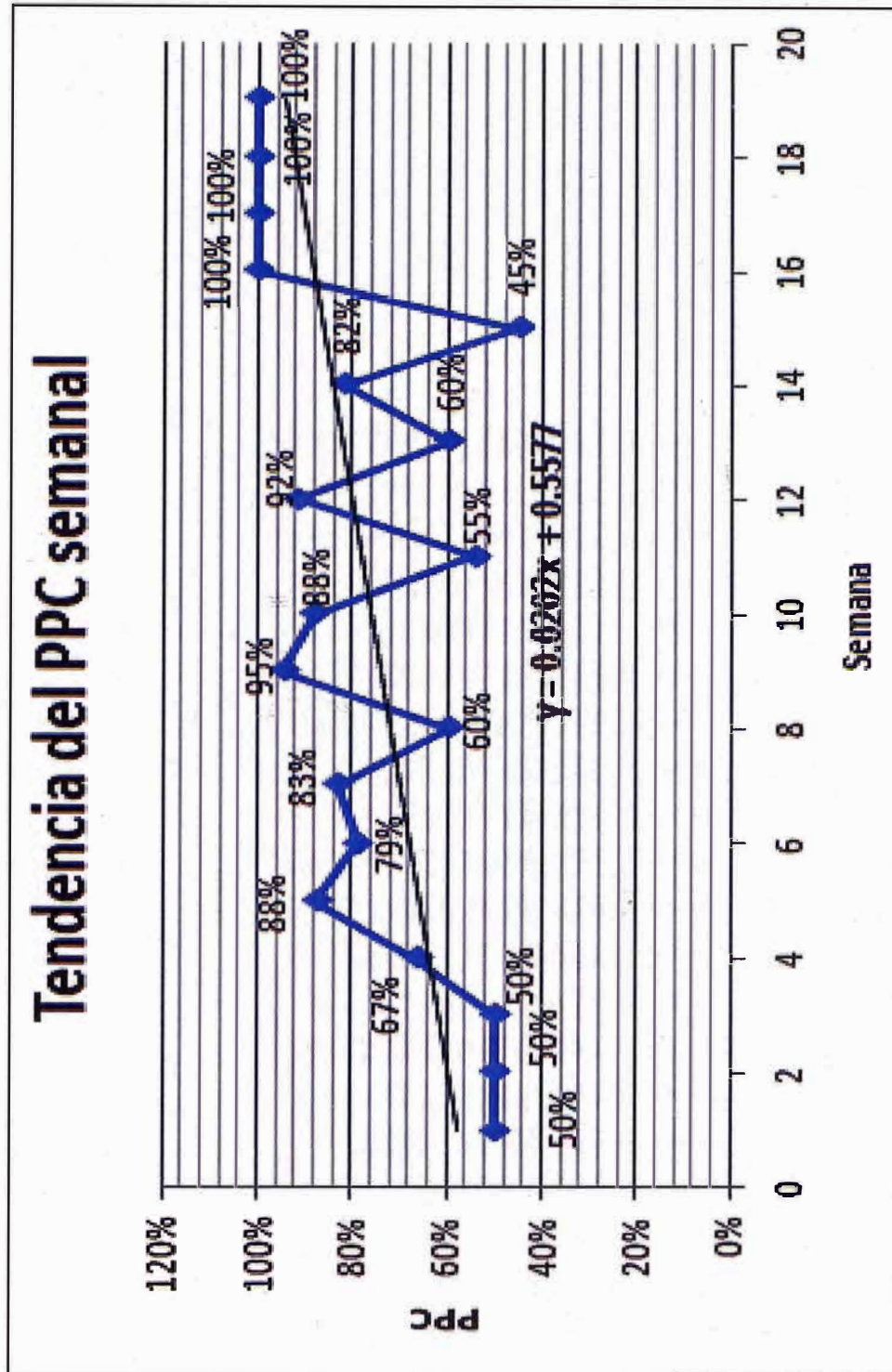


Figura N° 4.15: Tendencia del P.P.C. semanal.

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 4.16 se muestra gráficamente el P.P.C obtenido acumulado versus el P.P.C. meta que es de 80% acumulado para este estudio.

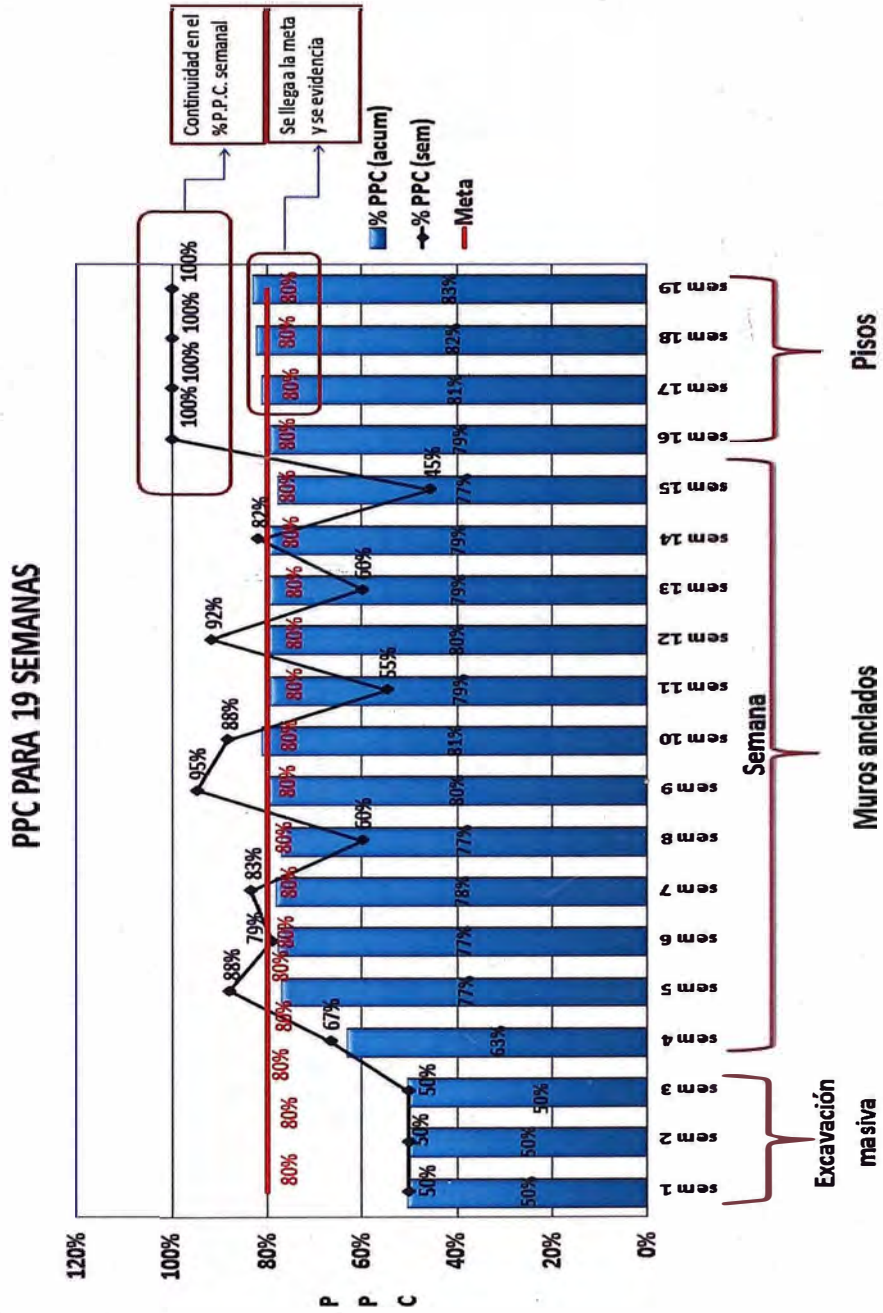


Figura N° 4.16: Gráfica de PPC en 19 semanas del Proyecto

Fuente: Elaboración propia

De la figura N° 4.16 que muestra gráficamente los resultados obtenidos, se observa que a partir de la semana 16, se logra un % P.P.C. semanal del 100% continuo en las semanas restantes del estudio y que a partir de la semana 17, se logra llegar a la meta propuesta inicial del 80% en % P.P.C. acumulado.

