

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**“PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA MEJORA DE LA PLANIFICACIÓN,
PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN
APLICANDO LA INTERACCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS
DE LEAN CONSTRUCTION Y BUILDING
INFORMATION MODELING (BIM)”**

TESIS

Presentada por:

Bach. ALEXANDER PAXI MAMANI

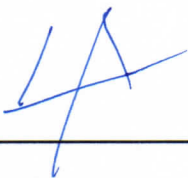
Para optar el Título de:

INGENIERO CIVIL

TACNA - PERÚ

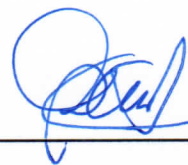
2015

PÁGINA DE JURADO



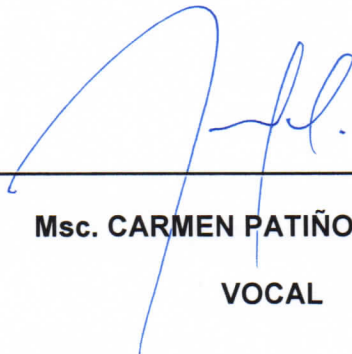
Ing. LUIS ALFARO RAVELLO

PRESIDENTE



Ing. OMAR DUEÑAS ROSPIGLIOSI

SECRETARIO



Msc. CARMEN PATIÑO MENDOZA

VOCAL

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no rendirme ante los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la motivación.

A mis padres, con todo mi cariño y mi amor para quienes hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y apoyarme a cada instante, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

A todos mis familiares y amistades quienes de alguna manera estuvieron siempre apoyándome para el logro de este gran objetivo.

AGRADECIMIENTO

Especial reconocimiento y gratitud al Ingeniero Samuel Amar Antezana, por su orientación y colaboración en la asesoría para la realización de este informe de tesis.

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, a la Escuela de Profesional de Ingeniería Civil y a los Ingenieros docentes de todo el periodo universitario que colaboraron en el afianzamiento de nuestros conocimientos.

CONTENIDO

Página

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	4
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Formulación y sistematización del problema.....	6
1.3 Hipótesis.....	6
1.4 Justificación e importancia.....	6
1.5 Objetivos.....	7
1.6 Variables.....	8
1.7 Alcances y Limitaciones del estudio.....	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	10
2.1 La Industria de la Construcción.....	10
2.2 Obras de Construcción.....	14
2.3 Planificación de Proyectos.....	17
2.4 La Filosofía Lean Construction.....	21
2.5 Building Information Modeling	49
2.6 Sinergia BIM-Lean Construction.....	72

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	75
3.1 Tipo de investigación.....	75
3.2 Población y Muestra.....	75
3.3 Instrumentos.....	76
3.4 Secuencia Metodológica.....	77
3.5 Operacionalización de Variables.....	77
3.6 Descripción del Proyecto de Estudio.....	81
CAPÍTULO IV: GENERACIÓN DEL MODELO PARAMÉTRICO BIM.....	87
4.1 Análisis de La Información Suministrada	87
4.2 Actividades de Mayor Incidencia.....	88
4.3 Configuración del Espacio de Trabajo.....	91
4.4 Modelación Paramétrica.....	93
4.5 Reporte de Metrados a Partir del Modelo Paramétrico.....	99
CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION.	102
5.1 Sectorización	104
5.2 Tren de Actividades.....	113
5.3 Dimensionamiento de Cuadrillas.....	114
5.4 Last Planner.....	119
CAPÍTULO VI: TRATAMIENTO DE RESULTADOS.....	128
6.1 Resultados y Discusión.....	128

6.2 Diagrama de Flujo de Propuesta Metodológica.....	145
6.3 Cuadro Comparativo de Metodologías.....	148
6.4 Estimación de ahorro / pérdida de las partidas estudiadas.....	149
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	150
Conclusiones.....	150
Recomendaciones.....	152
BIBLIOGRAFÍA.....	154

ANEXOS

- ANEXO 01 – Modelo de Programación Lookahead
- ANEXO 02 – Porcentaje de Plan Cumplido Semanal
- ANEXO 03 – Modelo de Programación Diaria y Semanal
- ANEXO 04 – Dimensionamiento de Cuadrillas
- ANEXO 05 – Registro de Productividad
- ANEXO 06 – Matriz de Interacción Lean Construction-B.I.M.
- ANEXO 07 – Diagrama de Flujo de Propuesta Metodológica
- ANEXO 08 – Planos de Obra

RESUMEN

El presente trabajo se centra en la aplicación de las herramientas de Lean Construction y Building Information Modeling en la planificación, ejecución y control de un proyecto de construcción desarrollado en la ciudad de Tacna. A lo largo del presente trabajo se describen los principales conceptos y herramientas de la filosofía lean y BIM para poder generar una base teórica sólida que respalde la aplicación de herramientas y el análisis de resultados en los proyectos.

Además, se analiza y describe de forma detallada como se aplican las herramientas más importantes de esta filosofía (Last Planner System, Sectorización, Tren de Actividades, etc.) con la finalidad de difundir la aplicación de cada herramienta, integrándola al modelo paramétrico BIM, de esa forma servir de guía para profesionales que busquen implementar Lean Construction y BIM en sus proyectos. Por otro lado se analizan los resultados de productividad obtenidos a lo largo del proyecto y Porcentaje de Plan Cumplido con la finalidad de demostrar los buenos resultados que brinda integrar dichas herramientas. Finalmente se analiza el desarrollo y performance del proyecto para poder sacar conclusiones y propuestas de mejora que puedan ser aplicadas por la empresa, y otras empresas, en la ejecución de sus próximos proyectos aplicando la mejora continua.

INTRODUCCIÓN

Sin duda, la industria de la construcción es un componente de suma importancia dentro del desarrollo económico de un país. Sin embargo, la industria de la construcción es probablemente uno de los sectores productivos con menor grado de desarrollo.

Los problemas que enfrenta el sector son bien conocidos: incumplimiento de los plazos y presupuestos, baja productividad, insuficiente calidad, altos índices de accidentes en comparación con otros sectores de la economía, entre otros.

Ante esta realidad, resulta necesario valorar la importancia de una adecuada Planificación, Programación y Control de los proyectos de construcción. Probablemente en ningún otro contexto como en el de un proyecto de construcción es necesario planificar tantos frentes en forma simultánea, involucrando además el manejo de una significativa cantidad de información.

La planificación convencional de proyectos utiliza documentos tales como Cartas Gantt, Curvas "S", planos en 2D, etc. para predecir, entender y comunicar el alcance y el desempeño del proyecto a los distintos actores que participan en este.

La cantidad de información que el proyecto contiene y la forma en que esta es organizada y representada influye directamente en la dificultad e incertidumbre del proyecto, creando variabilidad durante el proceso de construcción y conduciendo a pérdidas durante la ejecución (retrasos, interferencias, sobreproducción, esperas, trabajos mal hechos, etc.).

Es por ello que es imperativo emplear y desarrollar nuevas metodologías que nos permitan gestionar y organizar la información para el desarrollo de nuestra planificación y control, y de esa manera mitigar los problemas antes mencionados, disminuyendo costos, los plazos y mejorando la calidad de los trabajos.

Los cambios que vienen dándose en la industria de la construcción a nivel global, incluyen nuevas metodologías de construcción, entre las cuales está la filosofía Lean Construction. Esta filosofía tiene la intención de mejorar a gran nivel la producción de nuestra industria con su metodología de trabajo enfocada en la reducción de los desperdicios a través de las herramientas que propone, siendo las más importantes de ellas el Last Planner System, Sectorización, tren de actividades, buffers, nivel general de actividad y las cartas de balance Asimismo, el desarrollo de nuevas tecnologías presentes en el mercado ofrecen algunas herramientas para mitigar los problemas anteriormente mencionados, BIM(Building Information Modeling), es una de estas.

BIM es una tecnología innovadora que permite diseñar tridimensionalmente desde el inicio del proyecto e incorpora en el modelo la información de cada uno de los elementos que componen este proyecto: cubicaciones, costos, tiempo, integración de los proyectos de especialidades y todo tipo de documentación que se considere relevante compartir y comunicar a los distintos actores que participan en las distintas etapas del proyecto (maestros de obra, capataces, subcontratistas, entre otros) , de tal manera que todos estén alineados con las metas de planificación.

Como conceptos distintos, teniendo iniciativas diferentes Lean construction y Building Information Modeling aplicándose en forma independiente proporcionan un profundo impacto en el mejoramiento del desarrollo del proyecto, las evidencias teóricas encontradas en artículos de investigación muestran que se obtendría una mayor ganancia potencial si BIM y “Lean” se usan juntos de manera sinérgica.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La industria de la construcción viene creciendo significativamente en el Perú debido al déficit de infraestructuras existentes (Especialmente en los sectores de transporte, energía, salud, telecomunicaciones, viviendas)¹. Sin embargo, la mayoría de empresas se rige por un sistema de construcción tradicional con planificación y procedimientos constructivos ineficientes lo que nos limita como país a crecer con mayor velocidad. Al bajo nivel de productividad se suma el problema de la seguridad laboral del sector. Ello nos muestra la poca evolución del sector construcción en el Perú a pesar de su apogeo económico (Con una tasa promedio de crecimiento entre 2002 y 2014 correspondiente a 9,8%, siendo una de las más altas junto con el Sector Comercio y Servicios, además representa el 6% del aporte al PBI Nacional)²

Probablemente en ningún otro contexto como en el de un proyecto de construcción es necesario planificar tantos frentes en forma simultánea, involucrando además el manejo de una significativa cantidad de

¹ Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional-Plan Nacional de Infraestructura 2012-2021

² BCRP Cuadros Estadísticos –Memorias de Comportamiento de la Economía en el Perú 2014

información. En este complejo esfuerzo, multiplicar nuestra capacidad de procesamiento de dicha información y fortalecer nuestro nivel de competencia en la interpretación de la misma, constituye dos elementos claves para garantizar una toma de decisiones eficiente y oportuna y contribuir con ello al desarrollo de proyectos de construcción exitosos.

La planificación y ejecución de los proyectos de construcción en el Perú está en proceso de cambio. Su implementación está acompañada de un avance tecnológico que no está a la medida de la industrialización, pero que poco a poco va haciendo más competitivo y productivo nuestro rubro. Estos cambios que vienen dándose en el Perú, incluyen nuevas metodologías de construcción, entre las cuales está la filosofía *Lean Construction*. Esta filosofía tiene la intención de mejorar a gran nivel la producción de nuestra industria con su metodología de trabajo enfocada en la reducción de todo aquello que no le agregue valor a la obra. En los últimos años ha irrumpido con fuerza nuevas tecnologías presentes en el mercado ofrecen algunas herramientas para mitigar los problemas anteriormente mencionados, BIM(Building Information Modeling), es una de estas. BIM es visto como un enfoque emergente que le ayudará a la industria de la construcción en la consecución de los objetivos de Lean Construction, eliminación de pérdidas, reducción de costos, mejora de la

productividad de los equipos de trabajo y resultados positivos para el proyecto.

1.2 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

La interrogante de la investigación es:

¿Cómo mejorar la Planificación, Programación y Control de Proyectos de construcción mediante la integración de las herramientas de *Lean Construction* y *Building Information Modeling (BIM)*?

Con el presente trabajo se pretende dar respuesta a esta interrogante, aplicando y proponiendo una metodología de mejora en el desarrollo de la Planificación, Programación y Control de Obras de Construcción.

1.3 HIPÓTESIS

La integración de la herramientas planteadas por Lean Construction (LC) y Building Information Modeling (BIM), permite desarrollar una metodología en el desarrollo de la planificación, programación y control de obras de construcción.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Dado que el sector de la construcción es un motor innegable del progreso de la sociedad y por ende del país y debido a la complejidad de los proyectos de construcción, al involucrar una alta cantidad de información y

documentación en cada una de las etapas del proceso constructivo de obras; en dicho contexto, implementar una metodología para dar orden estricto y coherente al manejo de dicha información y documentación de procesos, será una herramienta muy efectiva a las empresas del sector.

En el presente trabajo se busca aplicar los principios del “*Lean construction*” o “construcción sin pérdidas” y las herramientas Building Information Modeling (BIM) para el proceso de planificación, programación y control de Obra, aplicado a un proyecto de edificaciones.

Este trabajo de grado permitirá a las empresas del sector de la construcción, usar la metodología para el manejo de la información y la documentación en el proceso de planeamiento y control de proyectos, minimizando una amplia gama de problemas prácticos como sobrecostos causados por reprocesos originados en una mala o nula gestión de la información y la documentación.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

- Desarrollar una metodología que promueva una mayor interacción de las herramientas de Lean Construction (LC) y

Building Information Modeling (BIM) para la mejora de la planificación, programación y control de obras de construcción

1.5.2 Objetivos específicos

- Valorizar los potenciales beneficios de aplicar LEAN-BIM para coordinación y comunicación entre los distintos actores del desarrollo del proyecto.
- Identificar las pérdidas por deficiencias de planificación y control tradicional y compararlos con los beneficios de implementación LEAN-BIM.
- Analizar las oportunidades y desafíos derivadas de la implementación sinérgica LEAN-BIM la fase de planeamiento y control de obra

1.6 VARIABLES

1.6.1 Variable Independiente

- Interacción de las herramientas Lean Construction(LC)- Building Information Modeling (BIM)

1.6.2 Variable Dependiente

- Mejora de la planificación programación y control de obras de construcción

1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La utilización de las herramientas Lean Construction y Building Information Modeling se puede aplicar en las distintas fases del ciclo de vida del proyecto y distintas herramientas en cada una de estas etapas, sin embargo para el presente trabajo a desarrollar, se estimarán los beneficios de realizar la planificación y control usando tecnologías BIM y herramientas LEAN de manera integrada durante la fase de ejecución de un proyecto, evaluando así la potencialidad, logros, dificultades y desafíos de su aplicación.

El estudio se desarrolla en el contexto de una obra de edificación, adecuándose a las realidades y limitaciones de la misma. Se pretende tomar datos de los indicadores de cumplimiento del programa y aspectos de forma de las reuniones, estas mediciones se realizarán durante las reuniones de planificación y durante el desarrollo del proceso constructivo. Nos centraremos en analizar principalmente su aplicación en las partidas de Estructuras, especialmente en Encofrado, Concreto y Acero. Con este trabajo se pretende proponer una metodología que integre las herramientas de Lean Construction - Building Information Modeling, el cual pueda ser replicado y mejorado para futuras obras de construcción

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

Alfredo Serpell, en su libro “Administración de Operaciones de Construcción” (2002) nos dice que el ser humano es un usuario intensivo de productos de construcción en la mayoría de actividades que realiza. Así, la construcción es una parte fundamental en el desarrollo de una sociedad y representa uno de los sectores económicos más importantes de un país. Como nos expresa Serpell, “muchos están convencidos de que este sector es un verdadero motor que impulsa el progreso de una sociedad.”

Entre las razones que explican la importancia del sector de la construcción se pueden nombrar los siguientes:

1. Requerimientos de vivienda e instalaciones para la mayoría de actividades económicas y sociales, así como de infraestructura de un país.
2. Importante utilización de recursos financieros (públicos y privados), ya que demanda una alta inversión para las obras que ejecuta.

3. Fuente importante de empleo. En cada proyecto intervienen desde profesionales especializados y comerciantes, hasta un número considerable de obreros.
4. Actividades indirectas, que activan otros sectores productivos de un país.

A pesar de su importancia, el desarrollo de la industria de la construcción no ha sido tan significativo en relación a otras industrias. Según añade Serpell, “no ha aprovechado las oportunidades que brinda el desarrollo tecnológico para resolver adecuadamente los problemas actuales”. Asimismo, la utilización de los recursos que emplea es excesiva, lo cual limita su competitividad.

Así, los mejoramientos en la gestión de proyectos no solamente contribuyen a la industria de la construcción, sino al mejoramiento de la economía nacional y mundial.

Existen diversos participantes en el desarrollo de un proyecto, desde su concepción, planificación, diseño, financiamiento, construcción, aprobación, comercialización hasta su operación, cada uno de ellos con diferentes perspectivas. El involucramiento de especialistas en las diferentes ramas puede ser muy benéfico, especialmente en proyectos

grandes y complejos, sin embargo es ventajoso acertar en la mejor forma de integrarlos.

Una mala coordinación y comunicación entre los involucrados puede generar pérdidas, costos excesivos y retrasos, según describe Chris Hendrickson en su libro “Project Management for Construction”.

Es importante comprender que la industria de la construcción es distinta de las demás industrias en muchos aspectos, pues a partir de este hecho se puede desarrollar soluciones acordes con su realidad, que además es cambiante según el lugar de emplazamiento de la obra.

Entre las características productivas que han caracterizado la industria de la construcción a lo largo del tiempo y que explican su realidad, aunque no la justifican en su totalidad, Alfredo Serpell (2002) nos propone las siguientes:

- a.** Curva de aprendizaje limitada (por la continua movilización del personal entre diferentes proyectos, y la creación y posterior disolución de las organizaciones que los ejecutan).
- b.** Sensibilidad al clima.
- c.** Presión de trabajo (en general se trabaja contra el tiempo).
- d.** Incentivos negativos (“debido a la forma desintegrada en que trabajan los diferentes participantes de un proyecto de construcción,

y a los intereses generalmente contrapuestos de éstos” lo cual no estimula las ideas innovadoras, los diseños más factibles de construir y técnicamente superiores. “... no existe un mercado en el cual se diferencie a los mejores productores y se les premie prefiriendo sus productos sobre otros.”).

