

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



**APLICACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO  
PLANIFICADOR EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN  
CONJUNTO HABITACIONAL**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**PEDRO OMAR PEÑA CARRASCO**

**LIMA – PERÚ**

**2014**

## **DEDICATORIA**

A Dios que siempre ilumina mi camino.

A mis padres que me guiaron para ser la persona que soy.

A mis hermanos que me apoyaron con sus consejos.

A mi esposa que me enseña a ser mejor persona cada día.

A mi hija que me enseña a vivir la vida con alegría.

A la UNI por ser la fuente primordial de mis conocimientos.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
1.1. FILOSOFÍA LEAN .....	11
1.1.1. Origen del Pensamiento Lean .....	11
1.1.2. Definición del Sistema Lean y del Sistema de Producción Toyota .....	13
1.1.3. Principios del Sistema Lean.....	13
1.1.4. Principios del Sistema de Producción Toyota (SPT).....	14
1.2. LEAN CONSTRUCTION “CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS” .....	15
1.2.1. Origen y Definición .....	15
1.2.2. La Construcción según el Enfoque Lean .....	15
1.2.3. Principios de Lean Construction .....	16
1.3. SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR .....	18
1.3.1. Origen y Definición .....	18
1.3.2. Componentes del Sistema del Último Planificador.....	18
<b>CAPÍTULO II: CONOCIMIENTO Y MANEJO DEL ALCANCE .....</b>	<b>19</b>
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	19
2.2. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO.....	24
2.3. PLAZOS, COSTOS Y CONTRATACIÓN DE PARTIDAS .....	24
2.3.1. Cronograma Contractual con Hitos.....	24
2.3.2. Presupuesto Venta de Obra y Consideraciones .....	25
2.3.3. Presupuesto Meta de Obra.....	26
2.3.4. Contratación en Obra .....	27
2.4. CONTRATO DE OBRA .....	27
2.5. COMUNICACIÓN CON EL CLIENTE.....	28
<b>CAPÍTULO III: PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN .....</b>	<b>31</b>
3.1. ANÁLISIS DEL ENTORNO Y ACCESO DE OBRA.....	31
3.2. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (LAYOUT PLAN).....	34
3.3. PLAN DE ENTREGA A INMOBILIARIA .....	38
3.4. SECTORIZACIÓN DE TRABAJO.....	39

3.4.1. Sectorización de Cerco Perimétrico.....	39
3.4.2. Sectorización de Casas .....	40
3.4.3. Sectorización de Edificios.....	49
3.4.4. Sectorización de Áreas Sociales.....	56
3.4.5. Sectorización de Habitación Urbana .....	58
3.4.6. Sectorización de la PTAR .....	58
3.5. TREN DE ACTIVIDADES O PRODUCCIÓN .....	61
3.6. CRONOGRAMA MAESTRO.....	67
3.7. LOOK ADHEAD PLANNING.....	70
3.7.1. Análisis de Restricciones.....	70
3.7.2. Análisis del Look Ahead Planning.....	71
3.8. PROGRAMACIÓN SEMANAL.....	74
3.9. PROGRAMACIÓN DIARIA.....	79
<b>CAPÍTULO IV: PRODUCTIVIDAD .....</b>	<b>81</b>
4.1. CIRCUITO FIEL DE PRODUCCIÓN.....	81
4.2. INFORME DE PRODUCCIÓN DE OBRA .....	86
4.2.1. Tareo Diario.....	86
4.2.2. Informe Semanal de Producción (ISP).....	89
4.2.3. Curvas de Productividad.....	92
4.3. MEDICIONES DE PRODUCTIVIDAD.....	93
4.3.1. Tipos de Trabajo.....	93
4.3.2. Nivel de Productividad General (NPG).....	94
4.3.3. Carta Balance (CB).....	98
<b>CAPÍTULO V: TRANSMISIÓN DEL CONOCIMIENTO.....</b>	<b>101</b>
5.1. REUNIONES DE OBRA .....	101
5.2. CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.....	104
5.3. LECCIONES APRENDIDAS.....	108
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>110</b>
6.1. CONCLUSIONES.....	110
6.2. RECOMENDACIONES.....	112
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>115</b>

## RESUMEN

El presente trabajo comprende la aplicación del Sistema del Último Planificador en la construcción de un conjunto habitacional en Lurín – Lima. Esta herramienta actúa como un sistema de gestión sobre la producción que ofrece mejoras en los procesos constructivos y por ende en su productividad, disminuyendo en gran medida sus pérdidas. Porque sabemos que actualmente el sector construcción del país está creciendo de una forma que no se ha visto desde hace mucho tiempo, pero este crecimiento no se está dando correctamente o mejor dicho no se está construyendo de la mejor manera, además que es retratada como conservadora, resistente a los cambios y tardía en adoptar los avances tecnológicos; por lo cual existe mucha pérdida, sobrecostos, imprevistos a última hora, desorden, no se planifica bien, procesos constructivos mal ejecutados o sin la calidad correspondiente, falta de sinergia en el grupo, falta de liderazgo o un guía, etc., todos estos factores y muchos más hacen que la construcción en el país todavía no tenga un horizonte claro y bien definido hacia su mejora.

La filosofía Lean y el Sistema del Último Planificador prometen cambiar esta situación en las empresas que lo aplican haciendo de éstas conocedoras de sus ventajas, más competitivas y promotora de la mejora continua en cada participante de la empresa, por lo cual debemos destacar los siguientes aspectos esenciales para lograr una adecuada adopción: (1) es una filosofía que orienta la gestión y la estrategia global, (2) tiene tecnologías y métodos que apoyan la implementación de sus principios y (3) permite la creación de una cultura que facilita que las personas sostengan la implementación.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1:</b> Sistema Tradicional vs Sistema Lean .....	16
<b>Figura 2.1:</b> Ubicación de obra en el Distrito de Lurín-Lima .....	20
<b>Figura 2.2:</b> Vista general de obra en Modelo 3D.....	20
<b>Figura 2.3:</b> Diseño de Planta del Conjunto Habitacional.....	21
<b>Figura 2.4:</b> Cronograma Contractual de Obra.....	25
<b>Figura 2.5:</b> Modelo de SDI, SDC, CDC, CDI.....	30
<b>Figura 3.1:</b> Análisis del Entorno de Obra en Plano .....	31
<b>Figura 3.2:</b> Plano de Acceso a Obra.....	33
<b>Figura 3.3:</b> Distribución de Planta Inicial y Final de obra.....	37
<b>Figura 3.4:</b> Cronograma de Entrega a Inmobiliaria .....	38
<b>Figura 3.5:</b> Secuencia Constructiva y de Entrega .....	38
<b>Figura 3.6:</b> Definición de Sector en cerco perimétrico.....	39
<b>Figura 3.7:</b> Sectorización de Cerco Perimétrico.....	39
<b>Figura 3.8:</b> Configuración Arquitectónica y Estructural de casas .....	40
<b>Figura 3.9:</b> Distribución de Casas por Modelos y Etapas en planta .....	41
<b>Figura 3.10:</b> Definición de Sector Diario en Subestructura (Cimentación).....	43
<b>Figura 3.11:</b> Sectorización de Subestructura de Casas .....	43
<b>Figura 3.12:</b> Sectorización de Superestructuras (Propuesta 1) .....	45
<b>Figura 3.13:</b> Sectorización de Superestructuras (Propuesta 2) .....	46
<b>Figura 3.14:</b> Sectorización de Superestructuras (Propuesta 3) .....	48
<b>Figura 3.15:</b> Sectorización de Arquitectura .....	49
<b>Figura 3.16:</b> Distribución de Edificios en planta .....	50
<b>Figura 3.17:</b> Configuración Arquitectónica y Estructural de Edificios.....	50
<b>Figura 3.18:</b> Sectorización de Subestructura (Cimentación) .....	51
<b>Figura 3.19:</b> Sectorización de Superestructura Propuesta 1 .....	52
<b>Figura 3.20:</b> Sectorización de Superestructura Propuesta 2 .....	53
<b>Figura 3.21:</b> Sectorización de Superestructura Propuesta 3 .....	54
<b>Figura 3.22:</b> Sectorización de Arquitectura.....	56
<b>Figura 3.23:</b> Sectorización de Áreas Sociales.....	57
<b>Figura 3.24:</b> Sectorización de Habilitación Urbana .....	58
<b>Figura 3.25:</b> Vista 3D de la PTAR.....	59
<b>Figura 3.26:</b> Sectorización de Planta de la PTAR .....	60
<b>Figura 3.27:</b> Sectorización de Estructura Principal PTAR (Corte Transversal) ..	60
<b>Figura 3.28:</b> Tren de Producción de Cerco Perimétrico .....	62

<b>Figura 3.29:</b> Tren de Producción de Estructuras.....	63
<b>Figura 3.30:</b> Tren de Producción de Acabados Húmedos.....	64
<b>Figura 3.31:</b> Tren de Producción de Acabados Secos.....	65
<b>Figura 3.32:</b> Tren de Producción de Entregas .....	65
<b>Figura 3.33:</b> Tren de Producción de Habilitación Urbana.....	66
<b>Figura 3.34:</b> Cronograma Maestro de Obra .....	68
<b>Figura 3.35:</b> WBS de obra .....	69
<b>Figura 3.36:</b> Análisis del Look Ahead Planning.....	72
<b>Figura 3.37:</b> Look Ahead Planning de Obra .....	73
<b>Figura 3.38:</b> Programación Semanal de Obra.....	76
<b>Figura 3.39:</b> Análisis del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) .....	77
<b>Figura 3.40:</b> Análisis de las Causas de No Cumplimiento (CNC).....	78
<b>Figura 3.41:</b> Programación Diaria de Obra .....	80
<b>Figura 4.1:</b> Circuito Fiel de Producción Encofrado de Muros de Edificios .....	85
<b>Figura 4.2:</b> Tareo Diario de Obra .....	88
<b>Figura 4.3:</b> Informe Semanal de Producción (ISP).....	91
<b>Figura 4.4:</b> Curva de Productividad de concreto en muros .....	92
<b>Figura 4.5:</b> Nivel de Productividad General (NPG).....	96
<b>Figura 4.6:</b> Resultado de Nivel de Productividad General.....	97
<b>Figura 4.7:</b> Carta Balance de Vaciado de Concreto de Losa Maciza .....	99
<b>Figura 4.8:</b> Resultados de Carta Balance .....	100
<b>Figura 5.1:</b> Reuniones de obra .....	103
<b>Figura 5.2:</b> Organigrama de Obra Casa Club El Palmar .....	105
<b>Figura 5.3:</b> Capacitaciones en obra .....	107

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 2.1:</b> Resumen de Presupuesto Venta de Obra .....	26
<b>Tabla 2.2:</b> Resumen de Presupuesto Meta y Análisis de Margen .....	27
<b>Tabla 2.3:</b> Contratación de partidas en obra .....	27
<b>Tabla 2.4:</b> Base de datos de comunicaciones con el cliente .....	29
<b>Tabla 3.1:</b> Análisis del Entorno de Obra con acciones tomadas.....	32
<b>Tabla 3.2:</b> Modelos y Etapas del Proyecto de Construcción.....	40
<b>Tabla 4.1:</b> Resultados de Circuitos Fieles de Producción en Edificio .....	84
<b>Tabla 4.2:</b> Ejemplo de Partidas de Control .....	86
<b>Tabla 4.3:</b> Tipos de Hora Hombre en construcción .....	87
<b>Tabla 4.4:</b> Resultado Final de Horas Hombre en algunas Partidas .....	92
<b>Tabla 4.5:</b> Resultado de Mediciones de Productividad.....	94
<b>Tabla 4.6:</b> Acciones correctivas por los TC y TNC .....	95
<b>Tabla 5.1:</b> Tipos de Reuniones de Obra.....	102
<b>Tabla 5.2:</b> Cuadro de Capacitaciones .....	107
<b>Tabla 5.3:</b> Lecciones Aprendidas de obra .....	109

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

<b>ACI:</b>	Agua Contra Incendio
<b>AT:</b>	Área Techada
<b>CB:</b>	Carta Balance
<b>CD:</b>	Consumo Doméstico
<b>CDC:</b>	Coordinación de Campo
<b>CDI:</b>	Comunicación de Interferencia
<b>CNC:</b>	Causas de No Cumplimiento
<b>IIEE:</b>	Instalaciones Eléctricas
<b>IGV:</b>	Impuesto General a las Ventas
<b>IISS:</b>	Instalaciones Sanitarias
<b>ISP:</b>	Informe Semanal de Producción
<b>LAP:</b>	Look Ahead Planning
<b>LC:</b>	Lean Construction
<b>NPG:</b>	Nivel de Productividad General
<b>OT:</b>	Oficina Técnica
<b>PDCA:</b>	PLAN (Planificar) – DO (Hacer) – CHECK (Verificar) – ACT (Actuar)
<b>PPC:</b>	Porcentaje de Plan Cumplido
<b>PTAR:</b>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
<b>REQ:</b>	Restricción de Equipos
<b>RIT:</b>	Restricción de Información Técnica
<b>RMAT:</b>	Restricción de Materiales
<b>RMO:</b>	Restricción de Mano de Obra
<b>RTP:</b>	Restricción de Trámites y/o Permisos
<b>SDC:</b>	Solicitud de Cambio
<b>SDI:</b>	Solicitud de Información
<b>SSHH:</b>	Servicios Higiénicos
<b>SPT:</b>	Sistema de Producción Toyota
<b>SUP:</b>	Sistema del Último Planificador
<b>TC:</b>	Trabajo Contributorio
<b>TNC:</b>	Trabajo No Contributorio
<b>TP:</b>	Trabajo Productivo
<b>Vpse:</b>	Velocidad de Producción de Subestructura
<b>Vpspe:</b>	Velocidad de Producción de Superestructura

## INTRODUCCIÓN

Desde principios de los años 90, el sistema productivo a nivel global se encuentra inmerso en un cambio, que surgió primero en el sector del automóvil (Lean Production) y más tarde fue adaptándose a otras industrias y sectores. La aplicación del nuevo modelo productivo a la construcción (Lean Construction y Sistema del Último Planificador) surgió a nivel académico hace 20 años y a nivel de implementación se está manifestando más intensamente desde 2007, principalmente en Estados Unidos, donde diversos estudios y análisis realizados hasta ahora revelan que las empresas que ya aplican esta filosofía de producción han obtenido altos niveles de rendimiento en cuanto a reducción de costos, incremento de la productividad, cumplimiento de los plazos de entrega, mayor calidad, incremento de la seguridad, mejor gestión del riesgo y mayor grado de satisfacción del cliente. En el Perú, el interés de las empresas hacia Lean Construction y el Sistema del Último Planificador había sido escaso o casi nulo hasta algunos años atrás, pero ahora la gran mayoría está adoptando esta filosofía por los resultados ya demostrados cuando realmente existe un compromiso de su aplicación en la empresa. Es por esto que el 15 de febrero del 2011 se creó el Capítulo Peruano del Lean Construction (LCI) integrado por 6 empresas peruanas (Coinsa, Edifica, Copracsa, Graña y Montero, Marcan, Motiva) y la Pontificia Universidad Católica del Perú, cuyo objetivo es el desarrollo y promoción de la filosofía Lean en el sector de la construcción en nuestro país.

Lean Construction y el Sistema del Último Planificador nos proporcionan herramientas que contribuyen a una mayor integración entre los diferentes agentes sociales y las empresas que intervienen a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, desde los gerentes hasta los trabajadores de las obras, por lo que implica adoptar un nuevo enfoque en la gestión integral. En esta oportunidad el conjunto de principios, conceptos y herramientas que nos ayudará a lograr con éxito todos los objetivos en la gestión de un proyecto proporcionada por LC y SUP, son usados a modo de aplicación en la construcción de un Conjunto Habitacional en Lurín-Lima como una filosofía de trabajo y sistema de producción.

La implementación y puesta en práctica fue de menos a más, requirió gran esfuerzo de todos los actores responsables de obra y se tuvo que romper varias ideas tradicionales y conformistas como: "aquí siempre hemos trabajado así", "esa

no es mi responsabilidad”, “no tengo tiempo para eso”, “de todas formas no cambiaría nada”, “hay problemas más importantes”, “eso no es posible hacerlo aquí”, “ya tenemos bastante trabajo”, “y yo, ¿qué saco con esto?”, etc. Estas ideas a veces no nos dejan ver que en el contexto global y extremadamente competitivo en el que nos encontramos hoy, quedarse parado es retroceder. El trabajo desarrollado hasta ahora y la experiencia adquirida es un activo fundamental, pero existe el peligro real de permanecer presos de esas ideas, conceptos y métodos que han funcionado bien en el pasado, siendo fundamental interiorizar que el éxito en el pasado no garantiza el éxito en el futuro y es responsabilidad de cada empresa iniciar el cambio. Se ha demostrado que las empresas que mejor se han adaptado y han superado las crisis, son empresas que aprenden más rápido de los errores y consideran la empresa no solo un lugar para ir a trabajar sino un lugar donde aprender a mejorar el servicio o producto que ofrecen cada día.

Finalmente el presente informe se compone de los siguientes capítulos en las cuales se expone la manera de cómo se abordó el tema y que cosas debemos tener en cuenta para que el SUP funcione de la manera correcta:

En el capítulo I se realiza el marco teórico del trabajo donde se expone de manera clara y concisa el origen y evolución del Pensamiento Lean, Lean Construction y el Sistema del Último Planificador.

En el capítulo II veremos la vital importancia de tener el conocimiento total del proyecto y la manera de manejar información generada constantemente a lo largo de su duración.

En el capítulo III se dará a conocer la aplicación directa del Sistema del Último Planificador con las herramientas que proporciona para la planificación y programación de obra, generando un mejor control del proyecto.

En el capítulo IV se analizará todo lo concerniente al tema de productividad y las herramientas empleadas para su mejor control y mejora.

En el capítulo V daremos a entender que la aplicación del Sistema del Último Planificador no es suficiente sino transmitimos el conocimiento de forma clara y constante a todos nuestros colaboradores.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Establecer una metodología de trabajo que permitan convertir a todos los actores de la construcción en eficaces y eficientes, creando valor a los usuarios finales mediante productos de una calidad adecuada que satisfaga sus necesidades y obtengan mejor calidad de vida y bienestar.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar filosofía Lean para realizar el primer paso fundamental en la empresa, la transformación del pensamiento del personal hacia esta nueva tendencia mundial.
- Aplicar las herramientas de gestión que nos ofrece Lean y el Sistema del Último Planificador para el mejoramiento de los procesos constructivos y por ende su productividad, disminuyendo en gran medida sus pérdidas.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. FILOSOFÍA LEAN

#### 1.1.1. Origen del Pensamiento Lean

Para conocer los inicios de Lean debemos remontarnos a los primeros pasos de la fábrica japonesa de automóviles Toyota. Toyota Motor fue fundada en 1918 por Sakichi Toyoda cuando el mercado japonés estaba dominado en ese momento por las filiales locales de las fábricas estadounidenses Ford y General Motors.

El desarrollador de Toyota y pionero de este pensamiento fue el Ing. Taiichi Ohno, que nació en Manchuria en 1912. Ohno observó que antes de la guerra la productividad japonesa era muy inferior a la estadounidense, por lo que en 1950 Ohno y su equipo decidieron viajar a Estados Unidos. En su estadía, Ohno se mostró impresionado por el énfasis excesivo que los estadounidenses ponían en la producción en masa de grandes volúmenes en perjuicio de la variedad y el nivel de desperdicio que generaba. Además, era un sistema difícilmente aplicable en Japón en aquellos tiempos, más que todo porque el mercado japonés era bastante pequeño y exigía una amplia gama de distintos tipos de coches.

Es así como se encontró que la base a partir de la cual podía lograr mayor eficacia radicaba en la eliminación absoluta de pérdidas. Taiichi empleó la observación, la imaginación y el sentido común, lo que derivó su pensamiento hacia como se producía y cuáles eran las rutas que seguían los productos durante el proceso. Luego, a partir de las contribuciones de Ohno, Sakichi Toyoda y Kiichiro Toyoda, se conforma el Sistema de Producción Toyota (SPT) o que algunos lo llaman Lean Production, que consiste en un sistema integral de producción y gestión que incorpora los conceptos Jidoka (automatización inteligente), Poka Yoke (a prueba de fallos), JIT (justo a tiempo), Kanban (tarjeta o señal), Heijunka (suavizado de la producción), Andon (pizarra), Muda (eliminación de desperdicios) y Kaizen (mejora continua).

Este sistema trajo el principio de costo mínimo o "fábrica mínima", que aduce a la reducción de stocks, materiales, equipos, espacios y trabajadores, complementándose con el principio de "fábrica flexible" sustentada en la

flexibilidad del trabajo en la asignación de las operaciones de fabricación para lograr un flujo continuo y pronta atención a la demanda. El resultado es un nuevo tipo de fábrica: la fábrica ligera, transparente y flexible, sus pilares son la producción en el momento preciso y la auto activación. De estas ideas nace el término "Lean" que ya lo podemos definir como un sinónimo de mínimo, ligero, flexible u otros muchos términos afines, tales como pobre, magra o sin pérdidas.

Su difusión en el mundo empezó en la crisis del petróleo en otoño de 1973, a la que siguió una importante recesión, afectó a gobiernos, negocios y en general a la sociedad de todo el mundo. En 1974 la economía japonesa llegó a colapsarse hasta un estado de crecimiento cero. Sin embargo en Toyota, aunque se redujeron sus beneficios, se consiguió mantener unos ingresos superiores a los de otras empresas. El amplio margen diferencial entre ella y las demás empresas hizo que la gente se preguntara qué ocurría en Toyota.

Una década más tarde, en 1985, se originó en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) el Programa Internacional de Vehículos a Motor (PIVM) con el fin de comprender las fuerzas fundamentales del cambio industrial y mejorar el proceso de decisión política relativo al cambio. Los resultados de dicho estudio, revelaron que las empresas japonesas habían desarrollado un sistema productivo propio superior, capaz de fabricar con mayor calidad, a un menor costo y con plazos de entrega más cortos, tanto a nivel de diseño como a nivel de fabricación.

El término que se adoptó tanto desde el punto de vista académico como empresarial para definir el conjunto de técnicas de producción japonesas desarrolladas por la Toyota Motors fue Lean production o Producción Ajustada. Fue acuñado por John Krafcik a finales de la década de los 80 en su tesis de master y en un artículo publicado en la Sloan Management Review, y difundido a nivel global durante la década de los 90 a raíz de la publicación de los libros *La máquina que cambió el mundo*, de James P. Womack, Daniel T. Jones y Daniel Roos y *Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa* de J. Womack y D. Jones. Además, La publicación del libro *Las claves del éxito Toyota* de Jeffrey K. Liker (2006) contribuyó enormemente a la difusión del sistema de producción Toyota.

### 1.1.2. Definición del Sistema Lean y del Sistema de Producción Toyota

Se puede considerar como un sistema de negocio, desarrollado inicialmente por Toyota para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores, que requiere menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para fabricar productos con menos defectos según los deseos precisos del cliente, por lo tanto proporciona mejor calidad, a un menor costo y con plazos de entrega más cortos mediante la eliminación de desperdicio (improductividad o actividades que no añaden valor).

### 1.1.3. Principios del Sistema Lean

El pensamiento Lean tiene los siguientes principios (Womack y Jones 1996):

**a) Valor:** Lean es crear valor para el cliente. Esto implica entender qué quiere el cliente. Una mejor comprensión de los valores desde el punto de vista del cliente proporciona las bases para un diseño del producto y el proceso para fabricarlo más efectivo.

**b) Cadena de Valor o Flujo de Valor:** El siguiente paso es identificar la cadena de valor. Entendemos por cadena de valor a todas las actividades actualmente necesarias para la transformación de materiales e información en un producto o servicio terminado y entregado al cliente, desde la concepción de su diseño hasta su lanzamiento y desde el pedido hasta la entrega.

**c) Flujo:** Una vez que se ha identificado el valor para el cliente, hemos graficado la cadena de valor y se han eliminado las operaciones que generan desperdicio, lo siguiente es hacer que fluyan las operaciones creadoras de valor que quedan.

**d) Sistema Pull:** El sistema consiste en producir de acuerdo a la demanda del mercado. Consecuentemente todo lo que se produzca fuera de este entorno se considera sobre producción.

**e) Perfección:** Se conceptualiza perfección como un proceso que proporciona puro valor, tal y como ha sido definido por el cliente, sin ningún desperdicio de ninguna clase.

**f) Transparencia:** La transparencia es un estímulo muy importante para todos los subcontratistas, proveedores de primer nivel, ensambladores, distribuidores, consumidores y empleados, ya que al tener acceso a más información resulta más fácil descubrir mejores metodologías para la creación de valor.

**g) Capacitación:** Lean exige por parte de todos los empleados de la cadena o flujo de valor que haya una atención continua para mantener el flujo y eliminar el desperdicio. Para lograr este objetivo debemos entregar a los empleados la información correcta de manera puntual y darles la autoridad para solucionar los problemas y trabajar en la mejora continua.

#### 1.1.4. Principios del Sistema de Producción Toyota (SPT)

El Sistema de Producción Toyota consta de 14 principios según Liker 2006 y son los siguientes:

(1) Basar las decisiones de gestión en una filosofía de largo plazo, aún a costa de las metas financieras de corto plazo, (2) Convertir los flujos de procesos en flujos continuos para hacer que los problemas salgan a la superficie, (3) Uso de sistemas Pull, programación tensa para evitar tareas que no añadan valor, (4) Nivelar la carga de trabajo (Heijunka), trabajar como la tortuga, es decir, de una manera constante, y no como la liebre, a golpes, (5) Crear una cultura de gestión a fin de resolver los problemas anticipadamente, para lograr calidad de ejecución a la primera, (6) Las tareas estandarizadas son el fundamento de la mejora continua y de la autonomía del empleado, (7) Usar el control visual de modo que no se oculten los problemas, (8) Utilizar tecnología fiable y absolutamente probada que dé servicio a la gente y los procesos, (9) Hacer crecer a líderes que comprendan perfectamente el trabajo, vivan la filosofía y la enseñen a otros (Kata), (10) Diseñar personas y equipos excepcionales que sigan la filosofía de su empresa, (11) Respetar a la red de socios y proveedores, desafiándoles y ayudándoles a mejorar, (12) Ir a verlo por uno mismo para comprender a fondo la situación, (13) Tomar decisiones por consenso lentamente, considerando todas las opciones e implementarlas de manera rápida y (14) Convertirse en una organización que aprende mediante la reflexión constante (Hansei) y la mejora continua (Kaizen).

## 1.2. LEAN CONSTRUCTION “CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS”

### 1.2.1. Origen y Definición

Durante su estancia en la Universidad de Stanford, California, USA, en 1992, el ingeniero civil finlandés Lauri Koskela escribió el documento *“Aplicación de la nueva filosofía de la producción a la construcción”*, en el que estableció los fundamentos teóricos del nuevo sistema de producción aplicado a la construcción. El trabajo pionero de Koskela fue un hito clave en el desarrollo de una corriente de investigación sobre la aplicación del sistema de producción Toyota y la filosofía Lean a la industria de la construcción. El término Lean Construction fue acuñado por los fundadores del Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC) en 1993.

Lean Construction o Construcción Sin Pérdidas abarca la aplicación de los principios y herramientas Lean al proceso completo de un proyecto desde su concepción hasta su ejecución y puesta en servicio. Entendemos Lean como una filosofía de trabajo que busca la excelencia de la empresa, por lo tanto, sus principios pueden aplicarse en todas las fases de un proyecto: diseño, ingeniería, pre-comercialización, marketing y ventas, ejecución, servicio de postventa, atención al cliente, puesta en marcha y mantenimiento del edificio, administración de la empresa, logística y relación con la cadena de suministro.

Lean Construction persigue la excelencia a través de un proceso de mejora continua en la empresa, que consiste fundamentalmente en minimizar o eliminar todas aquellas actividades y transacciones que no añaden valor, a través de la optimización de recursos y la maximización de la entrega de valor al cliente, para diseñar y producir a un menor costo, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco ecológico con el entorno.

### 1.2.2. La Construcción según el Enfoque Lean

En la Figura 1.1 se explican las principales diferencias de enfoque y planteamiento entre un sistema tradicional de gestión de proyectos (izquierda del gráfico), donde el desperdicio o improductividad no ha sido considerado desde un punto de vista económico, y el sistema según un enfoque Lean (derecha de gráfico) en el que, desde el inicio del proyecto, todos los agentes y actores involucrados en el mismo

trabajan para maximizar el valor del cliente y minimizar todas aquellas actividades, gestiones y transacciones inútiles que no añaden valor, teniendo en cuenta los intereses generales de todos y no los particulares de cada parte.

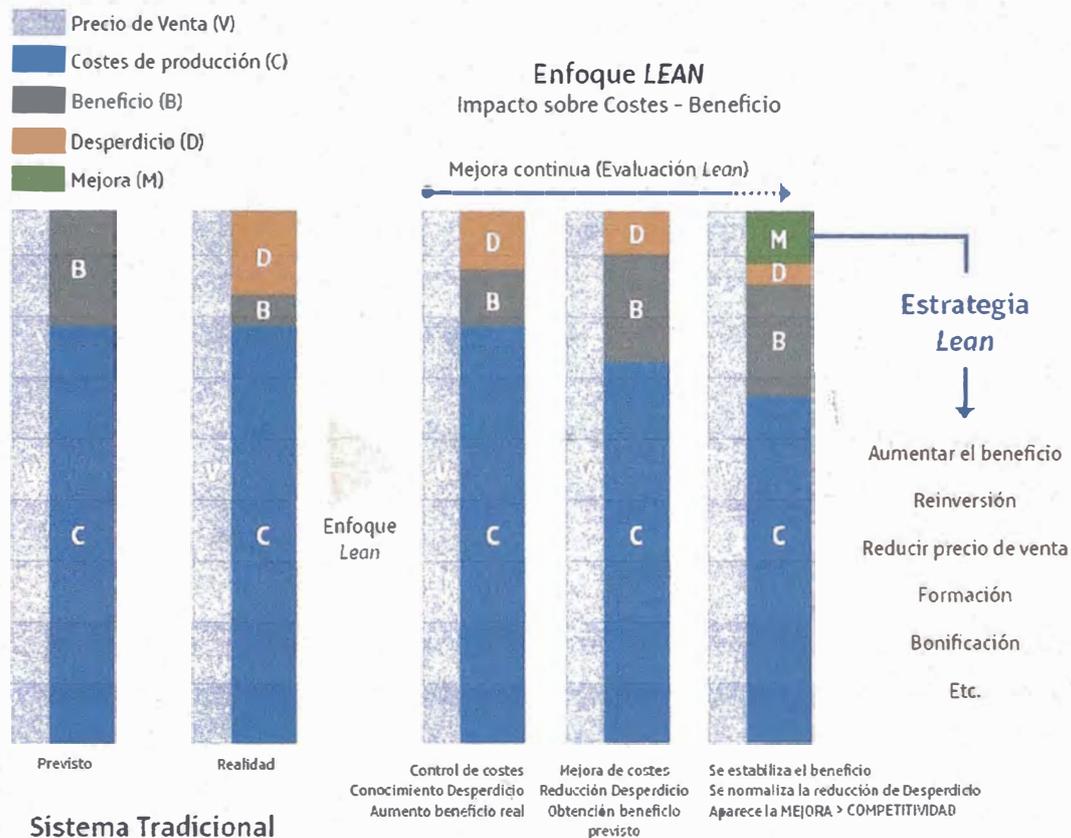


Figura 1.1: Sistema Tradicional vs Sistema Lean

### 1.2.3. Principios de Lean Construction

Lauri Koskela (1992) postuló los 11 principios que se utilizan en Lean Construction:

- 1. Satisfacer los requerimientos del cliente:** Método Pull, es el cliente quien define la línea de producción.
- 2. Reducir las actividades que no agregan valor:** Muchas veces el ahorro que se genera en la reducción de estas actividades es mayor que los beneficios producidos por la mejora en las actividades que agregan valor.
- 3. Reducir los tiempos de ciclo:** El tiempo de ciclo está definido como el tiempo total requerido por una pieza en particular de material para atravesar el flujo.

4. **Reducción de la variabilidad:** Reducción de la variabilidad del proceso y la del producto. Es fundamental que la variabilidad del proceso no sea mucha. Esto es debido a que si es imposible determinar con exactitud cuánto dura un proceso, es imposible mantenerlo en el tiempo. Si los productos tienen mucha variabilidad entre sí, los servicios de post-venta y sus reparaciones serían insostenibles económicamente.
5. **Aumentar la flexibilidad:** Debido a que los cambios en los intereses económicos y las modas que rigen la producción son cada vez más frecuentes, se hace fundamental la adaptación a estos cambios de manera rápida y eficiente, a costos razonables.
6. **Aumentar la transparencia:** Este punto es de suma importancia, ya que permite la detección de errores a tiempo y los problemas y oportunidades de mejora se facilitan notablemente.
7. **Simplificar el proceso al minimizar el número de partes, pasos y relaciones:** Entre más errores se cometan en la ejecución de los procesos, mayor será el costo final del producto, por lo tanto, entre más simple y sencillo sea el proceso, menor será la probabilidad de equivocarse y cometer errores.
8. **Concentrar el control en el proceso completo:** No se puede centrar la atención en sólo una parte del proceso, sino en el proceso completo.
9. **Construir una mejora continua en el proceso:** Medir la mejora, fomentar las buenas prácticas en la realización de los procesos y eliminar los problemas de raíz en lugar de hacer frente a sus efectos.
10. **Balancear las mejoras de flujo con las de conversión:** Las mejoras de flujo pueden ser iguales o más importantes que las inversiones en los procesos de las actividades que agregan valor. Solo invertir en maquinarias o sistemas computacionales, no es malo sino incompleto.
11. **Hacer Benchmarking:** Es muy difícil lograr mejoras radicales o avances tecnológicos sin salir de una oficina, es por esto que es importante observar lo que está ocurriendo en la industria y compararse con los líderes de ellas.

## 1.3. SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR

### 1.3.1. Origen y Definición

El Sistema del Último Planificador (SUP) es un método de trabajo basado en la filosofía Lean, cuyo objetivo es conseguir un flujo de trabajo continuo y una disminución de las pérdidas o tareas que no aportan valor. Propuesto por los investigadores Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell (fundadores del Grupo Internacional del Lean Construction - IGLC) en 1997, plantean que la brecha entre lo que DEBERÍA hacerse y lo que finalmente se HIZO se puede mejorar significativamente si obtenemos información confiable y en conjunto con los últimos planificadores (maestros de obra, subcontractistas, jefes de cuadrilla, etc.), de tal manera que podamos visualizar en un plazo intermedio lo que en la práctica se PUEDE hacer, y luego en un plazo más inmediato, lo que con mucho más certeza se HARÁ.

### 1.3.2. Componentes del Sistema del Último Planificador

Este sistema parte del tradicional CRONOGRAMA MAESTRO de toda la obra, la cual se usa como un referente de hitos; luego, baja a una programación por fases, por ejemplo: excavaciones, cimentación, casco, instalaciones de agua y desagüe, entubados eléctricos, etc. (esto es lo que DEBERÍA hacerse); después abre una ventana de programación de 4 a 6 semanas (analizando lo que realmente se PUEDE hacer), denominada LOOK ADHEAD PLANNING, donde se aplica un análisis de restricciones; y finalmente, recién se pasa a una PROGRAMACIÓN SEMANAL (lo que finalmente se HARÁ), la cual será más confiable por haber sido liberada de sus restricciones. Una vez realizados los trabajos a través de la PROGRAMACIÓN DIARIA (lo que se HIZO), los planificadores son retroalimentados con el PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO (PPC) y con las CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (CNC), que se revisan y analizan semanalmente en las reuniones de obra con todo el equipo. Por lo tanto, la aplicación continua del Sistema del Último Planificador en una obra de construcción, incrementa significativamente la confiabilidad de su planificación. Esto permite al ingeniero residente, conjuntamente con todo el equipo de obra, eliminar una gran cantidad de pérdidas ocasionadas por la incertidumbre y la alta variabilidad, típicas de los procesos constructivos.