El cuadro N°4.7 resume las principales causas de no cumplimiento del programa. Como se observa las causas de mayor incidencia son del tipo externas (37%) y ocasionadas por el cliente (34%). Las causas externas surgen por la dificultad de tener un solo frente de carga y descarga y sumado a ello, el tener que cumplir estrictamente con el horario, debido a que los subcontratistas que traían concreto, y materiales no podían ocupar el único frente al mismo tiempo. La otra causa de no cumplimiento predominante fue la ocasionada por el cliente, debido a que éste intervenía el programa y no dejaba que se cumplieran las actividades como se habían programado.

**Cuadro N° 4.7: Principales causas de no cumplimiento observadas**

<b>CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO (ACUM)</b>		
<b>Fijas</b>	<b>Programación</b>	<b>5%</b>
	<b>Log Materiales</b>	<b>2%</b>
	<b>Incump Programa</b>	<b>0%</b>
	<b>Cliente / Sup</b>	<b>34%</b>
<b>Variables</b>	<b>Externo</b>	<b>37%</b>
	<b>Ingeniería</b>	<b>2%</b>
	<b>Equipos</b>	<b>0%</b>
	<b>Subcontratas</b>	<b>17%</b>
	<b>Log Equipos</b>	<b>0%</b>
	<b>Topografía</b>	<b>0%</b>
	<b>Log Personal</b>	<b>0%</b>
	<b>Permisos</b>	<b>0%</b>
	<b>Ejecución</b>	<b>0%</b>
	<b>Control de Calidad</b>	<b>2%</b>

Fuente: Elaboración propia

Durante la ejecución de los muros anclados, se hizo una programación para la culminación de dichos trabajos, pero la intervención del cliente era la de terminar la excavación masiva, por lo que hizo parar todas las actividades programadas y programar solo la excavación masiva. Del mismo modo, cuando se realizó el tren de actividades, la intención fue terminar primero la cisterna y después empezar el tren, pero por disposiciones de la Gerencia, se tuvo que paralizar los trabajos previos a la construcción de la cisterna y dar paso a hacer un techo a doble altura

puesto que el Gerente no quería esperar más para empezar el casco. Esto, obviamente, ocasionó un nuevo replanteó de las actividades a mitad de la semana 15 y un retraso. La figura N° 4.17 muestra gráficamente la incidencia de las causas de no cumplimiento.

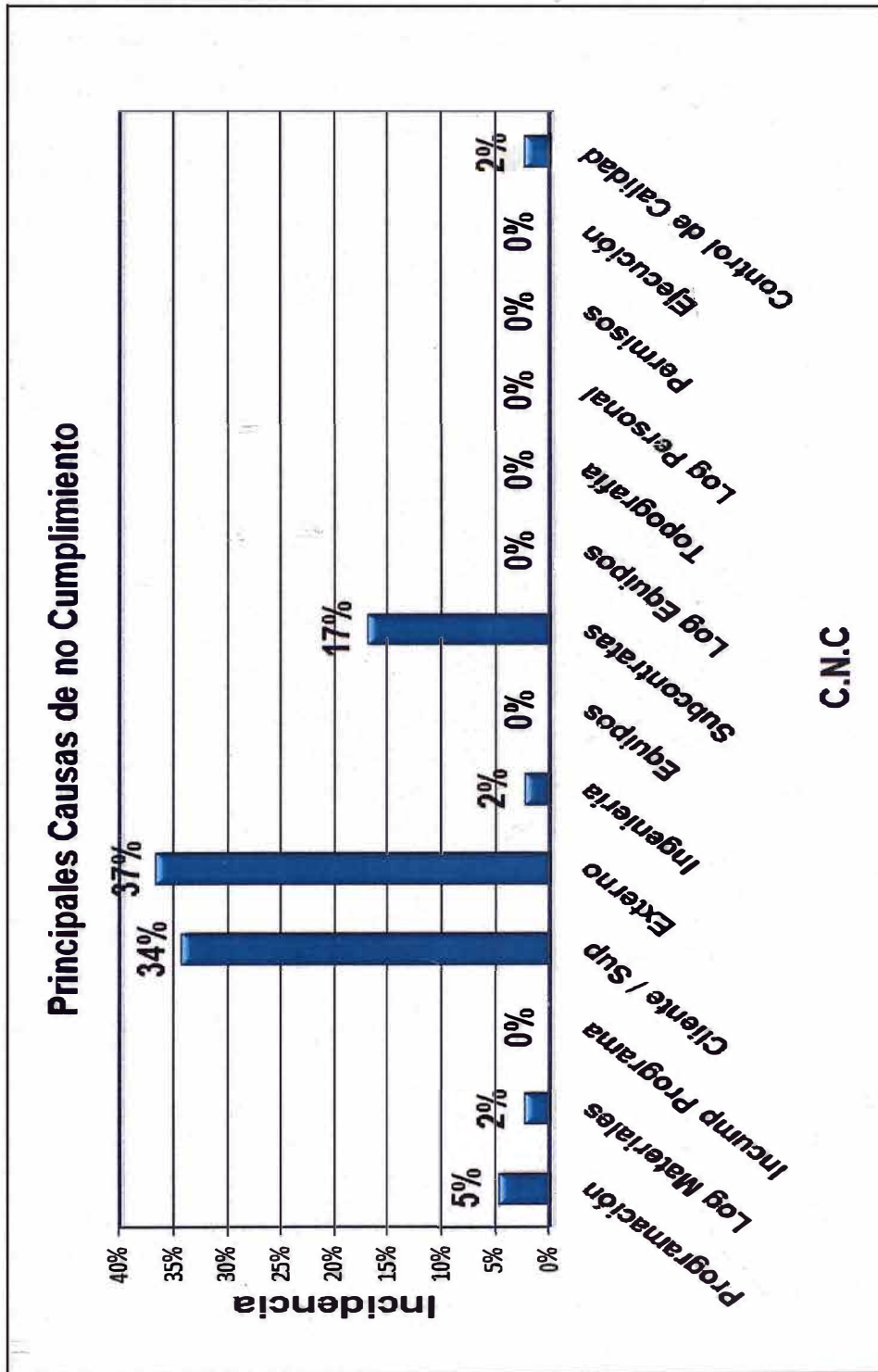


Figura N° 4.17: Gráfica de las principales causas de no cumplimiento observadas.

Fuente: Elaboración propia

Del total de causas de no cumplimiento un 59% son atribuibles a causas variables y un 41% a causas fijas. Esto significa que un 41% de las actividades no pudieron ejecutarse según lo programado debido a causas que pudieron ser previstas y manejables por la empresa y el resto de las actividades no se ejecutó según lo programado por motivos que no eran predecibles. La figura N° 4.18 resume gráficamente lo mencionado anteriormente.