- e. Capacitación y reciclaje (en general se aprende de la experiencia, a través de una transferencia de oficios, dentro de un estilo artesanal).
- f. Relaciones antagónicas (entre los diferentes involucrados, en las distintas etapas del proyecto).
- g. Planificación deficiente.
- h. Base en la experiencia (se valora mucho la experiencia, sin dar lugar a nuevas iniciativas).
- i. Investigación y desarrollo (ventajosamente va en aumento).
- j. Actitud mental (la adopción de filosofías de gestión puede ser una gran iniciativa).

Es decir, existe mucho por recorrer en la industria de la construcción, muchos desafíos por emprender hacia logros en relación a productividad y calidad de las obras, en un entorno de trabajo que debe ser cada vez más seguro, motivador, amigable con el medio ambiente, y cada vez más competitivo.

2.2 OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

A lo largo de la historia, el ser humano no ha dejado de crear obras para su bienestar, para su desarrollo, para su evolución; muchas de ellas siguen en pie. Dentro de la filosofía *Lean Construction* se busca agregar valor al producto final de la obra de construcción, así como la eliminación de las pérdidas. En este contexto, el valor está definido por lo que el comprador, cliente o usuario final quiere³. El valor lo define también el tiempo, en relación al comportamiento de los productos de construcción ante solicitudes de uso y por los factores climáticos o fenómenos naturales que le pudieran afectar. Asimismo, está el valor medio ambiental, hoy en día muy en boga, definible a través de parámetros de medición establecidos. Finalmente, el valor de una obra de construcción lo define la sociedad, en relación al aporte que esta genera en su entorno.

Existen diferentes tipos de proyectos, se pueden clasificar básicamente en:

- a. Edificaciones:** para fines habitacionales, comerciales, institucionales, sociales, deportivos, de recreación, de salud, etc.
- b. Obras de infraestructura u obras civiles:** para agua potable, alcantarillado, riego, centrales de generación de energía, carreteras, puentes, túneles, puertos, aeropuertos, etc.

³ Este concepto de valor es el que caracteriza la filosofía Lean y del cual se va a hacer referencia en lo que sigue de este trabajo.

c. Construcciones industriales: fábricas, invernaderos, refinerías, plantas químicas, etc.

Cada una de estas obras es única y en ella intervienen un número importante de involucrados que hacen posible su materialización y de los que depende en mayor o menor grado su éxito. Entre ellos se pueden nombrar a los siguientes (Serpell, 2003; Hendrickson, 2000):

- El cliente o mandante: es el dueño del proyecto o inversionista(s), quien lo impulsa, para su uso o para fines comerciales. Puede ser privado, público o empresas mixtas.
- El usuario: quien va a hacer uso del bien; deberá habitarlo, mantenerlo, gestionar su funcionamiento u operación.
- Los proyectistas: profesionales de arquitectura, ingeniería, finanzas, etc. que se juntan para desarrollar el diseño del proyecto, en base a los medios con los que se cuente, a los fines que se quiera obtener y a las restricciones propias del proyecto.
- Autoridades, agencias públicas y privadas: a través de regulaciones, normativas, fiscalización, entre otros.
- Contratistas, subcontratistas y su equipo de trabajo: que se encargan desde la administración y logística del proceso constructivo hasta la ejecución de los últimos detalles en su materialización.

- Proveedores: de materiales, herramientas y equipos para la construcción de la obra.
- Otros: profesionales o no que pudieran aportar con la dirección, asesoramiento legal, económico, administrativo, personal de marketing y ventas, etc.

El involucramiento de los diferentes actores, en las diferentes etapas, con sus conocimientos y capacidades es un factor clave. Mientras antes puedan involucrarse será mejor. La siguiente figura muestra este concepto (Mossman, 2010). La curva amarilla que está detrás representa la comprensión global del proyecto por parte del equipo de trabajo, es decir, se busca el entendimiento y con ello la colaboración de quienes forman parte del proyecto.

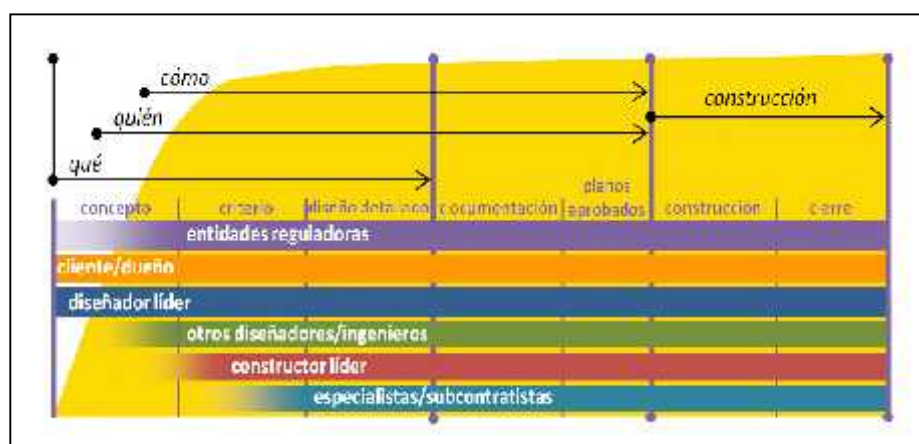


Figura 01. Proceso Integrado de Entrega de Proyectos de Construcción

Fuente: (Mossman, 2010).

2.3 PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS

“Los planes son de poca importancia, pero la planificación es esencial.”

(Wiston Churchill)

No hay duda que la planificación es una de las funciones más importantes en la administración de un proyecto, sin embargo, no hay que confundir la planificación con las técnicas de planificación (Laufer, 1992). La planificación está presente en cada una de las etapas de un proyecto, desde la definición del mismo hasta su entrega, y posteriormente en su operación y mantenimiento. La planificación del proceso constructivo es sólo una parte y los cronogramas que esta arroja son también sólo una porción del trabajo que esta engloba, la planificación es crucial para el buen desempeño y desarrollo de la construcción (Laufer, 1992).

Según Alexander Laufer y otros autores, para la etapa de construcción de un proyecto se debe planificar en los siguientes ámbitos:

1. Metodología constructiva e ingeniería.
2. Organización y contratos.
3. Programación.
4. Presupuesto y flujo de caja.
5. Equipo principal.
6. Distribución de instalaciones y logística.

7. Métodos de trabajo.
8. Ubicación de materiales.
9. Ubicación del personal.

Y a su vez, estos planes se presentan en diferentes formatos:

- Textos (listas, protocolo de reuniones, instrucciones de trabajo, etc)
- Diagramas técnicos y dibujos
- Diagramas organizacionales (organigramas)
- Cronogramas (Gantt, CPM, etc.)
- Tablas

Para explicar el proceso de planificación nos basaremos en el texto “Planificación de Obras” del profesor Gregorio Azócar. Según esta publicación, la planificación “es un instrumento que tiene como objeto permitir tomar decisiones racionales y oportunas en base a hechos y posibles repercusiones que las decisiones tomadas puedan acarrear”.

La planificación consta de tres fases: planeamiento, programación y control. En la figura 02 podemos ver esquemáticamente en qué consiste la planificación de una obra, la cual se subdivide a su vez en planeamiento, programación y control, dichos 3 aspectos forman parte del proceso de

coordinación de la planificación, cada una de estos aspectos con sus respectivos alcances e implicaciones dentro del desarrollo de la obra

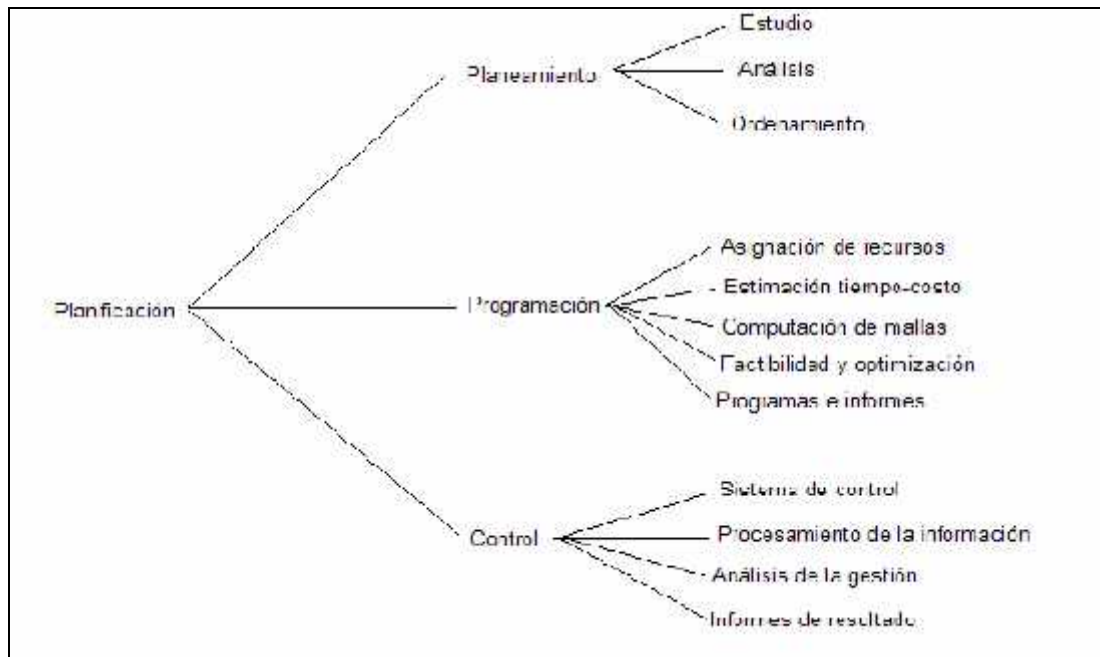


Figura 02. Esquema del Concepto de Planificación

Fuente: "Planificación de Obras" de Gregorio Azócar

El proceso del **planeamiento** es una primera subdivisión del proyecto y busca determinar los alcances de éste. Aquí se busca conocer en la forma más precisa posible las condiciones generales en las cuales se va a desarrollar la construcción de la obra para establecer en forma clara las metas y las directrices que orientarán nuestra planificación (estudio). Luego hay que establecer con la mayor precisión posible una subdivisión de la obra en actividades e hitos para poder establecer un plan de trabajo (análisis). Finalmente, hay que determinar las relaciones existentes entre

las actividades para poder establecer relaciones de orden estricto entre ellas (ordenamiento).

La **programación** es una etapa que está dirigida a evaluar los planes de trabajo escogidos determinando el tiempo total que podría demorar la obra, el costo de ella y los recursos que serían necesarios utilizar para cumplir con las metas señaladas. Finalmente, se debe realizar un seguimiento de la ejecución del proyecto de modo de contar en forma oportuna con información sobre lo que realmente está pasando en el proyecto.

Entonces en la etapa de **control** se comparan los datos obtenidos con el programa marco y se toman las acciones para corregir las diferencias que se hayan producido. Esto puede darnos un diagnóstico de lo que puede ser el futuro de nuestro proceso de construcción. Las decisiones correctivas que se tomen modificarán necesariamente el programa, lo que generará un proceso de actualización que dará como resultado el programa vigente.

Todas las etapas antes mencionadas son importantes y del grado de detalle con que se realice cada una dependerá el futuro de nuestro proyecto. Según mi parecer y sin desconocer la importancia de todas y cada una de las etapas de la planificación, la etapa de control es

particularmente importante ya que es la oportunidad que tenemos para tomar acciones correctivas, pues no hay que olvidar que la planificación que se realiza inicialmente y que genera el diagrama de barras sólo plasma las intenciones de lo que queremos hacer y no lo que efectivamente haremos. Por esto realizar un seguimiento de lo que pasa en terreno, contrastarlo con lo que se tenía planificado y tomar acciones correctivas acertadas basándonos en hechos ciertos observados, puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso de un proyecto.

2.4 LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION

2.4.1 Antecedentes Históricos

Los primeros pensamientos de Lean Construction como filosofía de trabajo tienen sus orígenes en Japón cerca del año 1950, los cuales fueron aplicados en el denominado sistema de producción Toyota (TPS- Toyota Production System) elaborado por los ingenieros Shigeo Shingo y Taiichi Ohno . La idea fundamental en el sistema de producción de Toyota era la producción de cantidades de productos relativamente pequeñas a un costo muy bajo, empleando los conceptos de eliminación del desperdicio y la mejora continua.

Los resultados del sistema que aplicaba Toyota habían pasado las fronteras del país asiático y se había expandido por todo el mundo, los buenos resultados del sistema hicieron que Toyota le quite mercado a las empresas automotrices americanas, por lo cual a finales de los años 80 una comitiva de investigadores del MIT (Massachusetts Institute of Technology) viajaron a Japón a investigar este nuevo sistema que a su regreso lo denominaron Lean manufacturing o Lean Production y se encargaron de difundirla alrededor de todo el mundo.

El Lean Production es una filosofía aplicable al sector industrializado y se enfoca principalmente en la reducción de los principales tipos de desperdicios (sobreproducción, inventario, tiempo de espera, etc.), además tiene nuevas metodologías que brindan resultados de productividad mucho mayores a los que se tenían en esa época.

Introduciéndonos en el campo de la construcción y a los típicos problemas que esta industria presenta, como programaciones poco confiables o erradas, exceso de desperdicios y una inadecuada administración de los recursos. Se han hecho muchos esfuerzos por mejorar los problemas en la administración general de proyectos de construcción, es así que en busca de una solución a esto en 1992 el ingeniero irlandés Lauri Koskela publica un documento llamado “Application of the New Production Philosophy to Construction”; donde se muestran los primeros

acercamientos de la filosofía del “Lean Production” a la construcción, sistematizando los conceptos más avanzados de la administración moderna (Mejoramiento Continuo, Justo a Tiempo) que junto con la ingeniería de métodos reformula los conceptos tradicionales de planificar y controlar obras proponiendo en su tesis una nueva filosofía de Control de Producción.

En general, las actividades las podemos separar en dos tipos: las que agregan valor al producto y las que no agregan valor al producto (Ver figura 3). Ambas consumen recursos, tiempo y espacio; pero difieren en que las que agregan valor al producto convierten material o información hacia lo que es requerido por el cliente y las que no agregan valor no lo hacen.

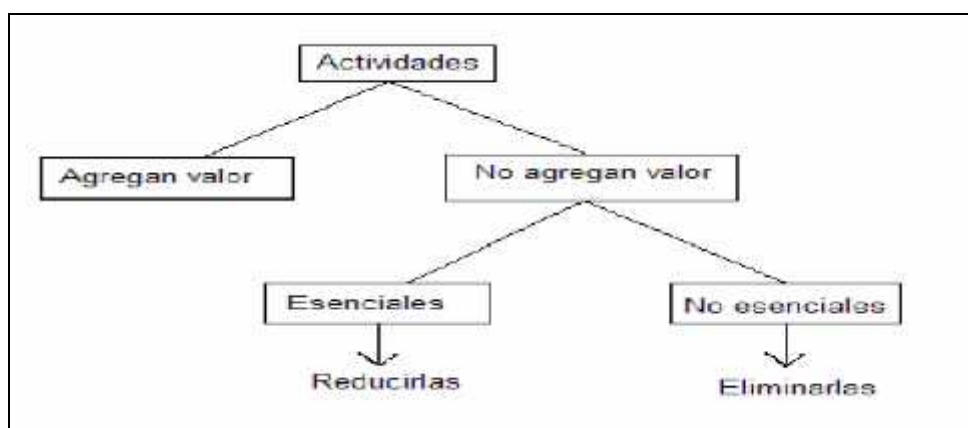


Figura 03. Tipos d Actividades

Fuente: [www. www.motiva.com.pe](http://www.motiva.com.pe)

En el fondo, la esencia del sistema es eliminar o reducir al máximo cualquier elemento que no utilice lo mínimo absolutamente necesario de recursos, tiempo, espacio y esfuerzos para agregar valor al producto. Pero ¿por qué hablamos de reducir al máximo las actividades que no agregan valor y no de eliminarlas completamente? La explicación a esto la da la teoría de flujos.

La teoría de flujos considera la producción como un flujo de materiales y/o información desde las materias primas hasta el producto final. A su vez, la cadena de producción está compuesta de conversiones y flujos. Según la figura 4, las actividades de conversión son los procesos y las de flujos son la inspección, transporte y espera.