## CAPÍTULO II: CONOCIMIENTO Y MANEJO DEL ALCANCE

### 2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

#### UBICACIÓN

<b>NOMBRE:</b>	Conjunto Habitacional Casa Club El Palmar
<b>DEPARTAMENTO:</b>	Lima
<b>PROVINCIA:</b>	Lima
<b>DISTRITO:</b>	Lurín
<b>DIRECCIÓN:</b>	Av. Las Palmas S/N

#### PLAZO

<b>INICIO DE OBRA:</b>	22/10/12
<b>FIN DE OBRA:</b>	15/08/13
<b>DURACIÓN DE OBRA:</b>	297 días calendarios

#### COSTO (septiembre 2012)

<b>COSTO DIRECTO:</b>	S/. 13'782,023.00
<b>GASTOS GENERALES:</b>	S/. 1'379,238.00
<b>SEGURIDAD POLICIAL:</b>	S/. 445,200.00
<b>UTILIDAD:</b>	S/. 1'171,472.00
<b>COSTO TOTAL SIN IGV:</b>	S/. 16'777,933.00
<b>ÁREA TOTAL DE OBRA:</b>	23,760.76 m <sup>2</sup>

#### OBJETOS DE CONSTRUCCIÓN

<b>OBRAS PROVISIONALES Y VARIOS:</b>		S/. 963,529.00
<b>CERCO PERIMÉTRICO:</b>	596 ml	S/. 896,986.00
<b>CASAS:</b>	129 und, AT: 9,768 m <sup>2</sup>	S/. 7,051,686.0
<b>EDIFICIOS:</b>	2 und, AT: 4,075 m <sup>2</sup>	S/. 2,375,562.0
<b>ÁREA SOCIAL:</b>	1,7778 m <sup>2</sup>	S/. 543,785.00
<b>HABILITACIÓN URBANA:</b>	6,300 m <sup>2</sup>	S/. 1'950,475.0
<b>PTAR (ADICIONAL):</b>	1,200 m <sup>2</sup>	S/. 700,000.00

El proyecto se encuentra ubicado en la Av. Las Palmas S/N en el distrito de Lurín, provincia y departamento de Lima. Contempla dos etapas, la primera cuenta con un área de 23,760.76m<sup>2</sup> y un perímetro de 686.76ml, colindante con vías y propiedad de terceros y la segunda que se va a construir en un futuro cuenta con 22,203.00m<sup>2</sup> y un perímetro de 601ml. Ver Figura 2.1.

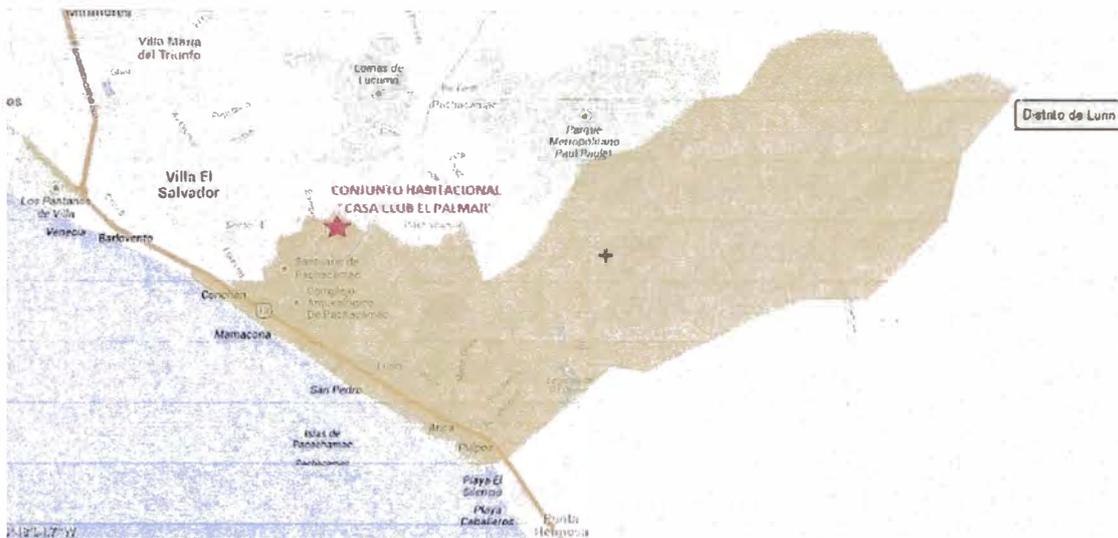


Figura 2.1: Ubicación de obra en el Distrito de Lurín-Lima

El proyecto consiste en la construcción de casas, edificios, áreas comunes, habilitación urbana, pozo para la extracción de agua y una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). En la Figura 2.2 y 2.3 se muestra un modelo 3D y el diseño en planta del proyecto respectivamente.



Figura 2.2: Vista general de obra en Modelo 3D

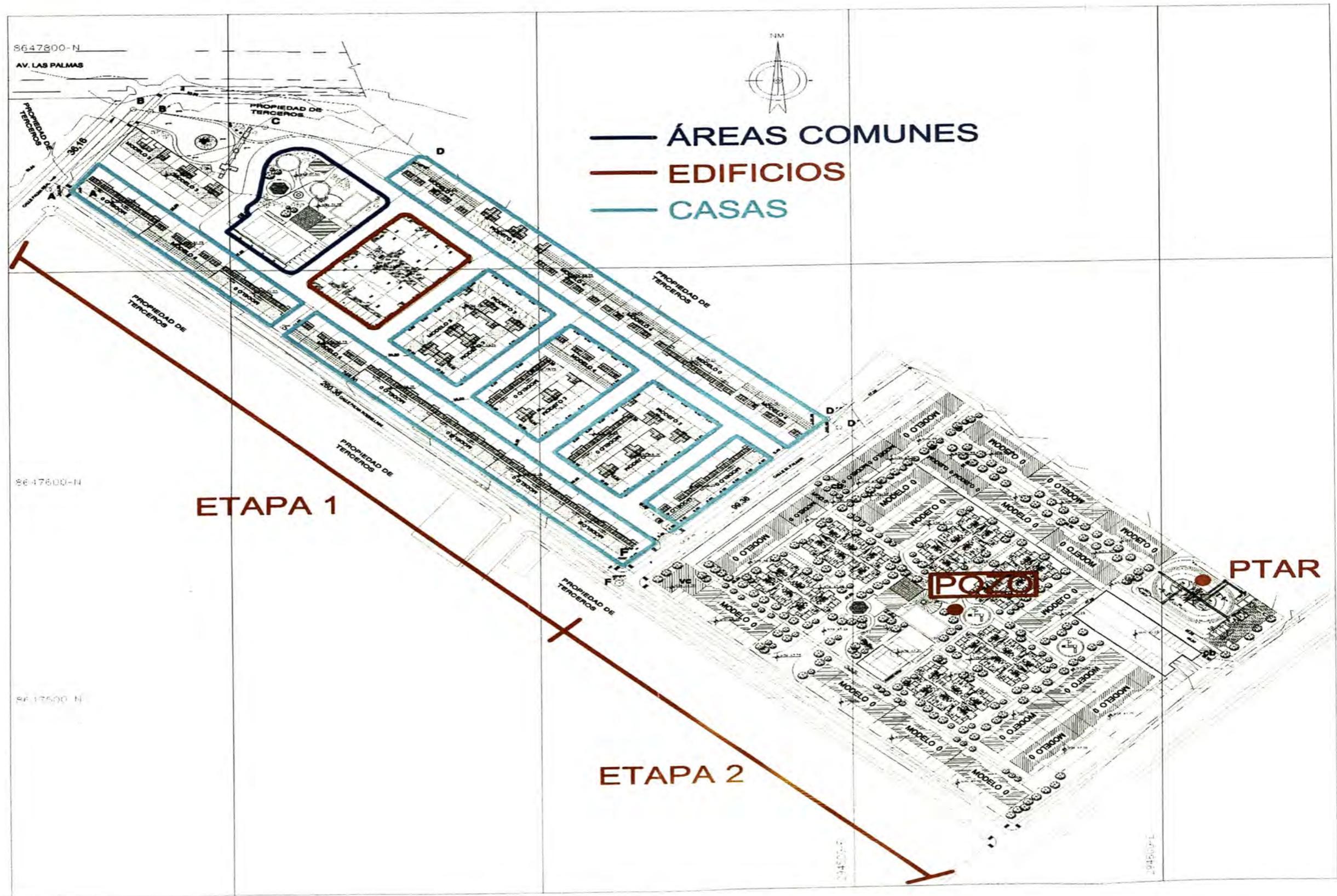


Figura 2.3: Diseño de Planta del Conjunto Habitacional

### **a) Casas**

Los lotes en los que se realizaron las construcciones de cada una de las casas son predominantemente de 90.00m<sup>2</sup> (15mx6m), ampliándose en metrado aquellas casas que se encuentran en los límites del terreno.

Se ha considerado 129 lotes con fines de vivienda unifamiliar construyendo en cada uno casas que pueden variar desde 1 a 3 pisos y todas con posibilidad de crecer hasta 3 pisos. Éstas se encuentran distribuidas en manzanas en toda la planta.

Se han desarrollado 3 Modelos (Modelo 0, Modelo 3 y Modelo 4) que son susceptibles de construcción por Etapas (Etapa 1, Etapa 2, Etapa 3, Etapa 4 y Etapa 5), permitiendo que cada propietario pueda desarrollar su vivienda de acuerdo a sus requerimientos familiares y disponibilidad económica, sin alterar el carácter unitario del condominio.

Se contempla distribuir los diferentes modelos sobre lotes predeterminados, agrupados, básicamente de a cinco, ofreciéndoles a los interesados en diferentes etapas de desarrollo, para que puedan optar por un abanico muy amplio de posibilidades, de manera que se ajusten a sus necesidades y posibilidades. Ver plano en Anexos.

### **b) Edificios**

El Edificio que se construyó consta de 5 pisos, con 6 departamentos por piso, agrupados sobre un Hall de Distribución. Al proponerse dos edificios rebatidos en espejo son un total de 60 departamentos con sala comedor, cocina, patio, dos dormitorios, un estudio y dos baños, uno de ellos incorporado al dormitorio principal, hall y terraza, con un área mínima de 58.40m<sup>2</sup> y máxima de 61.34m<sup>2</sup>. Ver plano en Anexos.

### **c) Área Comunes**

El Condominio cuenta con un Parque Privado, de un área total de 1,777.81 m<sup>2</sup>, en el cual se han desarrollado los servicios comunes del mismo:

Ingreso y sala de recibo con área de administración y baños.

Terraza cubierta por un sol y sombra.

Patera y piscina con ducha exterior.

Campo deportivo multiuso.

Guardería con baño.

Poza de Juegos Infantiles y cabaña con cubierta de madera.

#### **d) Habilitación Urbana Interior**

Contempla la construcción de las redes de agua potable, redes agua contra incendio, redes de desagüe, redes eléctricas, redes de comunicaciones, postes, veredas, pavimento de concreto asfáltico y grass.

#### **e) Habilitación Urbana Exterior**

Contempla la construcción de veredas y pavimento de concreto asfáltico en todo el perímetro exterior.

#### **f) Pozo para extracción de agua y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)**

En la zona no se cuenta con agua ni desagüe, por lo que se decidió construir un pozo para la extracción de agua subterránea y una Planta Tratamiento de Aguas Residuales para que el conjunto habitacional cuente con estos servicios.

#### **g) Cerco Perimétrico**

Consta de la construcción de un cerco perimétrico de obra de 3 m de altura respecto al exterior. Será de albañilería confinada y como base tendrá un muro de contención de concreto armado por el desnivel que existe entre el interior y exterior de obra, aproximadamente 1.50 m.

## 2.2. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

El proyecto contaba con Planos, Memorias Descriptivas, Especificaciones Técnicas de las especialidades de Arquitectura, Estructuras, Instalaciones Sanitarias, Instalaciones Eléctricas, Comunicaciones para las casas, edificios, área social, habilitación urbana, pozo y la planta de tratamiento de aguas residuales, además se contaba con el Estudio de Suelos del terreno de la obra.

En obra al empezar a revisar toda la documentación nos encontramos con incompatibilidades en los planos de diferentes especialidades, detalles faltantes de diseño, especificaciones técnicas incompletas, errores de concepto en planos, incluso planos no hallados, es decir, una serie de problemas en cuanto a su calidad. Todos estos problemas fueron transmitidos inmediatamente al cliente en forma de consulta para su rápida solución, unas fueron contestadas a la brevedad y otras demoraron más de lo previsto, generando problemas en el plazo y calidad de los trabajos. El problema fue solucionado al exponer en las reuniones de obra de manera constante todas las consecuencias que traía la mala calidad de la información, concientizando al cliente de su importancia.

## 2.3. PLAZOS, COSTOS Y CONTRATACIÓN DE PARTIDAS

### 2.3.1. Cronograma Contractual con Hitos

Tenemos que tener en cuenta que el conocer el cronograma contractual no solo se trata de saber el plazo con la cual cuenta la obra, sino tratar de entender la forma de cómo se ha considerado la secuencia constructiva y de esa manera mejorar la propuesta. La información que podemos obtener del cronograma contractual es la siguiente: (1) Plazo contractual de obra, (2) Hitos de entrega, (3) Holguras de tiempo consideradas, (4) Planificación y programación preliminar de construcción.

El plazo contractual de la obra fue de 297 días calendarios desde el 22/10/12 al 15/08/13 y el planteamiento inicial fue empezar con la construcción de las obras provisionales y cerco perimétrico para luego continuar con la construcción de la PTAR, Habilitación Urbana, Casas, Edificios y terminar con las Áreas Sociales. Ver Figura 2.8.

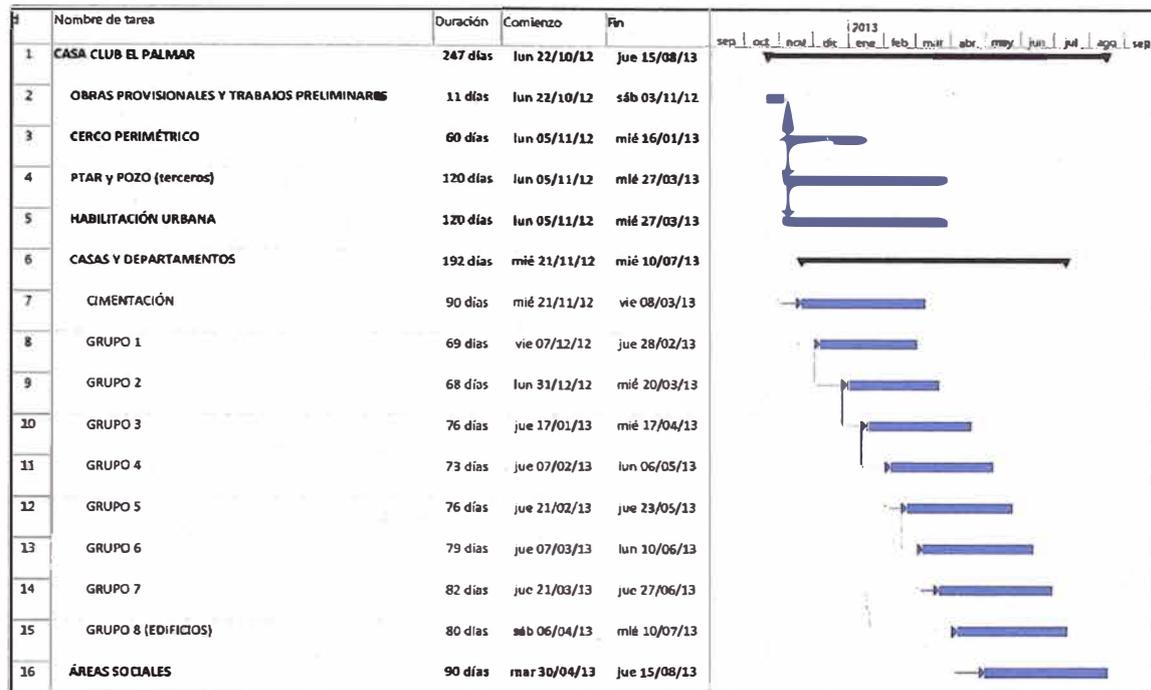


Figura 2.4: Cronograma Contractual de Obra

### 2.3.2. Presupuesto Venta de Obra y Consideraciones

Aquí también no se trata de solo conocer cuánto cuesta la obra, sino de saber cuál es el alcance que se ha presupuestado para construir y bajo qué condiciones. Del presupuesto se puede obtener la siguiente información:

(1) Costo total del proyecto dividido por partidas, (2) Alcance presupuestado para ejecutar, (3) Alcance no presupuestado que no se ejecutará, (4) Consideraciones del presupuesto, porque sabemos que actualmente los proyectos al momento de la licitación no se encuentran totalmente definidos, por lo que se tiene que recurrir a colocar una serie de consideraciones para no tener problemas al momento de ejecución de la obra y de esta manera no tener mayores riesgos ante los inciertos del proyecto, (5) Precio de los recursos de mano de obra, materiales, equipos y subcontratos, (6) Rendimientos de mano de obra, materiales y equipos de cada partida.

El presupuesto total de la obra asciende a S/. 16,277,933.00 sin IGV, el cual se encuentra disgregado en Casas, Edificios y Obras Exteriores como costo directo, y Gastos Generales y Seguridad Policial como costo indirecto, esto se puede observar en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1:** Resumen de Presupuesto Venta de Obra

<b>RESUMEN DE PRESUPUESTO VENTA</b>	
CASAS	7,731,585
EDIFICIOS	2,659,191
OBRAS EXTERIORES	3,391,247
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>13,782,023</b>
GASTOS GENERALES	1,379,238
SEGURIDAD POLICIAL	445,200
UTILIDAD	1,171,472
<b>SUB TOTAL (NO CONSIDERA IGV)</b>	<b>16,777,933</b>

### 2.3.3. Presupuesto Meta de Obra

Documento en el cual queda plasmado el resultado del planeamiento en lo referente a costos, también se puede decir que es el presupuesto sincerado y con el cual se va a medir la gestión de la obra durante su avance.

Las consideraciones asumidas inicialmente y el planeamiento diseñado durante la etapa de licitación son actualizados a través del análisis de las condiciones reales encontradas en la ejecución de la obra. El análisis debe incluir una estimación económica de los riesgos y oportunidades asumidos por el proyecto, de modo que se tenga la mejor proyección del resultado final en el momento de la elaboración del Presupuesto Meta. En él colocamos lo siguiente:

(1) Costo real de los materiales (variación de precio por temporada), (2) Costo real de los equipos (aumento o disminución por competencia), (3) Costo proyectado del aumento de la mano de obra (ajuste anual), (4) Subcontratos (cierre más barato al cotizado en el presupuesto venta), (5) Actualización de los rendimientos de mano de obra, colocando los que pretendemos obtener luego de analizar cada partida, esto involucra colocar un valor mayor o menor del presupuesto venta en el caso que lo amerite, (6) Así mismo, se pueden actualizar los rendimientos de materiales, equipos o herramientas, puede darse el caso que en la etapa de licitación se haya considerado poco o mucho.

Todo esto con el fin de mostrar el verdadero margen que se espera obtener al finalizar la obra. En nuestro caso luego de un análisis con todo el equipo se obtuvo como margen 9.09% respecto al presupuesto venta como se muestra en la Tabla 2.2 a modo de resumen.

**Tabla 2.2:** Resumen de Presupuesto Meta y Análisis de Margen

<b>RESUMEN DE PRESUPUESTO META</b>	
TRABAJOS PRELIMINARES Y OBRAS PROVISIONALES	1,004,245.59
CASAS	7,007,342.10
EDIFICIOS	2,360,050.17
OBRAS EXTERIORES	3,388,702.75
GASTOS GENERALES	1,492,537.21
<b>TOTAL PRESUPUESTO META</b>	<b>15,252,877.82</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO VENTA (INCL UTILIDADES)</b>	<b>16,777,933.00</b>
<b>UTILIDAD META</b>	<b>1,525,055.18</b>
<b>MARGEN BRUTO META (%)</b>	<b>9.09%</b>

#### 2.3.4. Contratación en Obra

El tipo de contratación se dio basándose en la experiencia adquirida en otras obras y se aprecia en la tabla 2.3:

**Tabla 2.3:** Contratación de partidas en obra

<b>PARTIDAS</b>	<b>EJECUCIÓN POR</b>
MOVIMIENTO DE TIERRAS Y PAVIMENTACIÓN	SUBCONTRATO
CERCO PERIMÉTRICO	PERSONAL PROPIO
CASAS, EDIFICIOS Y ÁREA SOCIAL - SUBESTRUCTURAS	PERSONAL PROPIO
CASAS, EDIFICIOS Y ÁREA SOCIAL - SUPERESTRUCTURA	PERSONAL PROPIO
CASAS, EDIFICIOS Y ÁREA SOCIAL - ACABADOS HÚMEDOS	PERSONAL PROPIO
CASAS, EDIFICIOS Y ÁREA SOCIAL - ACABADOS SECOS	SUBCONTRATO
CASAS, EDIFICIOS Y ÁREA SOCIAL - IIEE, IISS	PERSONAL PROPIO
CASAS, EDIFICIOS Y ÁREA SOCIAL - EQUIPAMIENTO	SUBCONTRATO
PTAR - OBRA CIVIL	PERSONAL PROPIO
PTAR - EQUIPAMIENTO	SUBCONTRATO
HABILITACIÓN URBANA	SUBCONTRATO

#### 2.4. CONTRATO DE OBRA

Puede conceptuarse como un documento legal en el que una de las partes encarga a la otra la construcción de un inmueble, con sujeción a un proyecto arquitectónico o de ingeniería previamente definido, obligándose a pagar por ello un precio cierto. En la cual la parte ejecutora de la construcción es obligada a obtener un determinado resultado con su propia actividad, organización y medios, asumiendo su propio riesgo.

Del contrato podemos obtener información importante sobre el planteamiento de varios temas como: supervisión y aceptación de la obra, contraprestación y forma de pago, obras adicionales, ampliación de plazo, penalidades, resolución del contrato, obligaciones y responsabilidades de las partes, recepción de obra, solución de controversias y otros.

La obra tuvo un contrato A SUMA ALZADA Y SIN REAJUSTE, que comúnmente es el más utilizado en las licitaciones y proyectos de edificación, en donde el constructor o ejecutor de los trabajos se obliga a realizar una obra determinada, en un plazo y condiciones preestablecidas por un precio fijo, por lo que el máximo del riesgo recae en el contratista. Este precio no puede ser modificado, sino que sólo puede pactarse un reajuste según procedimientos que queden establecidos en el contrato. Su principal característica es que el propietario conoce desde el comienzo el costo total de la obra y para realizar el estudio de costos, se requiere que el proyecto esté totalmente definido, cosa que en esta oportunidad no se dio y conllevó a la presentación de varios adicionales por parte nuestra.

## 2.5. COMUNICACIÓN CON EL CLIENTE

Estar al tanto de las comunicaciones es estar actualizado constantemente de todos los cambios que se puede producir en obra por indicación del cliente. Nuestra función es también transmitir de forma inmediata esta información para que todos los involucrados tengan conocimiento de las nuevas directivas.

El intercambio de información con el cliente se realizó con los siguientes documentos y en la Figura 2.9 se muestra un ejemplo de éstos:

- a) **Solicitud de Información (SDI):** Documento que se usa para solicitar información faltante o dar a conocer incompatibilidades detectadas del diseño del proyecto. Puede conllevar a adicionales de obra.
- b) **Solicitud de Cambio (SDC):** Documento que usa para proponer, de parte de la constructora, algún tipo de cambio al diseño original sin descuidar la calidad del producto final, esto puede deberse a facilidad constructiva, ahorro en costo, ahorro en plazo, etc. Esto no conlleva a adicionales de obra.

- c) **Coordinación de Campo (CDC):** Documento que hace formal una directiva que se da en campo del cliente al contratista. Puede conllevar a adicionales de obra.
- d) **Comunicación de Interferencia (CDI):** Documento que se usa para informar que durante los trabajos se encontraron interferencias no previstas en los planos, esto por desconocimiento de ambas partes, tanto del cliente como del contratista. Puede conllevar a adicionales de obra.

En la Tabla 2.3 que se muestra a continuación, se observa el escenario final en relación a estos documentos que se tuvo en obra:

**Tabla 2.4:** Base de datos de comunicaciones con el cliente

DOCUMENTO	CANTIDAD
SOLICITUD DE INFORMACIÓN (SDI)	247
SOLICITUD DE CAMBIO (SDC)	43
COORDINACIÓN DE CAMPO (CDC)	39
COMUNICACIÓN DE INTERFERENCIA (CDI)	9

- e) **Cartas:** Documento que se usa como intercambio de información, observaciones, llamadas de atención, acuerdos, invitaciones, etc., entre el cliente y el contratista.
- f) **Actas de Reunión:** Documento donde queda escrito todos los acuerdos que se toman en las reuniones. En obra se tuvieron reuniones semanales con el cliente y de manera interna con el staff de obra y personal obrero a nuestro cargo.
- g) **Cuaderno de Obra:** Documento de registro de acontecimientos y de formulación de consultas oficial para el control de obra. El ingeniero residente y el supervisor son las únicas personas autorizadas para escribir y firmar en el cuaderno. Su objetivo es dejar constancia de los hechos relevantes que suceden durante la ejecución de la obra y es conveniente que sea revisado diariamente por el supervisor evitando dejar periodos sin anotaciones. Los acontecimientos escritos pueden ser usados para reclamos a futuro o cualquier otro tipo de gestión.

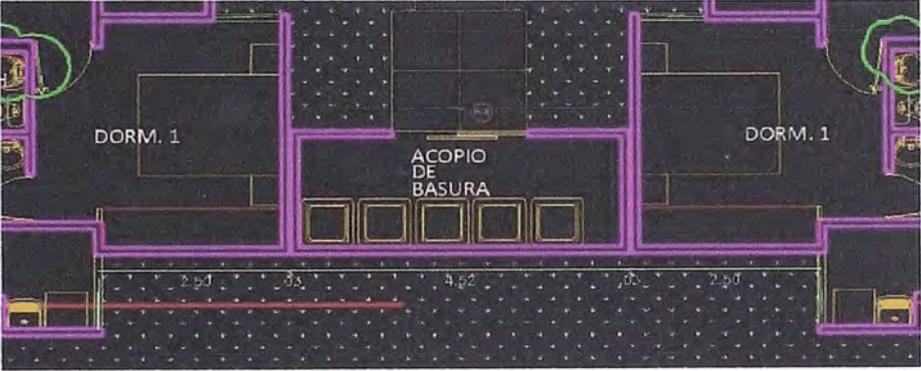
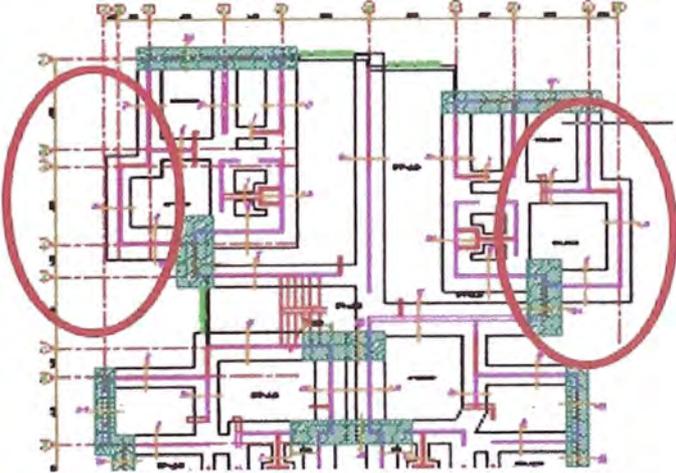
	<b>CONSTRUCTORES INTERAMERICANOS S.A</b> AV. LA MOLINA N°140 ATE, LIMA-PERU TELF: (511)437-1975-FAX (511) 349-5153 e-mail coinsa@coinsa.com.pe		El Título dependerá si es SDI, SDC, CDC, CDI	<b>SDI 130</b>
	<b>PROYECTO:</b>	CASA CLUB EL PALMAR DE LURÍN		
<b>ESPECIALIDAD:</b>	ESTRUCTURAS		<b>FECHA ENTREGADO A COINSA</b>	<b>CÓDIGO DE PLANO</b>
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL:</b>	DETALLES DE ACOPIO DE BASURA ENTRE EDIFICIOS		04/10/2012	E-24 Planta de cimentación A-01 Planta de Manzana C
<b>PLANOS:</b>			<b>ELABORADO POR:</b>	Christian Nuñez
<b>REVISADO POR:</b>	Omar Peña		<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	05/03/2013
<b>DESCRIPCIÓN DETALLADA DE CONSULTA:</b>			<b>FECHA LÍMITE DE RESPUESTA:</b>	10/03/2013
<p>No se tiene ningún detalle, ni información del cuarto de acopio de basura que irá entre los edificios. Solicitamos</p> <p>1 Se brinde el detalle en cimentación donde ira el Acopio de Basura</p>				
				
<p>La siguiente imagen muestra parte de la planta de cimentación donde debería ir el detalle</p>				
				
<p>2 Detalle de encuentro de muros de edificio y el cuarto de acopio de basura , Junta de dilatación , si nacen del mismo cimiento , etc</p> <p>3 Detalle arquitectónico , estructural y de instalaciones de cuarto de acopio de basura</p>				
<b>RESPUESTA DEL ESPECIALISTA:</b>				
<p>1. Se adjunta plano E-24 estructura de cuarto de basura.</p> <p>2. La entrega de HEE y detalles de arquitectura será el día 08/03/2013</p>				

Figura 2.5: Modelo de SDI, SDC, CDC, CDI

## CAPÍTULO III: PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN

### 3.1. ANÁLISIS DEL ENTORNO Y ACCESO DE OBRA

Analizar el entorno de la obra nos ayudará a identificar los posibles impactos que podríamos generar en el medio o interferencias que pudieran ocasionar algún tipo de problema durante la construcción de la obra. Además, el entorno de la obra constituye un elemento definidor de actividades en cuanto que origina la necesidad de realizar procesos adecuados, al tiempo que obliga a modificar los sistemas constructivos que podrían ser utilizados en otros casos. Adquiriendo relevancia por dos razones básicas:

Por la necesidad de incluir en dicho análisis todas las actividades no habituales que se generan por especificaciones del medio, sus riesgos y las medidas preventivas a adoptar en las mismas.

Por recaer sobre el análisis la responsabilidad de apuntar o establecer métodos no especificados en el proyecto.

En la Figura 3.1 y Tabla 3.1 se puede observar el análisis del entorno de obra.



Figura 3.1: Análisis del Entorno de Obra en Plano

**Tabla 3.1:** Análisis del Entorno de Obra con acciones tomadas

LINDERO	PROPIEDAD	ELEMENTOS EXISTENTES	CONSIDERACIONES
1	PROPIEDAD DE TERCERO	CLUB CAMPESTRE CON PISCINAS	- Revisión de cerco perimétrico existente del vecino - Tener en cuenta el funcionamiento del local en época de verano - Especial cuidado en el control de polvos al momento de las excavaciones - Sugerencia de elevar el cerco en esa zona con malla raschel para evitar que caiga desperdicios de los trabajos al construir el segundo piso de las casas
2	PROPIEDAD DE TERCERO	CAMPO DE CULTIVO	- No se afectaría porque no se construirá nada por allí.
3	MUNICIPALIDAD DE LURÍN	VÍAS TRANSITABLE, CANAL DE REGADÍO, ESTACIÓN DE BOMBEO DE SEDAPAL	- Tener en cuenta el ingreso de camiones al ser la vía muy angosta y estar pegada al canal - Evitar afectaciones al canal de regadío como descarga de desperdicios, etc.
4	MUNICIPALIDAD DE LURÍN	VÍA TRANSITABLE, VIVIENDAS EN USO	- Realizar segregación de vía cuando se haga la demolición del cerco perimétrico existente
5	MUNICIPALIDAD DE LURÍN	VÍA TRANSITABLE, TERRENOS VACÍOS	- Realizar segregación de vía cuando se haga la demolición del cerco perimétrico existente
6	MUNICIPALIDAD DE LURÍN	VÍA TRANSITABLE, ACCESO DE LÍNEA DE BUSES A PARADERO	- Realizar segregación de vía cuando se haga la demolición del cerco perimétrico existente
7	MUNICIPALIDAD DE LURÍN	ENTRADA A OBRA, VÍA TRANSITABLE, ACCESO DE LÍNEA DE BUSES A PARADERO	- Realizar segregación de vía cuando se haga la demolición del cerco perimétrico existente
8	MUNICIPALIDAD DE LURÍN	VÍA TRANSITABLE, CANAL DE REGADÍO, VIVIENDAS EXISTENTES	- Evitar afectaciones al canal de regadío como descarga de desperdicios, etc.

Para complementar es necesario realizar un plano de Acceso a Obra por estar en una ubicación muy difícil de llegar, esto es importante para evitar que los proveedores de materiales, equipos y personas que tengan que ver con la obra se ubiquen rápidamente y no exista demoras en su llegada, generando atrasos en la secuencia constructiva.

Funcionará siempre y cuando hagamos el seguimiento a las empresas para que éstas difundan el material a todo su personal, porque debemos de tener en cuenta que no es la misma persona el que hace el despacho u otros temas.

También tener en cuenta el buen diseño que se le tiene que dar a este plano, es muy concurrente en obra un plano sin mucha información, impreciso y falta de claridad, generando mucha pérdida de tiempo en dar explicaciones de la ubicación a gente que no entiende el plano por no haberle dado importancia a su diseño.

Otra cosa y muy importante también es que debemos tener actualizado el plano de acceso a obra por la misma naturaleza variable que presenta, existen casos en que la entrada es modificada constantemente por el avance o también existen momentos que tenemos que cerrar las vías de acceso e implementar otras. En la Figura 3.2 se muestra el plano elaborado de acceso de nuestra obra.



Figura 3.2: Plano de Acceso a Obra

### 3.2. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (LAYOUT PLAN)

Una de las misiones como ingenieros constructores y encargados de optimizar los procesos es encontrar la mejor ordenación de las áreas de trabajo y del equipo, en aras a conseguir la máxima economía y al mismo tiempo que la mayor seguridad y satisfacción de los trabajadores.

Los objetivos de la distribución en planta son:

1. Integración de todos los factores que afecten la distribución.
2. Movimiento de material según distancias mínimas.
3. Circulación del trabajo a través de la planta.
4. Utilización efectiva de todo el espacio.
5. Mínimo esfuerzo y seguridad en los trabajadores.
6. Flexibilidad en la ordenación para facilitar reajustes o ampliaciones.

En obra se tuvo algunas variaciones de la distribución de planta conforme iba avanzando, vale mencionar que tuvimos la ventaja de contar con un área libre correspondiente a la etapa 2, la cual la utilizamos para colocar la mayor cantidad de obras provisionales. Lo que buscamos fue realizar la distribución en planta aprovechando ambientes y zonas libres existentes como se describe a continuación:

**a) Ingresos:** Inicialmente la obra contaba con 3 ingresos:

El Ingreso 1 es el pórtico principal de la obra y por ende la imagen para las ventas, por lo cual se definió solo como entrada del staff, ingreso y salida del personal obrero y subcontratistas (entrevistas, facturación, etc), lamentablemente por necesidad de obra debido al avance y sin otra alternativa terminó siendo utilizada para todo tipo de trabajo, pero siempre manteniendo la imagen para la venta de las propiedades a la clientela.