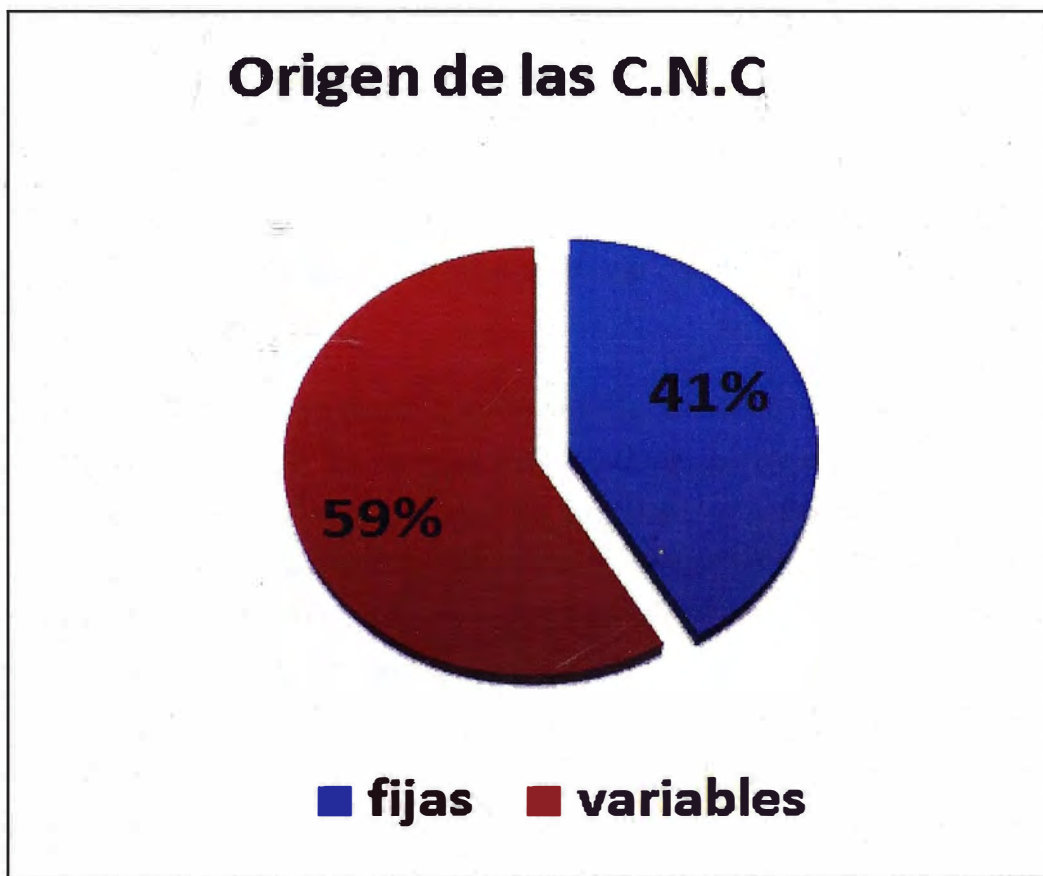


Figura N° 4.18: Distribución de las causas de no cumplimiento (C.N.C.).

Fuente: Elaboración propia



## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones:

1. La falta de planificación es una causa frecuente del retraso de las obras de construcción.
2. El sistema Último Planificador es un sistema de control que mejora sustancialmente el cumplimiento de actividades y la correcta utilización de recursos de los proyectos de construcción.
3. El nuevo sistema de planificación “Último Planificador” o Last Planner, a diferencia del sistema tradicional, propone una forma medianamente simple para disminuir la variabilidad presente en la construcción utilizando los principios Lean Construction orientados a la construcción sin pérdidas y a la mejora continua.
4. En este informe se estudió el caso real del Centro Empresarial Cantuarias que es un edificio de oficinas que presenta un retraso considerable de aproximadamente tres meses con respecto al cronograma contractual debido a la implementación de un sistema de planificación tradicional sin la utilización de herramientas de medición, por lo cual no existía manera de identificar errores y corregirlos.
5. Durante el período de estudio del informe se detectaron seis restricciones perennes en el proyecto Centro Empresarial Cantuarias: frente para carga y descarga limitado, horario restringido, espacio limitado para acopio de materiales, forma asimétrica del terreno, interferencias circundantes (cables de luz y telefonía) y hostigamiento por parte de los vecinos, las cuales no fueron consideradas en la planificación de obra inicial.
6. La planificación de obra mejoró con la aplicación del sistema pues las restricciones fueron identificadas y analizadas a tiempo evitando el retraso de ejecución de las actividades semanales programadas.

7. La medición semanal de la eficiencia del sistema mediante los indicadores de porcentaje de plan cumplido (P.P.C) y causas de no cumplimiento (C.N.C) ayudó a tomar acciones correctivas y preventivas que permitieron saldar fallas y evitar su reaparición.
8. Se mejoró y se empezó a estabilizar el porcentaje de actividades semanales programadas cumplidas pues se obtuvo un P.P.C de 50% en las primeras 3 semanas de implementación logrando posteriormente una mejora del indicador de 100% durante las últimas cuatro semanas. Finalmente, se obtuvo un % P.P.C. superior al 80% que fue la meta al comenzar este estudio por lo que se deduce que la tendencia a la mejora continua va en aumento mitigando la incertidumbre y por ende el retraso del proyecto.
9. La implementación del sistema nos ayudó a comprender que las actividades deben programarse después de haberse analizado sus restricciones puesto que el no tener una buena programación semanal crea en los trabajadores la incertidumbre de no saber qué hacer cuando terminen una actividad, y en ese caso sólo se dependerá de la habilidad de los profesionales en obra para ejecutar las actividades.
10. Se observó que las reuniones semanales contribuían en aumentar el compromiso del personal de obra, lo que facilitó la asignación de los responsables de las actividades y el compromiso en la liberación de las restricciones, fomentando la coordinación y comunicación entre todos.

## 5.2. Recomendaciones

1. Se recomienda establecer holguras en las actividades a programar, para tener tiempo de ejecutar un plan de contingencia en caso de que tengamos imprevistos durante la ejecución de las actividades que afecten el plazo del proyecto.

2. Se recomienda, establecer reuniones dos veces por semana con la participación de los jefes de frente y representante de las subcontratas para analizar los problemas que se puedan presentar en la programación semanal y poder enfrentarlos.
3. Se recomienda que el cliente o su representante participen de las reuniones de obra para evitar controversias y malos entendidos que dejen fuera de lugar la programación ya analizada.
4. Los acuerdos llegados en las reuniones deben transmitirse en forma escrita a todos los involucrados del proyecto para evitar malos entendidos al momento de ejecutar las actividades.
5. Se sugiere delegar a una persona especializada en el rubro para que se encargue de los controles y mediciones en obra, así como también para que concientice al personal constantemente de la importancia de la implementación del sistema y lo beneficioso que resulta ser para todos
6. Se debe hacer énfasis en los procesos para mejorar la calidad de las asignaciones de las actividades a ejecutar y enfatizar en la coordinación de recursos para garantizar el flujo de los trabajos.
7. Se debe realizar revisar el cumplimiento de las actividades programadas para mejorar el flujo de trabajo futuro, puesto que a partir de esto se podrán detectar las falencias y causas de no cumplimiento de ellas, de manera que se pueda buscar el conjunto una solución. Así mismo se debe realizar una revisión en conjunto del programa semanal.
8. Se debe comprender que el indicador P.P.C. alto no implica que la obra esté bien con respecto al avance físico teórico. Al final, en los proyectos uno de los puntos importantes es el cumplimiento de los plazos y este sistema de planificación no lo garantiza. Lo que sí garantiza es una mejora en la planificación para que establezca el flujo de y por ende contribuya a la mitigación del retraso de los proyectos. Al estabilizarse el flujo de trabajo la producción también se estabilizará; pero los atrasos ya existentes no se recuperarán mediante la implementación del "Último Planificador".

## BIBLIOGRAFÍA

- BALLARD, HERMAN GLENN, ***“The Last Planner System of Production Control”***. Tesis para obtener el título de Doctor en Filosofía. Universidad de Birmingham, Estados Unidos, 2000.
- DÍAZ MONTECINO, DANIELA ***“Aplicación del sistema de planificación Last Planner a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura”***. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Santiago de Chile, Chile, 2007.
- GARCIA DIAZ, OSWALDO ALEJANDRO ***“Aplicación de la metodología Lean Construction en las viviendas de interés social”***. Tesis de postgrado. Bogotá, Colombia, 2012.
- GONZÁLES MUÑOZ, MIGUEL ÁNGEL ***“Análisis del impacto en la productividad de diferentes proyectos de construcción a través de la implementación del sistema Last Planner evaluado mediante un sistema basado en indicadores”***. Memoria para obtener el título de Ingeniero Civil. Santiago de Chile, Agosto, 2012.
- GUIO CASTILLO, ***“Productividad en obras de construcción”***. Editora Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 1° edición, Lima-Perú.
- KOSKELA, LAURI, ***“Application of the New Production Philosophy to Construction”***. Reporte técnico. Universidad de Stanford. Finlandia, 1992.
- VASQUEZ JARA, RONALD DANTE ***“Mejoramiento continuo en los procesos constructivos: estudio de la productividad basado en la recolección de datos de campo”***. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Lima, Perú, 2005.