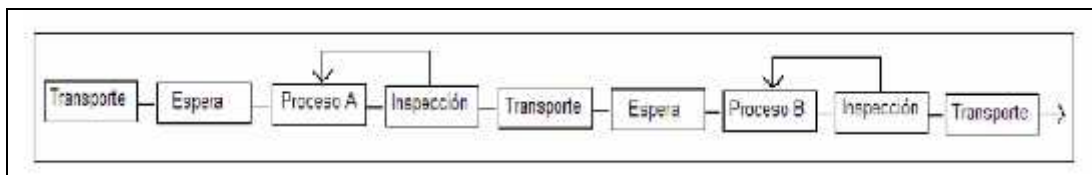


Figura 04. Esquema Conceptual de Lean Production

Fuente: Virgilio Ghio. PUCP (2001)

Las esperas son tiempos ociosos que se generan entre o durante las actividades, debido a la falta de algún tipo de requisito necesario para continuar o empezar una actividad, como puede ser espera de personal, materiales, mediciones, información, etc. Las esperas no agregan valor al

producto y, aunque son necesarias, hay que tratar de reducirlas al máximo.

Con el transporte ocurre algo similar, ya que es necesario trasladar los materiales desde el lugar en donde éstos se encuentren, que puede ser desde donde se almacenan o desde un proceso anterior, idealmente hasta el mismo lugar en donde se realizará la actividad de conversión, lo cual no siempre puede ser así y deben ser trasladados hasta un lugar próximo a donde se realice la conversión. Al igual que las esperas, el transporte no agrega valor al producto; pero es una actividad necesaria que hay que tratar de reducir, por lo que se debería buscar que no se transporte el material por distancias mayores a las estrictamente necesarias.

2.4.2 El Enfoque de Lean Construction

Según el Lean Construction Institute (ILC), Lean Construction es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo

hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas que minimice los residuos ⁴.

Tabla 01. Desperdicios en la producción

Fuente: Al-Aomar, R. (2012). Analysis of lean construction at Abu Dhabi construction industry

Desperdicios en la construcción
Defectos
Demoras
Excesos de procesado
Exceso de producción
Inventarios excesivos
Transporte innecesario
Movimiento no útil de personas

Tabla 02. Estimación de desperdicios en obras de Edificación

Fuente: Lean Desing en proyectos inmobiliarios de vivienda, Orihuela P.

⁴ Lean Construction Institute. *What is Lean Construction*, 2013. Consultado en: <http://www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-construction/>.

Estimado de desperdicio en obras de edificaciones		
Porcentaje del costo total de obra		
Ítem	Descripción	%
Restos de material	Restos de mortero	5%
	Restos de ladrillo	
	Restos de madera	
	Limpieza	
	Retirada de material	
Espesores adicionales de mortero	Tarrajeo de techos	5%
	Tarrajeo de paredes internas	
	Tarrajeo de paredes externas	
	Contrapisos	
Dosificaciones no optimizadas	Concreto	2%
	Mortero de tarrajeo de techos	
	Mortero de tarrajeo de paredes	
	Mortero de contrapisos	
	Mortero de revestimientos	
Reparaciones y re-trabajos no computados en el resto de materiales	Repintado	2%
	Retoques	
	Corrección de otros servicios	
Proyectos no optimizados	Arquitectura	6%
	Estructuras	
	Instalaciones sanitarias	
	Instalaciones eléctricas	
Pérdidas de productividad debidas a problemas de calidad	Parada y operaciones adicionales por falta de calidad de los materiales y servicios anteriores	3.5%
Costos debidos a atrasos	Pérdidas financieras por atrasos de las obras y costos adicionales de administración, equipos y multas	1.5%
Costos en obras entregadas	Reparo de patologías ocurridas después de la entrega de obra	5%
Total		30%

La tesis doctoral del doctor Flavio Picchi en 1993 plantea que en una obra de edificación normal el porcentaje de pérdidas por torre ejecutada es del

30%, la Tabla 2 mostrada anteriormente, refleja el estimado de desperdicios en obra mediante el modelo de transformación.⁵

La propuesta del concepto de producción de la filosofía “Lean” es verla como una transformación de materiales, un flujo de recursos y una generación de valor, por ejemplo en la hechura de un muro los ladrillos pegados con mortero se transforman en metros cuadrados de muro el flujo es la puesta de los recursos y materiales para elaborar el muro y el valor es la cantidad de metros cuadrados de muro que se logran en un determinado tiempo.

El objetivo de LC es optimizar las transformaciones minimizando o eliminando los flujos que los materiales deben seguir hacia los lugares de ejecución de los trabajos de obra para obtener más valor en los productos finales.

El error del pensamiento tradicional en la construcción es centrarse en las actividades de conversión y no tener en cuenta el flujo de los recursos para lograr la generación de más valor en los productos obtenidos; la construcción es, en este escenario, tan solo un modelo de transformación,

⁵ Buleje, K.E, (2012). *Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

como se muestra en la Figura 5 diferencia del modelo propuesto por Lean Construction, que se ilustra en la Figura 6.



Figura 05. Modelo de Producción Tradicional

Fuente: Lean Construction en el Perú, Pablo Orihuela

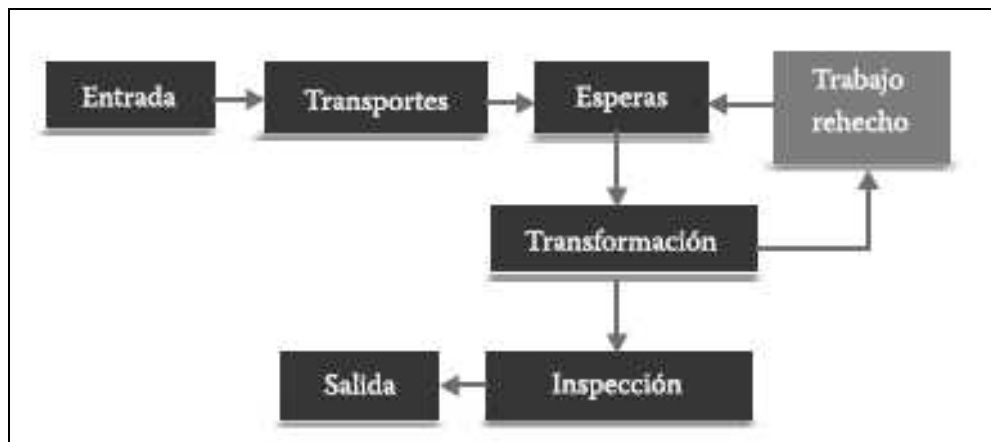


Figura 06. Modelo de Producción Lean

Fuente: Productividad en la construcción de un condominio, aplicando conceptos de la Filosofía Lean Construction, Pablo Orihuela

En el ejemplo de la construcción de un muro, el modelo de producción tradicional se observa en la Figura 7 y el modelo de transformación-flujo-valor en la Figura 8.



Figura 07. Ejemplo de modelo tradicional para la puesta de ladrillo

Fuente: Last Planner System, Mestre S.

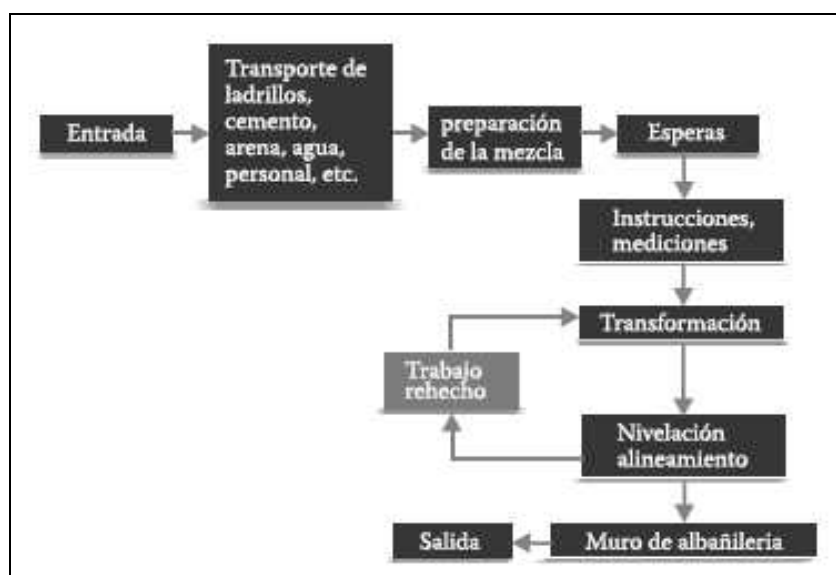


Figura 08. Ejemplo de modelo de Flujo Valor para la puesta de ladrillo

Fuente: Productividad en la Construcción de un condominio aplicando los conceptos de la filosofía Lean Construction

Con la idea básica de producción que se plantea en la filosofía LC se tiene por objetivo diseñar sistemas de producción para minimizar o eliminar el desperdicio de materiales y la excesiva producción residuos, con el fin de generar la cantidad máxima de valor. Koskela y Ballard afirman que los proyectos constructivos que poseen alto grado de

incertidumbre no pueden ser gestionados con la guía PMBOK establecida por el *Project Management Institute* PMI, ya que, según los investigadores, estas técnicas fallan en su base teórica y en los métodos usados para la planificación.

La principal falla en la base teórica radica en que se fundamenta en dos teorías, la de los proyectos que plantea la construcción como una teoría de transformación, y la teoría de gestión igual a planeación, donde el enfoque del PMI centra toda la atención en la planificación, poco en el control y casi nada en la ejecución .⁶

En cuanto a los métodos de ruta crítica para la planificación el CPM no es muy útil porque controla la variabilidad después de que se han presentado las desviaciones

Una de las maneras más efectivas para aumentar la eficiencia en la construcción es mejorando el proceso de planificación y control. En la filosofía LC la planificación y el control son procesos complementarios y dinámicos, en donde la planificación define los criterios y crea las estrategias necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto y el control se asegura de que cada evento se producirá después de la secuencia prevista.

⁶ Sánchez, J. (2012). Project management models: Lean thought project management, *Dyna*, 87, 214-221.

Para controlar la variabilidad en la planificación la filosofía LC propone el Sistema del Último Planificador (SUP) o *Last Planner System* (LPS), una de las herramientas más útiles en la aplicación de LC. Alan Mosmman define el SUP como un sistema para la gestión colaborativa de la red de relaciones y conversaciones requeridas para la coordinación de la programación, producción, planificación y ejecución de los proyectos.

Lean Construction es una nueva forma de ver la producción, no un modelo o unos pasos establecidos que se deban seguir; lo que se pretende es entender sus principios y aplicarlos en la creación y uso de herramientas “Lean” para la gestión de los proyectos constructivos, en donde las herramientas son la aplicación de los principios teóricos a la práctica profesional. Una de estas herramientas “Lean” es el Sistema del Último Planificador (SUP) desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell como un sistema de planificación de la producción, diseñado para generar un flujo de trabajo predecible y rápido en la programación, diseño, construcción y puesta en marcha de los proyectos.

La filosofía integral de *Lean Construction* se concreta con el modelo de gestión LPDS (*Lean Project Delivery System*) o sistema de entrega de proyectos Lean, cuya misión es desarrollar el mejor camino posible para diseñar y construir infraestructuras. LPDS fue desarrollado para abarcar

todo el ciclo de vida de los proyectos desde el inicio hasta la entrega y propone gestionar los proyectos de construcción considerando cinco fases y catorce módulos, utilizando conceptos y técnicas destinadas a maximizar el valor para el cliente y minimizar las pérdidas en la producción.

Para la implementación de *Lean Construction* en los proyectos es necesario iniciar con el compromiso de tener una cultura de mejora continua de la producción para que al aplicar los principios “Lean” correctamente mejoren la seguridad, la calidad y la eficiencia del proyecto. Es decir, para que LC funcione se deben aplicar sus principios en forma concreta a las actividades del proyecto. Lauri Koskela propone once principios⁷:

- Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor
- Incremento del valor del producto
- Reducción de la variabilidad
- Reducción del tiempo del ciclo
- Simplificación de proceso.
- Incremento de la flexibilidad de la producción.
- Transparencia del proceso
- Enfoque del control al proceso completo

⁷ Botero, L.F, *gestión de la producción en la construcción* (2013), 28-30

- Mejoramiento continuo del proceso
- Balance de mejoramiento de flujo con mejoramiento de conversión
- Referenciación.

Estos principios “Lean” solo son posibles de aplicar plena y eficazmente en la industria de la construcción si el interesado en aplicarlos se centra en la mejora de todo el proceso de gestión del proyecto, en la integración de los interesados en el proyecto para concebir el nuevo enfoque de producción que proponen los principios de LC.

En el estudio se concluye que la falta de optimización de los subproyectos que conforman una edificación tiene el más alto porcentaje de incidencia en las pérdidas totales; es aquí donde la filosofía *Lean construction* interviene para tratar de eliminar todas estas causas y obtener mejores rendimientos de las actividades que sí le generan valor al proyecto. La identificación de actividades que agregan o no valor al proyecto se logra mediante la implementación de una cadena de valor en donde, principalmente, se identifican y distinguen unas actividades de otras, como por ejemplo el vaciado del concreto para las placas es una actividad que le genera valor al proceso pero el tiempo de retardo de la mezcladora es una actividad que le quita valor. La cadena de valor es importante ya

que el objetivo del pensamiento *Lean construction* es eliminar las actividades que no agreguen valor, la logística también es un proceso que la construcción sin pérdidas trata de optimizar al máximo para disminuir costos y cumplir plazos de entrega antes de los tiempos estimados.

2.4.3 Objetivos de Lean Construction

La filosofía *Lean Construction* busca dar una solución a los problemas que se tiene en la metodología actual de construcción en lo que respecta al costo, plazo y productividad en las obras, la metodología que propone para lograr dicho objetivo es generar un sistema de producción efectivo, para lo cual se tienen que cumplir con 3 objetivos básicos según orden de prioridad.

1. Asegurar que los flujos no paren

En esta etapa que es la más importante la filosofía lean construction propone centrarnos en que el flujo sea continuo, sin preocuparnos de la eficiencia de los flujos y procesos. Esto se debe a que al tener flujos continuos el trabajo no se detendrá y podremos observar las fallas en cada proceso y los flujos entre estos para eliminarlos como siguiente medida.

Como se puede apreciar en la imagen en esta primera etapa se logra continuidad del proceso general, pero salta a la vista que se tienen

pérdidas debido a que la capacidad de producción de cada proceso es distinta y por consiguiente también lo son los flujos.

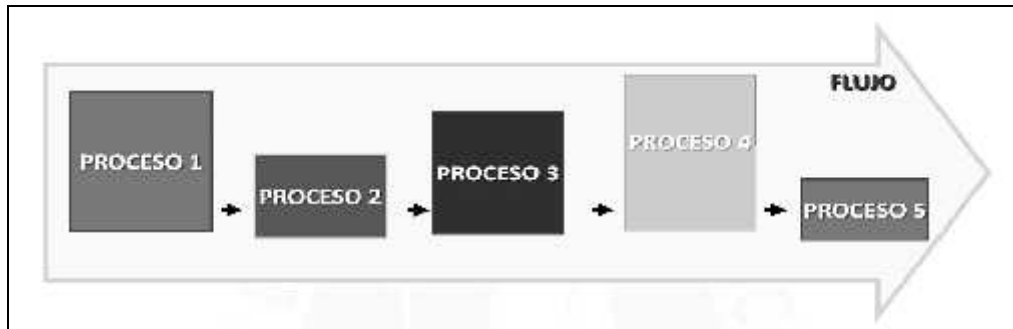


Figura 09. Modelo de Flujo Tradicional

Fuente: Capítulo Peruano LCI

Como medidas para lograr el primer objetivo la filosofía Lean Construction propone 2 tipos de acciones importantes que son el manejo de la variabilidad y el uso del sistema *Last Planner*.

- **Manejo de la variabilidad:** tiene mayor importancia en proyectos de infraestructura y que están alejados de las ciudades, ya que en esas situaciones la variabilidad es mucho mayor que para el caso de edificaciones. *Lean Construction* propone manejar la variabilidad con el uso de Buffers.
- **Sistema Last Planner:** Esta herramienta tiene mayor importancia para proyectos de edificaciones donde la variabilidad es menor y un poco más controlable, este sistema logra asegurar que lo planificado se ejecute con

mayor probabilidad de éxito, es decir incrementa la confiabilidad de la construcción.

2. Lograr flujos eficientes

Es el segundo objetivo que se tiene que cumplir para tener un sistema de producción efectivo y este se logra dividiendo el trabajo total equitativamente entre los procesos para de esa manera tener procesos y flujos balanceados. Para lograr esto se utilizan los principios de física de producción y el tren de actividades.

- **Física de producción:** se utilizan conceptos de la teoría de restricciones según los cuales se debe de balancear los flujos entre procesos porque todo el sistema está restringido por el proceso que genera el menos flujo y es dicho proceso el que determina la capacidad de producción del sistema.
- **Tren de actividades:** propone la división de la cantidad de trabajo en partes iguales que puedan ser ejecutadas por cada proceso en un mismo tiempo balanceando adecuadamente los recursos y estableciendo una secuencia lineal de actividades. Es importante analizar diariamente la confiabilidad y la secuencia de nuestro tren de actividades a fin de poder establecer propuestas de mejora.