El Ingreso 2 es un acceso existente mediante un puente pequeño encima del canal de regadío, se definió como entrada para el suministro de materiales en general y maquinarias para movimiento de tierras, luego debido al avance y deterioro del puente se tuvo que clausurar y valernos del Ingreso 1.

El Ingreso 3 es un acceso existente directamente a la Etapa 2, tuvimos que agrandar la puerta de ingreso por ser muy corta, se usó principalmente para la construcción de la PTAR y también para el despacho de materiales y equipos en los almacenes de la Etapa 2, terminó siendo el único ingreso cuando el condominio estaba muy avanzado.

**b) Vías:** Las vías fueron usadas en su totalidad y sectorizadas cuando se realizó los trabajos de Habilitación Urbana. Hubo vías que tuvieron problemas con suelos de mala calidad y que fueron reemplazados con material propio seleccionado.

**c) Caseta de Venta y Pilotos:** Inicialmente ya estaban construidas, cuando la obra avanzó por la zona donde se encontraban se tuvo que reubicar a la entrada principal pero en la zona exterior. La construcción de esta caseta fue a cargo de inmobiliaria.

**d) Oficinas Staff:** Aprovechamos un piloto existente, hicimos una pequeña remodelación al lugar y distribuimos al staff. Cuando tocó construir sobre esa zona tuvimos que buscar otro lugar y el mejor fue la calle entre la Etapa 1 y la Etapa 2, zona en que no iba a realizarse ninguna construcción a corto y mediano plazo.

**e) Almacén de Obra:** Fue ubicado en la zona de la Etapa 2, se pensó inicialmente colocarlo dentro del área de los edificios pero se hubiera tenido que reubicar al momento de la construcción de éstos.

**f) Almacén de Obra para Habilitación Urbana y Otros:** Fue ubicado en la zona de la Etapa 2, almacén destinado como depósito de los materiales de la habilitación urbana como tuberías de agua, agua contraincendio, desagüe, eléctricas, comunicaciones, tapas de buzones de desagüe, cajas de agua, cajas de desagüe, grifos y siamesas de agua contraincendio, postes de luz, concentradores, etc., así como también los aparatos sanitarios, muro galleta pertenecientes a las casas y edificios.

**g) Almacén de Combustibles:** Fue ubicado en la zona de la Etapa 2, fue construido bajo las normas establecidas por el área de seguridad. Se buscó cercarse y estar alejado en la medida posible de otras obras provisionales.

**h) Comedor para Obreros:** Fue ubicado en la zona de la Etapa 2 y planteado tal que no propiciara una reubicación. El comedor fue cómodo por tener espacio para construirlo, pero tuvo que ser ampliado en dos oportunidades por el aumento de personal debido a las nuevas actividades que iban apareciendo conforme avanzaba la obra.

**i) Vestuarios, Servicios Higiénicos, Silo:** Fue ubicado en la zona de la Etapa 2 y planteado tal que no propiciara una reubicación. El área constituía una vía de separación entre las etapas del proyecto que terminaba en el cerco perimétrico y su construcción se planeaba al final de la Etapa 2. Pusimos en operación 12 inodoros, un urinario de 10 metros, 10 duchas, un lavadero de 8 metros y zona de vestuarios con sus respectivos casilleros.

Además, para evitar grandes traslados de los obreros en su jornada laboral hacia los SSHH que se encontraban muy lejos, se colocó varios baños portátiles dentro de la zona de trabajo.

**j) Campamento de Personal Obrero:** Fue ubicado en la zona de la Etapa 2. Debido a la lejanía de la obra optamos por construir un pequeño campamento para que el personal obrero cuando tenga la necesidad de quedarse ya sea porque los trabajos se prolongaron hasta tarde, estancia semanal en obra o inicio de trabajos muy tempranos, tengan un lugar donde quedarse y no verse afectados en su economía.

**k) Zona de Subcontratistas:** Fue ubicado en la zona de la Etapa 2. Esto fue para mantener el orden dentro de la obra y que los subcontratistas tengan un espacio para tener su oficina y almacén. Se dieron áreas de acuerdo a los requerimientos de cada subcontratista.

La Distribución de Planta Inicial y Final que se tuvo en obra se puede apreciar en las Figura 3.3.

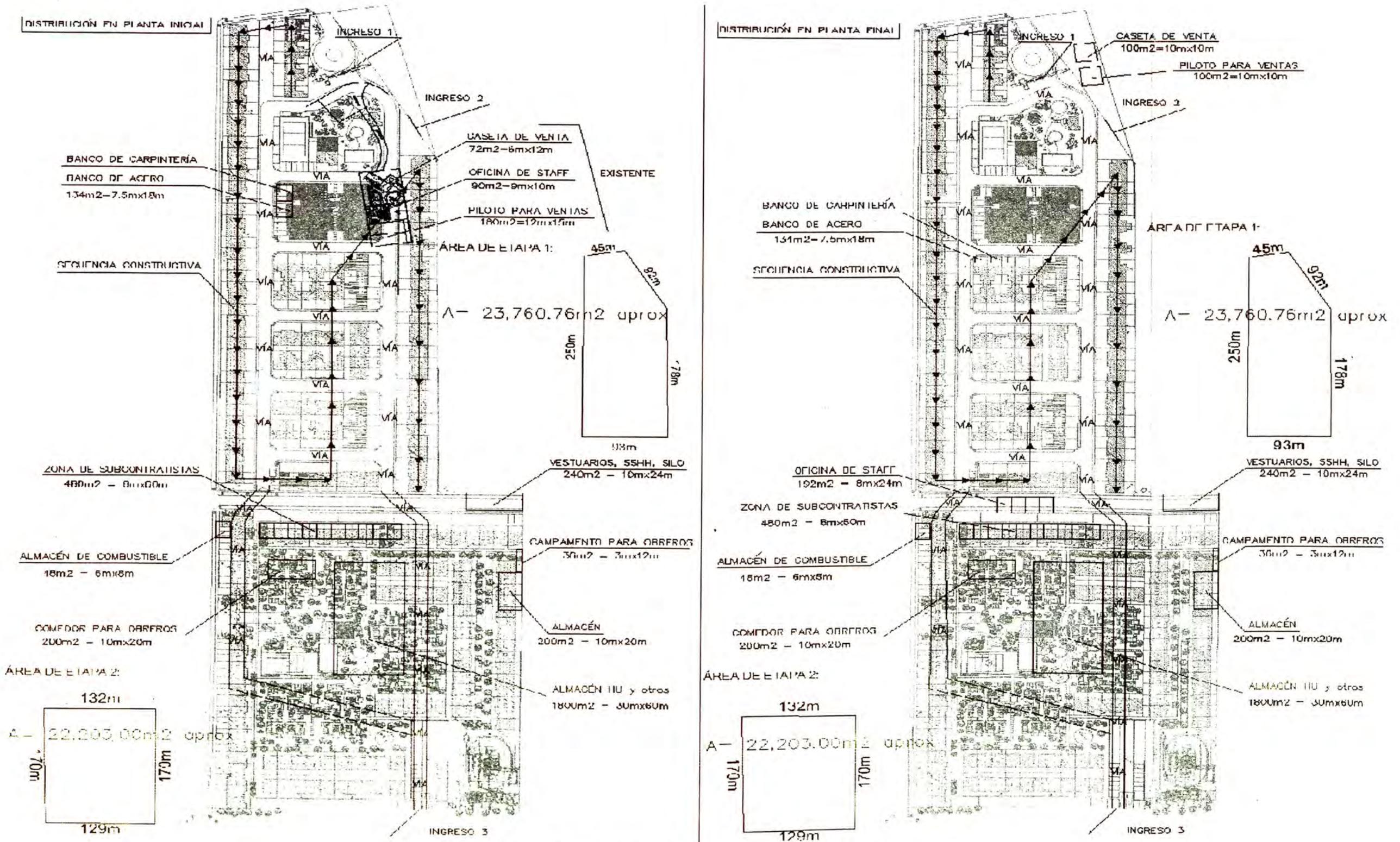


Figura 3.3: Distribución de Planta Inicial y Final de obra

### 3.3. PLAN DE ENTREGA A INMOBILIARIA

El Plan de Entregas define la Secuencia Constructiva de todo el condominio, se definió aquella que le dio mucha facilidad y orden a los trabajos.

ENTREGAS EN OBRA	CASAS	N°	GRUPO	ENTREGA FINAL
		1-22	GRUPO 1	28/02/13
		23-47	GRUPO 2	20/03/13
		48-69	GRUPO 3	17/04/13
		70-84	GRUPO 4	06/05/13
		85-99	GRUPO 5	23/05/13
		100-114	GRUPO 6	10/06/13
		115-129	GRUPO 7	27/06/13
		D01-D60	GRUPO 8	10/07/13
OBRAS EXTERIORES				ENTREGA FINAL
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				15/08/13
HABILITACIÓN URBANA				15/08/13
ÁREAS SOCIALES				15/08/13

Figura 3.4: Cronograma de Entrega a Inmobiliaria



Figura 3.5: Secuencia Constructiva y de Entrega

### 3.4. SECTORIZACIÓN DE TRABAJO

#### 3.4.1. Sectorización de Cerco Perimétrico

La longitud del cerco perimétrico proyectada en obra es de 590ml para la Etapa 1. El diseño del cerco perimétrico contempla un sistema de albañilería confinada con cimiento armado, máximo 5 paños entre juntas sísmicas y una altura de 3m respecto al nivel exterior. La sectorización se definió considerando como sector diario los 5 paños como máximo entre juntas, la cual se hizo coincidir con la longitud de los bloques de casas, es decir 30m y el avance diario de producción era de 15 ml en todas las partidas. Esto se muestra en la Figura 3.7.

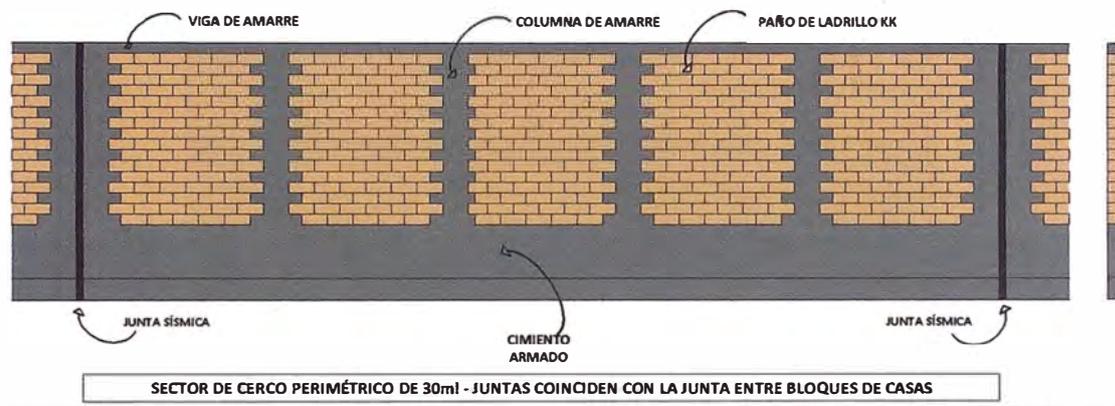


Figura 3.6: Definición de Sector en cerco perimétrico

La sectorización en planta se observa a continuación en la Figura 3.8.

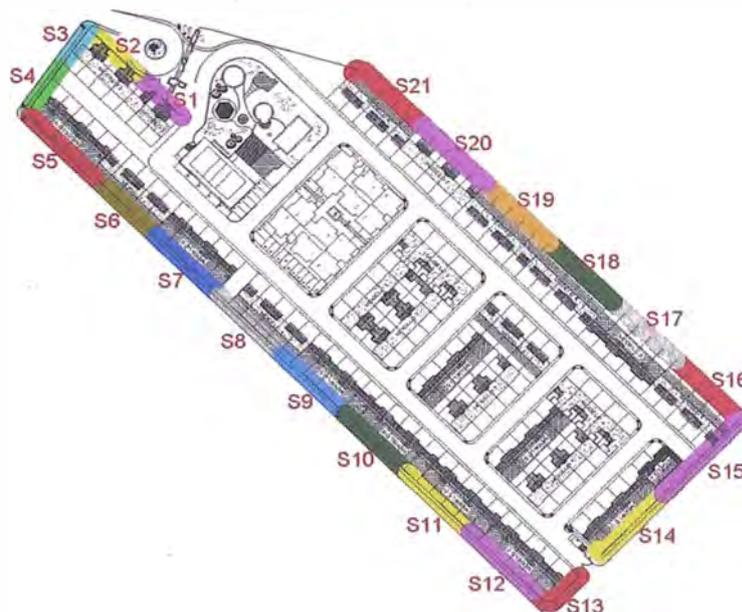


Figura 3.7: Sectorización de Cerco Perimétrico

### 3.4.2. Sectorización de Casas

#### a) Cantidad y Tipos de Casas

En total son 129 casas y están clasificadas por MODELOS y ETAPAS. MODELO se refiere a un tipo de casa con una arquitectura única y ETAPA se refiere al nivel de construcción de cada casa (cantidad de pisos y ambientes). Inicialmente estaban considerados 6 Modelos y 5 Etapas para cada uno, quedando definidos solo 3 Modelos y las etapas correspondientes como se muestra a continuación en la Tabla 3.2.

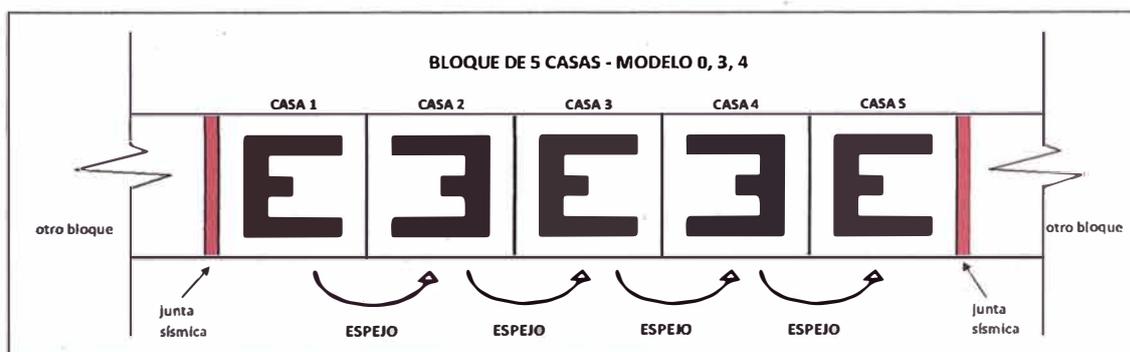
**Tabla 3.2:** Modelos y Etapas del Proyecto de Construcción

NOMBRE COMERCIAL	MODELO	ETAPA	CANTIDAD DE PISOS	CANTIDAD DE CASAS
PALMA CELESTE	0	1	1	15
PALMA CELESTE	0	4	2	35
PALMA VERDE	3	1	2*	40
PALMA VERDE	3	2	2	2
PALMA MARRÓN	4	1	2	37
			<b>TOTAL</b>	<b>129</b>

\* El segundo piso está construido al 50%

#### b) Configuración Arquitectónica y Estructural

Están agrupadas en bloques de 5 casas y presentan simetría tanto en su arquitectura como en su estructura (idea básica de sectorización) y en la Figura 3.9 se muestra este efecto.



**Figura 3.8:** Configuración Arquitectónica y Estructural de casas

### c) Distribución de Casas en Planta

Las casas están distribuidas en bloques por Modelo y Etapa en toda la planta de manera irregular. Esta distribución que se muestra en la Figura 3.10 no facilitó mucho la sectorización, mejor hubiera sido distribuir de tal manera que los bloques de cada modelo estén agrupados en un solo lugar. El cambio ya no pudo ser posible puesto que ya habían sido vendidas tal cual.

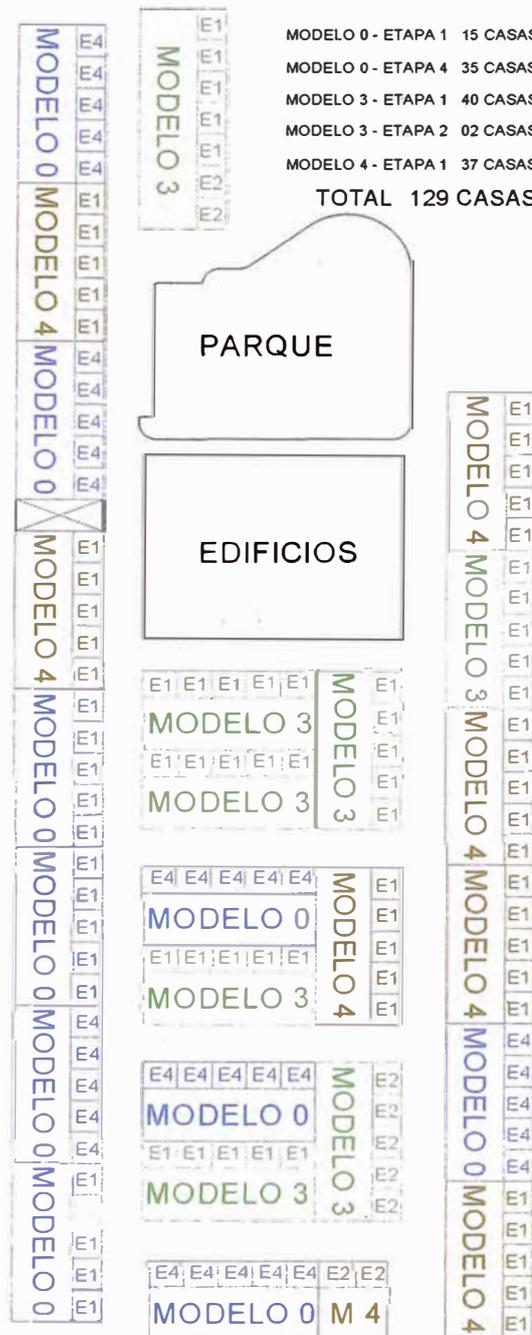


Figura 3.9: Distribución de Casas por Modelos y Etapas en planta

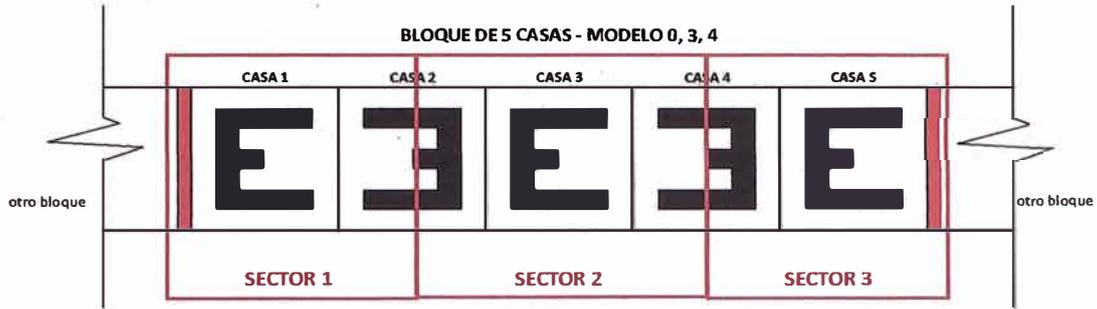
#### d) Sectorización de Subestructura (Cimentación)

Para definir el Sector Diario de la Subestructura se tuvo que tener en cuenta las siguientes variables:

- **Velocidad de Producción de Superestructura:** La velocidad de producción de la subestructura ( $V_{pse}$ ) debe ser mayor a la velocidad de producción de la superestructura ( $V_{pspe}$ ), al suceder lo contrario se produciría un escenario donde la superestructura no tendría campo para continuar con el avance diario.
- **Simetría:** Se intenta buscar que los sectores sean los más simétricos posibles, de esta manera los trabajos en cada sector se vuelven más fáciles de realizar. En este caso como se mencionó anteriormente, los bloques están compuestos por 5 casas que son simétricas entre sí.
- **Producción Diaria:** Se debe de considerar una producción diaria coherente y factible, ni más ni menos. Básicamente depende de la cantidad de recursos a emplear y del tiempo disponible dentro del cronograma.

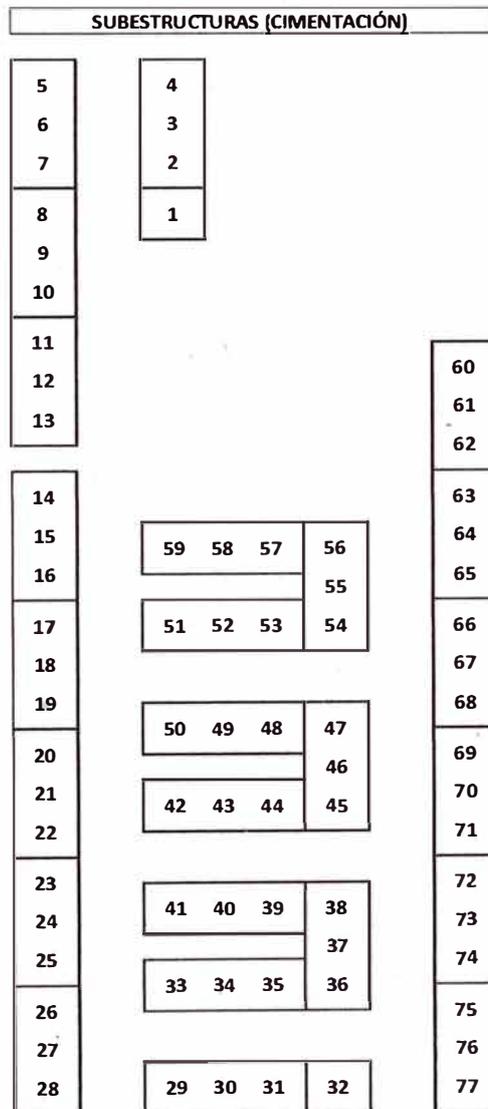
Luego de analizar estas tres variables se optó por dividir el bloque en tres partes iguales obteniendo como resultados y que se ve en la Figura 3.11:

- $V_{pse}=1.67\text{casas/día}$  (5 casas en 3 días) que comparándolo con el valor de la  $V_{pspe}=1.25\text{casas/día}$ , que será explicado más adelante, no tendríamos problemas con el avance de la secuencia constructiva.
- Respetamos la simetría de las casas con sectores prácticamente parecidos entre sí, obteniendo facilidad de trabajo.
- Como producción diaria se determinó por sector en promedio: concreto de cimiento= $24\text{m}^3$ , encofrado de cimiento= $17\text{m}^2$ , concreto de sobrecimiento= $1.2\text{m}^3$ , encofrado de sobrecimiento= $23\text{m}^2$  y concreto de falso piso= $7\text{m}^3$ , que son valores aceptables y están dentro de lo planeado.



**Figura 3.10:** Definición de Sector Diario en Subestructura (Cimentación)

Una vez definido el Sector Diario de Producción de la Superestructura y conociendo la Secuencia Constructiva de la obra se plasma en planta la Sectorización de la cimentación de las casas. Ver Figura 3.12.



**Figura 3.11:** Sectorización de Subestructura de Casas

### e) Sectorización de Superestructura (Muros y Losas)

Se hicieron 3 propuestas que tenían sus ventajas y desventajas, optando por la de menor impacto económico.

#### Propuesta 1

Partimos de que el proyecto cuenta con tres modelos diferentes de casas, por lo que se podría aprovechar la simetría entre sí para realizar un avance en paralelo con una cuadrilla independiente para cada modelo, como si fueran tres frentes. De esta manera el avance diario por cuadrilla sería de 0.5 casas x día, obteniendo una Velocidad de Producción Total de 1.5 casas x día. La idea era que cada cuadrilla avance su modelo aprovechando la simetría entre casas hasta terminar con ello, estando supeditado a la distribución en planta de los bloques, que en sí es muy irregular. Ver Figura 3.13.

El problema de esta propuesta era la enorme movilización de todos los recursos que se podía dar por la separación de los bloques de casas al momento de realizar el sector diario por modelo. Este escenario para las partidas de acero, instalaciones, encofrado y concreto demandaban grandes movilizaciones de recursos para su ejecución, llevándose la peor parte la partida de concreto. Esto generaba que esta cuadrilla tenga que movilizarse hacia los 3 frentes de vaciado llevando consigo todos sus equipos y herramientas, tarea ya en sí tediosa, a esto le sumamos que los vaciados eran realizados mediante el empleo de bombas telescópicas, por lo cual tenían que establecerse en cada frente, armando y desarmando el equipo en 3 oportunidades o más, y si le añadimos los desperfectos que pueda tener el equipo o llegada tardía de las unidades de concreto, ocasionaban que los vaciados se prolongaran hasta altas horas de la noche, produciendo pérdidas en todo sentido. Además, haría que el vaciado de concreto de los elementos finalizara muy tarde y en consecuencia las actividades del día siguiente y en general el tren de producción se retrasarían en sus inicios, esto es porque el concreto no tuvo el tiempo de fraguado adecuado.

El plan era realizar el vaciado de concreto de losa a partir de las 10:00 horas y el de muros a partir de las 14:00 horas, finalizando todas las actividades de vaciado a las 17:00 horas.

**SUPERESTRUCTURAS(MUROS-LOSAS) - PROPUESTA 1**

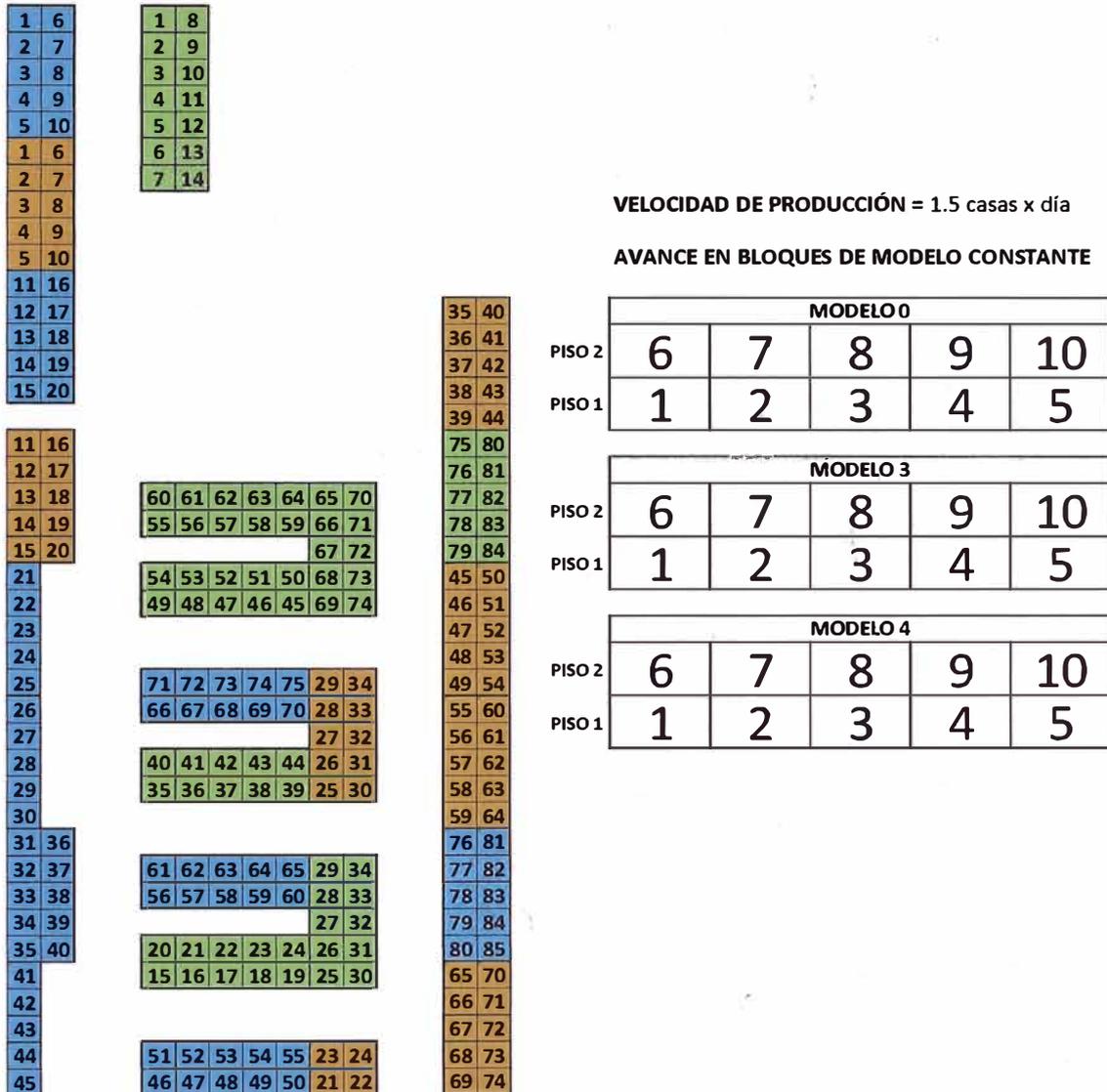


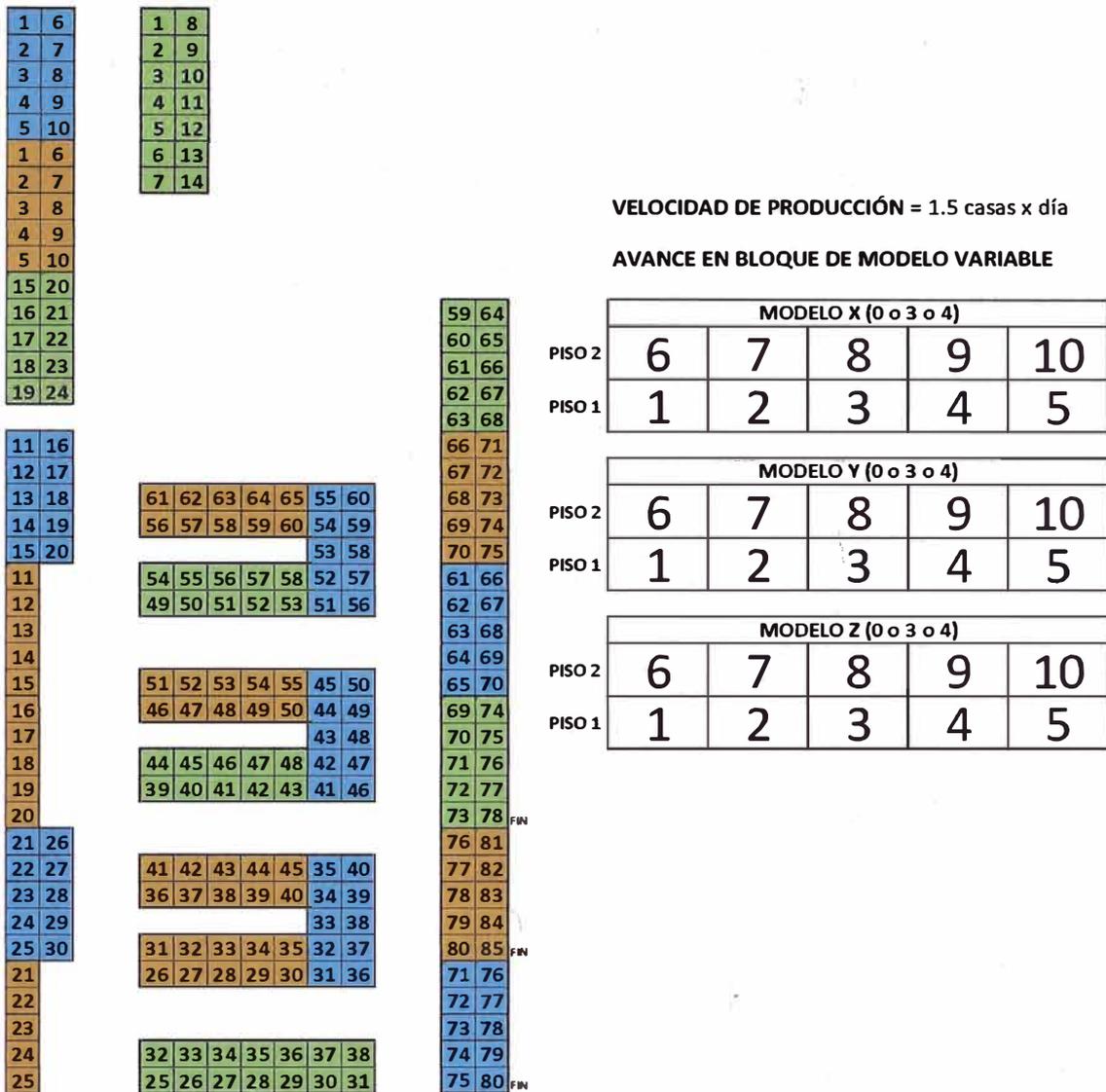
Figura 3.12: Sectorización de Superestructuras (Propuesta 1)

**Propuesta 2**

Similar a la Propuesta 1 pero con la diferencia que ya no se daba el avance por modelo hasta terminar, sino era variable y las tres cuadrillas rotaban dependiendo de la secuencia constructiva ya establecida, por lo cual no estábamos muy supeditados a la distribución de los bloques en planta. Ver Figura 3.14.

Esta propuesta en sí aminora un poco las movilizaciones pero no lo suficiente, que es lo que queríamos, los problemas continuaban a menor escala pero continuaban, sin embargo la partida de concreto sigue siendo la más afectada.

**SUPERESTRUCTURAS(MUROS-LOSAS) - PROPUESTA 2**



**Figura 3.13:** Sectorización de Superestructuras (Propuesta 2)

**Propuesta 3**

La propuesta nace de intentar eliminar la mayor cantidad de movilizaciones y hacer que la partida de concreto no tenga demasiados problemas en su ejecución como ya se vio anteriormente.

La idea para determinar el Sector Diario de Producción fue aprovechar la simetría del bloque desde su punto medio y no la simetría que presentaban las casas entre sí, es decir que el avance se reduciría a un solo frente ya no estando supeditado a la distribución de los bloques en planta y dependiendo exclusivamente de la secuencia constructiva ya determinada. Ver Figura 3.15.

La Velocidad de Producción con esta propuesta llega a ser de 1.25 casas x día, que viene a ser menor que las anteriores, requiere más tiempo pero que puede ser manejado internamente con las holguras de otras partidas.

Esta propuesta lo que hace es en gran medida aminorar y mejorar el tema de las movilizaciones de los recursos, facilitando bastante los trabajos de todas las partidas y en especial la de concreto, cuyo vaciado se reduciría a un solo punto.

También ayudó en el almacenaje de los materiales y equipos porque también se redujo a un solo frente y en forma ordenada, no como en las propuestas anteriores que demandaban que se almacenara en tres puntos diferentes en pequeñas cantidades, esto generaba desorden, deterioro y pérdida de los materiales y equipos.

De igual forma, hubo ahorro de tiempo y facilidad para la liberación de los elementos por parte de los ingenieros de campo, teniendo un mejor control de todos los procesos constructivos, puesto que ya no realizaban viajes innecesarios a los tres frentes para realizar la supervisión de los trabajos.

Un problema es que ya no se contó con la ayuda de la simetría en todos los sectores establecidos, sino que nos enfrentamos a la variabilidad de los modelos cuando pasan de bloque en bloque, al comienzo costó un poco pero terminó bien gracias a la adaptación y aprendizaje continuo de todo el equipo de obra.

Como producción diaria en promedio y siendo valores aceptables, se determinó:

Encofrado de muros = 340.80 m<sup>2</sup>

Concreto de muros = 20.23 m<sup>3</sup>

Encofrado de losa = 124.30 m<sup>2</sup>

Concreto en losa = 12.62 m<sup>3</sup>

Vale mencionar que el transporte de materiales y equipos para tramos cortos como por ejemplo cuando pasaban de sector en sector en un mismo bloque, se realizaba de forma manual, pero cuando tocaba el transporte en tramos largos o alto, ya sea ir a otro bloque o ir del primer piso al segundo piso de un mismo bloque, nos ayudábamos con un manipulador telescópico (telehandler).