# ANEXOS

Anexo N° 1 : Cronograma Contractual de Obra

Nombre de tarea	Días Calendar	Comienzo	Fin	Nº																											
				2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024												
				S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2		
<b>Construcción de Edificio Centuarías</b>	<b>579 días</b>	<b>lun 24/09/12</b>	<b>vie 25/04/14</b>																												
Inicio	1 día	lun 24/09/12	lun 24/09/12																												
<b>Estructuras</b>	<b>489 días</b>	<b>lun 24/09/12</b>	<b>sáb 25/01/14</b>																												
<b>CONSTRUCCIONES PROVISIONALE</b>	<b>7 días</b>	<b>jue 04/10/12</b>	<b>mié 10/10/12</b>																												
<b>TRABA.JOS PRELIMINARES</b>	<b>489 días</b>	<b>lun 24/09/12</b>	<b>sáb 25/01/14</b>																												
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	<b>402 días</b>	<b>lun 24/09/12</b>	<b>mié 30/10/13</b>																												
Demolición de construcción existente (Edificación de alt	11 días	lun 24/09/12	jue 04/10/12																												
Excavación y Eliminación Meaive c/equip	295 días	jue 08/11/12	jue 29/06/13																												
Excavación con maquinaria de zapatas-cimientos-zanja	5 días	vie 31/05/13	mar 04/06/13																												
Relleno compactado con material de préstamo e=0.20m	35 días	mar 24/09/13	lun 28/10/13																												
Relleno y compactación con material propi	8 días	mar 11/06/13	mar 18/06/13																												
Eliminación de material excedente carguo c/equip	3 días	lun 28/10/13	mié 30/10/13																												
Anclajes postensados temporales	197 días	mié 14/11/12	mié 29/05/13																												
Perfilado y Nivelación de zapatas excavadas	5 días	sáb 01/06/13	mié 05/06/13																												
Perfilado de banquetas	197 días	mié 14/11/12	mié 29/05/13																												
excavación puntual de muros anclados	197 días	jue 15/11/12	jue 30/05/13																												
<b>NIVELACION Y APISONADO INTERIOR</b>	<b>36 días</b>	<b>mié 25/09/13</b>	<b>mié 30/10/13</b>																												
<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>	<b>168 días</b>	<b>vie 31/05/13</b>	<b>lun 04/11/13</b>																												
<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>	<b>366 días</b>	<b>vie 16/11/12</b>	<b>sáb 16/11/13</b>																												
<b>Muros armados anclados</b>	<b>197 días</b>	<b>vie 16/11/12</b>	<b>vie 31/05/13</b>																												
1er anillo - 23 muros Nivel -2.00	27 días	vie 16/11/12	mié 12/12/12																												
2do anillo - 27 muros Nivel -5.50	29 días	mié 12/12/12	mié 09/01/13																												
3er anillo - 27 muros Nivel -9.00	25 días	mié 09/01/13	sáb 02/02/13																												
4to anillo - 30 muros Nivel -12.50	29 días	sáb 02/02/13	sáb 02/03/13																												
5to anillo - 41 muros Nivel -16.00	31 días	lun 04/03/13	mié 03/04/13																												
6to anillo - 41 muros Nivel -19.50	30 días	mié 03/04/13	jue 02/05/13																												
7mo anillo - 28 muros Nivel -21.50	30 días	jue 02/05/13	vie 31/05/13																												
<b>Cimentación</b>	<b>7 días</b>	<b>mar 04/06/13</b>	<b>lun 10/06/13</b>																												
<b>Concreto armado</b>	<b>160 días</b>	<b>lun 10/06/13</b>	<b>sáb 16/11/13</b>																												
<b>Cisternas y cuartos de maquinas</b>	<b>3 días</b>	<b>lun 10/06/13</b>	<b>mié 12/06/13</b>																												
<b>7mo sotano (724.62 m2)</b>	<b>16 días</b>	<b>lun 10/06/13</b>	<b>lun 24/06/13</b>																												
<b>6to sotano (724.62 m2)</b>	<b>16 días</b>	<b>jue 20/06/13</b>	<b>jue 04/07/13</b>																												
<b>5to sotano (724.62 m2)</b>	<b>14 días</b>	<b>mié 03/07/13</b>	<b>mar 16/07/13</b>																												
<b>4to sotano (724.62 m2)</b>	<b>16 días</b>	<b>sáb 13/07/13</b>	<b>sáb 27/07/13</b>																												
<b>3er sotano (724.62 m2)</b>	<b>16 días</b>	<b>jue 26/07/13</b>	<b>jue 08/08/13</b>																												
<b>2do sotano (724.62 m2)</b>	<b>14 días</b>	<b>mié 07/08/13</b>	<b>mar 20/08/13</b>																												
<b>1er sotano (644.82 m2)</b>	<b>13 días</b>	<b>lun 19/08/13</b>	<b>sáb 31/08/13</b>																												
<b>1er piso (618.31 m2)</b>	<b>13 días</b>	<b>mié 28/08/13</b>	<b>lun 09/09/13</b>																												
<b>2do piso (577.39 m2)</b>	<b>12 días</b>	<b>vie 06/09/13</b>	<b>mar 17/09/13</b>																												
<b>3er piso (567.38 m2)</b>	<b>11 días</b>	<b>sáb 14/09/13</b>	<b>mar 24/09/13</b>																												
<b>4to piso (569.52 m2)</b>	<b>11 días</b>	<b>vie 20/09/13</b>	<b>lun 30/09/13</b>																												
<b>5to piso (569.52 m2)</b>	<b>11 días</b>	<b>vie 27/09/13</b>	<b>lun 07/10/13</b>																												
<b>6to piso (569.52 m2)</b>	<b>11 días</b>	<b>vie 04/10/13</b>	<b>lun 14/10/13</b>																												
<b>7mo piso (569.52 m2)</b>	<b>11 días</b>	<b>vie 11/10/13</b>	<b>lun 21/10/13</b>																												
<b>8vo piso (569.52 m2)</b>	<b>11 días</b>	<b>vie 18/10/13</b>	<b>lun 28/10/13</b>																												
<b>9no piso (458.82 m2)</b>	<b>12 días</b>	<b>vie 25/10/13</b>	<b>mar 05/11/13</b>																												
<b>10vo piso (390.32 m2)</b>	<b>9 días</b>	<b>jue 31/10/13</b>	<b>vie 08/11/13</b>																												
<b>11vo piso (357.64 m2)</b>	<b>7 días</b>	<b>mié 06/11/13</b>	<b>mar 12/11/13</b>																												
<b>Caseta de maquinas</b>	<b>6 días</b>	<b>mar 12/11/13</b>	<b>sáb 16/11/13</b>																												
<b>Arquitectura</b>	<b>268 días</b>	<b>mar 30/07/13</b>	<b>mié 23/04/14</b>																												
<b>Inst. Sanitarias</b>	<b>241 días</b>	<b>lun 17/06/13</b>	<b>mié 12/02/14</b>																												
<b>Inst Electricas</b>	<b>311 días</b>	<b>lun 17/06/13</b>	<b>mié 23/04/14</b>																												