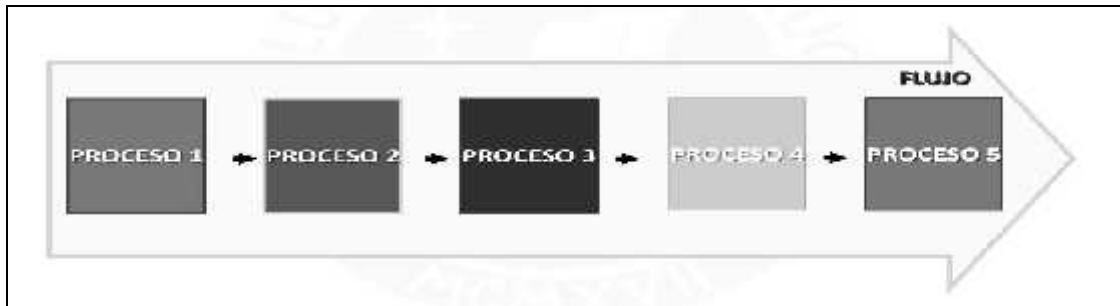


Figura 10. Modelo de Flujo con Flujos eficientes

Fuente: Capítulo Peruano LCI

Al aplicar las herramientas mencionadas se obtendrá el flujo del sistema que se muestra en la imagen, según el cual se tiene un flujo continuo y simétrico entre los procesos cumpliendo así el segundo objetivo.

3. Lograr procesos eficientes

Con los objetivos anteriores cumplidos el tercer paso para lograr el sistema de producción efectivo que busca la filosofía Lean Construction es lograr que los procesos sean eficientes, lo cual se hará en base a la optimización de procesos con las herramientas que propone la filosofía Lean.

- **Optimización de Procesos:** las herramientas que se propone para lograr esta optimización en cada proceso son las cartas de balance y el nivel general de actividad, a partir del uso de dichas herramientas se puede entender el estado de un proceso y la manera de optimizarlo.



Figura 11. Modelo de Flujo con procesos eficientes

Fuente: Capítulo Peruano LCI

Como se aprecia en la imagen lo que se gana con este último objetivo es dimensionar adecuadamente los procesos y recursos eliminando el desperdicio dentro de cada proceso y logrando que todo el sistema de producción sea efectivo, ya que se tendrá un flujo continuo con procesos eficientes y por lo tanto el flujo dentro del sistema también lo será.

2.4.4 Lean Project Delivery System

El LCI lo define como “una implementación organizada de principios y herramientas lean combinadas para permitir a un equipo operar un proyecto”. El Lean Construction Institute (LCI) desarrolló el Lean Project Delivery System (LPDS) como una nueva y mejor metodología para desarrollar los proyectos de construcción expandiendo los conceptos

Lean traídos del estudio de las teorías de producción en la industria seriada a todas las fases de un proyecto.

Inicialmente se aplicaba las herramientas y teorías Lean solamente en la etapa constructiva o de operaciones, debido a los buenos resultados observados en el campo de la construcción se fueron extrapolando estas teorías hacia las distintas áreas o fases que abarca un proyecto dando inicio así a un sistema Lean que abarca no solo la parte operativa de un proyecto sino todo su ciclo de vida.

La ejecución integrada de proyectos o modelo IPD (Integrated Project Delivery), se basa en una alta colaboración entre el cliente, el proyectista y el contratista general, desde las fases iniciales del diseño hasta la puesta en marcha del edificio, Enfocando sus objetivos a mejorar las relaciones del recurso humano en los proyectos constructivos mediante el cambio de los momentos en que los desarrolladores del proyecto intervienen en él para aumentar el nivel de comprensión del proyecto y acortar sus fases. Al aplicar *Lean Construction* al modelo IPD se obtiene como resultado el sistema de ejecución de proyectos “Lean” LPDS (Lean Project Delivery System) [42], el cual toma lo mejor de IPD y LC para alinear personas, sistemas, procesos de negocio y prácticas con el fin de aprovechar los talentos e ideas de los participantes para optimizar valor

para el cliente, reducir residuos y maximizar la eficacia a través de todas las fases de diseño, fabricación y construcción

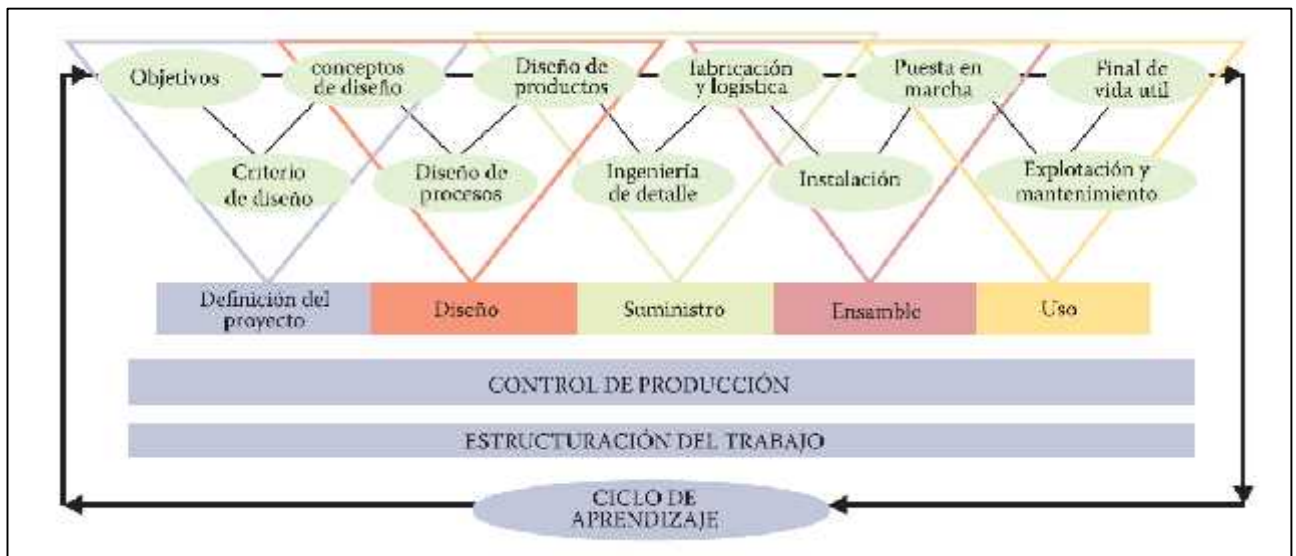
Un proyecto se define como el medio para conseguir la realización de una idea concebida. Esta es la forma fundamental de los sistemas de producción de fabricación repetitiva, y la construcción está incluida en estos sistemas de producción temporal, y se denomina “Lean” cuando está hecho para entregar el producto en un tiempo que maximiza valor y minimiza residuos. El objetivo principal del sistema LPD es desarrollar teorías, reglas y herramientas para la gestión de los proyectos. La gestión de proyectos “Lean” difiere de la gestión tradicional no solo en los objetivos perseguidos, las diferencias más notables son la estructura de las fases, la relación entre estas y quien participa en ellas.

Con el modelo LPD la filosofía *Lean Construction* abarca toda la vida del proyecto de construcción, y al integrar la fase de diseño con la de producción, une todos los agentes que intervienen en un proceso continuo de colaboración, cuyo objetivo es generar valor al proyecto para el cliente. El modelo teórico de LPDS se describe en la Figura 12 como un conjunto de cinco fases y once etapas de desarrollo práctico que son controladas por un módulo de aprendizaje continuo para ir aprendiendo de los errores cometidos en cada etapa de aplicación de LPDS al proyecto.

Entonces la estructura teórica observada en la Figura 12 del sistema LPDS es muy diferente a la del sistema tradicional de ejecución de proyectos, el proyecto en fases más completas y pretende solucionar problemas que ocurren en el modelo tradicional en la fase de diseño como por ejemplo generalmente los diseñadores plantean diseños sin saber muy bien lo que el cliente desea y al llegar la etapa de construcción cuesta mucho dinero arreglarlos, errores debido a falta de comunicación entre los involucrados en ambas fases , lo que propone LPDS es la formación de un único equipo conformado por el cliente, arquitectos, constructores y otros jugadores importantes en la búsqueda de un objetivo común, y este sería el avance del proyecto para culminarlo en un mejor tiempo.

Figura 12. Lean Project Delivery System

Fuente: Lean Construction Institute (LCI)



2.4.5 Descripción General de las Fases del Modelo LDPS

El modelo del LPDS consta de 14 módulos, 11 de estos están organizados en 5 triadas o fases las cuales están interconectadas entre sí demostrando la interrelación de cada fase con las colindantes, además de 1 módulo de control de producción y uno de estructuración del trabajo, los cuales fueron concebidos para extenderse a través de todas las fases del proyecto, así como el módulo de evaluación post-ocupación el cual enlaza el final de un proyecto con el inicio de otro. Las 5 triadas que propone el LPDS son las siguientes:

- Definición del Proyecto (Project Definition)

Es la primera fase del modelo, está conformada por tres etapas, a saber: las necesidades y valores, los criterios de diseño y los conceptos de diseño. Se implementan antes de comenzar el trabajo de diseño como tal. La primera etapa comprende el análisis y estudio de las necesidades de los clientes finales, es decir lo que desea el cliente; la siguiente etapa engloba los criterios de diseño, o sea, las pautas que deben seguirse para la concepción del proyecto, por ejemplo las normas técnicas de construcción. Finalmente, en la última etapa, empiezan a surgir las primeras ideas, que plasmadas en esquemas o anteproyectos dan forma al diseño conceptual. Las etapas de la primera fase deben ser dinámicas e interactivas para lograr que los diferentes intereses de los involucrados tengan un alto grado de convergencia y así pasar a la etapa de diseño.

- Diseño Lean (Lean Design)

Es la segunda fase en la gestión de proyectos "Lean" y al igual que en la primera fase tiene tres etapas que interactúan entre sí, el diseño de procesos, el diseño de productos y los conceptos de diseño, etapa común a ambas fases.

En esta fase se desarrolla el diseño conceptual del producto que se planteó durante la definición del proyecto con el fin de obtener el diseño definitivo y, al mismo tiempo, establecer el proceso constructivo que se plantea en la etapa de diseño, todo esto verificando las necesidades del

cliente y optimizando al máximo los recursos. En el control de la producción del diseño “Lean” se usa la herramienta del Sistema del Último Planificador, también herramientas informáticas como el diseño 3D para comprender mejor los diseños de los elementos que conforman el proyecto.

En el paso de la fase de diseño “Lean” a la siguiente, cuando el diseño y el proceso constructivo se han desarrollado teniendo como base los conceptos previamente definidos, conceptos que expresan las necesidades del cliente y de las partes involucradas, el diseño deberá ser evaluado explícitamente por el equipo de diseño/construcción y el cliente antes del cambio al suministro “Lean” o suministro sin pérdidas.

- Suministro Lean (Lean Supply)

La fase de suministro “Lean” comprende las etapas de fabricación y logística, diseño de producto e ingeniería de detalle. La fase en sí consiste principalmente en la ingeniería de detalle del diseño de lo producido en la etapa previa (diseño “Lean”), seguido de la fabricación o compra de componentes y materiales, así como de la logística de gestión de entregas e inventarios.

En los proyectos de construcción es común que se necesiten profesionales que se aseguren de que el abastecimiento de los materiales esté disponible para un flujo de trabajo óptimo, para evitar la escasez de

materiales en el lugar donde se necesitan. Las consecuencias directas de la falta de abastecimiento de los materiales traen como consecuencia atrasos en el proceso constructivo de los proyectos. El abastecimiento "Lean" aborda el problema de falta de abastecimiento a través de tres enfoques principales:

- 1) Mejorar el flujo de trabajo de fiabilidad, mantenimiento, identificación, restricción y remoción.
- 2) El uso de software de gestión de proyectos basado en la web para aumentar la transparencia a través de las cadenas de valor.
- 3) La vinculación de flujo de trabajo de producción con suministro de material.

- Ensamblaje Lean (Lean Assembly)

Esta fase está conformada por los módulos fabricación, logística, instalación y puesta en servicio. Como se ha expuesto, la filosofía "Lean" no es un método o unos pasos a seguir, sino una manera de pensar para optimizar la producción de los proyectos constructivos.

En el caso del montaje de los materiales en obra se ha optado por la prefabricación, que permite operar de una manera "Lean" mediante la reducción de muchos pasos, teniendo en cuenta que los trabajos en obra

se ven afectados por condiciones de incertidumbre, como las variaciones del clima y las limitaciones de mano de obra especializada, materiales y equipos.

Con un taller de fabricación se crea un ambiente controlado y predecible. El nuevo enfoque de la prefabricación permite que los obreros mejoren los tiempos de trabajo tan solo con la instalación de los diferentes equipos, por ejemplo, en la plomería para cuartos de baño de los proyectos edificatorios se usan tuberías prefabricadas que se instalan en cuestión de minutos, cumpliendo las especificaciones técnicas y los estándares de calidad.

El montaje o ensamblaje “Lean” se usa en los actuales proyectos de construcción, poniendo los materiales, sistemas y componentes en su lugar para crear una instalación mejor y completa en menos tiempo.

- Uso

La fase de uso es la última de las 5 triadas que propone el LPDS y se inicia con el modulo final de la fase anterior, es decir con las pruebas y la entrega; además abarca el módulo de operación y mantenimiento que se desarrolla durante toda la vida del proyecto y una fase de alteraciones que comprende las reparaciones o modificaciones que pueda sufrir el proyecto inicial.

Además de los 11 módulos mencionados en las triadas se tienen otros 3 que son los Siguietes:

- Control de Producción:

El control de Producción es un módulo que abarca todas las fases del proyecto y consiste en el control de los flujos de trabajo y las unidades de producción. Este módulo tiene como herramienta principal de control de producción al Last Planner System.

- Estructuración del Trabajo:

Este módulo tiene como objetivo hacer que el flujo de trabajo durante la construcción sea más confiable, eficiente y le añada valor al cliente. La estructuración del trabajo también se da durante todo el tiempo de duración del proyecto, desde su concepción como idea hasta su uso, esto hace que todas las decisiones concernientes a la estructuración del trabajo se puedan tomar en cualquiera etapa del proyecto. El término estructuración del trabajo fue desarrollado en el Instituto *Lean construction* por Glenn Ballard en 1999, para describir los procesos en la construcción.

Finalmente se tiene la evaluación Post – Ocupación que se es el nexo entre un proyecto terminado y uno nuevo, este módulo de evaluación funciona como un mecanismo de retroalimentación y mejora continua, ya

que al evaluar el proceso de entrega y uso de un proyecto se pueden tener conclusiones importantes que sirvan para mejorar la calidad del proyecto en general y maximizar el valor que pueda obtener el cliente.

- Herramientas Lean del LPDS

Dentro del sistema de entrega de proyectos lean se han desarrollado muchas herramientas para cada una de las fases con la finalidad de aplicar las enseñanzas teóricas de esta filosofía al momento de ejecutar los trabajos, cabe resaltar, que cada una de estas herramientas puede debe adecuarse a las necesidades específicas de cada obra, a las fases de ejecución y desarrollo de la misma, adaptándose a las necesidades del cliente, con el objetivo de agregarle valor a la obra. Las herramientas del LPDS son en total 42 y se dividen en cada fase:

Tabla 03. Herramientas del LPDS

Fuente: Tesis Ines Castillo 2014-PUCP

FASE	NOMBRE DE LA HERRAMIENTA	PRINCIPIO
DEFINICIÓN DEL PROYECTO	MATRIZ DE SELECCIÓN DEL EQUIPO DE DISEÑO	Cultivar una red de contactos
	CUADERNO DE DISEÑO	Reducir los ciclos de tiempos - Estandarizar - Asegurar la comprensión de los requisitos
	MATRIZ DE NECESIDADES Y VALORES DEL INVERSIONISTA	Asegurar la comprensión de los requisitos - Decidir por consenso, considerar todas las opciones
	MATRIZ DE NECESIDADES Y VALORES DEL USUARIO FINAL	Asegurar la comprensión de los requisitos - Decidir por consenso, considerar todas las opciones
	BASE DE DATOS Y REPOSITARIOS	Instituir la mejora continua
	MATRIZ DE ALINEACIÓN DE PROPOSITOS	Asegurar la comprensión de los requisitos
	DESPLIEGUE DE LA FUNCION DE CALIDAD (QFD)	Instituir la mejora continua
DISEÑO LEAN	REPORTE A3	Verificar y Validar
	ESTACIONAMIENTO	Centrarse en la selección de los conceptos
	MATRIZ DE RESPONSABILIDADES	Seleccionar un enfoque de control de producción apropiado
	TABLA DE ENTRADAS Y SALIDAS	Asegurar la comprensión de los requisitos
	LISTA DE TAREAS	Verificar y Validar
	LISTA DE CHEQUEO	Verificar y Validar
	SOLICITUD DE INFORMACION (RFI)	Reducir la variabilidad - Asegurar la comprensión de los requisitos
CONSTRUCTABILIDAD EN EL DISEÑO	Reducir la variabilidad - Reducción de tamaño de lotes - Seleccionar un enfoque de control de producción apropiado - Diseñar el sistema de producción para el flujo y el valor	
ABASTECIMIENTO LEAN	CENTROS LOGISTICOS	Reducir los ciclos de tiempos - Diseñar el sistema de producción para el flujo y el valor
	5 "S"	Estandarizar
	MATRIZ MULTICRITERIO	Decidir por consenso, considerar todas las opciones.
	MAPEO DE LA CADENA DE VALOR	Instituir la mejora continua
	KANBAN	Seleccionar un enfoque de control de producción apropiado

EJECUCIÓN LEAN	FIRST RUN STUDIES	Reducir la variabilidad - Seleccionar un enfoque de control de producción apropiado - Instituir la mejora continua - Utilizar Gestión Visual - Asegurar la comprensión de los requisitos
	NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD	Reducir los ciclos de tiempo
	CARTA BALANCE	Reducir los ciclos de tiempo
	CUADRO COMBINADO DE TRABAJO ESTANDARIZADO	Diseñar el sistema de producción para el flujo y valor
	POKA YOKE	Diseñar el sistema de producción para el flujo y valor
	MANUALES DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS	Asegurar la comprensión de los requisitos
	ANDON	Diseñar el sistema de producción para el flujo y valor
USO	ONE TOUCH HANDLING	Reducir los ciclos de tiempo
	EVALUACIONES POST-OCUPACION	Instituir la mejora continua
	MANUAL DEL CLIENTE	Asegurar la comprensión de los requisitos
	FORMULARIO DE ASISTENCIA TÉCNICA	Ir y mirar por uno mismo - Cultivar una extensa red de contactos
	PLAN DE INSPECCIONES PERIÓDICAS	Reducir los ciclos de tiempo
CONTROL DE PRODUCCIÓN	DIAGRAMA DE FLUJO Y TIEMPO DE ENTREGA DE LAS ACTIVIDADES	Diseñar el sistema de producción para el flujo y valor
	PLANIFICACION MAESTRA	Diseñar el sistema de producción para el flujo y valor
	PLANIFICACION POR FASES	Diseñar el sistema de producción para el flujo y valor
	PLANIFICACION LOOKAHEAD	Diseñar el sistema de producción para el flujo y valor
	PLAN DE TRABAJO SEMANAL	Diseñar el sistema de producción para el flujo y valor
	PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO (PPC)	Instituir la mejora continua
	RAZONES DE NO CUMPLIMIENTO	Instituir la mejora continua
TRABAJO ESTRUCTURADO	LINEAS DE BALANCE	Diseñar el sistema de producción para el flujo y valor
	5 WHYS	Centrarse en la selección de los conceptos
	BUFFERS	Reducir la variabilidad

2.5 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

2.5.1 Definición

El glosario del “BIM Handbook” (Eastman, 2011) define BIM describiendo herramientas, procesos y tecnologías que están facilitadas por una

documentación digital e inteligible por la máquina acerca de la edificación, su desempeño, su planeamiento, su construcción y su posterior operación. El resultado de una actividad BIM es un modelo de información de la edificación.