**SUPERESTRUCTURAS(MUROS-LOSAS) - PROPUESTA 3**

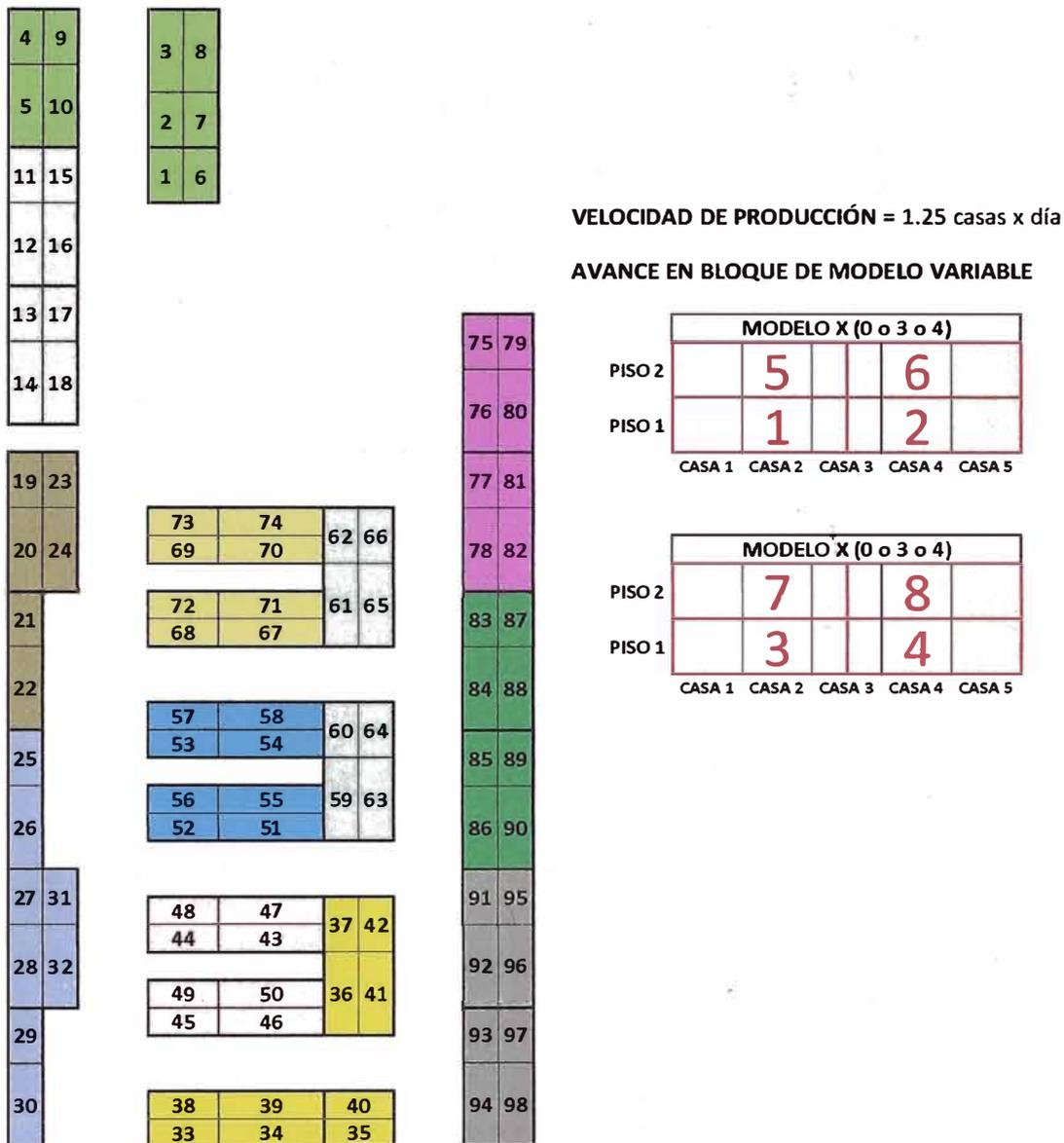


Figura 3.14: Sectorización de Superestructuras (Propuesta 3)

**f) Sectorización de Arquitectura (Acabados Húmedos y Secos)**

Para realizar la sectorización para las partidas de arquitectura no tuvimos mayor inconveniente, optamos por avanzar una casa por día en todas las partidas, por lo cual nos guiamos en la Secuencia Constructiva para plasmar la sectorización en planta. Ver Figura 3.16.

El Sector Diario de Producción corresponde a 1 casa considerando los 2 pisos, en el caso de las casas de un solo piso se tendrán que hacer 2 unidades ese día, por lo tanto la Velocidad de Producción sería de 1 casa x día.

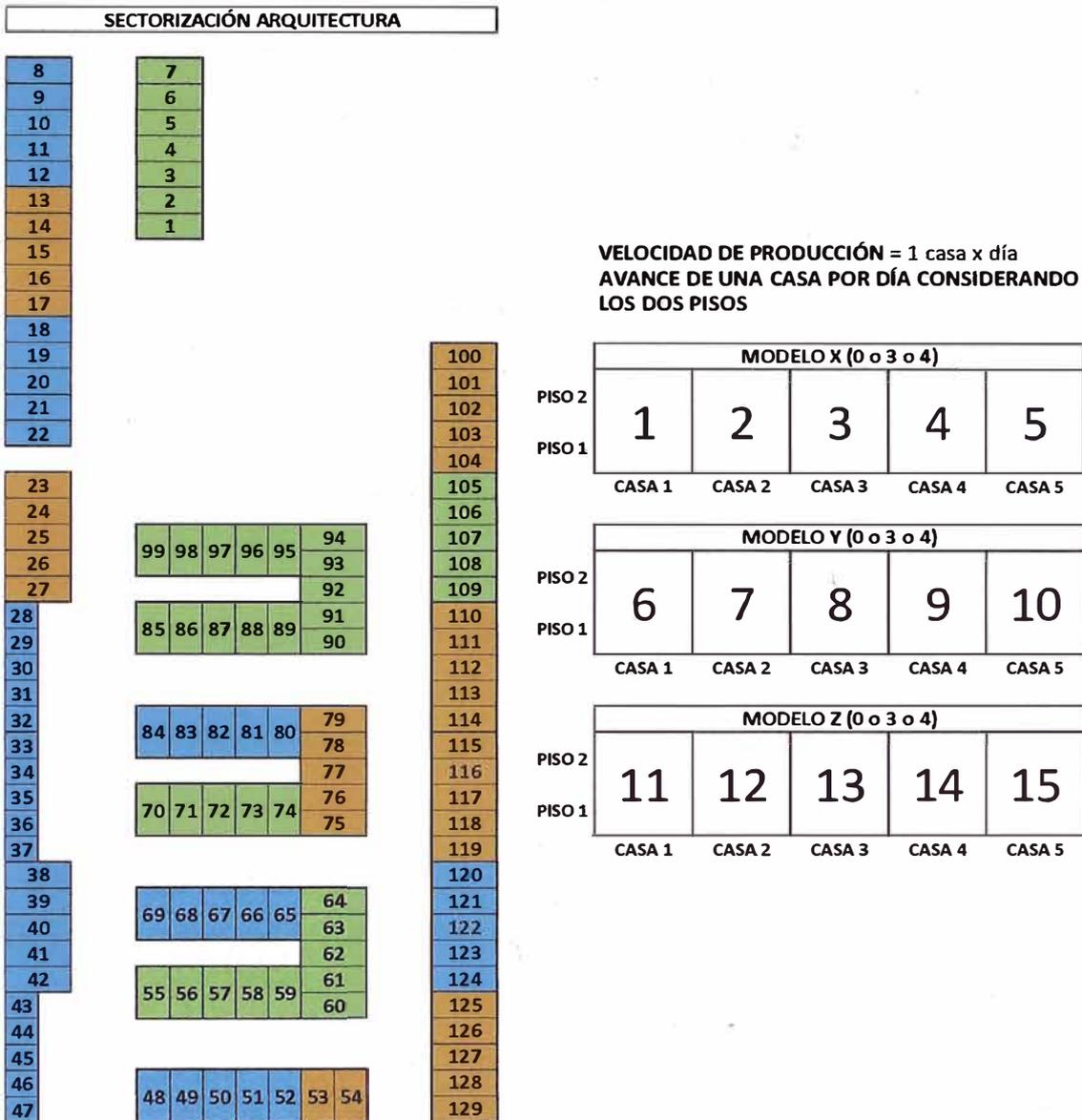


Figura 3.15: Sectorización de Arquitectura

### 3.4.3. Sectorización de Edificios

#### a) Distribución y Cantidad de Edificios y Departamentos

El proyecto contempla la construcción de 2 edificios de 5 pisos cada uno y 6 departamentos por piso, siendo un total de 60 departamentos. Los edificios prácticamente están juntos, casi en la parte central del área total del proyecto. Ver Figura 3.17.

Como secuencia constructiva éstos serán construidos luego de las casas y como entrega a inmobiliaria de la misma manera.

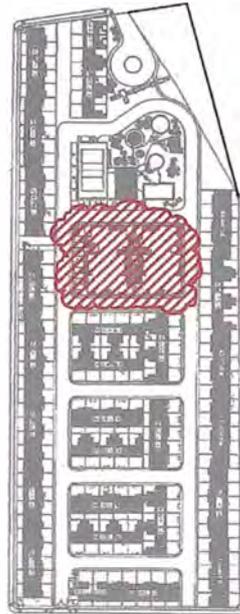


Figura 3.16: Distribución de Edificios en planta

### b) Configuración Arquitectónica y Estructural

Los 2 edificios son iguales y presentan simetría, así como también su configuración interior respecto al punto medio en forma vertical. En forma horizontal no presenta simetría. Ver Figura 3.18.

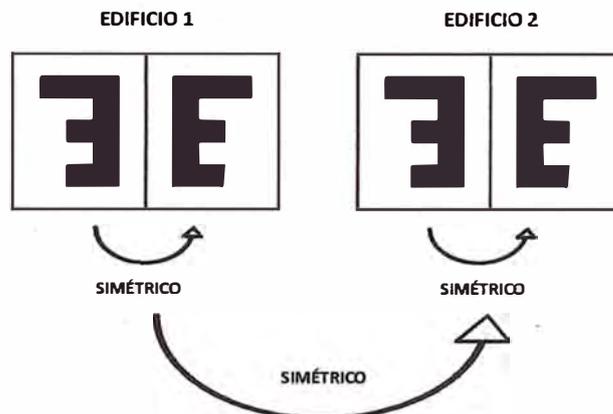
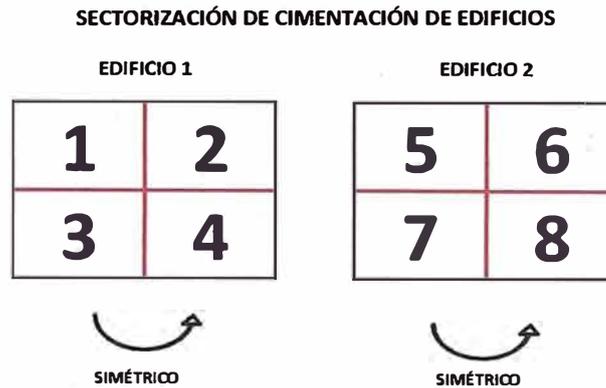


Figura 3.17: Configuración Arquitectónica y Estructural de Edificios

### c) Sectorización de Subestructura (Cimentación)

Simplemente se dividió en 4 sectores diarios de producción cada edificio y la secuencia constructiva se fijó de acuerdo a la superestructura, que definió construir primero el edificio de la izquierda. Ver Figura 3.19



**Figura 3.18:** Sectorización de Subestructura (Cimentación)

La producción diaria de concreto, encofrado, acero, iiee e iiss dio valores aceptables acorde con los recursos en obra y son:

- excavación de cimiento = 60.2 m<sup>3</sup>
- concreto de cimiento = 48.2 m<sup>3</sup>
- encofrado de sobrecimiento = 32.84 m<sup>2</sup>
- concreto de sobrecimiento = 1.64 m<sup>3</sup>
- concreto de falso piso = 18.56 m<sup>3</sup>

Por experiencia sabemos que siempre en la cimentación pueden haber problemas por los posibles vicios ocultos que se puedan encontrar, por esta razón estos trabajos empezaron antes de lo planeado para asegurar el flujo continuo de las actividades.

#### **d) Sectorización de Superestructura (Muros Y Losas)**

En esta oportunidad hubo 3 propuestas de las cuales se optó por aquella que sea de menor duración y aproveche de mejor manera la simetría de los edificios.

##### **Propuesta 1**

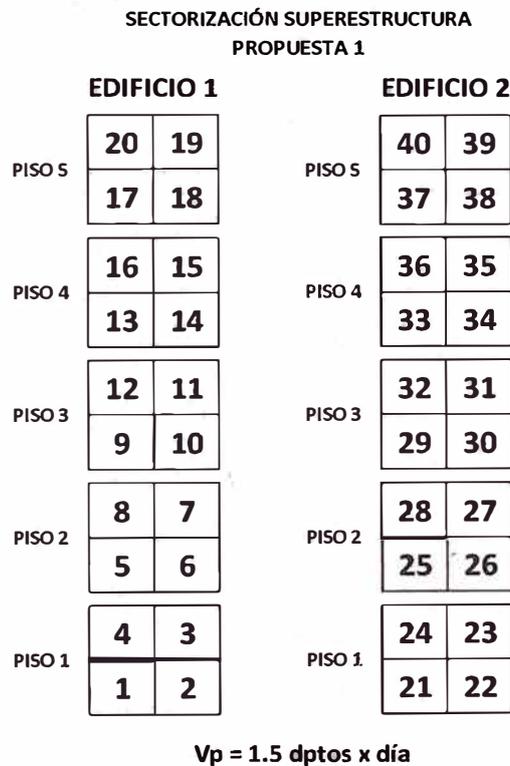
La propuesta consistía en construir los edificios en forma consecutiva con los mismos recursos.

La sectorización fue dividir la planta del edificio en 4 sectores (cantidad mínima en un tren de producción) aprovechando en cierta medida la simetría de la planta y

el avance se produciría en forma vertical hasta terminar un edificio y luego pasar al otro. Ver Figura 3.20.

El tiempo de duración de la construcción de cada edificio sería de 20 días, siendo en total 40 días para los edificios y con una Velocidad de Producción de 1.5 departamentos x día (6 departamentos en 4 días).

Se consideraba la movilización de los recursos de forma manual, puesto que los edificios eran pequeños.



**Figura 3.19:** Sectorización de Superestructura Propuesta 1

En esta propuesta los volúmenes de producción eran muy pequeños y no se aprovechaban al máximo los recursos empleados, dificultando su aplicabilidad, además que considerábamos exagerada la cantidad de 40 días para construir dos edificios de 5 pisos. Los metrados eran:

- Encofrado de muros = 246.79 m<sup>2</sup>
- Concreto de muros = 9.21 m<sup>3</sup>
- Encofrado de losas = 95.48 m<sup>2</sup>
- Concreto de losas = 6.18 m<sup>3</sup>

## Propuesta 2

Esta propuesta consistía en construir los edificios en forma paralela con recursos independientes para cada edificio.

La sectorización fue dividir la planta del edificio en 4 sectores (cantidad mínima en un tren de producción) aprovechando en cierta medida la simetría de la planta, y el avance se produciría en forma vertical hasta terminar los dos edificios al mismo tiempo. Ver Figura 3.21.

El tiempo de duración de la construcción de los dos edificios en paralelo sería de 20 días y con una Velocidad de Producción de 3 departamentos x día.

Se consideraba la movilización de los recursos de forma manual, puesto que los edificios eran pequeños.



**Figura 3.20:** Sectorización de Superestructura Propuesta 2

El contar con recursos dobles para todas las actividades y la movilización de la cuadrilla de concreto de edificio a edificio para los vaciados, dificultaba su aplicación porque se iba a presentar el mismo problema de las casas cuando el vaciado de concreto tenía que ser en varios puntos.

### Propuesta 3

Consiste en construir los edificios en forma secuencial como si fuera un solo edificio con los mismos recursos.

La sectorización fue dividir la planta de cada edificio en 2 sectores aprovechando la simetría entre ambos y de esta forma el avance se daría en forma vertical saltando de un edificio a otro y construirlos al mismo tiempo. Ver Figura 3.22.

El tiempo de duración de la construcción de los dos edificios en forma secuencial sería de 20 días y con una Velocidad de Producción de 3 departamentos x día. (6 departamentos en 2 días).

Se consideró la movilización de los recursos de forma manual puesto que los edificios eran pequeños y para el traslado de un edificio a otro se colocó un puente en cada nivel.



**Figura 3.21:** Sectorización de Superestructura Propuesta 3

Esta propuesta permitía manejar solo un tren de producción y una sola cuadrilla para cada partida sin tener bastantes movilizaciones de recursos, y el problema de la cuadrilla de concreto que antes se trasladaba de edificio a edificio para realizar el vaciado de concreto, se reduce a un solo punto volviendo a disminuir en gran medida las movilizaciones, el cual se convierte en la mejor opción para esta edificación.

Además estaba planteado originalmente en realizarlo en 40 días de forma consecutiva, esto de una u otra manera hizo un ahorro de 20 días, convirtiéndose en holgura para problemas que se pueden presentar en los avances de la obra a futuro.

La producción diaria queda determinada como:

Encofrado de muros = 593.58 m<sup>2</sup>

Concreto de muros = 19.68 m<sup>3</sup>

Encofrado de losas = 202.95 m<sup>2</sup>

Concreto de losas = 12.36 m<sup>3</sup>

Que son valores un poco mayores que los de las casas. Para esto se aumentó un poco más de recursos sin salirse de lo planeado y sin afectar el costo.

#### **e) Sectorización de Arquitectura**

La sectorización fue dividir la planta de un edificio en 3 sectores resultando el Sector Diario de Producción de 2 departamentos, se planteó que sea 1 departamento por sector pero el volumen de trabajo era realmente poco, por lo cual se decidió aumentar un departamento más.

La secuencia será trabajar los 2 edificios en forma consecutiva como se muestra en la Figura 3.23.

El tiempo de duración de la construcción de los dos edificios en forma consecutiva sería de 30 días, obteniendo una Velocidad de Producción de 2 departamentos x día.



Figura 3.22: Sectorización de Arquitectura

#### 3.4.4. Sectorización de Áreas Sociales

Para realizar esta sectorización se tomó en cuenta iniciar la construcción de las estructuras mayores que dependían de pruebas hidráulicas y luego terminar con las estructuras menores teniendo el campo ya despejado en su totalidad.

La sectorización contempló el siguiente orden y se muestra en la Figura 3.24:

1. **Cisterna de ACI - CD:** estructura subterránea que su construcción demandaba el uso de toda el área social para realizar el movimiento de tierras y depósito de recursos de las partidas de concreto, encofrado, acero, instalaciones sanitarias y eléctricas. Su finalización dependía de las pruebas hidráulicas que tenían un periodo de prueba según norma.
2. **Piscina:** estructura que también demandaba gran área y dependía de pruebas hidráulicas.
3. **Patera (piscina para niños):** de igual manera demandaba área y dependía de pruebas hidráulicas.

4. **Edificio Administrativo:** edificación de un solo piso con muros de concreto armado.
5. **Guardería:** edificación de un solo piso con muros de concreto armado.
6. **Muro de Contención:** construcción necesaria alrededor del área social por presentarse un desnivel entre la zona interior y exterior.
7. **Losa Deportiva:** Porción de losa faltante para completar en su totalidad la losa deportiva, la otra parte corresponde al techo de la cisterna.
8. **Losa de piso entre Piscina y Patera:** losa de tránsito para conectar la piscina con la patera de niños.
9. **Sardineles y Bancas:** obras menores que sirven de elementos de contención para pisos de adoquín y asiento para las personas espectadoras de los eventos en la losa deportiva respectivamente.
10. **Acabados:** acabados menores para cada ambiente que dependía de la finalización de las estructuras.

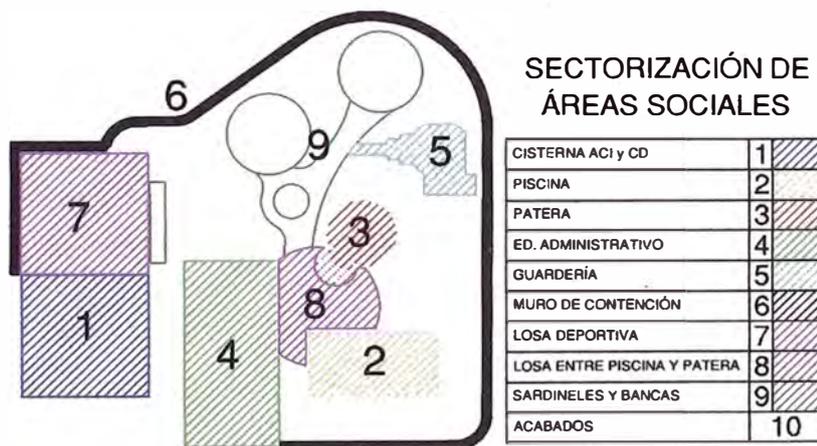


Figura 3.23: Sectorización de Áreas Sociales

Los recursos como mano de obra, materiales y equipos fueron los mismos que salían del término de la construcción de casas y edificios, se buscó la manera de realizar los empalmes respectivos para que no haya inoperatividad de estos recursos.

### 3.4.5. Sectorización de Habitación Urbana

Por tema de definición de diseño, la Habitación Urbana inició cuando la construcción de las casas estaba por finalizar a nivel de estructuras, si bien se había pensado comenzar con la habilitación urbana, en este caso no ocurrió, pero de todos modos no fue mucho problema porque ya teníamos el campo despejado.

La Habitación Urbana fue sectorizada por calles de acuerdo a la secuencia constructiva de las casas continuando por al área social, edificios y terminar con todas las redes hacia la PTAR. Ver Figura 3.25.

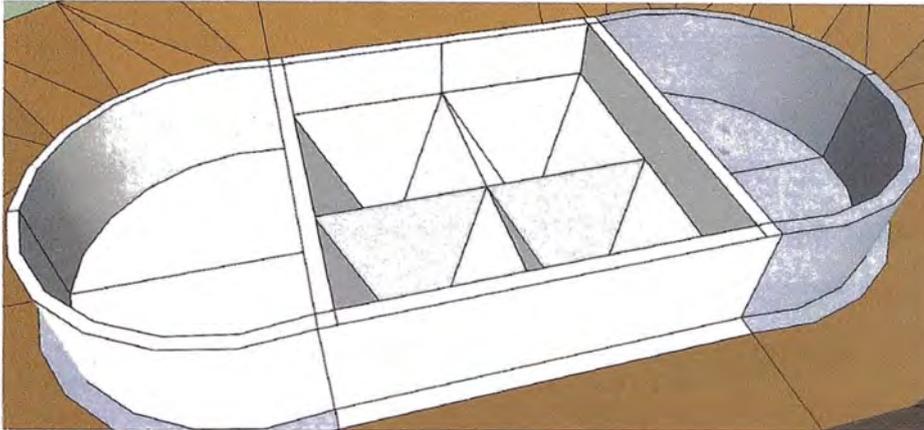


Figura 3.24: Sectorización de Habitación Urbana

### 3.4.6. Sectorización de la PTAR

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) se construyó para tratar el desagüe del condominio al no contar con red pública en la zona.

La estructura principal de la PTAR es una estructura de concreto armado de una altura de 5m desde su parte más honda, 8m de ancho y 18m de largo, tiene una configuración simétrica desde su punto medio e incluye pirámides invertidas en el centro de ésta y se muestra en la Figura 3.26.



**Figura 3.25:** Vista 3D de la PTAR

La sectorización fue aprovechar la simetría que presentaba y por ser una estructura de almacenamiento de agua se realizó vaciados monolíticos, en caso no pudiera realizarse se tuvo que emplear bandas impermeables de gran resistencia en las juntas del concreto. Los recursos fueron independientes. Ver Figura 3.27 y 3.28.

Por lo tanto la sectorización fue:

1. **Digestor de Lodos, Clarificador, Ecuilizador y Laguna Aereada:** estructura principal de concreto armado, incluye talud de laguna aereada.
2. **Muro de Contención A:** construido por desnivel existente entre zona interior y exterior, aproximadamente de 4m
3. **Cisterna de Agua Tratada:** estructura de concreto armado
4. **Muro de Contención B:** por desnivel entre estructura mayor y estructuras menores.
5. **Deshidratador:** estructura de concreto armado
6. **Cuarto de Bombas y Caseta de Operador:** estructura de albañilería confinada, incluyen las instalaciones
7. **Filtro UV:** estructura de concreto armado

8. Filtro de Gravas: estructura de concreto armado
9. Cámara de Rejas: estructura de concreto armado
10. Buzones y Escaleras: estructuras de concreto armado, incluyen las instalaciones.
11. Acabados: acabados menores para todo el sistema

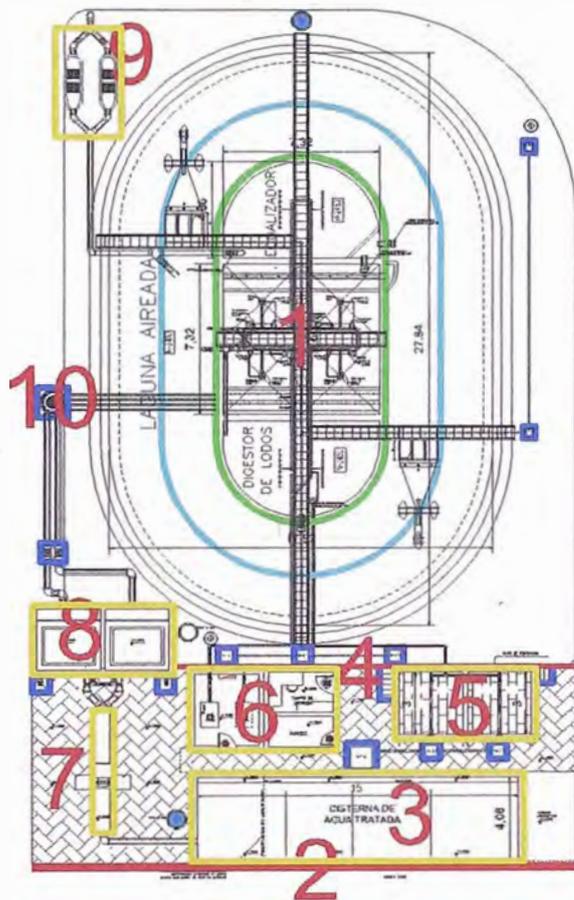


Figura 3.26: Sectorización de Planta de la PTAR

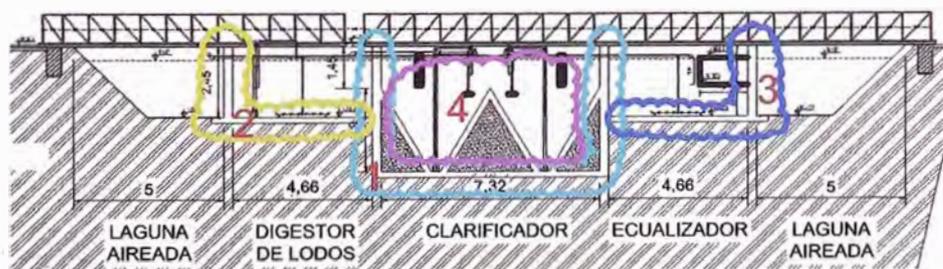


Figura 3.27: Sectorización de Estructura Principal PTAR (Corte Transversal)

### 3.5. TREN DE ACTIVIDADES O PRODUCCIÓN

Basada en el sencillo principio de descomposición de trabajo con el fin de simplificarlo, favorecer el aprendizaje y disminuir los costos. Estos trenes identifican las partes de una construcción que se repiten estructuralmente o arquitectónicamente, para luego identificar las actividades y sus secuencias necesarias para producir cada sector.

Todas las actividades son críticas, esto significa que si una actividad se retrasa, paraliza todo el tren de avance; a la vez, ninguna actividad puede adelantarse, pues alcanzará a su actividad precedente, generando tiempos muertos en que las cuadrillas no tienen frente de avance. El ritmo planteado es de un día, quiere decir que cada actividad en cada sector se deberá efectuar en un día de trabajo.

El dimensionamiento de mano de obra para cada tren de producción se realiza mediante los Circuitos Fieles de Producción que se verá más adelante.

Para definir cada tren de producción nos basamos en la información histórica de otros proyectos y en nuestra experiencia para establecer la secuencia lógica de las actividades diarias. Aquí entramos en un análisis muy exhaustivo para definirla y poder hacer que los trabajos sean continuos, eliminando aquellas actividades que no son necesarias.

Algunas de las ventajas son:

Todas las actividades se vuelven críticas, esto significa que se elimina los denominados tiempos muertos.

Favorece el aprendizaje, baja cantidad de errores y propicia el aumento de productividad.

Los volúmenes de abastecimiento diarios son más pequeños aunque más sostenidos y frecuentes.

Facilitan el control de avance de la obra ya que todos los días se ejecuta un sector de cada actividad.

### a) Tren de Producción de Cerco Perimétrico

Se determinó realizar el Sector Diario de Producción en 2 días, estando el volumen de producción diaria dentro de lo aceptable para cada actividad. Ver Figura 3.29.

trazo de zanja para cimiento	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8
excavación, perfilado y compactación de zanja para cimiento	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8
vaciado de solado e=0.05m	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8
acero de zapata		1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
encofrado de zapata			1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7
vaciado de zapata			1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7
desencofrado de zapata				1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
acero de muro de contención				1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
encofrado de muro de contención					1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6
vaciado de muro de contención					1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6
desencofrado de muro de contención						1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
impermeabilización con pintura asfáltica						1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
relleno con material propio (ambos lados)						1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
asentado de ladrillo altura 1							1	1	2	2	3	3	4	4	5
asentado de ladrillo altura 2								1	1	2	2	3	3	4	4
acero de columneta de amarre									1	1	2	2	3	3	4
encofrado de columneta de amarre										1	1	2	2	3	3
vaciado de columneta de amarre											1	1	2	2	3
desencofrado de columna de amarre												1	1	2	2
acero de viga de amarre													1	1	2
encofrado de viga de amarre														1	1
vaciado de viga de amarre															1
desencofrado de viga de amarre															
tarrajeo interior de muros															
tarrajeo exterior de muros															
colocación de ladrillo pastelero en borde superior de muro															

Figura 3.28: Tren de Producción de Cerco Perimétrico

### b) Tren de Producción de Casas – Estructuras

Como procedimiento para establecer el tren de actividades fue primero recopilar información histórica de proyectos similares a éste, en el proceso nos encontramos que no habían proyectos horizontales de viviendas que había ejecutado la empresa, sino todos eran edificios, por lo tanto la información que se pudo rescatar solo fue la secuencia de esos trenes, que en realidad no era muy distinto a nuestro proyecto sino que teníamos que adaptarlo a nuestra realidad.

El adaptarlo y mejorarlo no fue muy difícil, una vez definida la sectorización se pudo concretar la secuencia, buscando la máxima eliminación de movimientos en vano de recursos. Ver Figura 3.30.

También se estableció un horario diario de trabajo de cada cuadrilla en base a un análisis de rendimiento, esto permitió que los trabajos fluyan aún más.

<b>CIMENTACIÓN</b>															
trazo de cimientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
excavación y perfilado para cimientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
balizas para acero		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
colocación de acero		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
concreto de cimientos		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
pintura asfáltica			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
encofrado de sobrecimiento			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
concreto de sobrecimiento			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
excavaciones para instalaciones				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
colocación de instalaciones eléctricas y sanitarias enterradas				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
relleno y compactación con material propio					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
concreto en falso piso					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>MUROS Y LOSAS</b>															
trazo de muros								1	2	3	4	5	6		
colocación de acero vertical								1	2	3	4	5	6		
instalaciones en muros IISS								1	2	3	4	5	6		
instalaciones en muros IIEE								1	2	3	4	5	6		
encofrado de muros									1	2	3	4	5		
vaciado de muros									1	2	3	4	5		
desencofrado de muros (incluye limpieza)										1	2	3	4		
corte de ganchos en piso										1	2	3	4		
curado y resane de muros										1	2	3	4		
encofrado de losa (incluye frisos)										1	2	3	4		
acero de losa malla 1										1	2	3	4		
instalaciones en losa IISS										1	2	3	4		
instalaciones en losa IIEE										1	2	3	4		
acero de losa malla 2											1	2	3		
vaciado de losa											1	2	3		
desencofrado de losa y frisos (inc limpieza y apuntalamiento)												1	2		
curado de losa												1	2		
acero de alfeizar										1	2	3	4		
instalaciones en alfeizar										1	2	3	4		
encofrado de alfeizar											1	2	3		
vaciado de alfeizar											1	2	3		
desencofrado de alfeizar (inc limpieza)												1	2		
solaqueo de muros exteriores (desde andamio)												1	2		

Figura 3.29: Tren de Producción de Estructuras

### c) Tren de Producción de Casas – Acabados Húmedos

Compuesto por acabados húmedos interiores y exteriores. Son los trabajos que acondicionan la casa para recibir los acabados secos, luego de acabar el tren de estructuras. Los acabado húmedos interiores comprendía desde el lijado y desbaste de muros hasta el resane de pisos para la colocación de alfombra o piso laminado. Ver Figura 3.31.

El avance era de 1 casa x día y los recursos eran calculados para cumplirla.

El problema con este tren era su calidad, existían varias observaciones que retrasaban el ingreso de los acabados secos, la solución fue colocar más jefes de grupo para supervisar los trabajos de las cuadrillas.

ACABADOS HÚMEDOS - INTERIOR												
lijaado y desbaste de muros y cielo raso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
entrega de pruebas de presión de IISS y winchado de IIEE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
reparación de tuberías iiee iiss			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
solaqueo de muros interiores				1	2	3	4	5	6	7	8	9
tarrajeo de derrames					1	2	3	4	5	6	7	8
tarrajeo de derrames de caja de válvulas					1	2	3	4	5	6	7	8
encofrado y vaciado de poyo en cocinas					1	2	3	4	5	6	7	8
acabado de poyos en cocinas						1	2	3	4	5	6	7
trazo para tabiques						1	2	3	4	5	6	7
instalaciones en tabiques P-7, P-10						1	2	3	4	5	6	7
tabiquería P-7, P-10							1	2	3	4	5	6
sardinell de duchas								1	2	3	4	5
enchape de cocinas, baños y lavanderías								1	2	3	4	5
instalación de baranda metálica en escalera									1	2	3	4
forjado de escaleras										1	2	3
resane de pisos											1	2
ACABADOS HÚMEDOS - EXTERIOR												
colocación de muro galleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
poyos para balón de gas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
contrazocalo pulido jardín frontal			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
contrazocalo pulido jardín posterior			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
colocación de huellas de concreto en jardín frontal				1	2	3	4	5	6	7	8	9
colocación de huellas de concreto en jardín posterior				1	2	3	4	5	6	7	8	9
construcción de parapetos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
colocación de ladrillo pastelero		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Figura 3.30: Tren de Producción de Acabados Húmedos

#### d) Tren de Producción de Casas – Acabados Secos

Se realizó la secuencia de cada partida conjuntamente con el contratista especializado, luego se relacionan entre sí para buscar la posición correcta y precisa de cada actividad y obtener finalmente un tren global de todos los acabados secos. Para esto se tuvo reiteradas reuniones hasta establecer una secuencia que no interfiera con los trabajos de otros, vale mencionar que hubo varias propuestas, cambios y mejoras. Ver Figura 3.32.

Este tren fue el que nos costó bastante trabajo mantenerlo constante y continuo en el tiempo, ya que depender de terceros es bastante complicado. La tarea fue difícil incluso varios contratistas fueron cambiados por otros por incumplimiento y en otros casos tuvimos que realizar las partidas con dos contratista a la vez, hasta con tres, como lo fue con la partida de pintura.