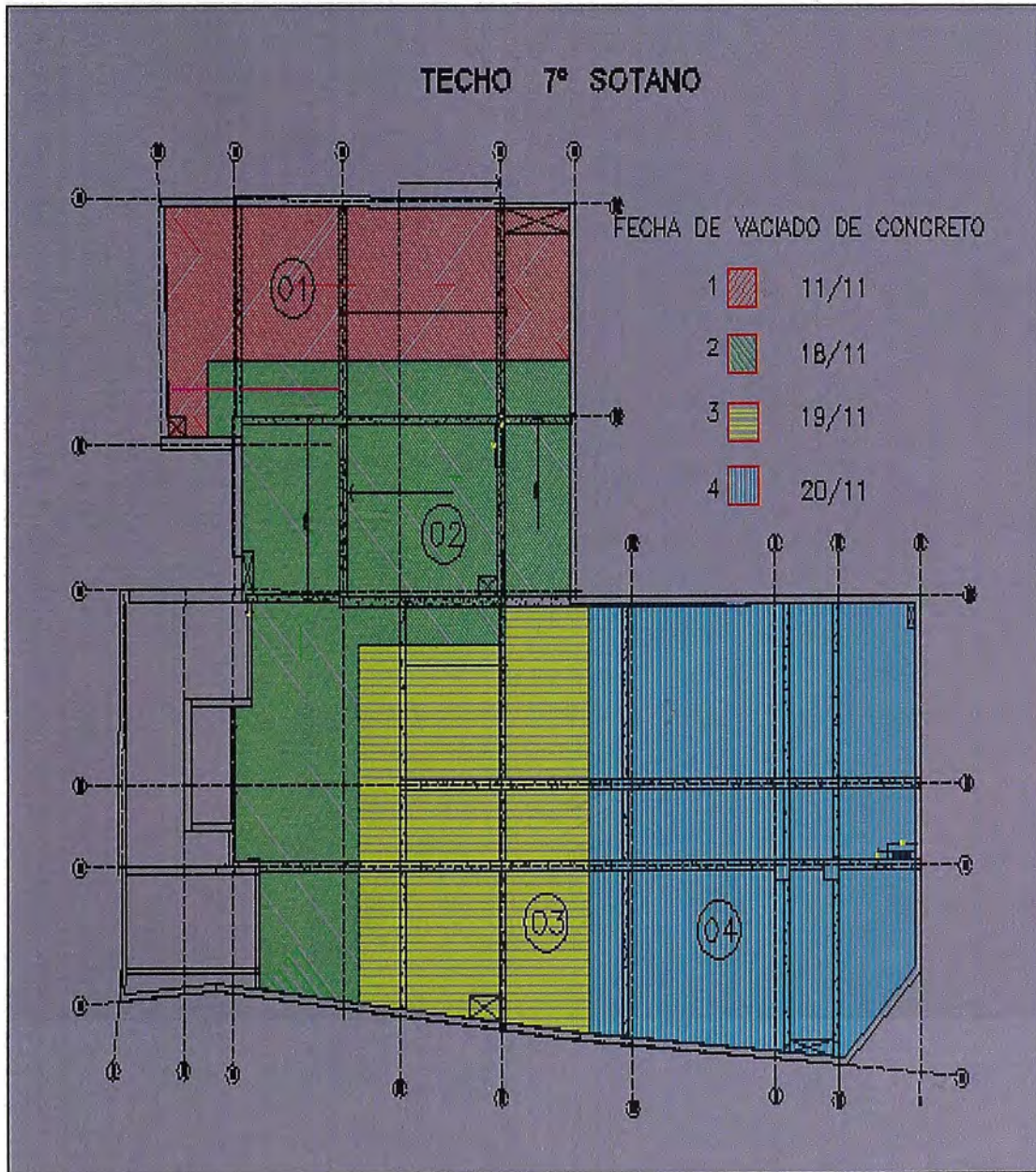


Anexo N° 2: Primer cronograma reprogramado de obra

Nombre de tarea	Días calendario	Comienzo	Fin	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
				S1 S2	S1 S2	S1 S2	S1 S2	S1 S2	S1 S2	S1 S2	S1 S2	S1 S2	S1 S2	S1 S2	S1 S2	S1 S2	S1 S2	S1 S2	S1 S2	S1 S2
<b>Construccion de Edificio Cantuarias</b>	<b>578 días</b>	<b>lun 24/09/12</b>	<b>lun 24/04/14</b>																	
inicio	1 días	lun 24/09/12	lun 24/09/12																	
<b>Estructuras</b>	<b>489 días</b>	<b>lun 24/09/12</b>	<b>sáb 25/01/14</b>																	
CONSTRUCCIONES PROVISIONALE	7 días	jue 04/10/12	mié 10/10/12																	
TRABAJOS PRELIMINARES	489 días	lun 24/09/12	sáb 25/01/14																	
MOVIMIENTO DE TIERRAS	414 días	lun 24/09/12	lun 11/11/13																	
NIVELACION Y APISONADO INTERIOR	38 días	lun 07/10/13	lun 11/11/13																	
OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	128 días	mié 10/07/13	jue 14/11/13																	
OBRAS DE CONCRETO ARMADO	364 días	vie 16/11/12	jue 14/11/13																	
Muros armados anclados	237 días	vie 16/11/12	mié 10/07/13																	
1er anillo - 23 muros Nivel -2.00	20 días	vie 16/11/12	mié 05/12/12																	
2do anillo - 27 muros Nivel -5.50	49 días	mié 12/12/12	mar 29/01/13																	
3er anillo - 27 muros Nivel -9.00	27 días	lun 04/02/13	sáb 02/03/13																	
4to anillo - 30 muros Nivel -12.50	27 días	sáb 16/03/13	jue 11/04/13																	
5to anillo - 41 muros Nivel -16.00	27 días	sáb 11/05/13	jue 06/06/13																	
6to anillo - 41 muros Nivel -19.50	21 días	mar 18/06/13	lun 08/07/13																	
7mo anillo - 28 muros Nivel -21.50	14 días	jue 27/06/13	mié 10/07/13																	
Cimentacion	14 días	sáb 13/07/13	vie 26/07/13																	
Concreto armado	121 días	mié 17/07/13	jue 14/11/13																	
Cisternas y cuartos de maquinas	10 días	mié 17/07/13	vie 26/07/13																	
7mo sotano (724.61 m2)	11 días	sáb 27/07/13	mar 06/08/13																	
6to sotano (724.62 m2)	12 días	sáb 03/08/13	mié 14/08/13																	
5to sotano (724.62 m2)	10 días	lun 12/08/13	mié 21/08/13																	
4to sotano (724.62 m2)	10 días	lun 19/08/13	mié 28/08/13																	
3er sotano (724.62 m2)	10 días	lun 26/08/13	mié 04/09/13																	
2do sotano (724.62 m2)	11 días	lun 02/09/13	jue 12/09/13																	
1er sotano (644.82 m2)	10 días	mar 10/09/13	jue 19/09/13																	
1er piso (518.31 m2)	8 días	mar 17/09/13	mar 24/09/13																	
2do piso (577.39 m2)	8 días	lun 23/09/13	lun 30/09/13																	
3er piso (567.38 m2)	8 días	vie 27/09/13	vie 04/10/13																	
4to piso (569.52 m2)	8 días	mié 02/10/13	mié 09/10/13																	
5to piso (569.52 m2)	8 días	lun 07/10/13	lun 14/10/13																	
6to piso (569.52 m2)	9 días	vie 11/10/13	sáb 19/10/13																	
7mo piso (569.52 m2)	8 días	vie 18/10/13	vie 25/10/13																	
8vo piso (569.52 m2)	8 días	jue 24/10/13	jue 31/10/13																	
9no piso (458.82 m2)	8 días	mar 29/10/13	mar 05/11/13																	
10vo piso (390.32 m2)	4 días	lun 04/11/13	jue 07/11/13																	
11vo piso (357.64 m2)	6 días	mié 06/11/13	lun 11/11/13																	
Caseta de maquinas	4 días	lun 11/11/13	jue 14/11/13																	
Arquitectura	228 días	lun 09/09/13	jue 24/04/14																	
Inst. Sanitarias	234 días	mar 06/08/13	jue 27/03/14																	
Inst Electricas	265 días	mar 06/08/13	jue 17/04/14																	