Los programas de la generación BIM están caracterizados por la capacidad de compilar modelos virtuales de las edificaciones usando objetos paramétricos legibles por la máquina que exhiben su comportamiento en proporción con las necesidades del diseño, análisis y pruebas del diseño. Como algo semejante, los modelos CAD 3D no están expresados como objetos que exhiben formas, funciones y comportamientos; por lo tanto, no pueden ser considerados modelos BIM.⁸

BIM (Building Information Modeling) por sus siglas en inglés, puede ser traducido como “Modelo de la Información de la Edificación” y, tal como se puede apreciar en la Figura 12 permite representar virtualmente los componentes del proyecto.⁹ Tradicionalmente, el sector de la construcción ha comunicado la información de los proyectos por medio de planos y especificaciones técnicas en documentos separados, sin embargo, el

⁸ ROJAS, P. V. (2013). “METODOLOGÍA PARA MINIMIZAR LAS DEFICIENCIAS DE DISEÑO BASADA EN LA CONSTRUCCIÓN VIRTUAL USANDO TECNOLOGÍAS BIM”. Lima, Lima, Peru. (10)

⁹ Alcantara, Paul V. “Modelando en bim 3d y 4d para la construcción: caso proyecto universidad del Pacífico”, Marzo 2013

proceso de modelado en BIM tiene como objetivo reunir toda la información de un proyecto en una sola base de datos de información completamente integrada e interoperable para que pueda ser utilizada por todos los miembros del equipo de diseño y construcción y al final por los propietarios para su operación y mantenimiento a lo largo del ciclo de vida de la edificación.



Figura 12. Representación Virtual mediante el uso del BIM

Fuente: Proyecto Universidad del Pacífico-GyM

El BIM también es una forma de trabajar en equipo, en la que tanto los proyectistas, arquitectos, ingenieros y el cliente trabajan en torno a modelos BIM del proyecto. Esto se da ya que el BIM se soporta en herramientas tecnológicas que permiten crear, administrar y gestionar estos modelos BIM generando la fuente de información necesaria que

pueda ser usada en cualquier etapa del ciclo de entrega de proyectos. La teoría original del BIM recomienda un solo repositorio (modelo) con todas las partes extraíbles de información. Las soluciones coordinadas pueden entenderse como un modelo de integración del proyecto, como se muestra en la Figura 13.

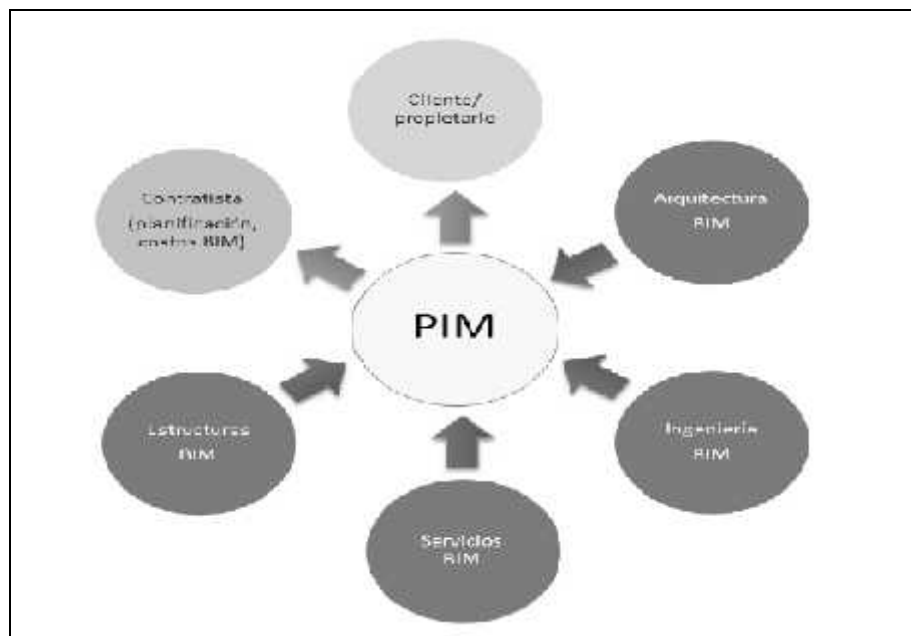


Figura 13. Modelo de Integración de Proyectos (PIM) mediante BIM

Fuente: Rojas, P.V "Metodología para minimizar las deficiencias de Diseño basada en la Construcción Virtual usando tecnologías BIM". Lima (2013)

2.5.2 Aplicaciones BIM para la industria de la construcción

BIM es una nueva filosofía de trabajo basada en herramientas tecnológicas, en la literatura se habla mucho acerca de sus beneficios y ventajas que pueden obtenerse en proyectos de construcción, siendo en algunos casos muy hipotéticos y optimistas.

Las aplicaciones del BIM pueden ser estudiadas desde muchos puntos de vista. Algunos las clasifican por los beneficios obtenidos, otros por los problemas que se quiera abordar y otros por los resultados que se desee obtener. Al no haber un consenso que determine claramente las aplicaciones del BIM para proyectos de construcción, se tomará como referencia el caso práctico de implementación del BIM realizada por Skanska, una compañía multinacional de construcción y desarrollo de origen sueco.

Ellos han implementado el BIM en su compañía y han adaptado sus procesos de desarrollo y entrega de proyectos de construcción basados en las tecnologías que la soportan. Para ello desarrollaron un estudio del cual determinaron 16 aplicaciones, las mismas que pueden diferenciarse según la etapa de entrega de proyecto en donde son aplicadas, sea diseño, construcción, operación y/o mantenimiento.

Lo más resaltante de esta clasificación es que está basada en un caso real de implementación a nivel corporativo influyendo en todas las esferas de gestión de proyectos de construcción y da a entender las áreas que pueden ser mejoradas dentro de la organización.

Además, esta clasificación indica que el BIM puede aplicarse seleccionando independientemente cualquiera de sus 16 áreas,

dependiendo de las utilidades y/o beneficios específicos que se deseen aprovechar. En la Figura 3 se observan las 16 áreas de aplicación del BIM



desarrolladas por Skanska.

Figura 14. Áreas de aplicación BIM para proyectos de construcción

Fuente: www.portaldeingenieria.com

2.5.3 Aplicaciones BIM para la etapa de construcción

En la Figura 14 se vio que la implementación del BIM en una empresa constructora puede darse mediante el uso de 16 aplicaciones, las cuales pueden ser desarrolladas en cualquiera de las etapas del Sistema de

Entrega de Proyectos (PDS). De éstas, en el presente trabajo de investigación se desarrollan cuatro aplicaciones.

a) Estimación de la cantidad de materiales (Metrados)

La estimación de la cantidad de materiales con BIM, comúnmente conocida en nuestro medio como metrados, ofrece una nueva forma de trabajar, pues estos pueden ser obtenidos directamente de un modelo BIM después de finalizada la etapa de modelado 3D. Esto es razonable ya que los modelos BIM representan una fuente de información y una base de datos, y todos sus componentes, de acuerdo a su geometría, tienen asociados distintos parámetros de cantidad de materiales que pueden ser extraídos del modelo BIM, generando hojas de reporte de las principales partidas de materiales de un presupuesto.

b) Detección de conflictos

La construcción consiste en la materialización de los diseños estructurales, arquitectónicos y de instalaciones. En obra, los enfrentamientos entre estas especialidades pueden significar retrabajo, generando pérdidas en términos de tiempo y costos. Al respecto, la tecnología BIM puede ser usada para detectar estos conflictos o interferencias, realizando una construcción virtual,

ayudando a evitar los riesgos que puedan derivar de la no identificación de los mismos. Entre los beneficios de utilizar las tecnologías BIM para detección de conflictos están:

- Mejora la coordinación de los diseños y la ingeniería.
- Facilita la revisión completa del diseño.
- Permite la identificación rápida de los conflictos e interferencias.
- Capacidad para explorar opciones, integrar los cambios en los modelos BIM y eliminar los riesgos.
- Minimiza el reproceso, los desperdicios y el tiempo muerto de espera por conflictos.
- Ayuda a mejorar la calidad de los diseños (lean design).

c) Visualización

A través del análisis de los componentes del edificio, en los modelos 3D se puede analizar la topología de la construcción, que puede servir de ayuda para la generación del planeamiento de la construcción. Tradicionalmente, el planeamiento de la construcción es un factor crítico en la gerencia de la edificación. El planificador de la construcción es una persona con mucha experiencia en la construcción de edificios que sabe estimar el trabajo y los equipos

requeridos para la construcción del edificio. Usando este conocimiento es creado un planeamiento de la construcción.

d) Simulación 4D

Las tecnologías BIM-4D combinan los modelos BIM-3D con la cuarta dimensión que viene dada por las duraciones de las tareas de construcción programadas en un calendario de obra con algún software. Al combinar las actividades de un programa de ejecución de la construcción con elementos de un modelo BIM-3D se obtiene una simulación visual de la secuencia constructiva, que también es conocida como modelo 4D, ya que muestra simultáneamente las tres dimensiones geométricas del proyecto, más la cuarta dimensión del tiempo proveniente de las duraciones de las actividades de los procesos de construcción.

Debido al factor crítico del planeamiento, muchos esfuerzos de investigación se han dirigido a la simulación del proceso del edificio basado en el planeamiento. De esta investigación han emergido los sistemas 4D por medio de los siguientes programas de cómputo: InVizn, Navisworks, 4D Suite y Smart Plant Review. Estos programas apoyan al responsable de la planificación a relacionar los componentes del edificio modelado en BIM-3D con las

actividades de la construcción de un sistema de planeamiento del proyecto, utilizando una interfaz gráfica adecuada para tal fin.

De esa manera el proceso de la construcción puede ser simulado en base a lo desarrollado en la fase de planeamiento, mientras a su vez el usuario puede comprobar visualmente cómo va procediendo el proceso constructivo y adelantarse visualmente a observar qué proceso debe ser ejecutado o desarrollado un día específico. Con ello, el responsable del planeamiento del proyecto debe asociar los componentes del edificio modelado en BIM con las actividades de la programación de la obra. Esto es muy crucial, pues se relaciona manualmente los componentes que serán construidos (virtualmente) con las actividades de la construcción, evaluando visualmente qué problemas podrían ocurrir durante el proceso de la construcción real y definitiva.

De esta manera, el manejo de modelos 4D ayuda a reducir la variabilidad, optimizar el tiempo de los ciclos de producción, incrementar la transparencia de los procesos y, en general, mejorar la confiabilidad del planeamiento. Estos son algunos de los puntos fuertes en el manejo de la productividad.

2.5.4 Beneficios del uso del BIM en el diseño y la construcción

La gestión de proyectos usando la tecnología BIM reduce la incertidumbre en su manejo, ya que aumenta las posibilidades de controlarlo, pues elimina las aproximaciones abstractas. Asimismo, la integración de las labores de diseño y construcción abre las puertas a una ingeniería en la que los profesionales se dedicarán a mejorar los diseños, la planificación de las obras y su control, reduciendo con ello el costo de los proyectos.¹⁰

Algunos de los beneficios de aplicar BIM en una empresa que haya realizado un maduro proceso de implementación son:

a) En la etapa de diseño

- Para generar un Lean Design (Diseño Lean)
- Obtención de los planos del proyecto paramétricos: de plantas, de secciones, de elevaciones, de detalles y vistas 3D isométricas.
- Creación de imágenes foto realistas (renders), vistas de perspectivas, animaciones y escenas de realidad virtual para el marketing del edificio.

¹⁰ ROJAS, P. V. (2013). "METODOLOGÍA PARA MINIMIZAR LAS DEFICIENCIAS DE DISEÑO BASADA EN LA CONSTRUCCIÓN VIRTUAL USANDO TECNOLOGÍAS BIM". Lima, Lima, Peru

- Gestión de espacios y usos de los ambientes del edificio.
- Proveer datos para el análisis estructural de elementos del edificio.

b) En la etapa de construcción

- La revisión visual del diseño del proyecto.
- Realizar análisis visuales o automatizados de interferencias físicas entre los diseños (detección de interferencias).
- Obtener reportes de cantidades de materiales (metrados).
- Intercambio electrónico de datos de diseño con proveedores
- Obtención del Presupuesto de las Partidas más Importantes de Obra BIM 5D
- Simulación del proceso constructivo BIM 4D.
- Una mejor integración del modelo con el propietario, así como sus requerimientos y estándares.

2.5.5 BIM como herramienta TIC para la construcción

Hace muchos años se viene experimentando en el mundo una revolución tecnológica con el desarrollo de herramientas que permiten integrar, a los

procesos tradicionales de construcción tecnología que permita hacer más eficiente el manejo de los proyectos.¹¹

Colwell (2008) elaboró un estudio, basado en opiniones de expertos y en su propia experiencia, logrando identificar las siete herramientas TIC más influyentes para la industria de la construcción, los cuales son mostrados en la Figura 15. Asimismo, el estudio también identifica los beneficios de las herramientas TIC en las diversas fases de los procesos de diseño y construcción.

NP	Herramienta TIC	Peso
1	Software de Gestión de Proyectos	65%
2	Modelado 3D y 4D	77%
3	Computación móvil	73%
4	Software para planeamiento y programación de obras	71%
5	Sistemas ERP	66%
6	Hojas de asistencia web	38%
7	RFID y código de barras	32%

Figura 15. Herramientas TIC más influyentes en la construcción

Fuente: Colwell (2008)

En este estudio, Colwell identificó al modelado 3D y 4D como una de las herramientas TIC que pueden ser aplicados a la construcción dando

¹¹

http://www.portaldeingenieria.com/archivos/publicaciones/usuarios/Coordination_MEP.pdf

beneficios y mejoras en la administración de: la programación, planeamiento del trabajo, calidad, seguridad y comunicación. Colocándose en el segundo componente TIC más influyente para la industria de la construcción con respecto a su aporte como herramienta de productividad en dicha industria. ¹²

2.5.6 Adopción de tecnologías BIM en el Perú y el mundo

a) En Norte América

En los últimos años se puede observar un crecimiento acelerado en BIM, las empresas ya tomaron conciencia de los beneficios de éste, y aproximadamente al 2013 el 82% de las empresas constructoras, proyectistas o consultorías usan BIM o parte de éste en el diseño y/o construcción. ¹³

¹² - **Berdillana F.**, "Tecnologías Informáticas para la Visualización de la información y su uso en la Construcción – Los Sistemas 3D Inteligente", 2008.

¹³ ROJAS, P. V. (2013). "METODOLOGÍA PARA MINIMIZAR LAS DEFICIENCIAS DE DISEÑO BASADA EN LA CONSTRUCCIÓN VIRTUAL USANDO TECNOLOGÍAS BIM". Lima, Lima, Peru.