Para evitar problemas de calidad se tuvo que aumentar arquitectos y capataces de acabados para supervisar de manera constante los trabajos.

ACABADOS SECOS																		
cableado eléctrico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
levantamiento de observaciones		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
EMPAPELADO - imprimación			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
EMPAPELADO - empaste grueso 1				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
ESCARCHADO - imprimación			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
ESCARCHADO - empaste grueso 1				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
ESCARCHADO - escarchado de techos					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
PINTURA MUROS BAÑOS Y COCINAS - imprimación			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
PINTURA MUROS BAÑOS Y COCINAS - empaste grueso 1 y 2				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
PINTURA MUROS BAÑOS Y COCINAS - empaste fino 1 y 2					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
PUERTAS - colocación de marco en crudo						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
PUERTAS - Colocación de puertas crudo+ cerraduras							1	2	3	4	5	6	7	8	9			
PUERTAS - Descolgado de puertas + re masillado de marcos + lijado								1	2	3	4	5	6	7	8			
PUERTAS - Pintura de marcos + puertas 1ra mano									1	2	3	4	5	6	7			
PUERTAS - Colgado de puertas										1	2	3	4	5	6			
PUERTAS - Instalación de topes											1	2	3	4	5	6		
VIDRIOS - Instalación de marcos (V= 5 casas x día 1 op)						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
VIDRIOS - colocación de vidrios							1	2	3	4	5	6	7	8	9			
PINTURA MUROS BAÑOS Y COCINAS - lijado + pintura 1							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
EMPAPELADO - lijado y sellado de muros empapelados								1	2	3	4	5	6	7	8	9		
EMPAPELADO - colocación de papel en muros									1	2	3	4	5	6	7	8		
VIDRIOS - acabado (seguros + silicona)									1	2	3	4	5	6	7	8		
instalación de piso laminado										1	2	3	4	5	6			
instalación de alfombra											1	2	3	4	5			
instalación de rodón de madera												1	2	3	4			
instalación de tapajunta y perfil de mdf													1	2	3			
colocación de mueble de cocina																1	2	
colocación de aparatos sanitarios, griferías, lavaderos																	1	2
colocación de placas (interruptores, tomacorrientes, tableros, etc)																		1
PUERTAS - Pintura de marcos + puertas 2da mano																		1
PINTURA MUROS BAÑOS Y COCINAS - masillado + lijado + pintura 2																		1
COBERTURA DE ESCALERA E INGRESO - colocación de techo de madera				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
COBERTURA DE ESCALERA E INGRESO - colocación de policarbonato					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
COBERTURA DE ESCALERA E INGRESO - colocación de sol y sombra						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
PINTURA EN FACHADAS - imprimación																		1
PINTURA EN FACHADAS - pintura texturada fachadas																		1

Figura 3.31: Tren de Producción de Acabados Secos

e) Tren de Producción de Casas – Entregas

La entrega de las unidades de vivienda también está dada por un tren de producción que empezaba por una revisión por parte nuestra, para continuar con un levantamiento de observaciones y terminar con la entrega de llaves a inmobiliaria. Ver Figura 3.33.

ENTREGA DE CASAS									
revisión previa interna		1	2	3	4	5	6	7	8
levantamiento de observaciones			1	2	3	4	5	6	7
limpieza gruesa				1	2	3	4	5	6
limpieza fina					1	2	3	4	5
entrega 1						1	2	3	4
levantamiento de observaciones							1	2	3
entrega 2 y entrega de llaves								1	2

Figura 3.32: Tren de Producción de Entregas



### 3.6. CRONOGRAMA MAESTRO

Toda obra se licita y se gana con un Cronograma Contractual, que es muy común que el equipo que llegue a manejar la obra no haya participado en la elaboración de éste, por lo cual siempre debemos dedicarnos en todo inicio de obra y en lo sucesivo (en el caso que fuese necesario) a replantear el cronograma contractual en una planificación sobre la cual se plasman todos los objetivos generales que se plantearon en el programa inicial, a esta planificación se le denomina Cronograma Maestro. Mediante este cronograma lo que se busca es trazar las metas generales del proyecto mediante fechas definidas, las fechas de cumplimiento de cada meta se puede definir como "hitos" para el proyecto, que usualmente se definen en la etapa de licitación y contratación del ente constructor. Consecuentemente podemos decir que el cronograma maestro sirve para identificar los hitos de control del proyecto.

El Cronograma Maestro debe ser simple pero claro al determinar las fechas para el inicio, control de hitos y fin de obra, porque sabemos que implica una planificación de todo y si a esto le sumamos que es un pronóstico, al buscar que sea más largo y detallado será más errado.

En este cronograma se toma en cuenta el Plan de Entrega a Inmobiliaria, Sectorizaciones de Trabajo y Trenes de Producción para aproximar algunas fechas pero no llegando mucho al detalle, porque no muestra cómo se hará el trabajo, sino cuando debe ser hecho, demostrando la viabilidad de completar el trabajo en el tiempo disponible.

En el caso de nuestra obra se tuvo que cambiar el planteamiento inicial debido a la falta de definición del diseño de la Habilitación Urbana y la PTAR, cuya construcción iba empezar antes de las casas, quedando como secuencia final lo siguiente y que se puede ver en la Figura 3.35.

Obras provisionales y trabajos preliminares, Cerco perimétrico, Casas, Departamentos, Área social, Habilitación Urbana (finalizando las casas en casco), PTAR .

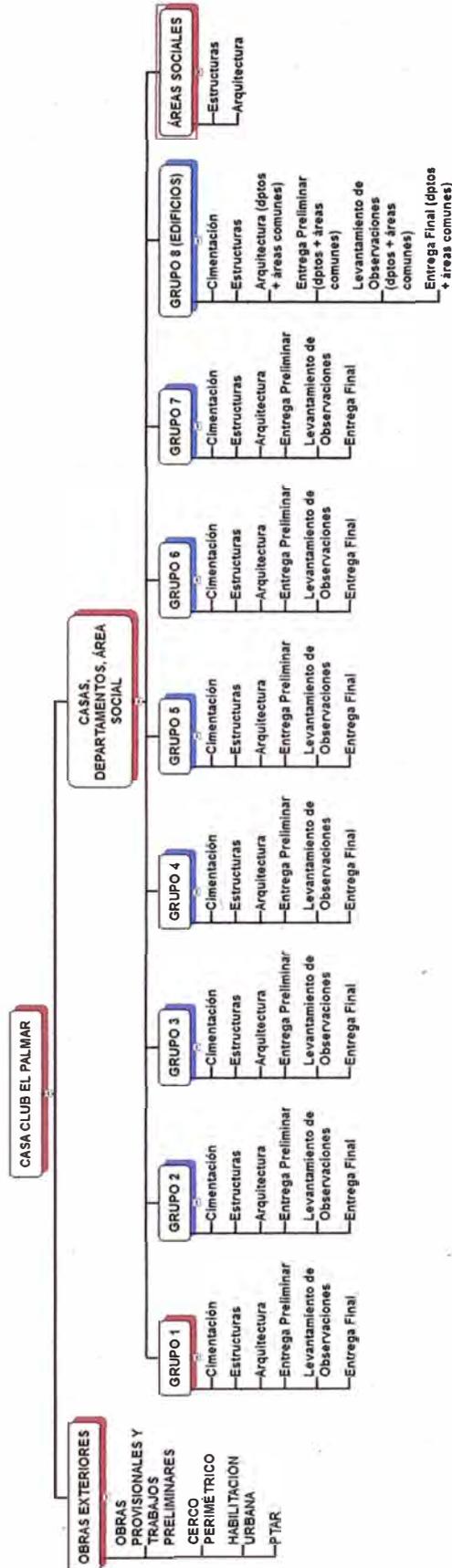


Figura 3.35: WBS de obra

### 3.7. LOOK ADHEAD PLANNING

El Look Ahead Planning (LAP) es la herramienta más importante y poderosa dentro del Sistema del Último Planificador, su término puede interpretarse como una vista hacia adelante o anticipada dentro del cronograma maestro.

Su rango de planificación es mínimo de 3 semanas a más y la cantidad de semanas depende mucho de las características y tiempos para adquirir mano de obra, materiales, equipo e información del proyecto.

Además, es una planificación que se basa en el cronograma maestro describiendo de manera mucho más detallada las actividades de los trabajos que se ejecutarán, teniendo en cuenta las fechas de inicio, control y fin del cronograma con el objetivo fundamental de planificar la disponibilidad de los recursos para cuando realmente los necesitemos.

#### 3.7.1. Análisis de Restricciones

Planificar y disponer de los recursos cuando queramos no es tarea fácil, eso está demostrado, por eso es que el Sistema del Último Planificador proporciona el Look Ahead Planning como solución, siempre y cuando se realice un análisis de los factores que impiden que una actividad pueda ser ejecutada en la fecha y plazo programado con buena producción, calidad y seguridad, a esto le denominamos ANÁLISIS DE RESTRICCIONES.

En este análisis no basta solo de hacer un listado de las restricciones de cada actividad, la herramienta indica designar un responsable del levantamiento y seguimiento de cada restricción, proponiendo una fecha límite que tiene que ser antes del inicio de la actividad analizada. La herramienta clasifica las restricciones en cinco grupos principalmente y son:

**Restricciones de Mano de Obra (RMO):** necesario para prevenir la contratación, aumento, disminución o redistribución del personal obrero.

**Restricciones de Materiales (RMAT):** todos los materiales deben estar antes del inicio de cada actividad.

- **Restricciones de Equipos (REQ):** tener en cuenta el tiempo de demora del alquiler, compra, movilización o reparación.
- **Restricciones de Información Técnica (RIT):** muy importante para cada actividad es tener el diseño, especificación técnica u otro documento que la defina de manera clara sin entrar en contradicciones.
- **Restricciones de Trámites/Permisos y Otros (RPER):** siempre existe la posibilidad que para iniciar cualquier actividad necesitamos un permiso por parte del cliente, municipalidad, vecinos, etc.

### 3.7.2. Análisis del Look Ahead Planning

Se realizó el LAP para el Arranque de Obra, Obras Provisionales y Trabajos Preliminares, Cerco Perimétrico, PTAR, Casas, Departamentos, Habilitación Urbana y Áreas Sociales, un ejemplo de ello lo podemos ver en la FIGURA 3.36 y 3.37 donde se aprecia el Look Ahead Planning correspondiente a las casas.

Se muestra un formato típico del LAP pero con ciertas variaciones para hacerla más práctica, en la primera columna se coloca la clase de restricción analizada para cada actividad, en la segunda columna va el listado de las actividades de la secuencia constructiva y debajo de ella las restricciones que pueden afectar su libre desarrollo incluyendo una que obedece a la adquisición de los materiales, colocando la fecha de cuando se necesita en obra. En las próximas 4 columnas se determina el estado de la restricción (si está levantada o no) y el responsable de levantamiento de la restricción anotando la fecha máxima y real de levantamiento.

En obra el encargado de elaborar y de darle el seguimiento al Look Ahead Planning, pero con el aporte de todo el equipo, fue el ingeniero Jefe de Campo, en este caso mi persona.

El Look Ahead es actualizado semanalmente y analizado en las reuniones semanales con el equipo de obra. Consistía en explicar la planificación de obra con el análisis de sus respectivas restricciones y la designación de los responsables para su levantamiento.

Se detectó que el levantamiento de restricciones fue un tema no muy bien llevado por sus responsables, esto generó sobrecarga de trabajo para el Jefe de Campo. Las restricciones eran levantadas luego de su fecha máxima o incluso no llegando a efectuarse, provocando que algunas partidas tengan retrasos en sus inicios o pérdida de continuidad en sus actividades. La razón principal era la falta de orden en las labores diarias de cada integrante del equipo, haciendo que no tengan tiempo para esta tarea. Fue aquí donde se empezó a dar charlas sobre ordenamiento en el centro de trabajo y algunas filosofías que aplica Lean como por ejemplo las 5 S, además se ayudó con la impresión del Look Ahead en un tamaño grande dentro de la sala de reuniones y el envío de notificaciones por correo electrónico, todo esto parte del seguimiento y control al levantamiento de restricciones.

Las restricciones de mano de obra (RMO), materiales (RMAT) y equipos (REQ) siempre se van a dar y de manera continua, se plasman en un cronograma de recursos o simplemente dentro del Look Ahead como lo hicimos en esta oportunidad. Para el caso de las restricciones de información técnica (RIT) y permisos (RPER), debemos evitar que aparezcan porque son las principales causantes de los atrasos en el avance de obra al ser inciertas y no imputables a nosotros sino al cliente. Inicialmente se detectaba a la semana un promedio de 30 restricciones de información técnica dando un claro indicador que la información técnica no tenía la calidad suficiente. Nuevamente la manera de resolver este problema fue mediante las reuniones con el cliente, disminuyendo a menos de 10 por semana.



Figura 3.36: Análisis del Look Ahead Planning

<h1>LOOK ADHEAD PLANNING</h1>																					
				OBRA CLIENTE	CASA CLUB EL PALMAR COINPRO S.A.C			ING. RESIDENTE ING. JEFE DE CAMPO	JOSÉ OCHOA OMAR PEÑA												
CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	RESTRICCIÓN				sem 5			sem 6			sem 7									
		ESTADO	RESPONSABLE	FECHA PROGRAMADA DE LEVANTAMIENTO	FECHA REAL DE LEVANTAMIENTO	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J
						19/11/2012	20/11/2012	21/11/2012	22/11/2012	23/11/2012	24/11/2012	26/11/2012	27/11/2012	28/11/2012	29/11/2012	30/11/2012	01/12/2012	03/12/2012	04/12/2012	05/12/2012	06/12/2012
TT	<b>CASAS</b>																				
TT	<b>MUROS Y LOSAS</b>																				
T	trazo de muros																			1 2	
RIT	compatibilización de planos e información clara	OK	OP / CE	01/12/2013	30/11/2013																
RIT	sectorización de trabajo	OK	OP	01/12/2013	30/11/2013																
RMC	contratación de Topógrafo y ayudante	OK	JO / OP	01/12/2013	30/11/2013																
RMO	definición de cuadrilla de topografía	OK	OP	01/12/2013	30/11/2013																
T	colocación de acero vertical																			1 2	
RMO	contratación de personal obrero	OK	OP	01/12/2013	29/11/2013																
RIT	compatibilización de planos e información clara	OK	OP / CE	01/12/2013	29/11/2013																
RMAT	contratación de proveedor de acero de construcción	OK	JO / SL	01/12/2013	29/11/2013																
RMAT	envío de planos de estructuras a Aceros Arequipa	OK	OP	01/12/2013	29/11/2013																
RMAT	seguimiento de entrega de planos de modulación de acero (acero dimensionado)	OK	MR	01/12/2013	29/11/2013																
RMAT	envío de cronograma de entrega de acero a obra (Aceros Arequipa)	OK	MR	01/12/2013	29/11/2013																
RMAT	adquisición de acero de construcción	OK	MR	01/12/2013	29/11/2013																
T	instalaciones en muros HSS																			1 2	
RMO	contratación de personal obrero	OK	OP	03/12/2012	01/12/2012																
RMAT	contratación de proveedor de tuberías y otros	OK	SL	03/12/2012	01/12/2012																
RMAT	envío de cronograma de entregas de material	OK	OP / AZ	03/12/2012	01/12/2012																
RMAT	adquisición de tuberías eléctricas y sanitarias	OK	AZ	03/12/2012	01/12/2012																
RPER	aprobación de OC 005 - sumideros 2do piso	OK	CE	03/12/2012	01/12/2012																
RPER	aprobación de OC 006 - tuberías de gas	OK	CE	03/12/2012	01/12/2012																
RPER	aprobación de OC 007 - reubicación de mezcladora	OK	CE	03/12/2012	01/12/2012																
T	instalaciones en muros HEE																			1 2	
RMO	contratación de personal obrero	OK	OP	03/12/2012	03/12/2012																
RMAT	contratación de proveedor de tuberías y otros	OK	SL	03/12/2012	03/12/2012																
RPER	envío de cronograma de entregas de material	OK	OP / AZ	03/12/2012	03/12/2012																
RPER	adquisición de tuberías eléctricas y sanitarias	OK	AZ	03/12/2012	03/12/2012																
T	encofrado de muros																			1	
RMO	contratación de personal obrero	OK	OP	04/12/2012	01/12/2012																

Figura 3.37: Look Ahead Planning de Obra

### 3.8. PROGRAMACIÓN SEMANAL

Programación mucho más detallada a nivel de partidas y basada en el Look Ahead Planning, donde se colocan las actividades que se ejecutarán de la semana entrante, teniendo como objetivo fundamental realizar el control de la producción del avance de obra. La elaboración de la Programación Semanal estaba a cargo de los ingenieros de campo y su control a cargo del ingeniero Jefe de Campo. Se revisaba semanalmente en las reuniones analizando la planificación y los indicadores de efectividad de la programación.

La idea principal es tener una programación de mayor calidad cada semana, pero para que esto funcione debemos de darle la importancia necesaria a la retroalimentación del aprendizaje continuo y acciones correctivas, en la medida en que sepamos los motivos por los cuales no completamos la programación de cada semana, podremos mejorar. Ver Figura 3.38.

A raíz de la idea anterior aparecen dos conceptos que complementan la programación semanal y que permiten medir su efectividad: PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO (PPC) y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (CNC)

#### a) Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)

Indicador que no busca medir el avance sino la efectividad de la programación y se calcula dividiendo la cantidad de actividades programadas que se han completado al 100% entre la cantidad total de actividades programadas de la semana, esto expresado en porcentaje. Vale mencionar que la actividad se considera completada si es que se concluyó totalmente y no parcialmente.

En la FIGURA 3.39 se puede apreciar la variación del PPC de nuestra obra y se ve que empezamos con un PPC en promedio bajo, aproximadamente del 75%, esto se daba por que existían varias restricciones que no eran levantadas en su momento originándose que las partidas no se pudiera completar. Luego tuvimos una tendencia de crecimiento hasta llegar a una constante de 90%, que gracias a la retroalimentación de los problemas que se daban semana a semana se pudieron manejar anticipadamente y mantener en el tiempo este valor. Al término de la obra sufrimos una caída en el PPC llegando en promedio a 80%, esta baja

se debió a que el cliente empezó a dar la directiva de realizar varios cambios y empezaron los problemas con los subcontratistas por la etapa de acabados.

### **b) Causas de No Cumplimiento (CNC)**

Las Causas de No Cumplimiento son todas aquellas razones que llevaron a no culminar las actividades programadas para la semana.

Como CNC existen varias y pueden ser agrupadas en áreas como: Programación (error en la planificación, programación optimista), Administración y Logística (falta de equipos, falta de herramientas, falta de personal), Subcontratista (problemas con subcontratista), Ingeniería (cambios en el diseño, incompatibilidades, malos trabajos de topografía), Producción (actividad predecesora no ejecutada, planificación con rendimiento optimista, cambio en la programación), Cliente (falta de liberación por cliente), Equipos (falla o mantenimiento no programado), Externo (huelgas, marchas sindicales, accidentes, exceso de lluvia, exceso de calor), Calidad (falta de aprobación de protocolos o liberaciones), Seguridad (problemas con seguridad) y Gerencia (falta de aprobación de contratos con subcontratistas). Entre las Causas de No Cumplimiento más frecuentes que se tuvieron y que se pueden apreciar en la Figura 3.40 fueron:

**Problemas con subcontratistas:** se dio mayormente en la etapa de acabados secos, todo fue tercerizado y depender de ellos es muy difícil. Las medidas correctivas fueron dar una reinducción sobre los trabajos, no pagarles hasta que realicen el avance programado, colocar otro subcontratista, cambiar de contratista, exigir mayor cantidad de trabajadores, trabajo en doble turno, recuperación de trabajo en días feriado y domingos.

**Cambio de ingeniería del proyecto:** se daba por la falta de buena calidad en la información técnica en los planos, siempre faltaba algún detalle importante. Las medidas correctivas fueron reuniones con los proyectista para absolver las dudas y exigencia al cliente en la solución de estos

Por lo tanto, cualquiera que sea la causa de no cumplimiento lo importante es el aprendizaje para no volver a cometer estos errores en futuras obras.

PROGRAMACIÓN SEMANAL													
		OBRA: Casa Club El Palmir		ING. RESIDENTE: José Ochoa									
		CLIENTE: CCM/PRO		ING. JEFE DE CAMPO: Omar Peña									
		SEMANA: 18											
ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD	METRADO PROGRAMADO	Sem 18							METRADO REAL EJECUTADO	PPC	CNC
				L	M	M	J	V	S	D			
				25/02/2014	26/02/2014	27/02/2014	28/02/2014	01/03/2014	02/03/2014	03/03/2014			
<b>1.00</b>	<b>CERCO PERIMETRICO - PISCINAS</b>												
1.1	trazo de zanja para cemento	sector	6.00	4	4	5	5	6	6		6.00	SI	
1.2	excavación, perfilado y compactación de zanja para cemento	m3	126.00	4	4	5	5	6	6		126.00	SI	
1.3	vacado de solado ø=0.05m	m2	63.00	3	3	4	4	5	5		63.00	SI	
1.4	acero de zapata	kg	2,400.00	2	3	3	4	4	5		2,400.00	SI	
1.5	encofrado de zapata	m1	45.00	2	3	3	4	4	5		45.00	SI	
1.6	vacado de zapata	m3	6.75	2	2	3	3	4	4		6.75	SI	
1.7	desencofrado de zapata	sector	6.00	1	2	2	3	3	4		6.00	SI	
1.8	acero de muro de contención	kg	2,400.00	1	1	2	2	3	3		2,400.00	SI	
1.9	encofrado de muro de contención	m2	97.90		1	1	2	2	3		97.90	SI	
1.10	vacado de muro de contención	m3	7.31		1	1	2	2	3		7.31	SI	
1.11	desencofrado de muro de contención	sector	4.00		1	1	2	2	2		4.00	SI	
<b>2.00</b>	<b>SUBESTRUCTURAS - VIVIENDAS</b>												
2.1	trazo de cimientos	sector	6.00	62	63	64	65	66	67		6.00	SI	
2.2	excavación y perfilado para cimientos	m3	262.50	62	63	64	65	66	67		262.50	SI	
2.3	balasto para acero	sector	6.00	61	62	63	64	65	66		6.00	SI	
2.4	colocación de dowells	kg	2,500.00	61	62	63	64	65	66		2,500.00	SI	
2.5	concreto de cimientos	m3	120.00	60	61	62	63	64	65		120.00	SI	
2.6	pintura asfáltica	m2	187.90	59	60	61	62	63	64		187.90	SI	
2.7	encofrado de sobrecimientos	m2	156.00	58	59	60	61	62	63		156.00	SI	
<b>3.00</b>	<b>SUBESTRUCTURAS - VIVIENDAS</b>												
3.1	trazo de muros	sector	6.00	54	55	56	57	58	59		6.00	SI	
3.2	colocación de acero vertical	kg	6,600.00	54	55	56	57	58	59		6,600.00	SI	
3.3	instalaciones en muros HSS	sector	6.00	54	55	56	57	58	59		6.00	SI	
3.4	instalaciones en muros HEE	sector	6.00	54	55	56	57	58	59		6.00	SI	
3.5	encofrado de muros	m2	2,280.00	53	54	55	56	57	58		2,280.00	SI	
3.6	vacado de muros	m3	126.00	53	54	55	56	57	58		126.00	SI	
3.7	desencofrado de muros (incluye limpieza)	sector	6.00	52	53	54	55	56	57		6.00	SI	
3.8	curado y resma de muros	m2	520.00	52	53	54	55	56	57		520.00	SI	
3.9	encofrado de losa (incluye friso)	m2	600.00	51	52	53	54	55	56		600.00	SI	
3.10	acero de losa malla 1	kg	2,700.00	51	52	53	54	55	56		2,700.00	SI	
3.11	instalaciones en losa HSS	sector	6.00	51	52	53	54	55	56		6.00	SI	
3.12	instalaciones en losa HEE	sector	6.00	51	52	53	54	55	56		6.00	SI	
3.13	acero de losa malla 2	kg	2,700.00	50	51	52	53	54	55		2,700.00	SI	
3.14	vacado de losa	m3	75.00	50	51	52	53	54	55		75.00	SI	
3.15	desencofrado de losa y friso (incluye limpieza y apuntalamientos)	sector	6.00	49	50	51	52	53	54		6.00	SI	
<b>4.00</b>	<b>ACABADOS HUMEDOS - VIVIENDAS</b>												
4.1	lijado y desbaste de muros y cielo raso	m2	2,520.00	39	40	41	42	43	44		2,520.00	SI	
4.2	trapeado de cielo raso (modelo 4)	m2	2,460.00	44	45	45	58	58	59		2,460.00	SI	
4.3	solado de muros interiores	m2	2,520.00	38	39	40	41	42	43		2,520.00	SI	
4.4	trapeado de baños	m1	600.00	35	36	37	38	39	40		600.00	SI	
4.5	rectificación de muros y losa	sector	6.00	21	22	23	24	25	26		6.00	SI	
4.6	construcción de apoyos en baños	sector	6.00	21	22	23	24	25	26		6.00	SI	
4.7	trazo para tabiques	sector	6.00	20	21	22	23	24	25		6.00	SI	
4.8	Colocar instalaciones en tabiques P-7, P-10	sector	6.00	20	21	23	23	24	25		6.00	SI	
4.9	tabiquería P-7, P-10	m2	180.00	20	21	22	23	24	25		180.00	SI	
4.10	sardinel de duchas	m1	60.00	14	15	16	17	18	19		60.00	SI	
4.11	enchape de cocinas, baños y lavanderías	m2	180.00	17	18	19	20	21	22		180.00	SI	
4.12	instalación de baranda metálica en escalera	casa	6.00	10	11	12	13	14	15		6.00	SI	
4.13	Resma de pisos	m2	2,520.00	16	17	18	19	20	21		2,520.00	SI	
<b>6.00</b>	<b>ACABADOS SECOS - VIVIENDAS</b>												
6.1	Cobrado eléctrico interior	casa	6.00	6	7	8	9	10	11		6.00	NO	Problemas con subcontratista
6.2	lijado e imprimación	casa	6.00	6	7	8	9	10	11		6.00	NO	Problemas con subcontratista
6.3	empaste grueso 1	casa	6.00	5	6	7	8	9	10		6.00	NO	Problemas con subcontratista
6.4	lijado de muros + escarchado + lijado y empaste grueso 2	casa	6.00	4	5	6	7	8	9		6.00	NO	Problemas con subcontratista
6.5	lijado y fina 1	casa	6.00	3	4	5	6	7	8		6.00	NO	Problemas con subcontratista
6.6	lijado y fina 2	casa	6.00	2	3	4	5	6	7		6.00	NO	Problemas con subcontratista
6.7	lijado y pintura 1	casa	6.00	1	2	3	4	5	6		6.00	NO	Problemas con subcontratista
<b>7</b>	<b>PTAR</b>												
7.1	Movimiento de tierras para corrección	m3	240.00	X	X	X	X	X	X		240.00	NO	Problemas con subcontratista
ACTIVIDADES COMPLETADAS 63 ACTIVIDADES NO COMPLETADAS 8 PPC SEMANAL % 88.73%													

Figura 3.38: Programación Semanal de Obra

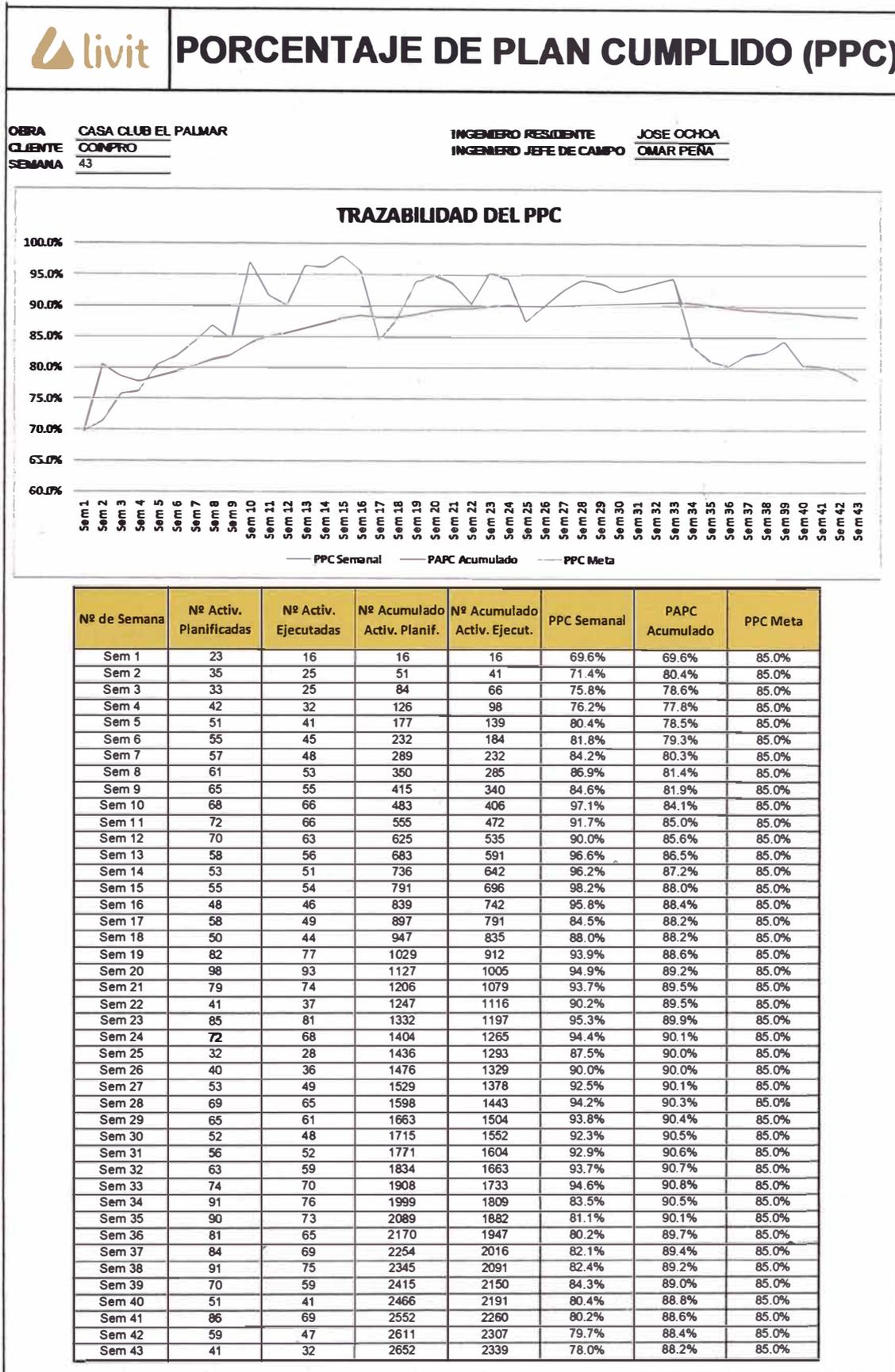


Figura 3.39: Análisis del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)



OBRA: CASA CLUB EL PALMAR  
CLIENTE: COBIPRO  
SEMANA: 42

RESIDENTE: JOSE OCHOA  
JEFE CAMPO: OMAR PEÑA

### CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO

Nº	Causas de incumplimiento	% Acum	% Sem	Total #	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 5	sem 6	sem 7	sem 8	sem 9	sem 10	sem 11	sem 12	sem 13	sem 14	sem 15	sem 16	sem 17	sem 18	sem 19	sem 20	sem 21	sem 22	sem 23	sem 24	sem 25	sem 26	sem 27	sem 28	sem 29	sem 30	sem 31	sem 32	sem 33	sem 34	sem 35	sem 36	sem 37	sem 38	sem 39	sem 40	sem 41	sem 42	sem 43							
1	Errar en la planificación	2%	0%	8.00	1.00															2.00															1.00			1.00			3.00	1.00												
2	Falta de equipos	0%	0%	1.00																																																		
3	Falta de herramientas	1%	0%	4.00	2.00					1.00	1.00																																											
4	Falta de materiales	2%	0%	16.00																	1.00	2.00	2.00				3.00			3.00	2.00			1.80																				
5	Mala recepción de equipos	0%	0%	2.00				1.00					1.00																																									
6	Problemas con subcontratistas	22%	92%	196.00	1.00																																																	
7	Falta de pagos a los subcontratistas	9%	0%	33.00					1.00																																													
8	Mal plantamiento en el layout de obra	4%	0%	22.00																																																		
9	Incongruencias de los planos con la realidad del campo	1%	0%	4.00																																																		
10	Mala trabajo de topografía	0%	0%	1.00	1.00																																																	
11	Demora de trabajos de topografía	0%	0%	1.00																																																		
12	Falta aprobar protocolos de liberación con la supervisión	0%	0%	2.00																																																		
13	Falta informar a cliente	0%	0%	1.00	1.00																																																	
14	Falta definición de topografía	0%	0%	-																																																		
15	Cambio de ingeniería del proyecto	27%	0%	154.00	30.00	30.00	30.00	2.00	2.00	1.00	1.00					5.00																																						
16	Planificación con rendimiento optimista	2%	0%	13.00																																																		
17	Cambio en la programación	2%	0%	12.00																																																		
18	Falta cerrar área de trabajo para que entre la topografía	0%	0%	-																																																		
19	Falta o mantenimiento no programado de equipos	0%	0%	1.00	1.00																																																	
20	Falta de personal	2%	0%	15.00																																																		
21	Falta de liberación del cliente	0%	0%	-																																																		
22	Huergas	1%	0%	3.00																																																		
23	Falta de licencia o permisos	0%	0%	2.00																																																		
24	Demora de recursos suministrados por cliente	1%	0%	7.00																																																		
25	Indefiniciones de diseño por parte del cliente	0%	0%	30.00																																																		
26	Indefiniciones de cliente sobre trabajos adicionales	0%	0%	-																																																		
27	Falta de aprobación de protocolos o liberaciones	0%	0%	1.00																																																		
28	Problemas de seguridad	0%	0%	1.00																																																		
29	Falta aprobación de contratos de subcontratistas	0%	0%	2.00																																																		
30	Marchas sindicales	1%	0%	3.00																																																		
31	Accidentes	0%	0%	1.00	1.00																																																	
32	Exceso de lluvias	1%	0%	3.00																																																		
33	Exceso de calor	0%	0%	-																																																		
34	Falta de permisos	4%	0%	25.00																																																		
35	Bajo rendimiento de personal	0%	7%	-																																																		
Total de Restricciones incumplidas		100%	90%	575	37	36	35	8	6	5	3	4	3	7	8	7	2	2	1	18	9	4	5	5	5	13	25	28	4	4	4	15	17	17	18	20	16	27	45	41	42	41	23	19	20	14	4							

**Comentarios sobre la causa de incumplimiento**

- Falta de personal del sub-contratista F1 para cumplir con la programación establecida. Se tiene retraso de varias semanas de pintura 1 y retraso de mesa de pintura 2.
- Falta de personal y material del sub-contratista F2 para el escarchado de techos. La velocidad calculada es de una casa diaria, esta semana se escarcharon únicamente cuatro de las siete programadas.
- Falta de personal del sub-contratista YBO para la colocación de marcos y puertas, el descolgado, pintura 1 y 2 de las mismas. Se tuvo personal intermitente en obra. Se resaca que tienen un tren bastante desordenado que no cumplen y varían de acuerdo a órdenes de sus superiores. No estaban tocos en puertas principales y de dormitorios desde el Bloque 2.
- El sub-contratista HOD tuvo retraso en acabado (siliconado) de marcos por que papel mural se encontraba fuera del cronograma (atrasado) por lo que se dedicó a colocar marcas y hojas, que tampoco pudo cumplir con la velocidad establecida. Se tiene un solo personal en obra.
- El sub-contratista MURACE no cumplió con la programación de labo y sellado de muros y de colocación de papel mural por contar con poco personal. La gente en obra se dedicó a cumplir con el espeso en muros descuidando las demás actividades.
- El sub-contratista FETREX no ingresó la fecha pactada a obra por lo que tuvo retraso y acumulación de casas que llamar. Se tenía solo un persona en campo.
- El sub-contratista (ORCA) abandonó la zona de trabajo antes de culminar con sus actividades.
- Se generó un retraso de 10 días en la construcción del Filtro UV (PTAR) debido a que un accesorio enviado a obra desde Ecuador es más grande que el indicado en planimetría/plano con la realidad en campo.