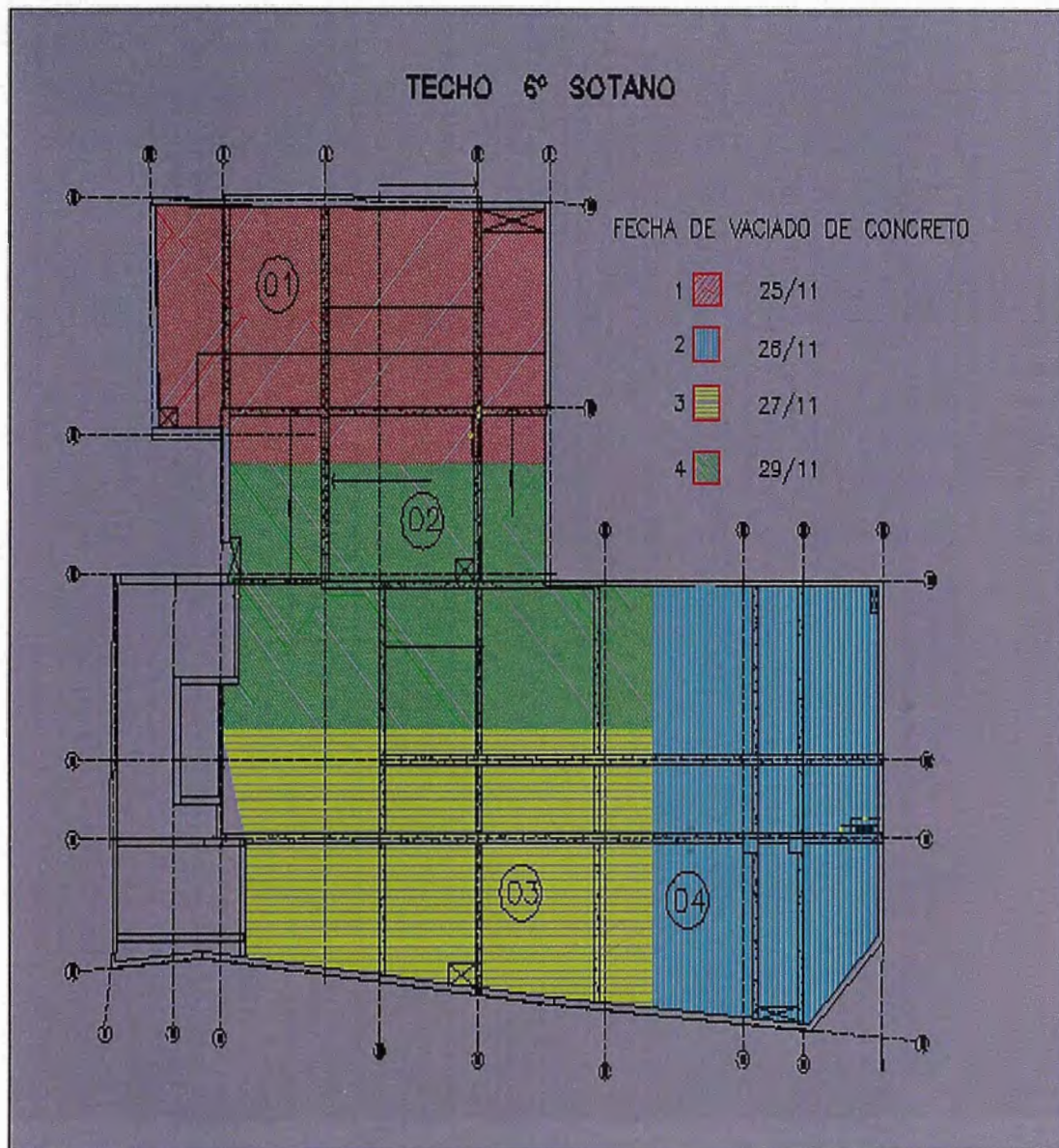
### Anexo N° 3: Hitos reales de vaciado del techo