Figura 16. Crecimiento en la Adopción del BIM en los EE.UU.

Fuente: Mc Graw-Hill Construction

b) En Latinoamérica

La adopción del BIM en Latinoamérica aún no es una realidad concreta. Sin embargo, ya existen iniciativas para la difusión y adopción de éstas tecnologías, siendo los realizados en Chile uno de los casos más resaltantes.

En Chile, la Cámara Chilena de la Construcción (el símil de Capeco en el Perú) desde el año 2007 viene asumiendo el liderazgo para romper la barrera del desconocimiento, promoviendo la difusión del uso del BIM por medio de charlas dictadas gratuitamente. Tres años después, el mismo gobierno aprobó con financiamiento una política de “Implementación y promoción de la tecnología BIM en Chile”, a cargo de la Corporación de

Desarrollo Tecnológico (CDT) y de siete importantes constructoras de ese país.

c) En el Perú

En el Perú, el uso del BIM está poco difundido y no se cuenta con estadísticas o casos reales de implementación. Si bien se sabe que algunas empresas de vanguardia lo están utilizando, tales como GyM, Odebrecht y ahora Cosapi, éstas sólo se enfocan en algunas de sus áreas de aplicación de manera aislada, dependiendo de sus necesidades y de las utilidades que desean aprovechar. De otro lado, muchas empresas desconocen de sus potenciales ventajas. Esto se debe a que el BIM como panorama general no es en sí aprovechar los beneficios de utilizar un software, sino un cambio en la manera de pensar y gestionar los proyectos, al igual que Lean.

En el 2012 se ha lanzado el Comité BIM del Instituto de la Construcción y Desarrollo (ICD) que pertenece a la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO); está integrado por proyectistas y constructores. Este comité busca impulsar las buenas prácticas en el modelamiento de proyectos BIM, constituir una biblioteca virtual con información categorizada adaptada a la realidad peruana, difundir los avances en el uso de herramientas, experiencias y resultados de la aplicación de BIM, promover las capacitaciones en herramientas BIM en los distintos especialistas y

participar en la generación de un mercado con mayor nivel técnico, para beneficio de todos los involucrados.¹⁴

De todas formas queda claro que el uso del BIM, aplicado a los proyectos de construcción, está en pleno desarrollo y es una oportunidad para mejorar los tradicionales procesos de gerencia del diseño y/o construcción de los proyectos y cuyos beneficios podrían ser percibidos en cualquiera de las etapas del proyecto.

2.5.7 HERRAMIENTAS BIM

Existe una gran variedad de herramientas disponibles en el mercado que sirven de apoyo para la aplicación del concepto BIM. De acuerdo a Zhang, Isa y Olbina (2010), las herramientas BIM pueden clasificarse en:

- Herramientas BIM de autoría (authoring tools): permiten crear modelos; y son usadas en las etapas de diseño y construcción. Se considera que sean el centro de la aplicación BIM. Algunas herramientas son: Autodesk Revit, Bentley Architecture, Tekla Structures y ArchiCAD.
- Herramientas BIM de actualización (updating tools): permiten hacer actualizaciones específicas los modelos creados.

¹⁴ <http://revitproject.blogspot.com/2012/09/lanzamiento-comite-bim-del-peru.html>

- Herramientas BIM de visualización (viewing tools): permiten visualizar el contenido del modelo sin hacer cambios. Por ejemplo es el programa de visualización de Autodesk Revit (IFC model viewer).

Entre las principales herramientas se tienen:

Autodesk Revit:

Este es un software que permite diseñar con elementos de modelación y dibujo paramétrico. Autodesk Revit fue creado por la Revit Technology Corporation en 1997 y fue comprado por Autodesk en el 2002¹⁵. La plataforma del software es completamente diferente a la de AutoCAD ya que permite a los usuarios diseñar tanto mediante un modelo 3D como 2D. A medida que el usuario trabaja en el dibujo, Revit recopila información sobre el proyecto de construcción y coordina esta información a través de todas las otras representaciones del proyecto. El motor de cambios paramétricos de Revit coordina automáticamente los cambios realizados en cualquier lugar, en vistas de modelo, hojas de dibujo, calendarios, secciones y planos (Autodesk 2009). Revit está compuesto por varios software que incluyen Revit Architecture, Revit Structure and Revit MEP. Su sistema operativo es compatible con Windows.

¹⁵ BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors (2008).

Entre sus ventajas se tiene que es fácil de aprender y está organizado de manera amistosa; amplias librerías; permite la operación concurrente en el mismo proyecto. Y entre sus desventajas se tiene que se vuelve lento con proyectos pesados, no permite superficies curvas complejas.

Bentley Systems:

Son un conjunto de softwares desarrollados por Bentley para el modelado de la información para la construcción. Estos programas son: Bentley Architecture, Bentley Structural, Bentley Mechanical Systems y Bentley Electrical Systems¹⁶.

Es un software equivalente al Revit pero que funciona sobre MicroStation que es un programa CAD desarrollado por el mismo Bentley.

Entre las fortalezas que tiene es que permite trabajar con formas geométricas complejas y con proyectos grandes que tienen bastantes detalles. Y entre sus debilidades es que tiene una interface difícil de aprender y navegar; y sus librerías de objetos son menos extensas.

Tekla Structures

Es un programa de diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora en 3D (tres dimensiones) para el diseño, detallado, despiece, fabricación y montaje de todo tipo de estructuras para la

¹⁶ www.bentley.com

construcción. Desarrollado por la empresa finlandesa TEKLA tiene presencia a nivel mundial a través de oficinas propias y representantes oficiales.

Modela y analiza estructuras en hormigón y acero. Despieza y automatiza conexiones metálicas. Mediante Tekla es posible modelar por completo la estructura metálica, pudiendo crear cualquier tipo estructura, no importando su tamaño o dificultad, todo esto siendo posible de una forma muy sencilla, con gran precisión y sobre todo con gran rapidez.

Tekla pueda trabajar en dos diferentes modos, usuario único y multiusuario, en este último permite que varias personas trabajen en un mismo modelo, es decir, en un mismo proyecto a la vez y en tiempo real.

La utilidad de esta aplicación no sólo se basa en el modelado en tres dimensiones de la obra a ejecutar. Al igual que otros programas basados puramente en 3D, no dibuja simplemente líneas sino directamente sólidos paramétricos dentro de un sólo modelo 3D. Gracias a que en el sector de la construcción los elementos estructurales están claramente pre-definidos, es posible modelar directa y rápidamente los perfiles y detalles generales. A través de Macros y soluciones pre-definidas se resuelven fácilmente las uniones y nudos estructurales.

ArchiCAD:

Es uno de los softwares más antiguos y fue creado en los años 80s. ArchiCAD permite a los usuarios trabajar con objetos paramétricos con datos enriquecidos, usualmente llamados por los usuarios "smart objects". Este programa permite a los usuarios crear "edificios virtuales" con elementos constructivos virtuales como paredes, techos, puertas, ventanas y muebles; una gran variedad de pre-diseños y objetos personalizables vienen con el programa.¹⁷

ArchiCAD permite trabajar al usuario con representaciones 2D o 3D en pantalla. Los diseños en "Dos dimensiones" pueden ser exportados en cualquier momento, incluso en el modelo; la base de datos siempre almacena los datos en "Tres dimensiones". Planos, alzados y secciones son generados desde el modelo del edificio virtual de tres dimensiones y son constantemente actualizados. Entre las fortalezas es que su interface es fácil de usar, tiene una amplia libería y puede ser usado en computadoras Macs.

Google-Sketch Up:

Programa para modelado en 3D basado en caras para entornos de arquitectura, ingeniería civil, diseño industrial, GIS, videojuegos o

¹⁷ <http://es.wikipedia.org/wiki/ArchiCAD>

películas. Fue desarrollado por @Last Software¹⁸. Esta herramienta funciona con Windows y Macs. Entre sus ventajas es que reproduce imágenes que pueden mostrar situaciones hipotéticas, es de fácil uso, tiene una amplia lista de objetos y es gratuito. Su principal desventaja es que para obtener un dibujo fino se requieren muchas horas ya que está orientada a elaborar dibujos rápidos; y no tiene todas las funciones de programas como Autodesk Revit.

2.6 SINERGÍA BIM-LEAN CONSTRUCTION

Building Information Modeling (BIM) es el proceso de generación y modelado de datos de la construcción durante todo su ciclo de vida. Es también una herramienta y un proceso que aumenta la productividad y precisión en el diseño y construcción de edificios.

BIM es visto como un enfoque emergente que le ayudará a la industria de la construcción en la consecución de los objetivos de Lean construction, eliminación de pérdidas, reducción de costos, mejora de la productividad de los equipos de trabajo y resultados positivos para el proyecto. Estudios de casos detallados han demostrado que actualmente

¹⁸ http://es.wikipedia.org/wiki/Google_SketchUp

BIM y Len Construction actúan por separado, por lo que las futuras investigación deben buscar una práctica conjunta de ambos paradigmas cuyo resultado sea la ampliación de la definición de BIM como un proceso “Lean”.

Funcionalidades del BIM:

- Visualización de formas
- Rápida generación de alternativas de diseño
- Usos de modelos de datos para predicción de Análisis
- Mantenimiento de información y modelado integrado de diseño
- Generación automatizada de dibujos y documentos
- Colaboración en diseño y construcción
- Evaluación y generación rápida de múltiples alternativas de planes de construcción
- Comunicación en línea.

Los miembros del LCI publicaron en la revista “The interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction”¹⁹ una matriz que interrelaciona las funcionalidades del BIM con los principios del Lean en la construcción, identificando 56 interacciones, de las cuales establecieron que BIM y Lean están muy estrechamente ligados principalmente en cinco de ellas.

¹⁹ Synergies between BIM and lean construction procuded by Sacks et al. (2010)

1. Reduce los re-procesos.
2. Diseña el sistema de producción para un flujo y valor.
3. Genera automáticamente dibujos y documentos.
4. Rápida generación y evaluación de los planes alternativos de construcción.
5. Permite la comunicación online/electrónica basada en objetos.

Un ejemplo de uno de los principios de Lean Construction que se ve afectado por el BIM es la variabilidad de los tiempos de ejecución, con la filosofía “Lean” el objetivo es reducirlos y el BIM ayuda con las funcionalidades de visualización de formas y rápida generación de diseños alternativos. La unión de los modelos BIM e LC promete brindar eficiencia, ahorro de costos y aumento de la productividad en el sector constructivo.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

La presente investigación comprende las siguientes características:

- Investigación cuantitativa: Es una Investigación de tipo cuantitativa ya que trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables.
- Investigación propositiva: La investigación se cataloga como propositiva ya que bajo los principios y herramientas descritas se propone una metodología para la mejora de planificación, programación y control
- La investigación es de tipo cuasi experimental, ya que el objetivo es aplicar herramientas durante la construcción de una obra; se incluyen los análisis donde se da la aplicación. También es considerado el estudio cuasi experimental, porque la muestra no fue seleccionada al azar si no que fueron partidas específicas seleccionadas

3.2 Población y Muestra

-La población de estudio hacia la cual se orienta éste trabajo es hacia una obra de edificación – Residencial Torres de Dos de Mayo ubicado en la ciudad de Tacna.

-Las Muestras de Estudio están conformadas por 12 Subpartidas en las cuales se estudiará la metodología propuesta:

- Concreto premezclado losas de cimentación $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$
- Acero corrugado en losas de cimentación $f_y=4\ 200 \text{ kg/cm}^2$ grado 60
- Concreto premezclado muros y placas $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$
- Concreto premezclado dados de cimentación $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$
- Encofrado de placas y columnas
- Acero corrugado de placas y columnas $f_y= 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$ grado 60
- Concreto premezclado losas macizas $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$
- Encofrado y desencofrado metálico para losas macizas
- Acero corrugado en losa macizas $f_y= 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$ grado 60
- Concreto premezclado tabiques $f_c=175\text{kg/cm}^2$
- Encofrado y desencofrado de tabiquería de concreto
- Acero corrugado $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$ grado 60

3.3 Instrumentos

Se usaron diferentes herramientas e instrumentos:

- Implementación de Sectorización (Software Revit, tablas excel)
- Implementación de Tren de Actividades (Diagramas)
- Implementación del sistema del Último Planificador (Last Planner)

- Implementación del Modelo Paramétrico BIM (Software Revit)
- Medición del Porcentaje de Plan Cumplido (Diagramas)
- Medición de índices de Productividad (Cuadros estadísticos)

3.4 Secuencia Metodológica

Se desarrolló la siguiente secuencia metodológica

- Revisión Bibliográfica
- Definición de Base Conceptual
- Análisis de principios y funcionalidades de Herramientas LEAN,BIM
- Integración e implementación de Herramientas
- Análisis de Resultados obtenidos
- Conclusiones y Recomendaciones

3.5 Operacionalización de Variables

A continuación se muestra la matriz de operacionalización de variables, en donde se nombra a las variables de estudio, tipo, definición conceptual, definición operacional, dimensiones, escala, indicador, unidad, fuente de verificación, las cuales son principalmente dos: A través de reuniones de coordinación y a través de mediciones de obra.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES		TIPO	Definición conceptual	Definición operacional	DIMENSIONES	ESCALA	INDICADOR	UNIDAD	Fuente de Verificación
V.I.	Integración de la Herramientas LEAN-BIM	Cualitativa Nominal	<p>Herramientas Lean Construction: Permiten la medición y control de producción y flujo de actividades, mediante asignaciones de trabajo definidas, obtención del origen de los problemas, restricciones y la toma oportuna de decisiones.</p> <p>Herramientas Building Information Modeling : Conjunto de modelos paramétricos que integran la información de las diversas disciplinas del proyecto</p>	Se estimará e función a los grado o niveles de confiabilidad, visualización, precisión, incidencia en la coordinación, a través de sondeos de opinión efectuados durante las reuniones de coordinación y durante el proceso de aplicación de las herramientas de Lean Construction y Building Information Modeling	Confiabilidad	Nominal	Adecuado, Inadecuado		A través de Reuniones de Coordinación
					Grado de Visualización	Ordinal	Excelente, Bueno, Regular, Malo		A través de Reuniones de Coordinación
					Nivel de Precisión	Nominal	Adecuado, Inadecuado		A través de Reuniones de Coordinación
					Incidencia en la Coordinación	Nominal	Favorable, Desfavorable		A través de Reuniones de Coordinación
V.D.	Mejora de la Planificación, Programación y Control de Obras	Cuantitativa Continua	La planificación es un instrumento que tiene como objeto permitir tomar decisiones racionales y oportunas en base a hechos y posibles repercusiones que las decisiones tomadas puedan acarrear. Con la Programación se detallan los procedimientos y tiempos a desarrollar para alcanzar los objetivos de la planificación. Con El Control, medimos y controlamos los avances de la programación	Se cuantificará a través de las mediciones de productividad (registro de Horas Hombre, Ganancia o Pérdida generada en las partidas estudiadas) en obra, según lo la planificación realizada; midiendo además, los porcentajes de cumplimiento semanal	Productividad	Intervalo	Horas Hombre Ganadas/Pérdida	HH	A través de Mediciones de Obra
					Estimación de Costos	Intervalo	Ahorro/Pérdida por cada Partida estudiada	S/.	A través de Mediciones de Obra
					Cumplimiento de Plan	Razón	%Plan Cumplido Semanal	%	A través de Mediciones de Obra

Cuadro 01. Matriz de Operacionalización de Variables

Fuente: Elaboración Propia

3.6 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE ESTUDIO

3.6.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

MRM CONSTRUCCIONES S.A.C, empresa dedicada a la promoción y construcción de edificaciones familiares y empresariales. Es una empresa joven, dinámica e innovadora que se esmera por mejorar la calidad de sus servicios para satisfacer a plenitud a cada uno de nuestros clientes.

VALORES:

- *Profesionalismo*: Realizar con entusiasmo, interés y eficiencia las tareas encomendadas, enriqueciéndolas con conocimientos.
- *Compromiso*: Actual con disponibilidad, convicción y responsabilidad.
- *Trabajo en equipo*: Sumar talentos, esfuerzos y conocimientos como una de las más importantes formas de trabajo.
- *Honestidad y ética*: Orientar nuestra conducta hacia la rectitud, honradez, veracidad e integridad en todo momento.
- *Creatividad e innovación* : Buscar permanentemente nuestras ideas para mejorar nuestros servicios.²⁰

²⁰ Información tomada de la página web de la Empresa MRM SAC (<http://www.mrmsac.com/>)

MISIÓN:

Somos una empresa inmobiliaria y constructora, cuya misión es desarrollar proyectos inmobiliarios, ejecutar servicios de diseño, ingeniería y construcción contribuyendo al éxito de los proyectos que nos encomiendan, construyendo con calidad y seguridad dentro del plazo y presupuesto contratados.