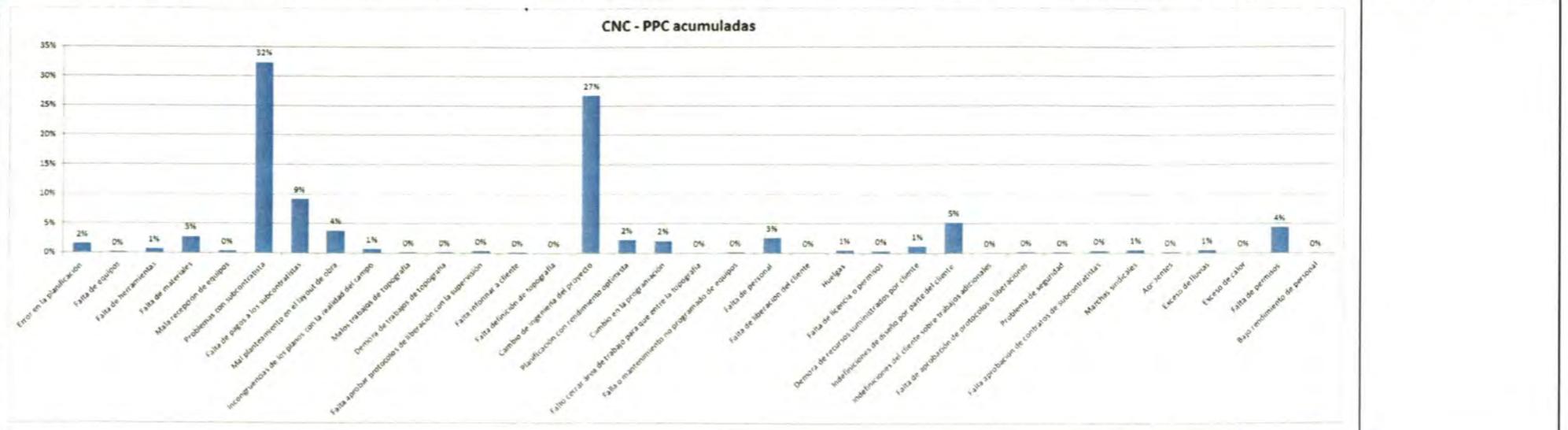


Figura 3.40: Análisis de las Causas de No Cumplimiento (CNC)

### 3.9. PROGRAMACIÓN DIARIA

Así como la Programación Semanal se basa en el LAP, la Programación Diaria se basa en la Programación Semanal para realizar la programación de todas las actividades del día a día.

Esta programación es mucho más detallada puesto que implica la descripción minuciosa de la actividad, la zona o sector donde será ejecutada, el personal que estará asignado a dicha actividad (con nombres y apellidos), un análisis de productividad, la determinación del PPC e identificación de las CNC al término del día. Esta programación debe hacerse un día antes con los capataces de cada de cuadrilla levantando las restricciones en el caso que las hubiera y siendo responsable del cumplimiento de ésta. Ver FIGURA 3.41.

La finalidad de este control tan minucioso de la ejecución de las actividades es la de asegurar el cumplimiento de las planificaciones de niveles superiores.

El cumplimiento de la planificación diaria depende, en gran medida, de los siguientes tres parámetros:

- Utilización de rendimientos históricos reales y libres de errores de cálculo, esto es para programar las actividades diarias.
- Conocimiento de la programación por parte del ingeniero de campo, del maestro de obra y de los capataces o jefes de cuadrilla, aquí lo más importante es la transmisión del conocimiento y manejo de información.
- Restricciones levantadas de todas las actividades, siempre debemos revisar el LAP para estar pendiente de lo faltante

Si se cumplen estos tres parámetros la probabilidad de cumplimiento se incrementa considerablemente y sólo puede verse afectada por factores externos a la obra (fenómenos climáticos, vicios ocultos, huelgas, etc).



## CAPÍTULO IV: PRODUCTIVIDAD

### 4.1. CIRCUITO FIEL DE PRODUCCIÓN

Es un proceso de validación de la secuencia propuesta en el tren de actividades mediante un análisis del recurso humano necesario para la culminación de los trabajos en el plazo establecido.

Tiene como finalidad:

Determinar la mano de obra necesaria para realizar las actividades de acuerdo a un uso racional y nivelado.

Estimar el estado final de las actividades y compararlo con los recursos humanos asignados en el presupuesto.

Evaluar la posibilidad de dar bonificaciones o premios a los obreros.

Como ejemplo, a continuación explicaremos el Circuito Fiel de Producción para la partida de Encofrado de Muros de los Edificios y se muestra en la Figura 4.1:

#### Cuadro 1

Este cuadro muestra los valores del metrado promedio del sector diario de producción para esta partida, en este caso tenemos: Metrado de Muros = 554.46m<sup>2</sup> y Metrado de Alfeizares=39.12m<sup>2</sup>, entonces el total sería de 593.58m<sup>2</sup>. Se acostumbra trabajar con la suma de estos dos valores porque pertenecen a la misma partida de control y además se complementan en campo.

#### Cuadro 2

Este cuadro muestra el dimensionamiento de la cuadrilla con sus actividades que involucra esta partida y tiene el objetivo fundamental de calcular el total de horas diarias para ejecutar el sector diario de producción. Aquí también se muestra las horas de bonificación (HB) que se les proporciona a los obreros por realizar los trabajos encomendados y que son aparte de las horas de jornal (HJ).

Luego del análisis se identificó la cuadrilla y actividades necesarias para los trabajos:

- **Supervisión:** Se le atribuye 1 Capataz carpintero que emplea 3 horas diarias en la supervisión de los trabajos.
- **Encofrado de muros:** Se le atribuye 20 Operarios carpinteros que emplean 8 horas diarias de jornal más 4 horas de bonificación, haciendo un total de 240 horas diarias. Vale mencionar que la cuadrilla está compuesta solo por operarios y esto se debe principalmente a que pueden realizar los trabajos en menor tiempo. Además las horas de bonificación se debe a que por pareja están realizando un metrado aproximado de 50m<sup>2</sup> en una jornada tipo tarea y más de la habitual que es de 30 m<sup>2</sup>.
- **Encofrado de alfeizar:** Se le atribuye 2 operarios carpinteros que emplean 8 horas diarias de jornal más 2 horas de bonificación, haciendo un total de 20 horas diarias. Cuadrilla también compuesta solo por operarios y las horas de bonificación por hacer un metrado de 40 m<sup>2</sup>.
- **Instalación de andamios:** Actividad necesaria para realizar el encofrado de muros en la parte perimetral exterior del edificio. Se le atribuye 2 operarios carpinteros que emplean 8 horas diarias de jornal más 2 horas de bonificación, haciendo un total de 20 horas diarias. Cuadrilla también compuesta solo por operarios y las horas de bonificación por hacer un metrado de 50 ml, siendo además una actividad de riesgo.

**Perforación de huecos:** Actividad necesaria para el aseguramiento del encofrado de muros en la parte baja. Consiste en realizar perforaciones con taladro en la losa de techo en todo el trazo del muro y colocar varillas de acero corrugado de Ø 3/8" de unos 5 cm y actúa como una especie de taco que impide el movimiento del encofrado metálica en la parte inferior. Se le atribuye 1 oficial carpintero que emplea 8 horas diarias en su jornada normal.

**Chequeo post vaciado:** Actividad que consiste en el chequeo de la alineación horizontal y vertical de los muros luego de ser vaciados. Para esta actividad se emplean 8 horas diarias que pueden ser distribuidas a cualquier cuadrilla de carpinteros que quiera realizar esa actividad al final de su jornada.

Una vez identificadas las actividades necesarias y dimensionadas las cuadrillas con sus horas, nos da como resultado un total de 299 horas diarias para realizar el sector diario de producción para el encofrado de muros.

### Cuadro 3

El cuadro siguiente consiste en realizar una proyección de la ejecución de la actividad en toda su duración, simulando la variación de su rendimiento a través del uso diario de las horas con su respectivo metrado ejecutado y ver cuál sería el escenario final de esta actividad al término de su ejecución en tema de mano de obra y costo.

Para este caso la actividad de encofrado de muros tiene 20 sectores ya determinados anteriormente, por lo tanto la duración de esta actividad debería ser de 20 días, pero no es así, aquí es cuando debemos analizar las actividades que necesita adicionalmente para su desarrollo, en este caso se incluye 1 día más al inicio (DÍA 1) que es para el ordenamiento y modulación del equipo de encofrado metálico, en la cual participa toda la cuadrilla de encofrado de muros y alfeizares que se compone de 22 operarios carpinteros que trabajan en un día normal de 8.5 horas (7:30am – 5:00pm) y hacen un total de 187 horas en el día por el trabajo. Además se consideran 2 días más al final (DÍA 22, 23) para la limpieza y devolución del encofrado, en este caso se considera la cuadrilla total de 25 operarios carpinteros que trabajan por dos días haciendo un total de 425 horas.

En la simulación como se puede ver en la FIGURA 4.1 se obtienen los rendimientos diarios (RD) con las horas y metrados que ejecutará la cuadrilla en su conjunto, vale resaltar que el DÍA 1, 22 y 23 no tienen metrado por ser actividades contributorias.

Todos los días se determina un rendimiento diario (RD) que puede ser comparado con el rendimiento meta planteado (RM) y ver su variación inicialmente, pero lo más importante es el rendimiento acumulado (RA) que se obtiene al final de la proyección, o sea, el DÍA 23 y para nuestro caso obtenemos un valor de 0.56 hh/m<sup>2</sup>. Este valor comparado con el rendimiento meta (RM = 0.60 hh/m<sup>2</sup>) nos da una diferencia o delta ( $\Delta R$ ) de +0.04 hh/m<sup>2</sup>. El valor positivo nos indica ganancia

y quiere decir que estamos ahorrando 0.04 horas hombre por cada metro cuadrado ejecutado por la cuadrilla propuesta.

También se puede observar que los primeros rendimientos acumulados son mayores al rendimiento meta y representa una pérdida, pero no debemos preocuparnos porque esto siempre se da, puesto que en los primeros días productivos acumula las horas contributorias iniciales.

#### Cuadro 4

Este cuadro muestra la proyección del estado de ganancia o pérdida de la actividad al finalizar su ejecución. Para este caso tenemos un rendimiento acumulado 0.04 hh/m<sup>2</sup> que al multiplicarlo por su metrado total de 11,872.00 m<sup>2</sup> se obtiene 531 horas ganadas. Y si a este valor lo multiplicamos por el costo de hora promedio de S/.14, obtenemos como ganancia o ahorro S/. 7,433.00, cuya variación dependerá del buen control que hagamos a la mano de obra.

Este proceso es iterativo hasta tener valores razonables sin pretender obtener mucha ganancia a costa de sobre metrados para el personal obrero. Tener en cuenta que existirán actividades en la cuales se ganará muy poco o nada, o tendremos pérdidas inclusive.

En la siguiente Tabla 4.1 se muestra a modo de ejemplo los resultados de los Circuitos Fieles de Producción para las actividades principales del edificio de nuestra obra:

**Tabla 4.1:** Resultados de Circuitos Fieles de Producción en Edificio

RESULTADOS DE CIRCUITOS FIELES DE PRODUCCIÓN EN EDIFICIOS (PROYECCIÓN)						
ACTIVIDAD	RENDIMIENTO META (hh/und)	RENDIMIENTO ACUMULADO (hh/und)	ΔR (hh/und)	METRADO TOTAL (und)	COSTO DE HORA PROMEDIO (S/.)	GANANCIA / PÉRDIDA (S/.)
Concreto de Muros, Columnas y Alfeizares	1.26	1.25	0.01	642.00	14.00	89.88
Concreto de Losas y Escaleras	1.42	1.41	0.01	453.20	14.00	63.45
Encofrado de Muros y Alfeizares	0.60	0.56	0.04	11,872.00	14.00	6,648.32
Encofrado de Losas	0.60	0.45	0.15	4,172.00	14.00	8,761.20
Encofrado de Escaleras	1.52	2.86	-1.34	134.00	14.00	-2,513.84
Colocación de Acero	0.04	0.03	0.01	69,468.00	14.00	9,725.52
Solaqueo interior	0.27	0.19	0.08	12,681.00	14.00	14,202.72
Tarrajeo de Derrames	0.50	0.42	0.08	3,217.00	14.00	3,603.04
Tabiquería P-7 / P-10	2.46	1.95	0.51	845.00	14.00	6,033.30
Enchape de baños y cocinas	1.26	0.91	0.35	1,582.00	14.00	7,751.80
Mejoramiento de pisos	0.21	0.17	0.04	3,600.00	14.00	2,016.00
						<b>56,381.39</b>

## ENCOFRADO DE MUROS

CUADRO 2

CUADRILLA	CANT	HJ	HB	TOTAL
Supervisión - Capataz	1	3		3
Encofrado de muros - Operarios	20	8	4	240
Encofrado de alfeizar - Operarios	2	8	2	20
Instalación de andamios - Operarios	2	8	2	20
Perforación de huecos - Oficial	1	8		8
Chequeo postvaciado - Operarios	4	2		8

299 horas / día

**LEYENDA**

- CANT cantidad de obreros para la actividad
- HJ horas de jornal
- HB horas de bonificación

CUADRO 1

METRADO PROMEDIO MUROS	554.46 m <sup>2</sup>
METRADO PROMEDIO ALFEIZAR	39.12 m <sup>2</sup>
METRADO PROMEDIO	593.58 m <sup>2</sup>

CUADRO 3

DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
HH DIARIO (hh)	187	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	212.5	212.5
METRADO DIARIO (m <sup>2</sup> )		593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58	593.58		
RENDIMIENTO DIARIO (hh/m <sup>2</sup> ) RD		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
HH ACUMULADO (hh)	187	486	785	1084	1383	1682	1981	2280	2579	2878	3177	3476	3775	4074	4373	4672	4971	5270	5569	5868	6167	6379.5	6592
METRADO ACUMULADO (m <sup>2</sup> )		593.58	1187.2	1780.7	2374.3	2967.9	3561.5	4155.1	4748.6	5342.2	5935.8	6529.4	7123	7716.5	8310.1	8903.7	9497.3	10091	10684	11278	11872	11872	11872
RENDIMIENTO ACUMULADO (hh/m <sup>2</sup> ) RA		0.82	0.66	0.61	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.54	0.56
RENDIMIENTO META (hh/m <sup>2</sup> ) RM		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
DELTA DE RENDIMIENTO (hh/m <sup>2</sup> ) DR	0.00	-0.22	-0.06	-0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.04

CUADRO 4

DELTA RENDIMIENTO ACUM (hh/m <sup>2</sup> )	0.04
METRADO TOTAL (m <sup>2</sup> )	11,872
HORAS GANADAS (hh)	531
COSTO DE HORA HOMBRE PROMEDIO (S/.)	14
COSTO DE HORAS HOMBRE GANADAS (S/.)	7,433

Figura 4.1: Circuito Fiel de Producción Encofrado de Muros de Edificios

## 4.2. INFORME DE PRODUCCIÓN DE OBRA

### 4.2.1. Tareo Diario

Documento de control diario de las horas hombre empleadas y metrado ejecutado de cada actividad programada. Esta tarea es encomendada al capataz o jefe de cuadrilla, también se puede contratar un tareador pero dependerá de las características de la obra. Las personas responsables del llenado del tareo diario son previamente capacitadas para esta labor, resaltando la importancia de su calidad para el perfecto control de las horas hombre.

En este documento podemos obtener el rendimiento diario de cada actividad y de manera rápida estos rendimientos reales deben ser comparados con los rendimientos que se plantearon en el presupuesto meta para ver preliminarmente si existe ganancia o pérdida y tomar una acción correctiva.

El formato que empleamos en obra consta de dos cuadros y se muestra en la Figura 4.2, en el CUADRO 1 están las actividades diarias que se encuentran codificadas mediante números, por lo cual los formatos deben ser actualizados semanalmente. Todas las actividades forman parte de una partida de control, entiéndase por partida de control a un conjunto de actividades que son agrupados para que sean mejor controladas. A manera de ejemplo se muestra la Tabla 4.2 donde se presenta un ejemplo:

**Tabla 4.2:** Ejemplo de Partidas de Control

ACTIVIDAD	PARTIDA DE CONTROL
Concreto de Cimientos Corridos	CONCRETO DE CIMENTACIÓN
Concreto de Zapatas	
Concreto de Vigas de Cimentación	
Concreto de Pedestales	
Concreto de Sobrecimientos	
Concreto de Columnas	CONCRETO DE VERTICALES
Concreto de Placas	
Concreto de Muros	
Concreto de Losas Macizas	CONCRETO DE HORIZONTALES
Concreto de Losas Aligeradas	
Concreto de Escaleras	
Concreto de Vigas	
Encofrado de Losas	ENCOFRADO DE HORIZONTALES
Encofrado de Vigas	
Encofrado de Escaleras	

En el mismo cuadro en la columna de observación se coloca algún tipo de descripción que puede ser una eventualidad o simplemente la zona de trabajo. Se prosigue colocando el metrado ejecutado y las horas hombre son calculadas a partir del CUADRO 2. Con estos datos podemos obtener el rendimiento diario para las actividades analizadas. Como ejemplo tenemos la actividad N°1: Encofrado de losa del sector S3 con un metrado ejecutado de 120m<sup>2</sup> y empleando un total de 54 horas, que pertenece a la partida de control de encofrado horizontal y se obtiene como rendimiento real 0.45 hh/m<sup>2</sup>.

El CUADRO 2 consiste en distribuir las horas hombre trabajadas por cada obrero, para esto hay que tener conocimiento de los tipos de hora que existen en el sector construcción y en que horarios están comprendidos, esto se muestra en el Tabla 4.3 siguiente:

**Tabla 4.3:** Tipos de Hora Hombre en construcción

TIPO DE HORA	DESCRIPCIÓN		HORARIO COMPRENDIDO	
			L - V	S
N	Hora Normal	Hora pagada incluyendo todos los beneficios por ley	7:30 - 17:00	7:30 - 13:00
E60	Hora al 60	Hora pagada un 60% más de la hora normal pero sin incluir beneficios	17:00 - 19:00	13:00 - 15:00
E100	Hora al 100	Hora pagada en un 100% más de la hora normal pero sin incluir beneficios	19:00 a más	15:00 a más

Para su explicación veremos el caso del Sr. Carlos Acarro Carrasco que viene a ser operario de carpintería y tiene un código 80479860 proporcionado por el software del sistema. Se observa que se le ha encomendado la tarea de realizar encofrado de losa y luego encofrado de cimiento, para esto debemos saber cuál fue la cantidad de horas que empleó para cada actividad, en este caso fueron 7.5 horas para encofrado de losa y 4.5 horas para encofrado de cimientos. Con estos datos se llena el formato de la siguiente manera: en la rotación 1 corresponde 5.5 horas a la actividad de encofrado de losa (actividad N°1) siendo horas normales por ser día sábado, en la rotación 2 corresponde 2 horas para la misma actividad pero como horas al 60 y como rotación 3 corresponde 4.5 horas a la actividad de encofrado de cimientos (actividad N° 12) siendo horas al 100. La cantidad de rotaciones depende de la cantidad de actividades que realizará el obrero y del tipo de hora que le corresponde según la Tabla 4.3.

CONSTRUCTORA E INMOBILIARIA LIVIT SA  
 OBRA CASA CLUB EL PALMAR

FORMATO DETAREO - MO - Nro.  
 Grupo de trabajo: ENCOFRADO

ENCOFRADO  
 Responsable: HUAMÁN MATOS, HOVER

**CUADRO 1**

Nro	ACTIVIDAD	UND	Observaciones	Ejecutado		Partida de control	Rend Imie nto
				Metrado Ejecutado	#Horas		
1.00	ENCOFRADO DE LOSA	hh	S3	120.00	54.0	encofrado horizontal	0.45
2.00	ENCOFRADO DE MUROS	hh	S5	480.00	267.0	encofrado vertical	0.56
4.00	ENCOFRADO DE ESCALERAS	hh	S3	7.00	20.0	encofrado horizontal	2.86
5.00	ENCOFRADO DE VIGA	hh	S3	3.74	0.0	encofrado horizontal	
11.00	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO	hh		20.00	8.5	encofrado de cirriento	0.43
12.00	ENCOFRADO CIMENTO	hh		45.00	0.0	encofrado de cirriento	

**SÁBADO 12/01/2013**

**CUADRO 2**

Tipo: N (Normal), E60 (Extra al 60%), E100 (Extra al 100%)

Cat	Código	Nombre	Rotación 1			Rotación 2			Rotación 3			Rotación 4			Rotación 5			Rotación 5		
			Act	Horas	Tipo															
OP	80479860	ACARO CARRASCO, CARLOS	1	5.5	N	1	2	E60	1	4.5	E100									
OP	80478501	ANTUNEZ ALVAREZ, ISRAEL IVAN	2	5.5	N	2	2	E60	2	7.5	E100									
FE	03000028	BALBIN ORÉ, GERONIMO	11	5.5	N	11	2	E60	11	1	E100									
OP	80482130	CARRANZA ACUNA, GILMER	1	5.5	N	1	2	E60	1	4.5	E100									
OP	03001780	COTRINA MO, ANGELO LEONARDO	2	5.5	N	2	2	E60	2	7.5	E100									
OF	80482254	CRUZ LEON, JOHAN	2	5.5	N	2	2	E60	2	7.5	E100									
OF	03003216	FELIPA LUJAN, DANLO	2	5.5	N	2	2	E60	2	7.5	E100									
OP	80482033	GARCIA CHAMBIA, VIVIANO	2	5.5	N	2	2	E60	2	2.5	E100									
OP	03000057	GUTIERREZ SOTO, ERNESTO	1	5.5	N	1	2	E60	1	4.5	E100									
OP	80482041	HUAMAN MATOS, JUAN HOVER	1	5.5	N	1	2	E60	1	4.5	E100									
OP	80482352	HUAMAN MATOS, RAFAEL	2	5.5	N	2	2	E60	2	7.5	E100									
OF	80482037	HUAMAN ROJAS, JUAN CARLOS	1	5.5	N	1	2	E60	1	4.5	E100									
OP	80482249	LAGOS GABRIEL, ROY PAUL	2	5.5	N	2	2	E60	2	7.5	E100									
OP	03000113	MATOS VILLANUEVA, TEOFILO	1	5.5	N	1	2	E60	1	4.5	E100									
OP	80482122	MORI TOVAR, FRANKLIN	2	5.6	N	2	2	E60	2	7.5	E100									
OF	80482123	MUNEZ AVILA JONATHAN JAIME	2	5.5	N	2	2	E60	2	2.5	E100									
OP	80482117	PONGO HUANCA, LUIS ALBERTO	2	5.5	N	2	2	E60	2	7.5	E100									
OP	80482258	QUILCA LLANOS, JUAN WALTER	1	5.5	N	1	2	E60	1	4.5	E100									
FE	80482260	QUISPE HUERTAS, FREDDY	2	5.5	N	2	2	E60	2	3.5	E100									
OP	80482034	QUISPE SICHA, CARLOS	2	5.5	N	2	2	E60	2	7.5	E100									
OP	80482033	RODRIGUEZ TOVAR, JORGE	2	5.5	N	2	2	E60	2	7.5	E100									
OF	03000057	SALVATIERRA CERDA, RICARDO	2	5.5	N	2	2	E60	2	3.5	E100									
OP	80482041	SOSA RODRIGUEZ, JOSE VIRGILIO	2	5.5	N	2	2	E60	2	7.5	E100									
OF	03000113	TITO SERPA, RONALD AUGUSTO	2	5.5	N	2	2	E60	2	7.5	E100									
OP	80482122	URBANO HUAMAN, A STO	2	5.5	N	2	2	E60	2	7.5	E100									
OF	03000113	VALENCIA CANAHUA, DANIEL	2	5.5	N	2	2	E60	2	7.5	E100									
OP	80482122	VILCA SULLCARAYME, WILLIAM	2	5.5	N	2	2	E60	2	7.5	E100									

Figura 4.2: Tareo Diario de Obra

#### 4.2.2. Informe Semanal de Producción (ISP)

Los informes de producción son el examen semanal y alertan constantemente sobre la marcha del proyecto mostrando las pautas dónde se debe mejorar, controlar y programar las metas de producción y rendimientos. Asimismo, el ISP se alimenta diariamente de los tareas con los metrados, horas hombre y rendimientos obtenidos para las diferentes actividades programadas en el día.

Las ventajas de usar el ISP de manera continua y constante son:

- Actúa como indicador si estamos consumiendo más o menos horas hombre de lo previsto en una determinada actividad
- Podemos analizar los rendimientos diarios y su variación respecto al tiempo.
- Podemos obtener proyecciones del consumo de horas hombre al finalizar la actividad.
- Se puede obtener valores de ganancia o pérdida como costo para cada actividad.

Para su explicación veremos el caso de la actividad de encofrado de muros para los edificios que se muestra en la Figura 4.3. Empezamos por el CUADRO 1: Previsión Presupuesto Meta, donde tenemos 11,756.0 m<sup>2</sup>, 7,053.0 hh y un rendimiento meta de 0.60 hh/m<sup>2</sup>, estos valores corresponden a lo planteado inicialmente. Si se producen modificaciones al proyecto se pueden generar adicionales o deductivos que son actualizados conforme vayan apareciendo, en nuestro caso se produjo un metrado adicional de 116.0 m<sup>2</sup> y sus respectivas horas hombre, y que son añadidas en el CUADRO 2 de Previsión Adicionales Deductivos. De esta manera obtenemos en el CUADRO 3, 11,872.0 m<sup>2</sup> y 7,123.0 hh con un rendimiento de 0.60 hh/m<sup>2</sup> que corresponde al metrado que tenemos que ejecutar en la obra y la cantidad de horas hombre disponibles para efectuar dicho metrado y todo esto en base a un rendimiento meta de 0.60 hh/m<sup>2</sup>.

El CUADRO 4: Acumulado Anterior, corresponde al metrado ya ejecutado con las horas hombre empleadas, para este caso estamos hablando de 2,967.9 m<sup>2</sup> y

1,682.0 hh con un rendimiento obtenido hasta la fecha de 0.57 hh/m<sup>2</sup>, que es menor al rendimiento meta de 0.60 hh/m<sup>2</sup>, indicando que estamos bien.

El CPI es un valor que nos indica si estamos consumiendo más o menos horas de las previstas según presupuesto meta. Un CPI mayor al 100% indica que estamos consumiendo más horas hombre de lo planeado y en el porcentaje en exceso del 100%, caso contrario estamos ahorrando. Esto se determina en el CUADRO 5: CPI, donde primero se determina la cantidad de horas hombre previstas para el metrado ejecutado hasta la fecha y con el rendimiento meta propuesto, para este caso al metrado de 2,967.9 m<sup>2</sup> con un rendimiento de 0.60 hh/m<sup>2</sup> le corresponde 1,780.0 hh que vienen a ser las horas disponibles o previstas para ejecutar dicho metrado, este valor lo comparamos con las horas reales consumidas que son 1,682.0 hh y vemos que es menor, indicando un ahorro de horas hombre, estos valores se dividen y se obtiene el CPI de 94%, que quiere decir que existirá un ahorro del 6% en horas hombre si es que la actividad finalizara con ese rendimiento.

El CUADRO 6 corresponde a la alimentación diaria del metrado y horas hombre empleadas para la ejecución de la partida semanalmente, esta información se obtiene de los tareas. Y el CUADRO 7 corresponde al análisis del CPI para la semana analizada, en este caso obtenemos un CPI de 84%, indicando que se está mejorando.

El CUADRO 8 corresponde al acumulado en metrado y horas hombre hasta la fecha, sumando el acumulado anterior (cuadro 4) y la semanal actual (cuadro 7). Aquí el CPI que obtenemos es del 89% que nos indica ahorro por el momento.

El CUADRO 9 y CUADRO 10 corresponden a la proyección del estado final de esta actividad, que simplemente es proyectar cual sería el consumo total de las horas hombre para todas las actividades, solo basta analizar cuál es el comportamiento de los rendimientos en el tiempo y definir si así acabará o tendrá alguna variación. Para nuestro caso se asume que acabará con un rendimiento de 0.50 hh/m<sup>2</sup> y un CPI del 92%.

Como resultado final de obra tuvimos 252,096.0 horas previstas para todas las partidas y un CPI final de 94.6%, que nos genera un ahorro de S/. 190,584.58.

**INFORME SEMANAL DE PRODUCCIÓN**

ITEM	PARTIDA DE CONTROL	UND	CUADRO 1 PREVISION PPTO META			CUADRO 2 PREVISION ADICIONALES + DEDUCTIVOS			CUADRO 3 PREVISION PPTO META FINAL (1)		
			METRADO	HH	REND.	METRADO	HH	REND.	METRADO	HH	REND.
			<b>EDIFICIOS</b>								
3	ENCOFRADOS			10,496.15			0.00		10,496.15		
3.1	Encofrado y desencofrado de cimientos, sobrecimientos, vigas de clme	m2	21.70	29.16	1.34		0.00	0.00	21.70	29.16	1.34
3.2	Encofrado y desencofrado en escaleras	m2	134.30	204.28	1.52		0.00	0.00	134.30	204.28	1.52
3.3	Encofrado y desencofrado en losas macizas	m2	4,172.80	2,503.68	0.60		0.00	0.00	4,172.80	2,503.68	0.60
3.4	Encofrado y desencofrado en muros	m2	11,756.00	7,053.60	0.60	118.00	69.60	0.60	11,872.00	7,123.20	0.60

CUADRO 4 ACUMULADO ANTERIOR (2) AL: 21/04/2013			CUADRO 5 VENTA ANT.		CPI (2/1) %	CUADRO 6 LUNES 22-abr-13			CUADRO 6 MARTES 23-abr-13		
METRADO	HH	REND.	HH	HH		METRADO	HH	REND.	METRADO	HH	REND.
	662.50		786.00	123.50	84%		391.50			403.50	
		0.00	0.00	0.00	100%			0.00			0.00
		0.00	0.00	0.00	100%			0.00	16.79	30.00	1.79
	202.00	93.00	121.20	28.20	77%	202.00	93.00	0.46	202.00	93.00	0.46
	2,967.90	1,692.00	1,780.74	98.74	94%	593.58	299.00	0.50	593.58	299.00	0.50

CUADRO 6 MIÉRCOLES 24-abr-13			CUADRO 6 JUEVES 25-abr-13			CUADRO 6 VIERNES 26-abr-13			CUADRO 6 SABADO 27-abr-13		
METRADO	HH	REND.	METRADO	HH	REND.	METRADO	HH	REND.	METRADO	HH	REND.
	408.50			414.50			414.00			428.00	
		0.00			0.00			0.00			0.00
		0.00			0.00			0.00	16.79	30.00	1.79
	202.00	93.00	202.00	93.00	0.46	202.00	93.00	0.46	202.00	91.00	0.45
	593.58	299.00	593.58	299.00	0.50	593.58	299.00	0.50	593.58	299.00	0.50

CUADRO 6 DOMINGO 28-abr-13			CUADRO 7 TOTAL PRESENTE SEMANA HH (3)			CPI (3/1) %	CUADRO 8 TOTAL HH ACUMULA 4 = (2+3) 28/04/2013		
METRADO	HH	REND.	METRADO	HH	REND.		METRADO	HH	REND.
	15.00			2,475.00		87%		3,137.50	
		0.00	0.00	0.00	0.00	100%	0.00	0.00	0.00
		0.00	33.58	60.00	1.79	117%	33.58	60.00	1.79
		0.00	1212.00	556.00	0.46	76%	1414.00	649.00	0.46
			3561.48	1794.00	0.50	84%	6529.38	3476.00	0.53

CUADRO 8 VENTA ACT.			CUADRO 9 SALDO ACTUAL (5=1-4)			CUADRO 10 ESTIMADO AL TERMINO (6=4+5)			META TOT. HH	VAR VAR META HH	CPI (6/1) %
HH	HH	GPI (4/1) %	METRADO	HH	REND.	METRADO	HH	REND.			
3,630.67	493.17	86%		7,358.65			10,496.15		10,496.15	0.00	100%
0.00	0.00	100%	21.70	29.16	1.34	21.70	29.16	1.34	29.16	0.00	100%
51.07	-8.93	117%	100.72	144.28	1.79	134.30	204.28	1.52	204.28	0.00	100%
848.40	199.40	76%	2758.80	1854.68	0.46	4172.80	2503.68	0.60	2503.68	0.00	100%
3917.63	441.63	89%	5342.62	3096.31	0.50	11872.00	6572.31	0.55	7123.20	550.89	92%

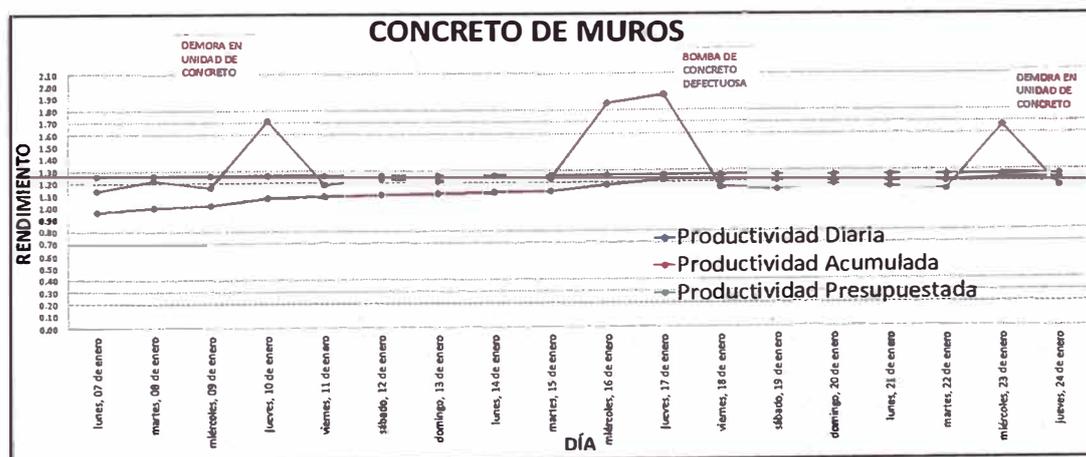
Figura 4.3: Informe Semanal de Producción (ISP)

**Tabla 4.4:** Resultado Final de Horas Hombre en algunas Partidas

TAREAS	METRADO	COSTO DIRECTO	HORAS HOMBRE PREVISITAS	HORAS HOMBRE REALES	Δ	A	B	A x B
Concreto en cimentación	3,189.78 m3	S/. 633,860.97	4,338.43	4,146.72	191.71	0.18	7.29	1.30
Encofrado de cimentación	1,322.48 m2	S/. 51,939.10	1,481.18	1,322.48	158.70	0.01	2.49	0.04
Acero de cimentación	3,376.50 kg	S/. 11,216.74	135.06	101.30	33.77	0.00	0.23	0.00
Concreto de muros	2,481.10 m3	S/. 668,979.00	3,128.67	3,101.38	27.29	0.19	5.26	0.99
Encofrado de muros	48,317.96 m2	S/. 661,279.58	28,990.78	21,743.08	7,247.69	0.19	48.71	9.06
Acero de muros	144,899.50 kg	S/. 481,356.13	5,795.98	4,346.99	1,449.00	0.14	9.74	1.32
Concreto de losas	1,507.41 m3	S/. 401,807.23	2,139.01	2,125.45	13.57	0.11	3.59	0.41
Encofrado de losas	15,173.78 m2	S/. 279,672.06	9,104.27	7,586.89	1,517.38	0.08	15.30	1.20
Acero de losas	110,194.29 kg	S/. 366,065.46	4,407.77	3,305.83	1,101.94	0.10	7.41	0.76
		S/. 3,556,176.28	59,521.14	47,780.10	11,741.04			

### 4.2.3. Curvas de Productividad

Para una mejor visualización de la variación en el tiempo de los rendimientos diarios se procede a realizar gráficas que muestran esta variación. A estas gráficas se les denomina Curvas de Productividad, que si las aplicamos correctamente prueban ser una excelente herramienta de control que nos permite ver día a día el avance de las distintas partidas de la obra y evaluar sobre todo el rendimiento diario para poder compararlo con el rendimiento que figura en tu presupuesto meta y así poder determinar con este dato y los datos de campo, que factores influyen en la variación diaria de tu avance.