#### ➤ Vaciado del techo del 7° sótano

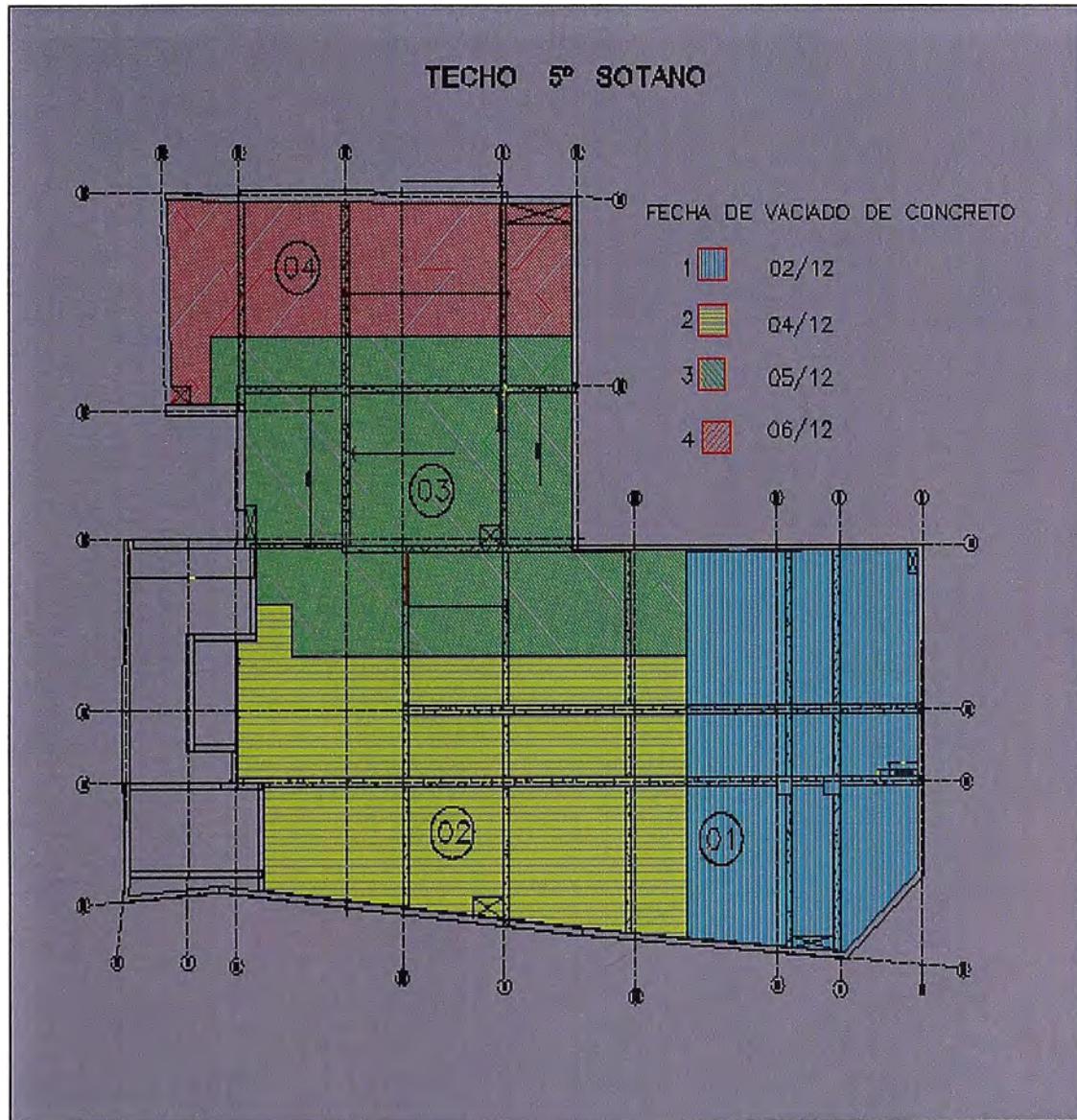




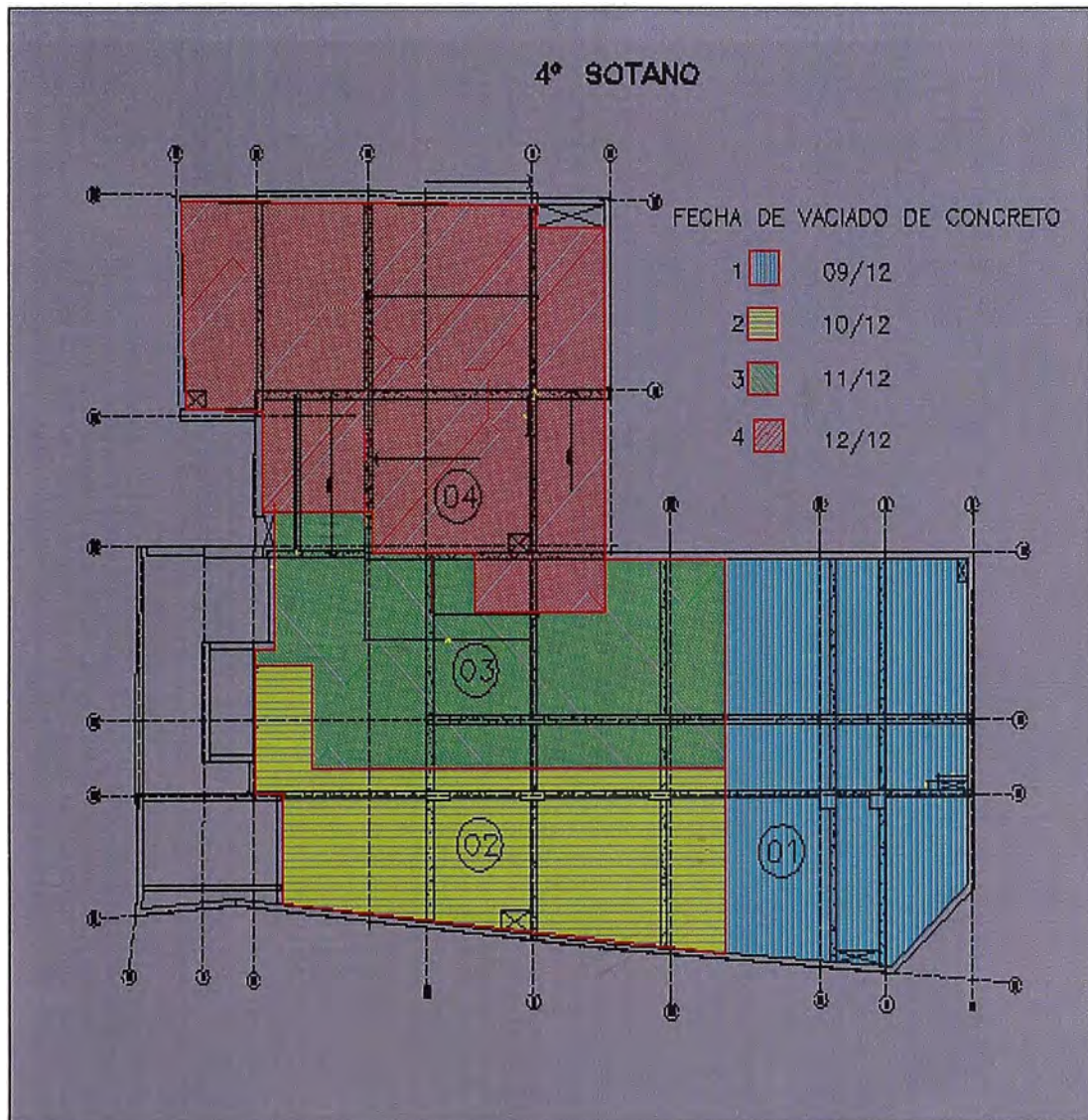
➤ **Vaciado del techo del 6° sótano**



➤ **Vaciado del techo del 5° sótano**

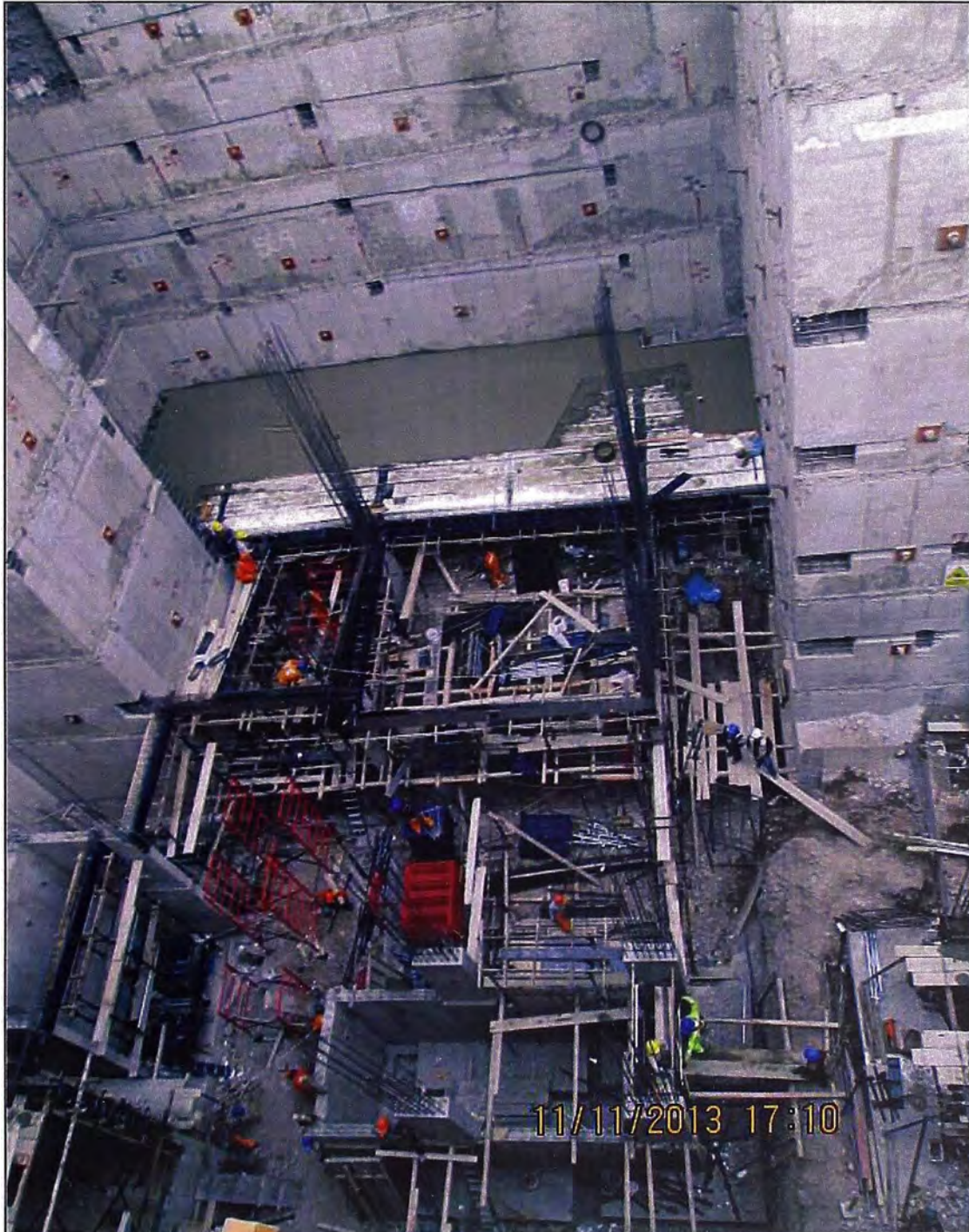


➤ Vaciado del techo del 4° sótano