Generando beneficios a los accionistas, así como a sus trabajadores para el beneficio de la empresa y de la sociedad. Mejorar la calidad de vida de nuestros clientes a través de nuestros servicios de calidad y profesionalismo

VISIÓN:

Ser la empresa líder en el desarrollo y construcción de proyectos inmobiliarios del sur del país

COMPROMISO:

El mayor compromiso es con nuestros clientes. Trabajamos día a día para mejorar nuestros servicios y la calidad del producto que entregamos. También estamos comprometidos con nuestros trabajadores, a quienes ayudamos a realizarse personal y profesionalmente.²¹

²¹ Información tomada de la página web de la Empresa MRM SAC (<http://www.mrmsac.com/>)

3.6.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

Ubicación de la Obra

El proyecto: “Residencial Torres de 2 de Mayo” se encuentra en la Prolongación Avenida Dos De Mayo N°490 A . La referida obra se encuentra ubicado en:

Distrito : Tacna

Provincia : Tacna

Departamento : Tacna



Figura 17. Proyecto: Residencial Torres de Dos de Mayo

Fuente: MRM Construcciones SAC

Descripción del Lote Matriz

-ÁREA DEL TERRENO.

El área total del terreno es de 3053.33 m² (Tres mil cincuenta y tres con 33/100 metros cuadrados) de acuerdo a la partica No. 11073864 del

Registro de Propiedad Inmueble de la Zona Registral N° XIII – Sede Tacna.

- PERÍMETRO.

- El perímetro del lote matriz es de 242.99ml.

- COLINDANCIAS Y LINDEROS

- *Por el Frente:* Con el área cedida a vías en línea recta de 30.42ml.
- *Por el Fondo:* Con propiedad de Jose Rosa Villalba, en línea recta de 36.50 ml.
- *Por la derecha:* Con propiedades de Sres. Nolberto y Celinda Manzanares, en línea recta de 83.15ml.
- *Por la izquierda:* Con propiedad de Sres. Protección Medica S. Civil R.L. y Sr. José Rosa Villalba, en línea quebrada de dos tramos de 58.17 y 34.75ml.

Descripción de Vivienda Multifamiliar:

El edificio de departamentos Torres de Dos de Mayo, cuenta con sesenta departamentos, en 6 edificios de cinco niveles con ascensor y escaleras de servicio. La distribución es la siguiente:

- Cincuenta y un espacios de estacionamiento en el primer nivel, dispuestos al frente y al costado de los edificios de departamentos.
- Doce departamentos por nivel distribuidos en dos edificios uno frente al otro, haciendo un total de 60 departamentos

Cuenta con 3 Tipologías de Bloques, cada bloque cuenta con 10 departamentos:

- Tipología A (4 Bloques de Tipo A)
- Tipología B (1 Bloque de Tipo B)
- Tipología C (1 Bloque de Tipo C)

Haciendo un total de 6 Bloques , con un total de 60 Departamentos

DESCRIPCION POR DEPARTAMENTO.

12 DEPARTAMENTOS TIPO FLAT en el primer nivel. Con la siguiente distribución:

- Ingreso Principal, Hall, Baño social, Sala – Comedor y Cocina.
- Dormitorio principal con walking closet; baño completo interior.
- Dormitorio 2 con closet empotrado.
- Dormitorio 3 con closet empotrado.
- Baño completo compartido y Sala de estar. Patio de servicio.
- Patio con jardín.

48 DEPARTAMENTOS TIPO FLAT del Segundo al quinto nivel. Con la siguiente distribución:

- Ingreso Principal, Hall, Baño social, Sala – Comedor y Cocina.
- Dormitorio principal con walking closet; baño completo interior.
- Dormitorio 2 con closet empotrado.
- Dormitorio 3 con closet empotrado.
- Baño completo compartido y Sala de estar. Patio de servicio.

ETAPAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

La Gerencia de la Inmobiliaria MRM, distribuyó la construcción de todo el Condominio en 3 Etapas:

- Etapa I :Construcción de Bloque C (Casco Gris y Acabados)
- Etapa II : Construcción de 1 Bloque B (Casco Gris y Acabados),
Construcción 1 Bloque A (Casco Gris),Habilitación Urbana,
Subestación Eléctrica
- Etapa III: Construcción de 3 Bloque A (Casco Gris y Acabados)

El presente Trabajo de Investigación, desarrolla el estudio en la Etapa II de construcción del Condominio.

RESUMEN DE PRESUPUESTO

La Etapa II de construcción, presenta el siguiente presupuesto:

Tabla 04. Resumen de Presupuesto Obra Torres de Dos de Mayo-Etapa II

Fuente: MRM Construcciones

RESUMEN DE PRESUPUESTO-ETAPA II	
DESCRIPCIÓN	Total S/.
Bloque A	939,444.01
Bloque B	952,205.00
Cisternas	122,247.30
Subestación	68,689.37
Habilitación urbana	224,127.64
Costo Directo	2,306,713.31
Utilidad (5%)	115,335.67
Gastos generales (12%)	276,805.60
	=====
Sub Total	2,698,854.58
IGV (18%)	485,793.82
	=====
Total Presupuestado	3,184,648.40

PLAZO DE EJECUCIÓN DE OBRA

El plazo para ejecutar de la Etapa II de la obra es de 140 DÍAS
CALENDARIO (4.6 MESES):

Fecha de Inicio : 06 de Julio 2015

Plazo de Ejecución Real : 140 Días Calendario

Fecha de Fin : 22 de Noviembre 2015

DETALLES DE ACABADOS Y SISTEMA CONSTRUCTIVO

Número de pisos	: Cinco niveles.
Sistema constructivo	: Muros de Ductilidad Limitada (MDL)
Muros y tabiques	: Concreto armado.
Losa y techo	: Concreto armado.
Tipo de cimentación	: Platea de cimentación.
Instalaciones eléctricas	: Tipo de corriente monofásica, empotradas en piso, pared y techos.
Instalaciones Sanitarias	: Ductos empotrados para instalaciones sanitarias.

ORGANIGRAMA DE LA OBRA:

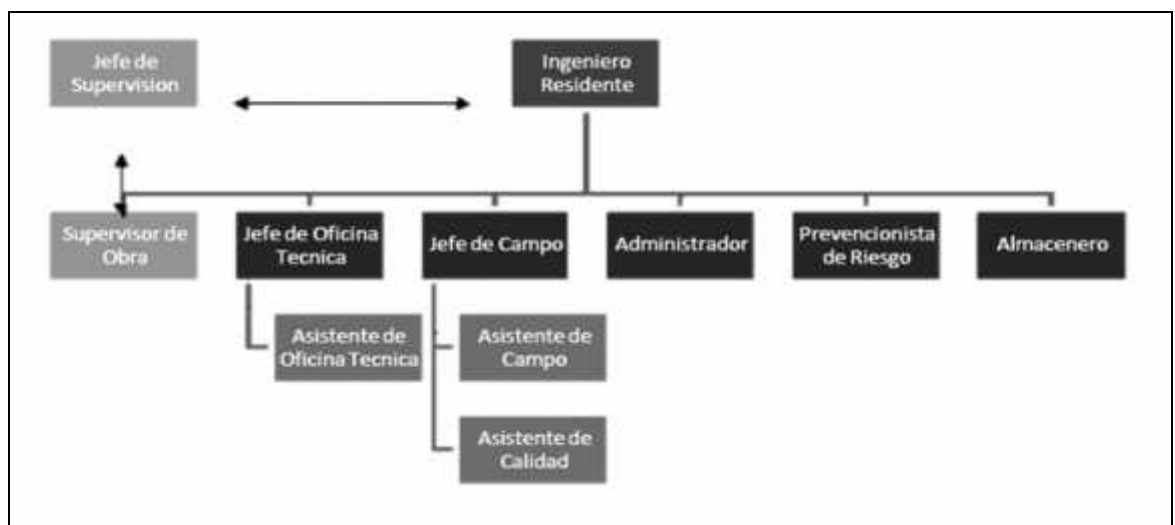


Figura 18. Organigrama de Obra Residencial Torres de Dos de Mayo

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: GENERACION DEL MODELO PARAMÉTRICO BIM

4.1 Análisis de la información suministrada:

La información que fue suministrada consta de planos estructurales, planos arquitectónicos, programación de obra, presupuesto y cantidades de obra; así como imágenes y representaciones gráficas.

Al recibir la información se procedió a hacer un análisis de los planos estructurales que sirven de base para configurar el espacio de trabajo en Revit Structure. Estos planos contienen la información concerniente al tipo de estructura, detalles de los elementos y características geométricas generales exclusivas de la misma. El análisis consistió en reconocer cada uno de los elementos estructurales y los materiales. Posteriormente se revisan cada uno de los planos de planta de los cinco pisos que componen la edificación. Aunque son muy parecidos y la estructura es relativamente simétrica, los pisos 3, 4 son idénticos en su composición estructural y difieren de los pisos 1, 5 y el nivel de sótano. El proyecto se encuentra asociado en 6 Bloques (1 de los cuales ya se encuentra concluido en la Primera Etapa de construcción desarrollada en el año 2014), el modelo paramétrico se generará para el desarrollo de los 5 Bloques que faltan construir.

A partir de los planos arquitectónicos se obtuvieron detalles de los elementos no estructurales objeto de la modelación, principalmente muros divisorios, fachada, puertas, ventanería y escaleras. Para los muros divisorios se encontraron dos tipos de muros: muros en concreto armado. Se determinó que la fachada incluía muros de concreto a la vista y volados para jardineras distribuidos asimétricamente en los 5 pisos de la edificación. La programación de obra se utilizó para determinar la forma de modelar ciertos elementos y lograr la sectorización con un grado mayor de detalle.

En lo concerniente a las cantidades de obra, se revisaron los ítems y se compararon con los objetos paramétricos de la modelación para determinar qué elementos debían incluirse. De esta forma se escogieron los elementos de Revit Structure a usar, las propiedades que se les debían modificar y se estimó la cantidad y el tipo de elementos que requerían ser creados como familias nuevas con sus respectivos parámetros que restringen el comportamiento dentro del entorno de modelación. Simultáneo a las cantidades se revisó el presupuesto. Fue necesario revisar los APU para verificar que fueran consistentes con los valores finales calculados.

4.2 Actividades de Mayor Incidencia:

Para determinar el alcance y nivel de detalle de los modelos para métricos a desarrollar, se ha puesto como punto de partida la identificación de las actividades de mayor incidencia para el presente proyecto de construcción. Es importante el control sobre las partidas debido al costo que le puede ocasionar desperdiciarlo o eliminarlo, hay que mejorar procesos buscando alternativas que minimicen los costos y obtener un producto de igual o mejor calidad, con ello se logra asegurar la calidad, mejorar la productividad de las cuadrillas, reducir el impacto en el medio ambiente, etc.

Tabla 05. Resumen de Presupuesto Obra Torres de Dos de Mayo- Bloques A y B

Fuente: MRM Construcciones

PRESUPUESTO RESUMEN EXPRESADO EN NUEVOS SOLES BOLIVIA Y B

DESCRIPCIÓN	VALOR	IGV	TOTAL	% INCIDENCIA	% ACUMULADO
TRABAJOS PRELIMINARES	2 040,08	175,21	3 115,29	0,14%	0,14%
MOVIMIENTO DE TIERRAS	33 929,19	0 107,37	40 036,56	1,75%	1,89%
ESTRUCTURAS	1 070 881,77	192 759,26	1 263 641,03	56,61%	58,50%
ARQUITECTURA Y ACABADOS	450 451,52	81 081,37	531 532,89	23,81%	82,30%
INSTALACIONES SANITARIAS	173 297,26	31 193,51	204 490,77	9,16%	91,46%
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	160 440,22	28 880,32	189 320,54	8,48%	100,00%
GASTO DIRECTO	1 891 649,01	340 496,82	2 232 145,83	100,00%	



Figura 19. Diagrama de Pareto del Presupuesto-Bloque A y B

Fuente: Elaboración Propia

Se observa en el diagrama de Pareto obtenido del presupuesto del proyecto que las partidas de Estructuras representa el 56.61% de la construcción de los Bloques A y B, correspondientes a la Etapa II de construcción del Proyecto, debido al nivel de incidencia encontrado en las partidas de Estructuras, resulta de vital importancia sumar mayores esfuerzos en optimizar el flujo de trabajo, incorporando el modelo paramétrico BIM sobre dicha especialidad

Asimismo se tiene el Diagrama de Pareto de las partidas de Estructuras para determinar en qué partidas se tiene que poner mayor énfasis en el modelo paramétrico BIM y flujo de trabajo Lean Construction.



Figura 20. Diagrama de Pareto del Presupuesto (Estructuras)-Bloque A y B

Fuente: Elaboración Propia

En función al diagrama anterior, se determinó que partidas eran de mayor incidencia, por lo cual se enfatizó la necesidad de la parametrización de dichas partidas en el software BIM a fin de ser más precisos en la cuantificación de materiales y nivel de detalle. Asimismo el estudio de productividad de dichas partidas bajo el enfoque Lean construction serán factores claves para alcanzar los objetivos que se pretenden alcanzar. Por ello, el modelo paramétrico BIM de la obra está enfocado principalmente en las Partidas de estructuras, haciendo realce en las subpartidas de Placas y Columnas, losas macizas, platea de cimentación y viga de cimentación

4.3 Configuración del espacio de trabajo en Revit Structure:

Existe una variedad de software con enfoque BIM, sin embargo, para el presente trabajo de investigación se tomó la decisión de Trabajar con el Programa Revit de la familia Autodesk debido al mayor acceso a programas de capacitación que existe en el Perú para dicho software. La configuración del entorno de modelación es un proceso sumamente importante en el que se establecen características, restricciones y propiedades globales del modelo (comunes para todos los elementos paramétricos). Una configuración apropiada del entorno de modelación debe seguir el diagrama de flujo presente a continuación.



Figura 21. Configuración del Entorno de Modelación

Fuente: Elaboración Propia

Al comenzar un proyecto en Revit primero se deben establecer las unidades de trabajo, para el entorno peruano se recomienda utilizar un sistema métrico que muestre dimensiones en metros y centímetros, sin embargo para casos específicos donde son importantes los detalles. Posteriormente se determinan los niveles iniciales del proyecto, no es necesario definir todos los niveles aunque es recomendable, los niveles adicionales se puede definir en etapas posteriores del proceso de modelación. Los niveles iniciales se crean en la versión arquitectónica del software.

Se recomienda iniciar el proyecto en esta versión para generar los niveles y vistas de planta arquitectónicas y luego transferir el proyecto a la versión

estructural para la modelación de los elementos que conforman la estructura, este proceso se siguió para el modelo del edificio. Después es necesario generar la grilla del proyecto que es común para todos los niveles definidos previamente y para los niveles que se van definir en el futuro. Con la grilla creada se puede comenzar a modelar la edificación adicionando los objetos paramétricos, para la cimentación los elementos de Revit cubrían las necesidades, pero si se requiere crear familias paramétricas, es indispensable asignar los parámetros dimensionales y de material.

4.4. Modelación paramétrica:

4.4.1. Cimentación:

La cimentación del edificio corresponde a un sistema de cimentación superficial que consta de losas de cimentación (espesores de 20 y 40 cm) de 175 Kg/cm² con un entramado de vigas de cimentación de igual especificación de resistencia. El nivel de detalle que se maneja en esta modelación exige que se modelen como componentes de la cimentación los siguientes elementos: platea de cimentación, relleno compactado, entramado de vigas de cimentación (espesores de 20 y 40 cm).

Para modelar el entramado de vigas conforman la losa de cimentación se requirió insertar el plano estructural de planta de la losa de cimentación en el nivel correspondiente.

Luego se crearon los elementos estructurales modificando los parámetros necesarios para crear vigas en concreto de acuerdo al plano: VC-1 (25x82 cm), VC-2 (25x50 cm), VC-3 (35x50 cm), VC-4 (25x80 cm). El material que se dispuso para estas estas vigas fue “Concreto 175kg/cm²”

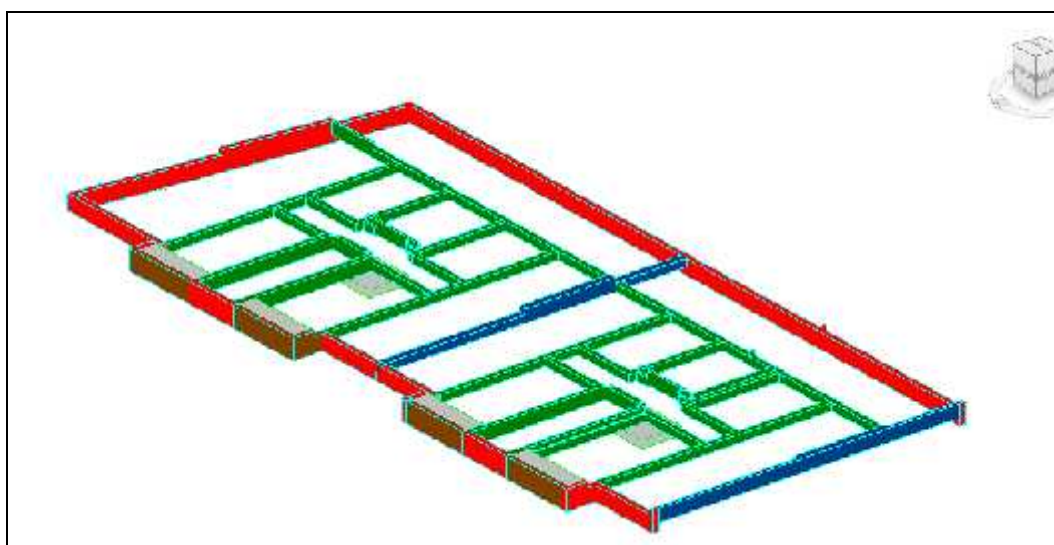


Figura 22. Modelamiento paramétrico de vigas de cimentación (Bloque A,B)

Fuente: Elaboración Propia

Con el entramado de vigas y viguetas terminado, se procede a modelar la losa de cimentación, Para ello se genera el tipo de losa dentro de la familia de losas de concreto, asignándole el material “Concreto 175 kg/cm²” y el espesor de 20.0 cm, 30 cm y 40 cm según corresponda. Se dibuja el contorno abarcando el área delimitada por las vigas de

cimentación, que se ilustran en el plano de planta estructural de localización de pilotes y se restringe en altura por el nivel de planta correspondiente.