**Figura 4.4:** Curva de Productividad de concreto en muros

En la Figura 4.4 se muestra como ejemplo la actividad de concreto en muros en edificios, en la cual se gráfica el rendimiento obtenido diariamente, el rendimiento acumulado y el rendimiento presupuestado como meta que son valores obtenidos del ISP y la gráfica corresponde a Rendimiento vs Tiempo.

### 4.3. MEDICIONES DE PRODUCTIVIDAD

#### 4.3.1. Tipos de Trabajo

Todo trabajo se divide en:

- **Trabajo Productivo (TP):** agrega valor al producto. También se puede conceptualizar como el tiempo que un trabajador destina a producir alguna unidad de construcción. Ejemplo: encofrado de muros, colocación de concreto, excavación de zanja, colocación de acero, etc
- **Trabajo Contributorio (TC):** No agrega valor al producto pero contribuye a agregar valor. Corresponde al tiempo dedicado a las labores de apoyo necesarias para que se ejecuten los trabajos productivos. Sin embargo, se destaca que, un exceso de actividades de apoyo implica necesariamente una pérdida para la empresa, por lo que sus índices deben controlarse. Pueden ser transporte, limpieza, instrucciones, medición, etc
- **Trabajo No Contributorio (TNC):** Es pérdida de tiempo y costo o cualquier otra actividad que no corresponda a las categorías anteriores y que implica tiempo que no se aprovecha por diferentes causas. Entre ellas están los viajes, tiempo ocioso, espera, trabajo rehecho, descanso, necesidades fisiológicas, etc.

Estas actividades ocurren por deficiencias en la dirección de la obra, el personal, el sistema de trabajo, el tipo de proyecto y las condiciones ambientales y de seguridad. Estos elementos a la vez establecen el ritmo o velocidad de la obra, por lo que tienen que ser mejorados de manera que la operación sea cada vez más eficiente. La productividad del trabajo, se mide en relación con el contenido de trabajo productivo, por lo que la clasificación previa de los 3 tipos de trabajos que existen debe ser lo más preciso posible, de manera que ningún tipo de trabajo no contributorio pase desapercibido y no se pueda ejercer un control sobre él.

Cabe resaltar que a medida que el tiempo utilizado en trabajos no contributorios aumenta, el tiempo disponible para realizar trabajos productivos disminuye, lo cual afecta negativamente a la productividad de la obra.

### 4.3.2. Nivel de Productividad General (NPG)

Esta herramienta es un método de medición del nivel de actividad de una obra. El objetivo general es la determinación estadística de la forma en que el tiempo de trabajo está siendo utilizado por el personal, de esta manera aparecerán los problemas que afectan la productividad y que al ser eliminados permitirán reducir los costos asociados.

El formato que se puede ver en la Figura 4.5 y 4.6 consta de realizar cuatrocientas mediciones a todo el personal obrero del tipo de trabajo que ejerce en ese momento, es decir, trabajo productivo (TP), trabajo contributorio (TC) o trabajo no contributorio (TNC). Además, la ubicación física para la persona que realizará la toma de mediciones debe ser determinada estratégicamente para que pueda observar a la mayor cantidad del personal obrero y realizada en un intervalo de una hora.

En obra se pudieron realizar mediciones cada dos semanas, haciendo un total de seis, los resultados se muestran en Tabla 4.4.

**Tabla 4.5:** Resultado de Mediciones de Productividad

RESULTADOS DE MEDICIÓN DE NIVEL DE PRODUCTIVIDAD GENERAL (NPG)			
MEDICIÓN NPG	TP	TC	TNC
1	20%	35%	45%
2	25%	33%	42%
3	29%	32%	39%
4	34%	30%	36%
5	35%	30%	35%
6	39%	29%	32%

Los resultados muestran inicialmente valores desfavorables que a medida se detectan las causas de los trabajo improductivos y se toman la medidas correctivas que se muestran en la Tabla 4.5, éstos van mejorando hasta estar dentro de lo aceptable según estudios realizados de productividad de diferentes obras en el Perú, resaltando que todavía estamos lejos de países desarrollados cuyos valores de trabajo productivo llegan al 60%.

Tabla 4.6: Acciones correctivas por los TC y TNC

CATEGORÍAS	OBSERVACIÓN	ACCIÓN CORRECTIVA
<b>TIEMPO CONTRIBUTORIO</b>		
TRANSPORTE	mucho transporte de material en horario productivo	- se formó una cuadrilla de ayudantes que luego de la jornada normal se tenían que quedar para realizar el suministro de materiales a las diferentes cuadrillas para los trabajos del día siguiente
	tiempo excesivo en el transporte de materiales del almacén hacia el punto de trabajo	- se utilizaron almacenes móviles para los materiales de mayor consumo, así el personal podía contar los materiales más cerca a sus puntos de trabajo
LIMPIEZA	existía tiempo empleado en limpieza por acumulación de basura en puntos de trabajo de las cuadrillas	- se estableció limpieza al final de cada jornada por cuadrilla en su zona de trabajo - se estableció jornada de limpieza 2 veces a la semana a primera hora con la participación de todo el personal obrero
INSTRUCCIONES	hubo espera por instrucciones del staff al personal	- se mejoró la transmisión del conocimiento por parte del staff conjuntamente con las programaciones y reuniones de obra
<b>TIEMPO NO CONTRIBUTORIO</b>		
VIAJES	recorridos largos para ir a los sshh	- adición de baños portátiles ubicados estratégicamente en toda la obra
	recorridos largos para beber agua	- instalación de más fuentes de agua en los puntos de trabajo con mayor demanda
	recorridos largos para sacar equipos del almacén	- se compró baúles metálicos para cada cuadrilla y así no tengan que estar pidiendo y devolviendo los equipos de uso diario a cada momento
OCIO	se observa poca cantidad de tiempo dedicada a esta categoría	- evitar elementos desmotivadores y realizar charlas motivadores al personal - incidencia en la supervisión por parte de los capataces
ESPERA	se observó mucha espera por instrucciones del capataz	- se realizó mejoras en la programación diaria a nivel de cuadrilla - reunión con capataces para que las instrucciones sean más fluidas, directas y concisas - se realizaron reunión con cada cuadrilla y se explicó en que consistían los trabajos a realizarse
	espera por materiales externos	- se afinó los pedidos de recursos por parte de los capataces y almacenero
	espera por falta de equipos, equipos malogrados	- se afinó la programación de equipos - se realizó un mejor control de equipos - se intensificó el mantenimiento a los equipos
TRABAJO REHECHO	existencia de gran cantidad de trabajos rehechos por mala calidad del personal obrero	- se incidió que la supervisión por parte de los ingenieros debería ser más exhaustiva - por ser una obra horizontal y con varios frentes de trabajo, se adicionaron más capataces y en cada tren de trabajo se designó un jefe de grupo que tenía que entregarle sus trabajos al finalizar la jornada laboral
	trabajos rehechos por modificaciones en el diseño	- se mejoraron las comunicaciones internas en el tema de las modificaciones al proyecto - incluimos nuestra experiencia constructiva de otras obra en la etapa de diseño y sus cambios
DESCANSO	se observó que la cantidad de tiempo dedicada a esta categoría estaba dentro de lo normal	- se establecieron tareas a las cuadrillas para que el trabajo lo hagan más rápido pero con la misma calidad
NECESIDADES FISIOLÓGICAS	cantidad excesivas de ir al baño	- reunión con personal obrero sobre esta observación - establecimientos de periodos para realizar esta actividad, dio poco resultados por que este control lo ejerce la propia persona sobre su cuerpo
HUELGAS	detección de algunos inconvenientes por partes del personal obrero en relación de sus horas	- se estableció mayor revisión del caso y que cada trabajador firme las hojas de los tareas
ACCIDENTES	se observa personal no cumpliendo con algunas medidas de seguridad como el uso de los epp	- se debe desarrollar todas las acciones necesarias de prevención de riesgos, en los casos que el personal obrero no acate las directivas se deberá amonestar y si es reincidente se debe retirar de obra

				<b>REGISTRO DE NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES - N 0029</b>					
Hora de Registro: 14:40 - 15:40 Fecha: 27/07/13									
1	T	TC	TN	Observacion	71	T	TC	TN	Observacion
1			v		71		i		
2			o		72		i		
3	TP				73		i		
4	TP				74			v	
5			o		75		i		
6	TP				76		i		
7	TP				77		i		
8			o		78	TP			
9			o		79		i		
10		i			80	TP			
11			o		81	TP			
12	TP				82		t		
13	TP				83		t		
14	TP				84	TP			
15		t			85	TP			
16		t			86	TP			
17	TP				87		i		
18	TP				88		i		
19			o		89	TP			pintores
20			v		90	TP			pintores
21			o		91	TP			pintores
22		t			92	TP			
23		i			93	TP			
24		i			94			o	
25		t			95			v	
28	TP				96			v	
27	TP				97			e	
28			o		98			e	
29			o		99			e	
30	TP				100			e	
31		i			101		i		
32		i			102		i		
33		t			103			o	
34		t			104		i		
35			o		105		i		
36			o		106		i		
37			o		107	TP			
38			e		108	TP			
39			e		109	TP			
40	TP				110			r	
41			o		111			r	
42	TP				112			v	
43	TP				113			v	
44	TP				114			o	
45	TP				115			o	
48	TP				116			o	
47			o		117			o	
48			o		118			o	
49	TP				119			v	
50	TP				120	TP			
51		i			121	TP			
52		i			122		i		
53		i			123	TP			
54		t			124	TP			
55	TP				125	TP			
56	TP				126		m		
57	TP				127		m		
58	TP				128	TP			
59	TP				129	TP			
60		m			130	TP			
61		t			131		i		
62			o	pintores	132		i		
63			o	pintores	133		i		
64			o	pintores	134			o	pintores
65			v		135			o	pintores
66			v		136		t		
67			o	pintores	137		t		
68			o	pintores	138	TP			
69	TP				139	TP			
70			o		140	TP			
TT	28	17	27		TT	25	24	21	

**Clasificación del Trabajo**

**140** TP Trabajo Productivo

**119** Trabajo Contributorio:

- 35** T Transporte
- 44** L Limpieza
- 21** I Instrucciones
- 18** M Medición
- 1** X Otros TC

**141** Trabajo No Contributorio

- 35** V Viajes
- 87** O Tiempo Ocioso
- 9** E Espera
- 2** R Trabajo Rehecho
- 0** D Descanso
- 8** B Nec. Fisiologicas

Figura 4.5: Nivel de Productividad General (NPG)

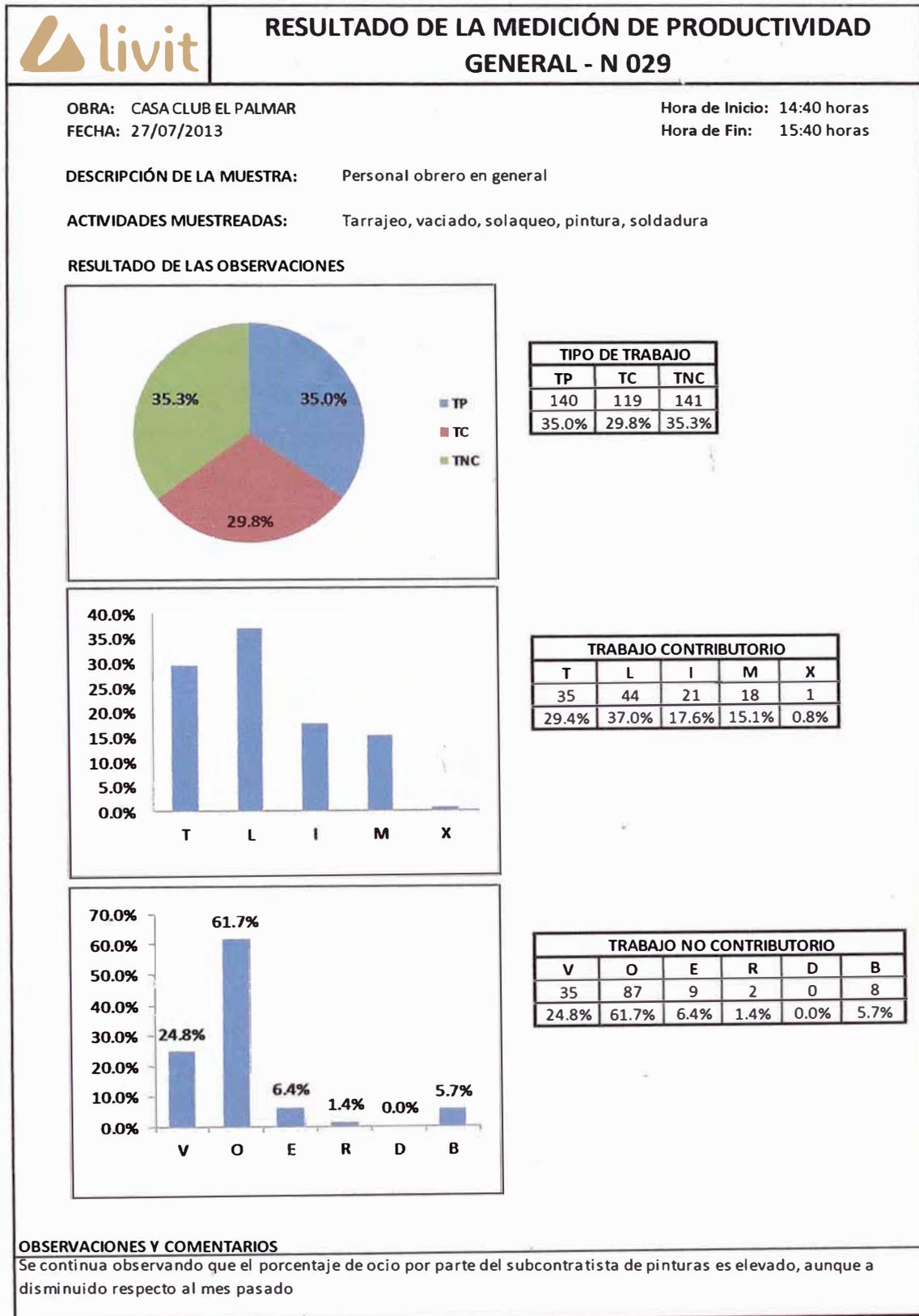


Figura 4.6: Resultado de Nivel de Productividad General

### 4.3.3. Carta Balance (CB)

La Carta Balance es una herramienta que nos permite medir y evaluar los rendimientos de obreros y cuadrillas de trabajo. Podremos medir la productividad de los trabajadores y aplicar mejoras para incrementarla. En pocas palabras, es una herramienta estadística que nos deja poder describir en forma detallada cual es el proceso de cualquier operación y buscar su optimización.

El formato de la toma de mediciones se muestra en la Figura 4.7. Para empezar con el llenado primero se determina la cuadrilla ejecutora, en este caso se trabajó con tres operarios concreteros, un ayudante y dos topógrafos. Luego se definen las actividades de cada tipo de trabajo: trabajo productivo (esparcido de concreto, vaciado de concreto, regleado de concreto y vibrado), trabajo contributorio (limpieza, transporte, indicaciones, apoyo de manguera y nivelación) y trabajo no contributorio (viajes, trabajo rehecho, baño, tiempo de espera, descanso y ocio). Y para la practicidad de las mediciones, las actividades y los obreros se codifican para su rápida identificación.

La ubicación para la toma de decisiones debe ser un lugar donde se pueda observar a toda la cuadrilla y nunca perderlos de vista. La herramienta indica que la medición debe ser realizada cada 60 o 120 segundos a cada integrante sobre el tipo de trabajo que se encuentra realizando y clasificándolo en las actividades ya determinadas, esto se hace en toda la duración de la actividad en el mejor de los casos o solo durante dos horas.

Luego de realizar la medición los resultados son mostrados en la Figura 4.8. Se determina que en esta oportunidad tuvieron un trabajo productivo de 87.1%, trabajo contributorio de 6.8% y trabajo no contributorio de 6.1%. En relación al trabajo contributorio, el 90% corresponde a la nivelación y el 10% restante a limpieza, estos valores son aceptables para esta actividad puesto la nivelación es una actividad inherente al vaciado de losa y su cantidad está dentro de lo aceptable. Respecto al trabajo no contributorio, el 66.7% corresponde al tiempo de espera y el 33.3% al uso del baño para las necesidades personales, estos valores son aceptables porque el primero es por causa del cambio de mixer que siempre se da y el otro se pudo reducir hasta casi eliminar indicando al personal que sus necesidades las hagan antes de que empiece el vaciado.

		<b>CARTA BALANCE</b>			
<b>OBRA:</b>	Casa Club El Palmar	<b>HORA DE INICIO:</b>	03:11		
<b>FECHA:</b>	14/01/2013	<b>HORA DE TÉRMINO:</b>	04:48		
<b>ACTIVIDAD:</b>	Vaciado de Concreto de Losa Maciza con bomba telescópica				

OBREROS			TRABAJO PRODUCTIVO			TRABAJO CONTRIBUT.			TRABAJO NO CONTRIB.								
COD	TRABAJO	CANT	COD	TRABAJO	CANT	COD	TRABAJO	CANT	COD	TRABAJO	CANT						
A	Laura Carmelón(op)		EX	esparcido concreto	58	L	limpieza	2	V	viaje	0						
B	Eusebio Lopez (op)		VC	vaciado concreto	25	T	transporte	0	R	trabajo rehecho	0						
C	Julio Velarde (op)		RE	reglado de concreto	150	I	indicaciones	0	B	baño	6						
D	Alan Díaz (pe)		VI	vibrado	24	AC	apoyo manguera	0	E	tiempo de espera	12						
E	Martin Caldas (Top)				0	N	nivelación	18	D	descanso	0						
F	Alonso Yu (ay Top)				0			0	O	ocio	0						
<b>TOTAL</b>			<b>257</b>			<b>TOTAL</b>			<b>20</b>			<b>TOTAL</b>			<b>18</b>		

MEDIC.	A	B	C	D	E	F	G	H	OBSERVACIONES
1	VI	VC		A					1er mixer: Inicio Vaciado
2	VI	VC		A					
3	VI	VC		A					
4	VI	VC		A					
5	VI	EX		A					
6	VI	EX		A					
7	VI	RE		A					
8	VI	RE		A					
9	VI	RE	EX	A	N				
10	VI	RE	EX	B	N				
11	VI	RE	EX	A	N				
12	VI	RE	EX	A	N				
13	VC	RE	EX	EX	N				
14	EX	RE	EX	B	N				
15	EX	RE	EX	E	N				
16	EX	RE	EX	E	N				
17	EX	RE	EX	E					
18	EX	RE	EX	B		N			
19	EX	RE	EX	EX		N			
20	L	RE	EX	VC		N			
21	VC	RE	EX	VC		N			1er mixer: Fin de vaciado
22	VC	RE	EX	VC		N			
23	VC	RE	EX	VC		N			
24	VC	RE	RE	VC		N			
25	VC	RE	RE	VC		N			
26	VC	RE	RE	VC	N	N			
27	VC	RE	RE	VC					
28	VC	RE	E	VC					
29	VC	EX	EX	A					2do mixer: Inicio Vaciado
30	VC	EX	E	A					
31	VI	EX	E	A					
32	VI	EX	EX	A					
33	E	EX	RE	A					
34	VI	EX	RE	A					
35	VI	EX	RE	B					
36	VI	RE	RE	A					
37	VI	EX	B	A					
38	VI	EX	RE	A					
39	VI	RE	RE	A					
40	VI	RE	RE	EX					
41	VI	RE	RE	EX					
42	EX	RE	RE	EX					
43	L	EX	RE	EX					
44	RE	B	RE	EX					
45	RE	RE	RE	EX					
46	RE	RE	RE	EX					
47	RE	RE	RE	E					
48	RE	EX	E	EX					
49	RE	EX	RE	E					
50	RE	RE	RE	E					
51	RE	EX	RE	EX					
52	RE	EX	RE	EX					
53	RE	RE	RE	EX					
54	RE	RE	RE	EX					
55	EX	RE	RE	EX					
56	RE	RE	RE	EX					
57	RE	RE	RE	EX					
58	VC	RE	RE	A					
59	VI	RE	RE	A					
60	VI	RE	RE	E					2do mixer: Fin de vaciado
61		RE	RE						Eusebio y Julio terminan el proceso
62		RE	RE						de reglado de concreto
63		RE	RE						

VOL 12 m3

Figura 4.7: Carta Balance de Vaciado de Concreto de Losa Maciza

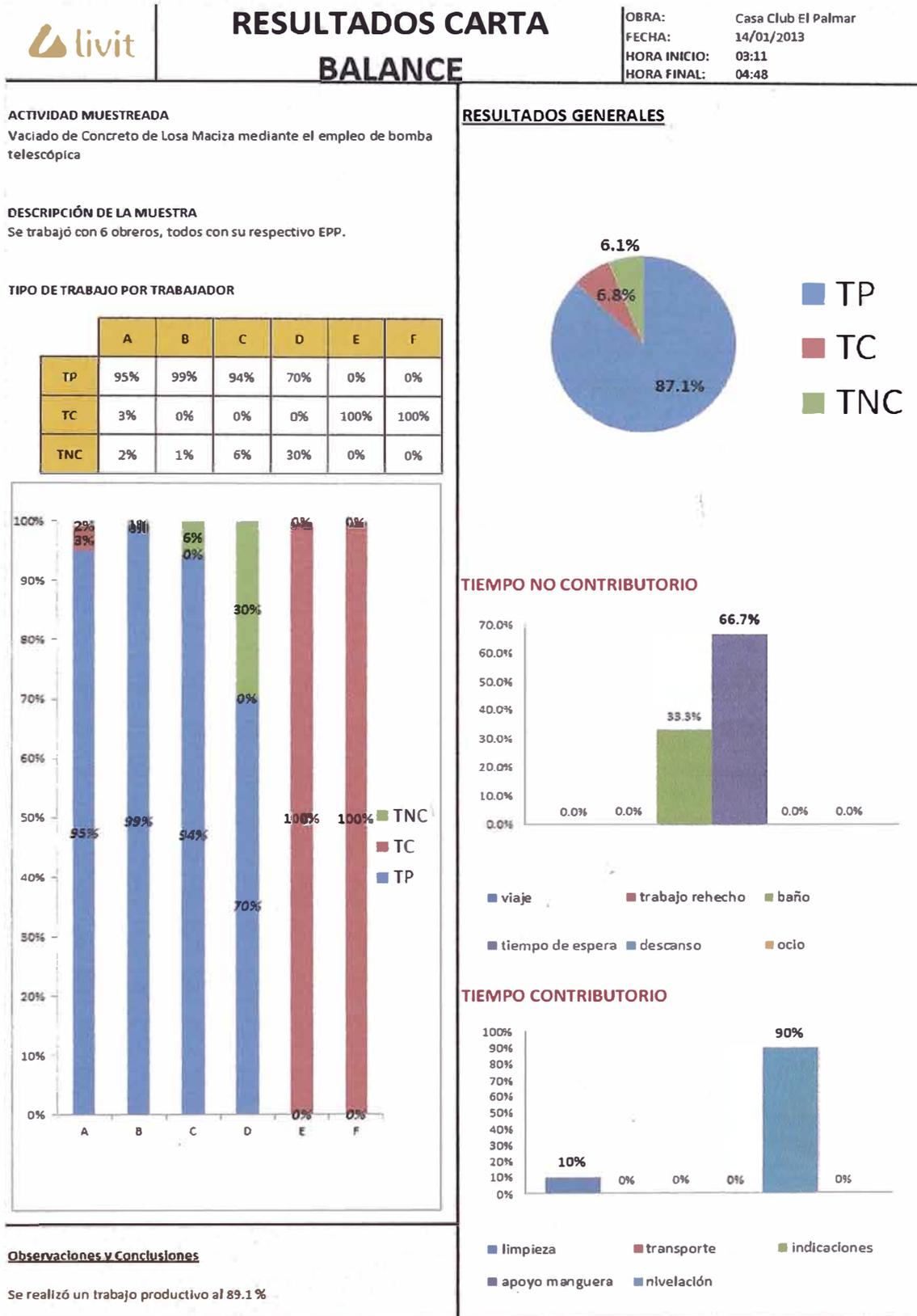


Figura 4.8: Resultados de Carta Balance

## CAPÍTULO V: TRANSMISIÓN DEL CONOCIMIENTO

### 5.1. REUNIONES DE OBRA

Tener el conocimiento total del proyecto no basta si es que solo lo obtiene y lo maneja un grupo reducido, si hacemos esto, estamos llevando la obra al desorden total con gente desinformada, incierta y fuera de lugar de las cosas que suceden a su alrededor. Esto se ve mucho en las obras y lamentablemente nos estamos acostumbrando a trabajar de esa manera, no haciendo nada para mejorarlo y convirtiéndolo en una razón de las grandes pérdidas que se dan y que pasan a ser minimizadas cuando se ve que el margen todavía es positivo.

Es muy sencillo cambiar esta situación, simplemente nos estamos olvidando de algo que siempre se debe realizar constantemente y sin perder su continuidad a lo largo de todo el proyecto de construcción: Reuniones de Obra.

Como Líderes debemos de ser conscientes de la importancia de la cooperación y comunicación entre los participantes de una obra para desarrollar las capacidades y aportaciones individuales y colectivas, con vistas a mejorar la marcha de los trabajos y su resultado final. Las reuniones permiten compartir, dentro de un grupo de personas, el mismo nivel de conocimiento acerca de un tema y además, tomar decisiones de forma colectiva y es aquí donde la transmisión del conocimiento se da de forma efectiva. Además tener en cuenta que la toma de decisiones debe ser constante. Es improductivo postergar acuerdos relevantes corriendo el riesgo de ir acumulando problemas sin resolver.

Ahora, cabe destacar la importancia del aprendizaje de las personas en la técnica de desarrollo de reuniones de trabajo a fin de optimizar la eficacia de esta actividad. La figura del coordinador de la reunión es vital para conducir su desarrollo y facilitar la extracción de conclusiones, se ven casos que las reuniones duran varias horas sin ser efectivas en su totalidad, por lo que máximo una reunión debe durar 1 hora. Para esto debemos crear un conjunto de acciones que deben tomarse para organizar y llevar a cabo una reunión en buenas condiciones, con un alto grado de eficacia y que permita el seguimiento de sus resultados.

Las reuniones que se dieron en obra se muestran en la Tabla 5.1 y Figura 5.1.

**Tabla 5.1: Tipos de Reuniones de Obra**

REUNIONES DE OBRA				
TIPO DE REUNIÓN	PERIODICIDAD	PARTICIPANTES	TEMAS TRATADOS	BENEFICIOS
REUNIÓN CON EL CLIENTE	Cada semana	- Constructora - Supervisión - Gerencia - Cliente	- Seguridad - Calidad - Planificación y programación de obra - Avance de obra - Adicionales y deductivos - Respuesta a sdi, sdc, cdc, cdi - Ampliaciones de plazo - Cambio o nuevos alcances de obra por parte del cliente	Reunión de vital importancia donde demostramos al cliente la calidad de empresa que está construyendo su proyecto. Además, nos permite estar al tanto de todos sus requerimientos.
REUNIÓN DE ALCANCE	Al inicio de obra y cuando sea necesaria	- Staff de obra	- Contrato de obra - Presupuesto contractual y consideraciones - Revisión de planos, memoria descriptiva y especificaciones técnicas - Revisión de sdi, sdc, cdc, cdi - Lecciones aprendidas	Reunión cuyo objetivo principal es tener el conocimiento total de proyecto desde un inicio.
REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD	Cada semana	- Staff de obra	- Filosofía Lean - Sectorización de trabajo - Tren de actividades - Cronograma Maestro - Look Ahead Planning - Programación Semanal (PPCy CNC) - Circuito Fiel de Producción - Informe Semanal de Producción - Mediciones de Productividad - Calidad - Lecciones Aprendidas	Fundamental para realizar el seguimiento y control de todas las etapas del sistema del último planificador
REUNIÓN DE COSTOS	Inicio de obra y luego cada 15 días o dependiendo cuando se detecta una fuerte variación del costo	- Staff de obra	- Histograma de Personal - Informe Semanal de Producción - Adicionales y deductivos - Resultado Operativo - Subcontratos - Comparativos - Valorizaciones - Lecciones aprendidas	Reunión donde se trata principalmente el Resultado Operativo, que es donde se muestra la variación de costo que está teniendo en el tiempo nuestra obra.
REUNIÓN CON CAPATACES	Cada semana	- Staff de obra - Capataces	- Filosofía Lean - Seguridad - Calidad - Sectorización de trabajo - Tren de actividades - Look Ahead Planning - Programación Semanal (PPCy CNC) - Programación diaria - Productividad - Lecciones aprendidas	En esta reunión se dan las directivas que salen a campo, los capataces juegan un rol fundamental y debemos destacar su importancia en la administración general del proyecto, en especial debido a su estrecho contacto con el personal de mano de obra y a la gran influencia que puede ejercer sobre los mismos debido a su posición.
REUNIÓN CON PERSONAL OBRERO	Cada semana	- Staff de obra - Capataces - Obreros por cuadrilla	- Filosofía Lean - Secuencias constructivas - Oportunidades de mejora - Seguridad - Productividad	Estas reuniones nos ayudan a conocer de primera mano los problemas o mejoras que pueden tener los procesos constructivos.
REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN DIARIA	Diaria	- Staff de obra - Capataces - Jefes de cuadrilla	- Programación del día siguiente	Sumamente importante porque en ella podemos detectar restricciones que no se habían detectado en la reunión semanal.
REUNIÓN CON SUBCONTRATISTAS	Semanal	- Staff de obra - Representantes de subcontratos	- Filosofía Lean - Seguridad - Calidad - Sectorización de trabajo - Tren de actividades - Look Ahead Planning - Lecciones aprendidas	Reunión donde se dan los lineamientos a seguir a los subcontratistas.
REUNIÓN DE INTEGRACIÓN	Cuando sea necesaria, lo recomendable es una vez por mes pero es a criterio de obra	- Staff de obra - Supervisión - Gerencia - Cliente - Personal obrero	- Actividades de integración (almuerzos, celebraciones por días especiales, jornadas deportivas, etc)	La integración siempre supone el esfuerzo coordinado, la planeación conjunta y la convivencia pacífica entre las personas que conforman el grupo para sacar adelante los objetivos trazados de un proyecto, además es donde las partes pueden constituir un todo, aún sin perder su individualidad. Este concepto se debe aplicar desde el inicio de la obra con el staff y con los obreros, debemos hacer que se produzca la integración de todos y que todos se identifiquen con la obra y la hagan suya, que sientan que les pertenece. Para que esto se logre se hacen las reuniones de integración que consisten en actividades amenas como almuerzos, celebraciones por días especiales, jornadas deportivas, etc.



Figura 5.1: Reuniones de obra

## 5.2. CAPACITACIÓN DEL PERSONAL

La capacitación del personal es el desarrollo sistemático de los conocimientos, habilidades y actitudes requeridas por un individuo para ejecutar una cierta tarea o trabajo con éxito. La capacitación es algo fundamental para toda empresa que ofrece la posibilidad de mejorar la eficiencia del trabajo, permitiendo a su vez que la misma se adapte a las nuevas circunstancias que se presentan tanto dentro como fuera de la organización y no debe verse simplemente como una obligación, al contrario es como una inversión que trae beneficios a la persona y a la empresa.

Algunos de esos beneficios son los siguientes: (1) ayuda a prevenir riesgos de trabajo, (2) aumenta la rentabilidad de la empresa, (3) crea una mejor imagen de la empresa, (4) facilita la comprensión de las políticas de la empresa, (5) incrementa la productividad y calidad del trabajo, (6) promueve la comunicación en la organización, (7) favorece la promoción hacia puestos de mayor responsabilidad, (8) disminuye temores de incompetencia o ignorancia, (9) favorece un sentido de progreso en el trabajo y como persona, (10) produce actitudes más positivas, (11) eleva la moral del personal, (12) mejora el conocimiento de los diferentes puestos y, por lo tanto, el desempeño, (13) facilita que el personal se identifique con la empresa, (14) mejora la relación empleador-empleado, (15) proporciona información sobre necesidades futuras de personal a todo nivel, (16) favorece la confianza y desarrollo personal, (17) ayuda a la formación de líderes, (18) mejora las habilidades de comunicación y de manejo de conflictos, (19) aumenta el nivel de satisfacción con el puesto, (20) ayuda a lograr las metas individuales y otros.

Por ello, las inversiones en capacitación redundan en beneficios tanto para la persona entrenada como para la empresa que la entrena. Y las empresas que mayores esfuerzos realizan en este sentido, son las que más se beneficiarán.

Al iniciar y en el transcurso de cualquier proyecto de construcción es fundamental que las capacitaciones se den a todo nivel, es decir, que es necesario que se capacite a los integrantes del staff y a los obreros de las distintas especialidades (concreto, carpintería, acero, albañilería, instalaciones sanitarias y eléctricas, etc.), para que se tenga un manejo adecuado del proyecto y donde todos sean conscientes de la enorme responsabilidad que están asumiendo.

### a) Capacitación de Staff

La capacitación del staff tiene que ser llevada a cabo de acuerdo a la función desempeñada de cada integrante y para que la transmisión del conocimiento sea eficaz debemos contar con el equipo adecuado en calidad y cantidad.

Cuando nos referimos a cantidad, no es otra cosa que al dimensionamiento del equipo de obra el cual se plasma en un organigrama. Esta composición debe ser tal cual ayude en el desempeño individual y colectivo del equipo de trabajo, debe diseñarse de acuerdo a la complejidad del proyecto y al grado de control que se le quiere dar a la obra. El organigrama de obra se muestra en la Figura 5.2.