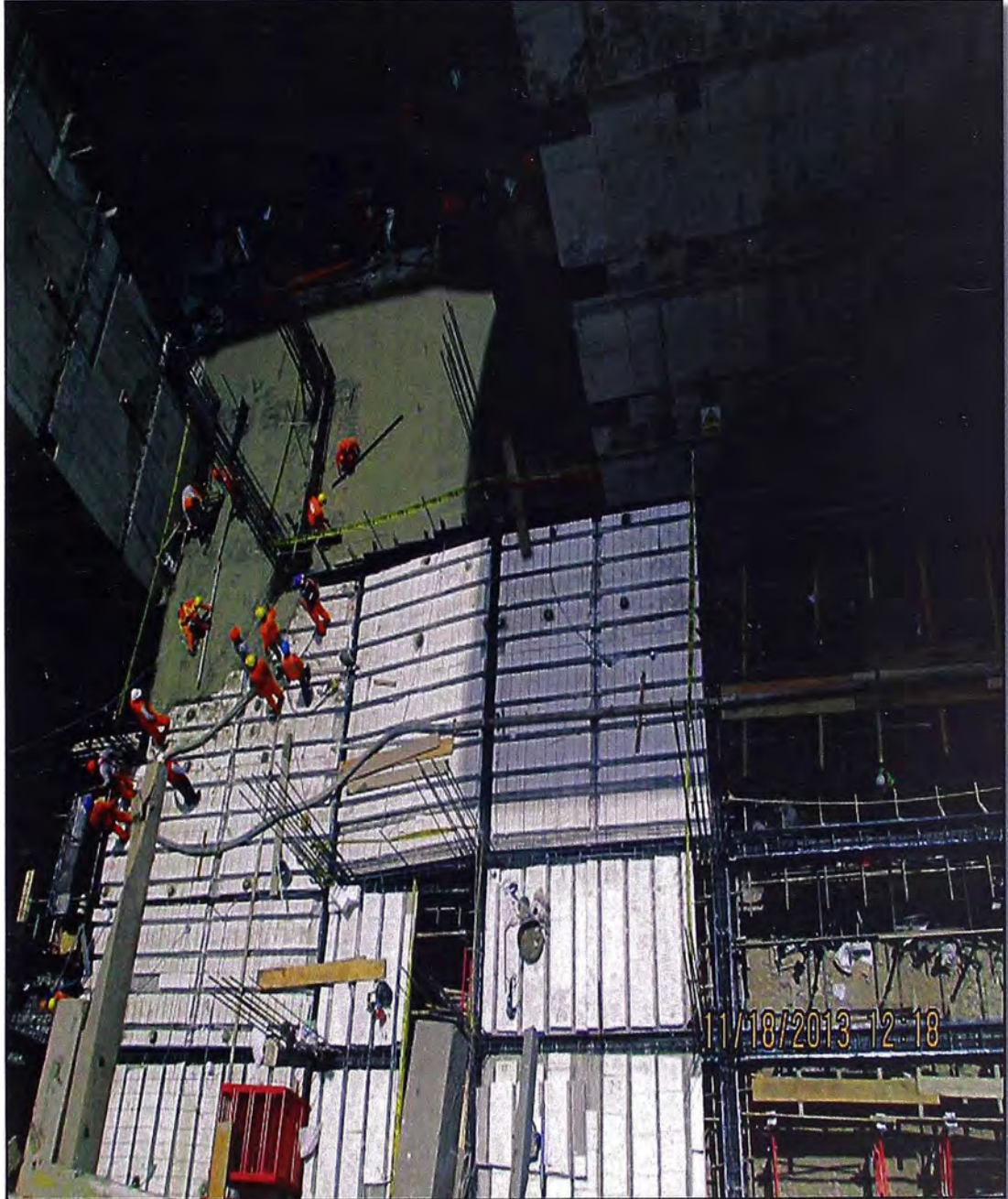


## Anexo N° 4: Esquema de vaciado del vaciado del primer techo: 7° sótano

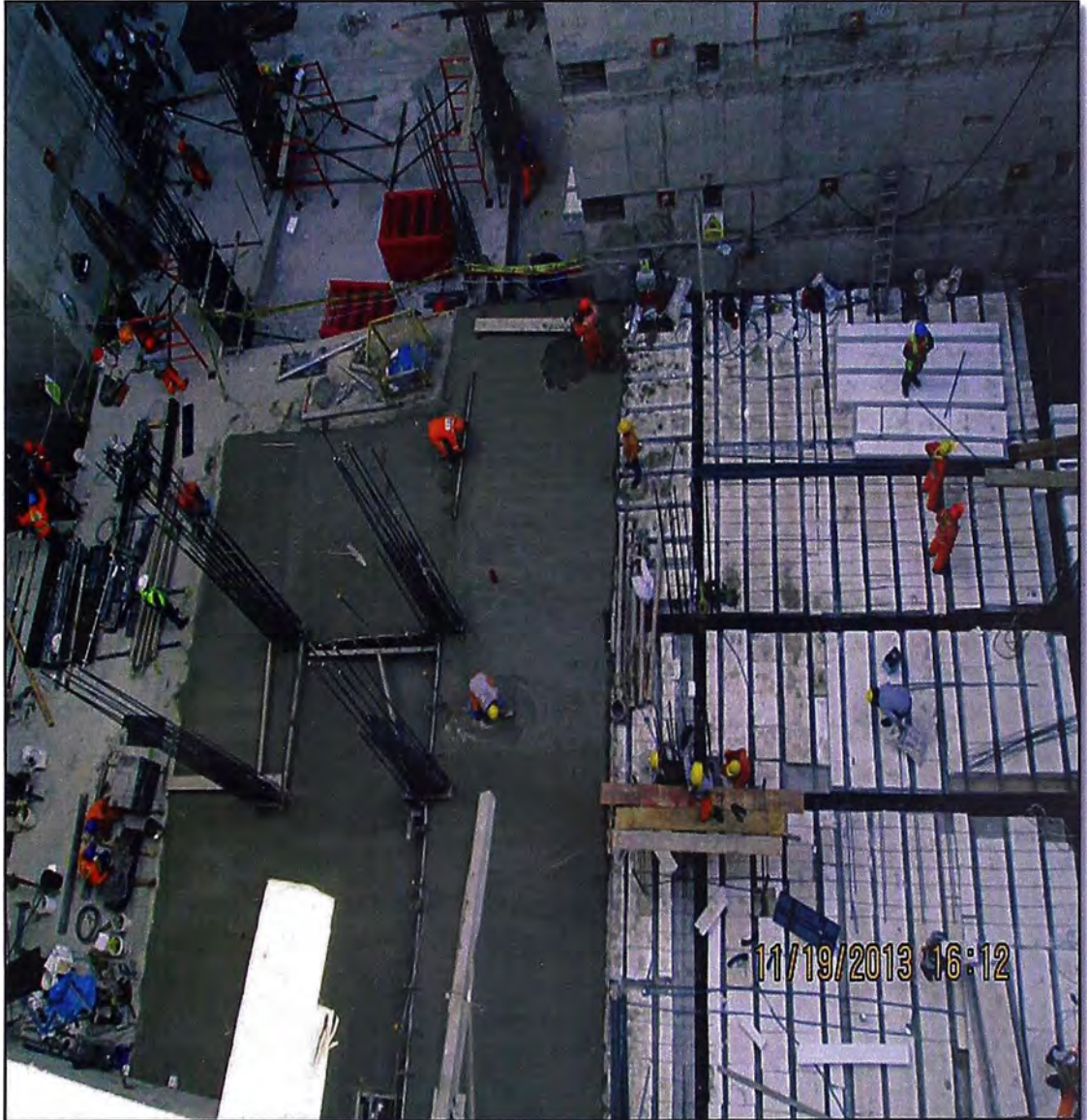
### ➤ Vaciado del primer sector



➤ **Vaciado del segundo sector**



➤ **Vaciado del tercer sector**



➤ **Vaciado del cuarto sector**