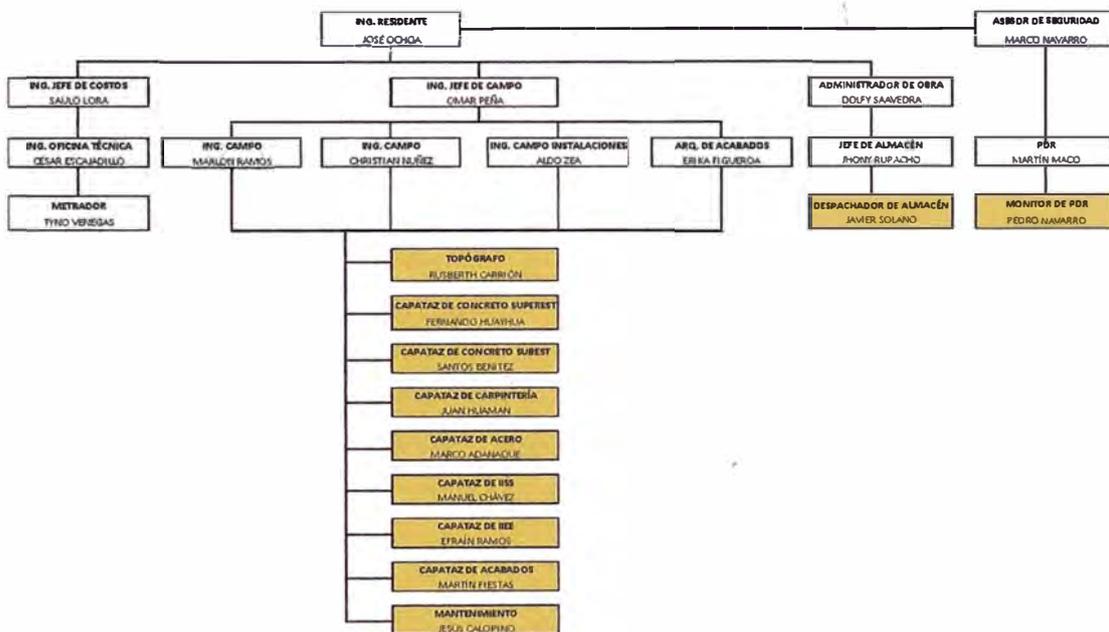


Figura 5.2: Organigrama de Obra Casa Club El Palmar

Y cuando mencionamos calidad nos referimos al perfil de trabajo de cada integrante del staff para ocupar y desempeñar sus funciones adecuadamente. Es aquí donde nace la necesidad de capacitar al staff.

Las diferentes realidades en obra muestran que la mayoría del staff no está preparada para asumir la función que se le encomienda y se caracteriza por: Primera experiencia en obra, Poca o nula experiencia en temas específicos, Conocimiento básico de sus funciones, Deficiente conocimiento técnico de las cosas y Vago conocimiento de los procesos de la empresa

En la obra planteamos y realizamos una serie de capacitaciones generales para todo el staff y capacitaciones específicas por área y función a cada integrante.

Las capacitaciones generales fueron temas como: Filosofía Lean, Planificación y Programación de Obra, Productividad, Concreto, Acero, Encofrado, Instalaciones Sanitarias, Instalaciones Eléctricas, Arquitectura y acabados, Habilitación Urbana, Pavimento Flexible y otros que sean necesarios.

Las capacitaciones específicas fueron tales que permitían que el personal adquiriera el conocimiento de las funciones y documentación que se requerían en el área de producción, oficina técnica, instalaciones, arquitectura, administración y seguridad.

#### **b) Capacitación de Obreros**

Se tiene que tener claro que los principales actores que juegan un rol fundamental en el éxito del proyecto es el personal obrero. Cuando no tienen el nivel adecuado, la producción, calidad y seguridad del trabajo es afectada negativamente en mayor o menor proporción de acuerdo al grado de incompetencia y falta de preparación de este personal. Lamentablemente, la falta de sistemas de control y de información adecuados impide medir o detectar estos problemas en obra, quedando sumergidos dentro de los que normalmente se acepta como ineficiencia general del proyecto.

Las capacitaciones que se dieron en la obra fueron hechas por cuadrillas de acuerdo a su especialidad, fueron diseñadas para que se den a continuación de la charla diaria de seguridad de 10 min y en un tiempo máximo de 30 min. Las charlas fueron dadas en primera instancia por el staff y luego buscamos la participación de todas las empresas que nos proveían servicios, equipos y materiales. Se realizó un cronograma de capacitaciones por cuadrilla y se publicó en el periódico mural, la idea era concientizar que los obreros se den cuenta de la importancia de estar capacitados y actualizados en los conocimientos técnicos teóricos-prácticos de las diferentes especialidades. Ver Tabla 5.2 y Figura 5.3.

La Filosofía Lean debe también ser enseñada a los obreros y que mejor que ellos para que la puedan aplicar en todas las labores que realizan. Es muy gratificante

ver que los obreros en todos los niveles (operario, oficial y ayudante) conozca, discuta, hable y aplique estos principios, esto nos augura gran éxito en el proyecto y podemos estar seguros que realmente estamos aportando en algo en nuestro progreso.

Tabla 5.2: Cuadro de Capacitaciones

CUADRO DE CAPACITACIONES			
CUADRILLA	CAPACITACIONES	ENCARGADO	FECHA
CONCRETO	QUÉ ES EL CONCRETO?	ING. OCHOA	30/10/2012
	TIPOS DE CONCRETO	ING. PEÑA	02/11/2012
	ADITIVOS PARA EL CONCRETO	ING. NUÑEZ	04/11/2012
	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONCRETO	ING. RAMOS	06/11/2012
	CURADO DE CONCRETO	CONTROL MIX	08/11/2012
	GESTIÓN DE PEDIDOS DE CONCRETO PREMEZCLADO	UNICON	10/11/2012
	PROCEDIMIENTO CORRECTO DE VACIADO DE CONCRETO	UNICON	12/11/2012
	LECCIONES APRENDIDAS EN OTRAS OBRAS	ING. PEÑA	14/11/2012
	FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION	ING. PEÑA	16/11/2012
CARPINTEROS	ENCOFRADO METÁLICO	EFCO S.A.	30/10/2012
	USO CORRECTO DEL ENCOFRADO	ING. NUÑEZ	02/11/2012
	FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION	ING. PEÑA	04/11/2012
ACERO	QUÉ ES EL ACERO?	ACEROS AREQUIPA S.A.	30/10/2012
	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ACERO	ING. PEÑA	02/11/2012
	FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION	ING. PEÑA	04/11/2012



Figura 5.3: Capacitaciones en obra

### 5.3. LECCIONES APRENDIDAS

Para un Proyecto de Construcción se entiende por lecciones aprendidas como todo aquel conocimiento adquirido a través de experiencias, exitosas o no, en el proceso de realización de un proyecto con el fin de mejorar las ejecuciones futuras. Las lecciones aprendidas pueden identificarse en cualquier momento y deben ser documentadas, debido a que el análisis de esta información será de gran utilidad para evitar los mismos errores y volver a provocar los éxitos en proyectos a futuro.

Son muchas las ventajas de emplear las lecciones aprendidas y obtener bastantes beneficios, entre ellas se pueden mencionar: (1) Sirve como una valiosa herramienta de uso y apoyo para otros proyectos similares, (2) Mejora la planificación de proyectos futuros, evita cometer errores anteriores y por lo tanto disminuye los riesgos, (3) Ayuda a desarrollar nuevos y mejores procedimientos de trabajo y (4) Ofrece información de apoyo para una mejor toma de decisiones, reduce la incertidumbre y mejora el tiempo de respuesta ante situaciones similares a las que se tiene que enfrentar el equipo de proyecto.

En obra todas las Lecciones Aprendidas identificadas deben ser documentadas con el más sinceramiento posible para que pueda ser realmente de utilidad, debemos de eliminar los miedos que tenemos de exponer los problemas que se puedan presentar en la ejecución física del proyecto, a veces por no quedar mal ante nuestros superiores ocultamos información que puede ser valiosísima para nuestro conocimiento y experiencias futuras. Ver Tabla 5.3.

Una vez documentadas las lecciones aprendidas debemos evitar de cualquier manera que solo se queden en informes, por lo que deben ser expuestas en las reuniones de obra y se sugiere que a la hora de discutir y analizar las lecciones aprendidas del proyecto se tomen las siguientes recomendaciones: (1) Ser positivo, (2) No culpar a nadie de los fracasos, (3) Centrarse en los éxitos así como en los fracasos, (4) Indicar cuáles estrategias contribuyeron al éxito, (5) Indicar qué estrategias de mejora se tendrían

Por lo tanto se puede concluir que una práctica constante y bien estructurada de lecciones aprendidas permitirá a la empresa repetir resultados deseados que fomenten el éxito en los proyectos, y evitar aquellos que incentiven el fracaso.

**Tabla 5.3: Lecciones Aprendidas de obra**

<b>LECCIONES APRENDIDAS</b>		
<b>PROBLEMA</b>	<b>CAUSA</b>	<b>SOLUCIÓN</b>
Impermeabilización de superficies de cisternas y piscinas.	Tradicionalmente la impermeabilización de la superficie de los elementos en contacto con el agua (cisternas, piscinas) se realiza con procedimientos de barrera y/o revestimiento superficial, usualmente con un empaste con materiales tipo Sikatop 107, las desventajas de estos procedimientos es la menor vida útil, problemas en la aplicación de revestimientos posteriores en la superficie (pintura, enchapes, etc).	Para la impermeabilización se optó por la aplicación de otro producto (Vandex) el cual actúa por cristalización (reacciona con la humedad) en todo el espesor del concreto y reduce la porosidad del mismo.
Filtración de agua en techos por llovizna.	Inicialmente se planteó realizar la cobertura de los techos de las casas con ladrillo pastelero, luego se decidió usar otras alternativas, ya que las viviendas debían dejarse preparadas para una futura ampliación por parte de los propietarios. Sin embargo dicha impermeabilización no se realizó de manera oportuna, bajo el supuesto de que la magnitud de las precipitaciones no lo ameritaba, sin embargo ello no fue así puesto que se ha tenido problemas con filtraciones en varias casas no impermeabilizadas producto de dichas precipitaciones.	Es necesario realizar la impermeabilización de los techos de manera oportuna para no tener estos problemas, ello es indispensable por el nivel de precipitación de Lima.
Filtración en junta losa-muro de cisternas.	Usualmente el vaciado de las estructuras como las cisternas se realiza primero la losa y luego los muros (desde el nivel de losa) colocando un elemento de barrera en el encuentro (waterstop) para evitar la filtración del agua por dicho encuentro, sin embargo a pesar de ello se presentan las filtraciones.	Se optó por realizar un vaciado monolítico de la losa y de una altura parcial del muro, colocando el elemento de barrera a partir del nuevo encuentro muro-muro.
Hojas de ventanas sin recubrimiento antes del colgado.	No se previó en su momento el que las fachadas tenían que ser empastadas y texturizadas posteriormente y que este empaste y texturizado, además de mezcla que hubo al resanar errores, dañan las hojas de las ventanas.	Se vio por conveniente forrar todas las ventanas con plástico azul además de colocarle cinta azul a todos los marcos para que cuando se texture, los vanos estén protegidos.
Techos escarchados con presencia de hongos.	Dado el clima propio de Lurín y su ubicación, es una zona húmeda y con lluvias moderadas en ciertos meses del año, se empezó a notar la existencia de hongos en los techos de dormitorios en el segundo piso. Lo extraño del caso es que, baños que han sido pintados con pintura latex, no presentan este tipo de daño por lo que se cree que uno de los componentes de la mezcla para el escarchado está reaccionando con la humedad y genera el problema mencionado. Cabe mencionar que desde hace bastantes meses, se vino pidiendo a Coinpro la solución de la impermeabilización de los techos; tema que fue retrasado por bastante tiempo hasta que las lluvias fueron más intensas y se empezó a notar la presencia de hongos en dos casas. El problema se agravó en cuestión de días.	Se está evaluando distintas soluciones al problema. Necesitamos primero, secar las losas que han sido humedecidas por el empozamiento del agua proveniente de la lluvia. Una vez seca la losa se ve el pintado con soluciones de cloro que matan el hongo. Dado que este tema es bastante delicado aún se está evaluando la solución correcta que termine con el problema por el bienestar de los propietarios.
Daño en muros acabados y pisos.	No se hizo una compatibilización adecuada de los planos de instalaciones sanitarias con los planos de arquitectura, esto generó que se tuviera que picar pisos y/o muros para reparar daños en las tuberías.	Se procedió a la revisión y compatibilización de planos de las distintas especialidades para que no sucedan problemas similares con las demás especialidades.
Levantamiento de piso laminado	No se tomó en cuenta la dilatación del piso laminado luego de unos días y por lo tanto se debe dejar una separación de 1cm desde el plomo con el muro	Se determinó cortar la pieza que estaba chocando con el muro para que pueda encajar todo el piso como debe ser, sin que se levante en ninguno de los tramos.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

- La filosofía Lean Construction y el Sistema del Último Planificador pudo ser aplicado a nuestra obra y no requirió de una gran inversión ni gran despliegue tecnológico, más bien implicó dedicación en tiempo y un cambio en la manera de pensar, sobre todo el entendimiento de que las formas tradicionales de planificación no son las mejores y de un compromiso de todos los involucrados con la nueva filosofía.
- Al transmitir de forma apropiada a nuestros gerentes de obra y altos cargos de la empresa, que es necesaria la participación activa de todas las personas que están involucradas con la implementación de esta filosofía (desde el gerente hasta el obrero), hizo promover y desarrollar una cultura de mejoramiento y estrategias para nuestros procesos internos de obra.
- Todo proyecto tiene las siguientes etapas bien diferenciadas: concepción de idea, diseño, construcción y operación y mantenimiento. Nosotros en obra logramos tener una relación muy íntima entre estas etapas para lo que faltaba definir del proyecto (incluido Etapa 2), teniendo la oportunidad de formar parte de la toma de decisiones del nuevo alcance y modificaciones que se producían. Esto nos generó tener una comunicación más integradora con el cliente y diseñador, transmitiéndoles nuestra experiencia como constructora y de esta manera no incurrir en pérdidas para el proyecto.
- Evaluar constantemente a cada integrante del staff sobre el conocimiento total de nuestro proyecto, nos demostró y demostrará siempre que es la clave para toda buena gestión de obra, garantizando que se maneje correctamente su costo, plazo y calidad.
- La buena definición del análisis de entorno, el acceso a obra y la distribución en planta combinada con gestiones adecuadas de recepción de materiales y de comunicación de nuestra obra, propiciaron un proceso más rápido con menores costos por transporte de recursos y tiempos de preparación elevados,

pudiendo ser comprobado con la tendencia a la baja del tiempo de trabajo contributorio de 35% a 29%.

- El Sistema del Último Planificador depende de un buen equipo de trabajo que lo implemente en su totalidad. Como Jefe de Producción solicité tener a mi cargo dos ingenieros de campo, un arquitecto, un ingeniero de instalaciones y capataces de acuerdo a los requerimientos de los trabajos, es decir, un buen dimensionamiento de mi staff. Esto me permitió dedicarme netamente a la planificación y liderar el equipo de obra haciendo el seguimiento y control de todas las etapas del sistema. Además se logró el cumplimiento diario de los objetivos del staff, sin saturarlos de trabajo.
- El obtener una proyección de ganancia en mano de obra en el edificio de S/. 56,381.39 al realizar los circuitos fieles de producción, nos garantiza que generar sectorizaciones con volúmenes de trabajo parecidos, tren de actividades y circuitos fieles propician el manejo eficiente del capital humano, clave para empezar a mejorar la manera de hacer las cosas.
- Mantener un PPC en promedio mayor al 85% para nuestra obra, nos demuestra claramente que la revisión constante del Look Ahead, Análisis de Restricciones, Programación Semanal, Programación Diaria, Porcentaje de Plan Cumplido y Causas de No Cumplimiento trae como consecuencia una mejora al sistema al detectar las partes que están fallando y descubriendo el origen de los problemas, logrando disminuir las diferencias entre lo que se programa y lo que se ejecuta realmente, lo que significa reducir la variabilidad del proceso y estabilizar el flujo de trabajo de manera constante que son algunos principios del Lean Construction.
- El control diario de los rendimientos a través del Informe Semanal de Producción constituye la detección oportuna de problemas en la productividad de la mano de obra y a la vez una fuente de retroalimentación importante para la toma de decisiones en mejoras de su control. Lo cual es confirmado con el CPI de 94.6% y el ahorro en mano de obra de S/. 190,584.58 obtenido al final de las actividades.

- Empezar con valores desfavorables para los tipos de trabajo hasta llegar a un Trabajo Productivo de 39%, Trabajo Contributorio de 29% y un Trabajo No Contributorio de 32%, que son valores aceptables, nos hacen ver que la importancia de la clasificación del tipo de trabajo de las actividades que se realizan en obra, es saber cuáles son las que están ocasionando costos y no están aportando valor, para luego tomar medidas o acciones correctivas para su disminución o eliminación en lo posible.
- Las reuniones de obra fueron el motor del sistema de control y donde se adoptaron todos los compromisos. Fueron fundamentales para intercambiar opiniones acerca de la evolución del proyecto y constituyeron el momento adecuado para plantear inquietudes o dificultades encontradas en terreno.
- Vale mencionar que el staff de campo fueron personas sin gran experiencia, pero gracias a la idea que la Empresa competitiva está basada en el estímulo permanente de superación de su recurso humano, capacitándolo continuamente y buscando su identificación consigo misma; se logró cumplir todos los objetivos del proyecto gracias a la capacitación constante del staff y aprendizaje continuo por parte de ellos.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar encuestas en el staff y personal obrero sobre la implementación del Lean Construction y Sistema del Último Planificador, importante para conocer cuál es la apreciación que tienen sobre el uso de estas filosofías.
- Como líder de un grupo de trabajo, se recomienda conocer las fortalezas y debilidades de cada integrante del equipo y de esta manera poder ayudarlos en el desenvolvimiento en su área de trabajo.
- Se recomienda la evaluación constante sobre el conocimiento total del proyecto a cada integrante del staff, importante para la buena gestión de obra.
- Se recomienda tratar, en la medida que se pueda, de integrar al cliente en el pensamiento Lean.

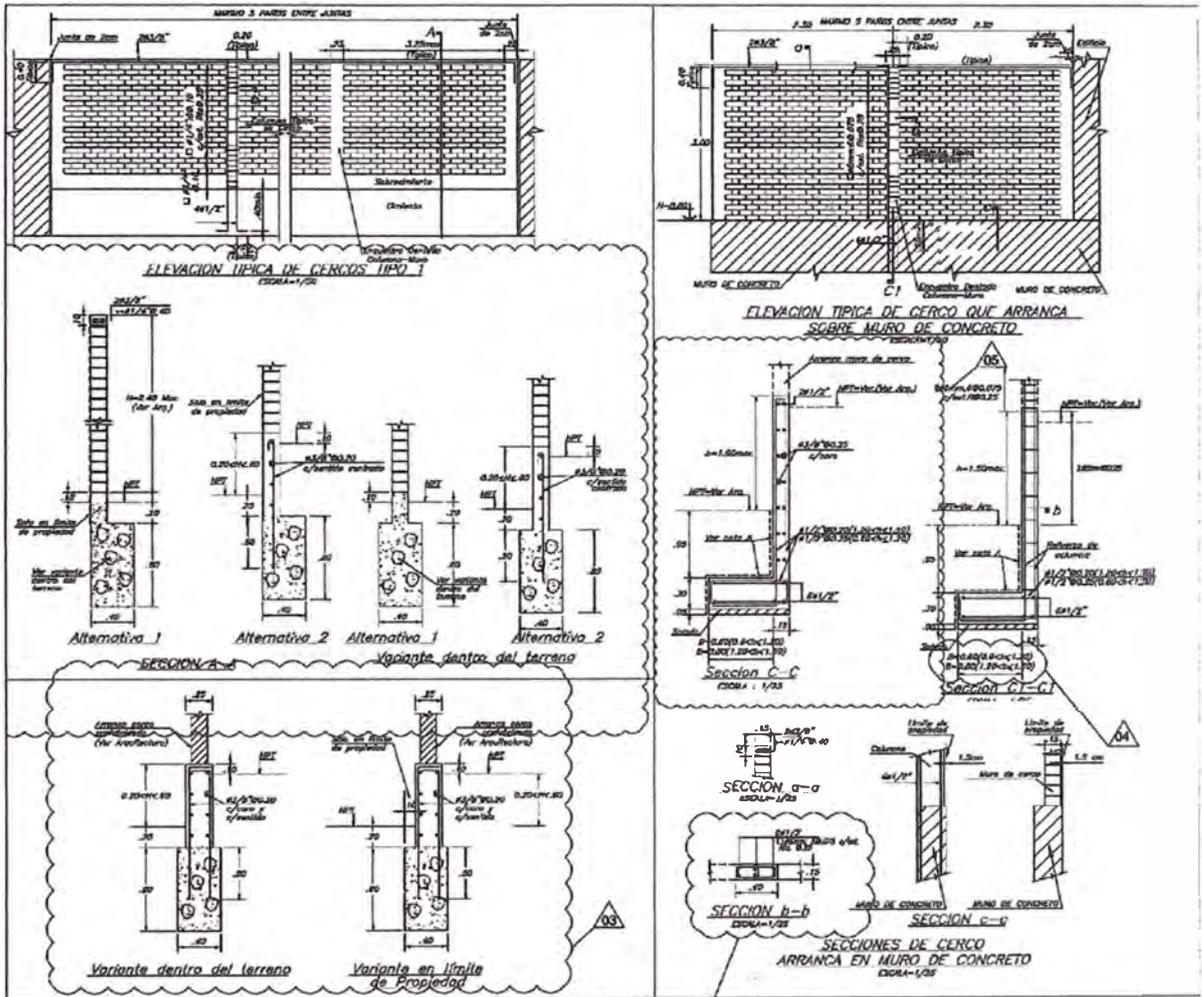
- Se recomienda indicar que de manera semanal cada integrante del equipo de obra debe brindar opciones de mejora, para luego discutirlo y si es posible ponerlo en práctica.
- Se recomienda no olvidar o descuidar la organización de las reuniones de obra, fuente propiciadora de integración de todos los involucrados.
- Se recomienda realizar un dimensionamiento adecuado del staff de obra, a pesar de que en el presupuesto no se haya considerado lo suficiente por razones de economizar la propuesta oferta u otras.
- Se recomienda la capacitación constante del personal sin importar su costo, ya sea al personal obrero o a cada integrante del staff, inclusive se puede dar en niveles superiores de la empresa.
- Se recomienda hacer de conocimiento todas las herramientas de la filosofía Lean y del Sistema del Último Planificador a todos los involucrados en la obra, de esta manera estamos generando que se practique Lean en todo momento.

## BIBLIOGRAFÍA

- **Alarcón, Luis Fernando**, “Lean Construction”. A. Belkema Publishing Rotterdam, Holanda, Ediciones 1997
- **Ballard, Glenn**, “Lean Project Delivery System”, LCI White Paper, Sep 23, 2000.
- **Ballard, Glenn y Zabelle, Todd**, “Lean Design: Process, Tools & Techniques”, LCI White Paper N°10, 2000.
- **Ghio Castillo, Virgilio**, “Productividad en obras de construcción diagnóstico, crítica y propuesta”, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2001.
- **Koskela, Lauri**, “Application of the new production philosophy to construction”, Technical Rep. No. 72, Center for Integrated Facilities Engineering, Stanford Univ., Stanford, California, 1992.
- **Pons Achell, Juan Felipe**, “Introducción a Lean Construction, Fundación Laboral de Construcción”, Madrid, 2014.
- **Rodriguez Castillejo, Walter**, “Mejoramiento de la Productividad en la Construcción de Obras con Lean Construction, Trenchless, Cyclone, Ezstrobe, BIM.

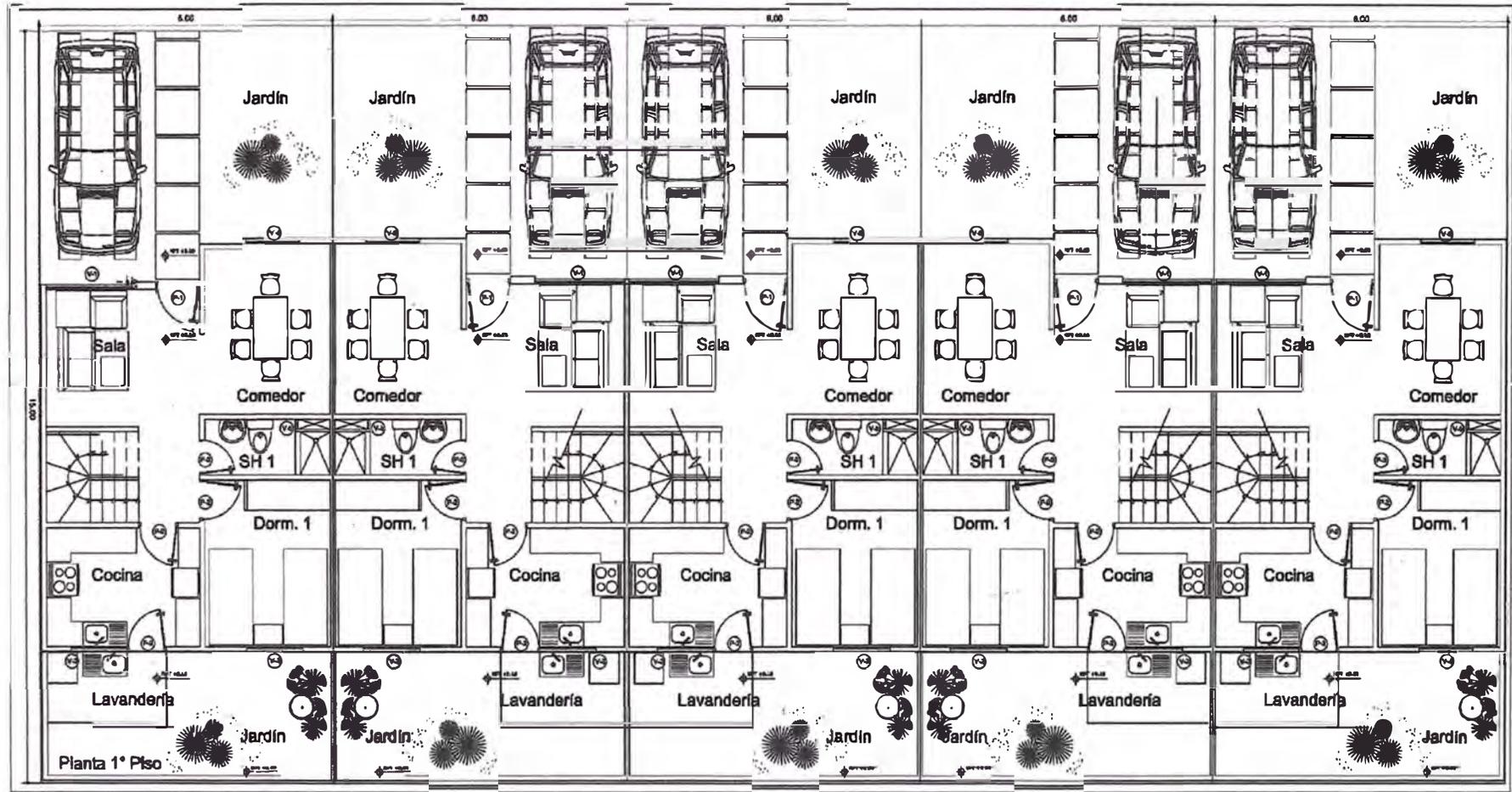
**ANEXOS**

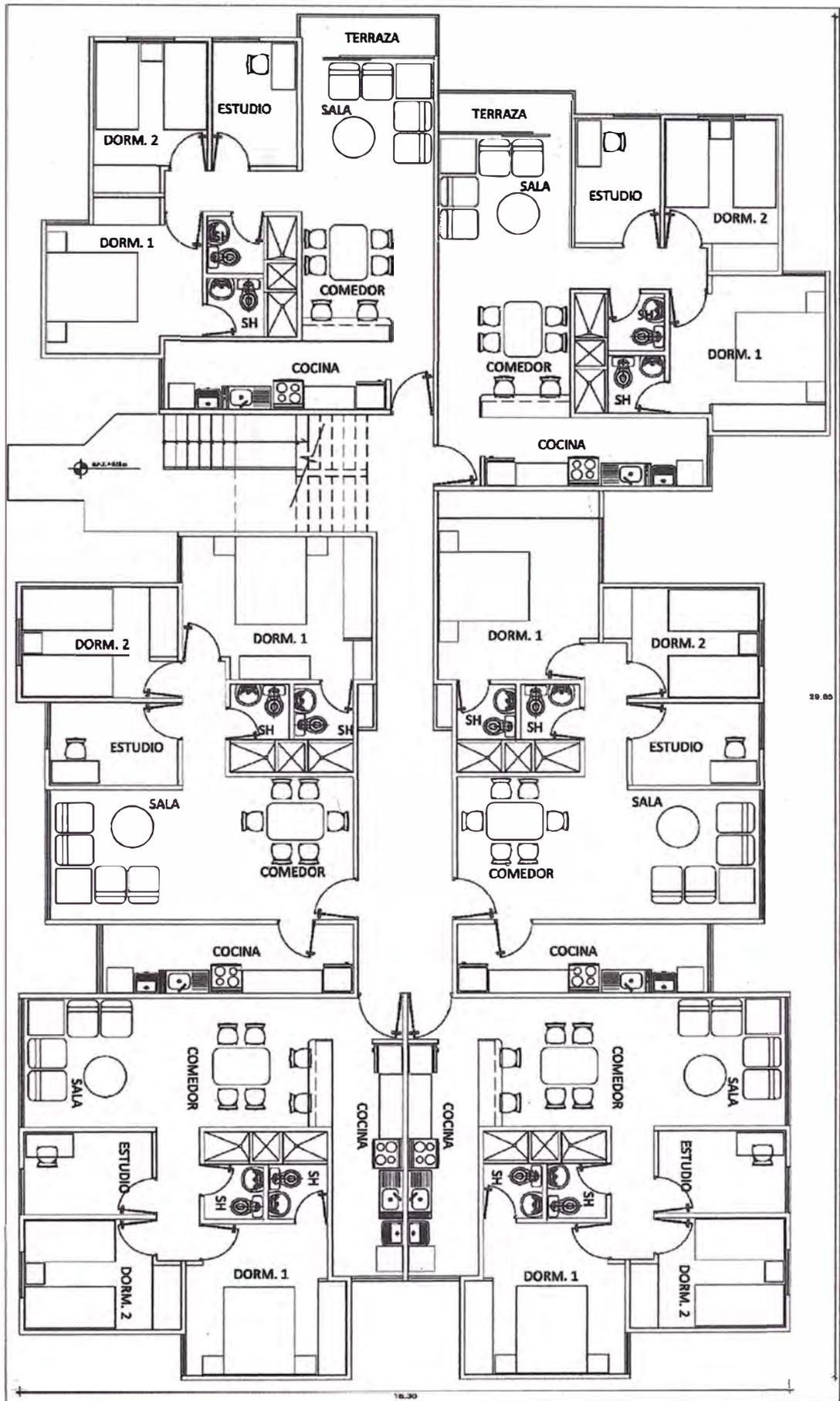
# PLANOS



CERCO PERIMÉTRICO

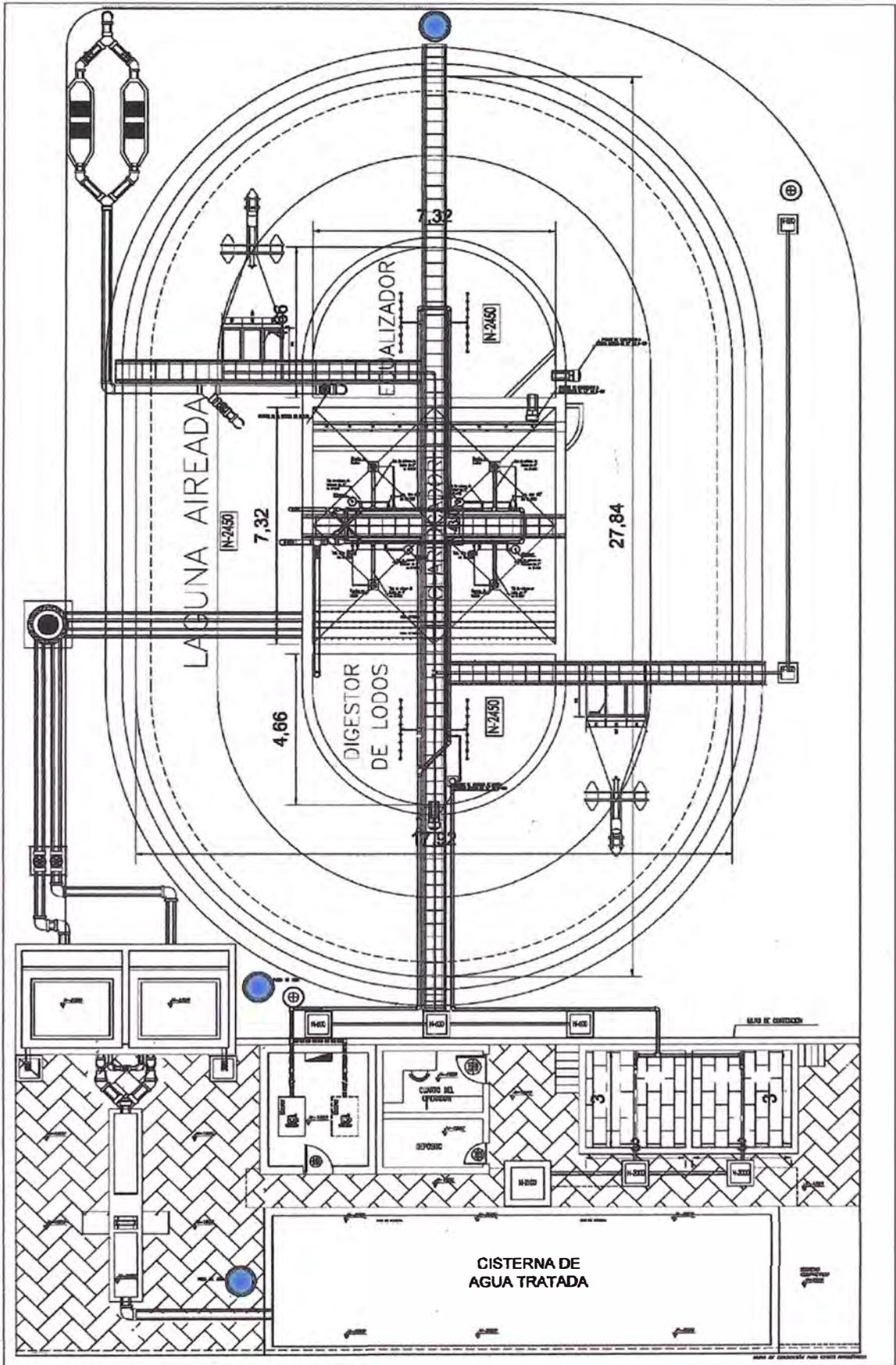
CASAS





EDIFICIOS





PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

# **PANEL FOTOGRAFICO**

## CONSTRUCCIÓN DE CERCO PERIMÉTRICO



## CONSTRUCCIÓN DE CASAS



1. Trazo y excavación de zanja



2. Acero y vaciado de concreto en cimientos



3. Instalaciones y concreto en losa de piso



4. Instalaciones y acero en muros



5. Encofrado y concreto en muros



6. Encofrado de losa de techo



7. Acero, instalaciones y concreto en losa de techo



8. Casa terminada a nivel de casco

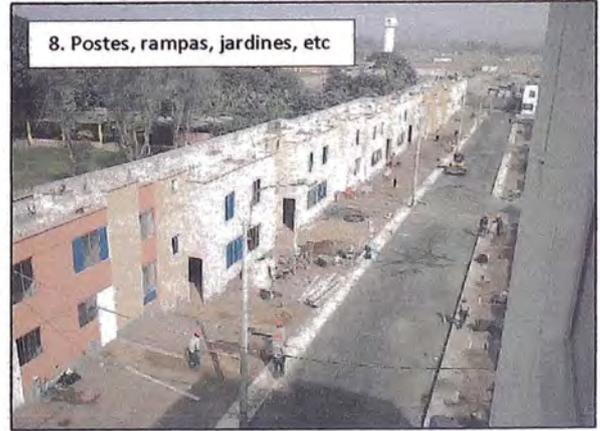
# CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS



## CONSTRUCCIÓN DE ÁREA SOCIAL



## CONSTRUCCIÓN DE HABILITACIÓN URBANA



# CONSTRUCCIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



# CONJUNTO HABITACIONAL TERMINADO



## CONJUNTO HABITACIONAL TERMINADO