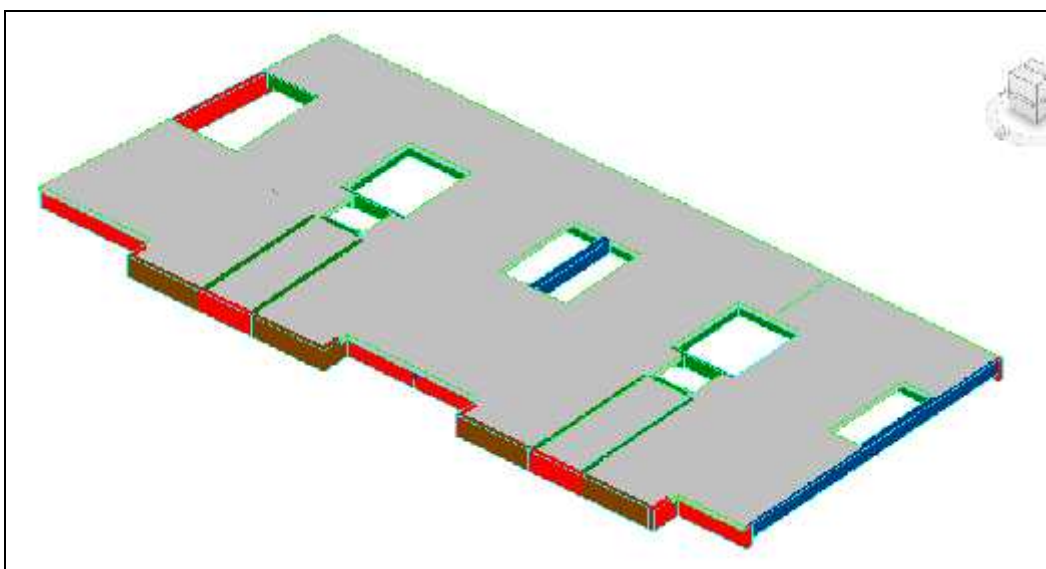


Figura 23. Modelamiento paramétrico de platea de cimentación (Bloque A,B)

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2 Muros de Ductilidad Limitada

Los muros estructurales se modelaron con elementos tipo muros de 10 cm, 12,5 cm y 15 cm, según la distribución indicada en los planos, se les asignó el material concreto de 175 kg/cm². Fue necesario modelarlos con base en un plano 2D insertado en Revit. A cada muro modelado se le asignó los parámetros de encofrado para su metrado correspondiente



Figura 24. Modelamiento paramétrico de muros (Bloque A,B)

Fuente: Elaboración Propia

4.4.3 Columnas y Vigas

Los planos estructurales presentaban tres planos de planta para los cinco niveles del edificio. El primer piso y quinto piso son diferentes. Los pisos 2,3,4 son iguales. Se modelaron en orden consecutivo, se replicó para los pisos comunes y por último se modeló el sistema estructural del cuarto de máquinas del ascensor y tanque cisterna



Figura 25. Modelamiento paramétrico de columnas y vigas (Bloque A,B)

Fuente: Elaboración Propia

4.4.4 Losas de Entre piso y Escaleras

Autodesk Revit Structure es un software muy versátil para modelar estos elementos. A partir de una escalera y losa predefinida que sirve como plantilla, se editaron los parámetros de dimensión en el editor de tipos para lograr la estructura final. Fue posible quitar elementos innecesarios de la plantilla y generar una escalera que se ajusta a las descripciones de los planos de detalle, así como losas de diferentes espesores y resistencia indicada en los planos. Así mismo se asignaron los materiales y parámetros de nomenclatura para el metrado correspondiente

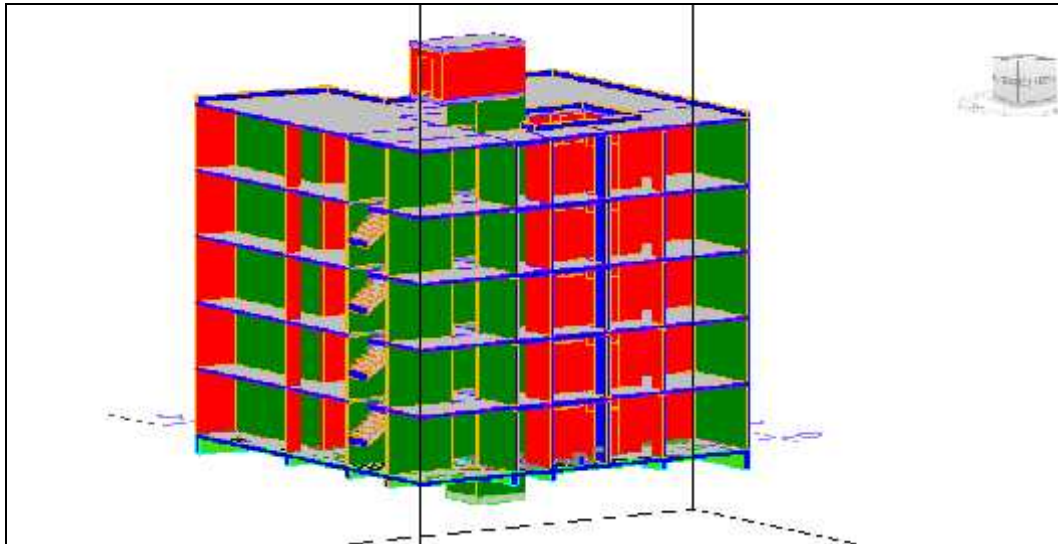


Figura 26. Modelamiento paramétrico de losas y escaleras (Bloque A,B)

Fuente: Elaboración Propia



Figura 27. Modelamiento paramétrico de obra Torres de Dos de Mayo (Bloque A,B)

Fuente: Elaboración Propia

4.5 REPORTE DE METRADOS A PARTIR DEL MODELO PARAMÉTRICO

Los elementos paramétricos permiten la obtención de cantidades de obra a partir de sus características geométricas y las asignaciones de materiales. Las tablas de cantidades se obtuvieron en Revit para la cimentación y la superestructura estructura del edificio. La supestructura presenta un nivel de complejidad mayor, se extrajeron cantidades para vigas, columnas, muros losas de entrepiso. Se obtuvo cantidades de concreto, acero, encofrado. Además se aprovechó en realizar los metrados en función a la Sectorización propuesta (8 Sectores), el procedimiento y criterio seguido para la Sectorización se aplicará en siguiente capítulo ya que se trata de una herramienta de Lean Construction .

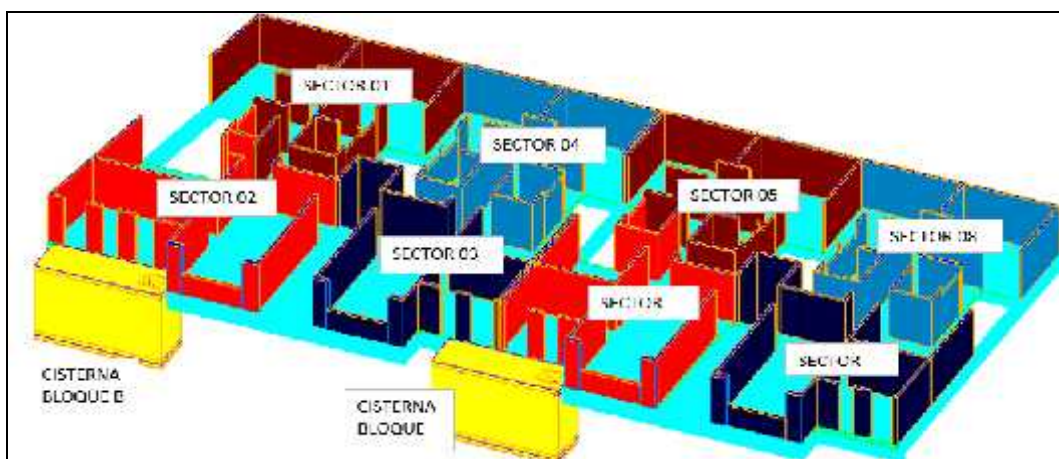


Figura 28. Sectorización del Modelo BIM, para generar Reporte de Metrados

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los metrados para la Cimentación, obtenidos a partir del modelo paramétrico BIM se muestran a continuación:

Tabla 06. Reporte de Metrados BIM de Cimentacion, Bloques A,B

Fuente: Elaboración Propia

METRADO DE ACERO EN CIMENTACIÓN POR BLOQUES				
ELEMENTO	DIÁMETRO	LUNGUJO (m)	Peso Unk.(kg/m)	PLSU TOTAL (kg)
BLOQUE A				
Acero en Losa de Cimentac.	1/2"	618,10	0,394	514,2914
Acero en Losa de Cimentac.	3/8"	3330,70	0,56	1893,192
Acero en Losa de Cimentac.	8 mm	147,90	0,4	59,16
Acero en Viga de Ciment.	1/2"	478,60	0,394	475,7284
Acero en Viga de Ciment.	3/8"	827,00	0,56	463,12
Acero en Viga de Ciment.	5/8"	292,00	1,552	297,384
BLOQUE B				
Acero en Losa de Cimentac.	1/2"	721,10	0,391	717,0716
Acero en Losa de Cimentac.	3/8"	3455,90	0,56	1951,30
Acero en Losa de Cimentac.	8 mm	151,60	0,4	60,72
Acero en Viga de Ciment.	1/2"	513,60	0,391	500,5072
Acero en Viga de Ciment.	3/8"	973,50	0,56	545,391
Acero en Viga de Ciment.	5/8"	276,10	1,552	428,5072
TOTAL (kg) =				8133,74

METRADO ENCOFRADO CIMENTACIÓN	
FILAMENTO	AREA (m2)
Cimentación Bloque A:	
Flejes Bloque A	6,31
VC-1	29,02
VC-2	23,48
VC-3	12,48
VC-4	11,32
Cimentación Bloque A	134,63
Cimentación Bloque B:	
Flejes Bloque B	12,10
VC-1	27,68
VC-2	20,23
VC-3	10,29
VC-4	14,74
Cimentación Bloque B	150,02
Total general (m2) =	375,25

METRADO CONCRETO CIMENTACIÓN	
FILAMENTO	VOLUMEN (M3)
Cimentación Bloque A:	
Flejes Bloque A	41,24
Flejes de Ducto Ascensor A	1,05
VC-1	4,54
VC-2	0,35
VC-3	7,17
VC-4	1,83
Cimentación Bloque A	56,61
Cimentación Bloque B:	
Flejes Bloque B	45,15
Flejes de Ducto Ascensor B	1,03
VC-1	0,94
VC-2	0,57
VC-3	1,81
VC-4	1,63
Cimentación Bloque B	54,21
Total general (M3) =	121,81

Los resultados de los metrados para la Superestructura, obtenidos a partir del modelo paramétrico BIM se muestran a continuación:

Tabla 07. Reporte de metrados-Superestructura -Bloques A y B

Fuente: Elaboración Propia

PISO	SECTOR	ENCOFRADO (M2)				CONCRETO (M3)			
		FNC. VERTICAL		FNC. HORIZONTAL		LINC. TABICULADA		CONCRETO EN TABICULADA	
		COL Y PLACAS	VIGAS	LOSA	TABIQUES	COL Y PLACAS	VIGAS Y LOSA	CONCRETO EN TABICULADA	
1er Piso	S-1, S-5	321,55	0,00	108,23	21,36	17,67	15,11	1,06	
	S-2, S-6	323,27	4,76	107,79	22,81	18,73	13,29	1,39	
	S-3, S-7	338,50	4,76	119,47	9,90	21,37	16,51	0,74	
	S-4, S-8	322,50	0,00	107,94	34,54	17,72	15,14	1,72	
2do Piso	S-1, S-5	321,55	0,00	108,29	27,48	17,68	15,12	1,37	
	S-2, S-6	325,81	4,76	107,95	20,53	18,88	13,31	1,03	
	S-3, S-7	332,45	4,76	120,50	4,31	19,71	16,54	0,32	
	S-4, S-8	322,17	0,00	107,94	34,54	17,73	15,14	1,72	
3er Piso	S-1, S-5	321,61	0,00	108,29	27,48	17,68	15,12	1,37	
	S-2, S-6	322,91	4,76	119,17	20,53	18,71	13,36	1,03	
	S-3, S-7	326,25	4,76	119,17	4,31	19,33	16,51	0,32	
	S-4, S-8	322,17	0,00	107,94	34,54	17,73	15,14	1,72	
4to Piso	S-1, S-5	321,61	0,00	108,34	27,48	17,68	15,23	1,37	
	S-2, S-6	325,32	4,76	107,78	20,53	18,87	13,29	1,03	
	S-3, S-7	332,77	4,76	120,70	4,31	19,71	16,55	0,32	
	S-4, S-8	322,17	0,00	107,94	34,54	17,73	15,14	1,72	
5to Piso	S-1, S-5	323,34	0,00	108,29	27,45	17,76	13,37	1,37	
	S-2, S-6	311,27	3,96	107,43	20,51	18,45	13,19	1,03	
	S-3, S-7	334,02	3,90	123,22	4,31	19,98	17,60	0,32	
	S-4, S-8	325,31	0,00	107,94	34,54	17,91	12,96	1,72	
TOTAL		6 536,40	48,00	2 237,19	435,06	372,09	297,82	22,87	

En el presenta trabajo de investigación se adecuó el reporte de metrados según la secuencia constructiva, bajo el enfoque Lean; para obtener una mayor interoperabilidad y flujo de datos a partir del modelo, adaptándolo fácilmente a la programación y control de obra

CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN EN EL PROYECTO

Los estudios de la presente tesis están abocados en el marco de del desarrollo constructivo de la Obra : Residencial Torres de Dos de Mayo, ejecutada por MRM SAC en su calidad de empresa constructora, por lo que la aplicación de la filosofía Lean Construction en el proyecto, que es motivo de estudio, está centrada principalmente en tres etapas del sistema lean de entrega de proyectos, las cuales engloban: la construcción lean, el control de la producción y el trabajo estructurado.

Dentro de la fase de construcción Lean se aplican las siguientes herramientas.

- **First Run Studies:** Es el análisis y planeamiento inicial de un proyecto, dentro de esta herramienta se puede enmarcar la sectorización y el diseño del tren de actividades, ambas herramientas generan el dimensionamiento de cuadrillas.
- **Nivel General de Actividad:** Es una herramienta de estudio de procesos a nivel general con la cual se obtienen ratios de trabajos productivos, contributorios y no contributorios.

- **Carta de Balance:** Herramienta que se usa para el análisis de una partida específica y que brinda como el personal distribuye el tiempo de trabajo en cada actividad.

Dentro de la fase de control de producción se aplicaron las siguientes herramientas.

- **Last Planner System:** Es una herramienta, como bien dice, de control de producción que engloba el proceso de planeamiento, programación y control de un proyecto. Dentro de esta herramienta se aplicaron en el proyecto la planificación maestra, el lookahead, la planificación semanal, el porcentaje de plan completado y las causas de no cumplimiento.

Finalmente dentro del trabajo estructurado se aplicó la siguiente herramienta:

- **Buffers:** Es una herramienta que ayuda a mantener el flujo constante en un proyecto, generando alternativas viables ante los problemas que genera la variabilidad en la construcción.

A continuación se detallan las herramientas utilizadas, así como su proceso de desarrollo, implementación y uso en el proyecto.

5.1 Sectorización

La sectorización es un proceso que se inicia cuando tenemos realizados los metrados correspondientes al proyecto (en el presente estudio se elaboró a partir del modelo paramétrico BIM) y es una actividad necesaria para iniciar los siguientes pasos del mismo, como por ejemplo los trenes de trabajo, planificación, programación, dimensionamiento de cuadrillas, etc. ya que la programación maestra se hace tomando como unidad mínima los sectores y es indispensable tener la cantidad de sectores por piso para realizar una correcta planificación porque puede darse el caso de que esta cantidad de sectores varíe para algunas partidas críticas que tengan un avance lento.

Por ser una actividad necesaria en todo el proceso de planeamiento y construcción se ha introducido el concepto de mejora continua dentro de esta actividad buscando estandarizar el proceso de sectorización en los siguientes proyectos, producto de esto se tiene el siguiente procedimiento para la sectorización de proyectos de edificaciones:

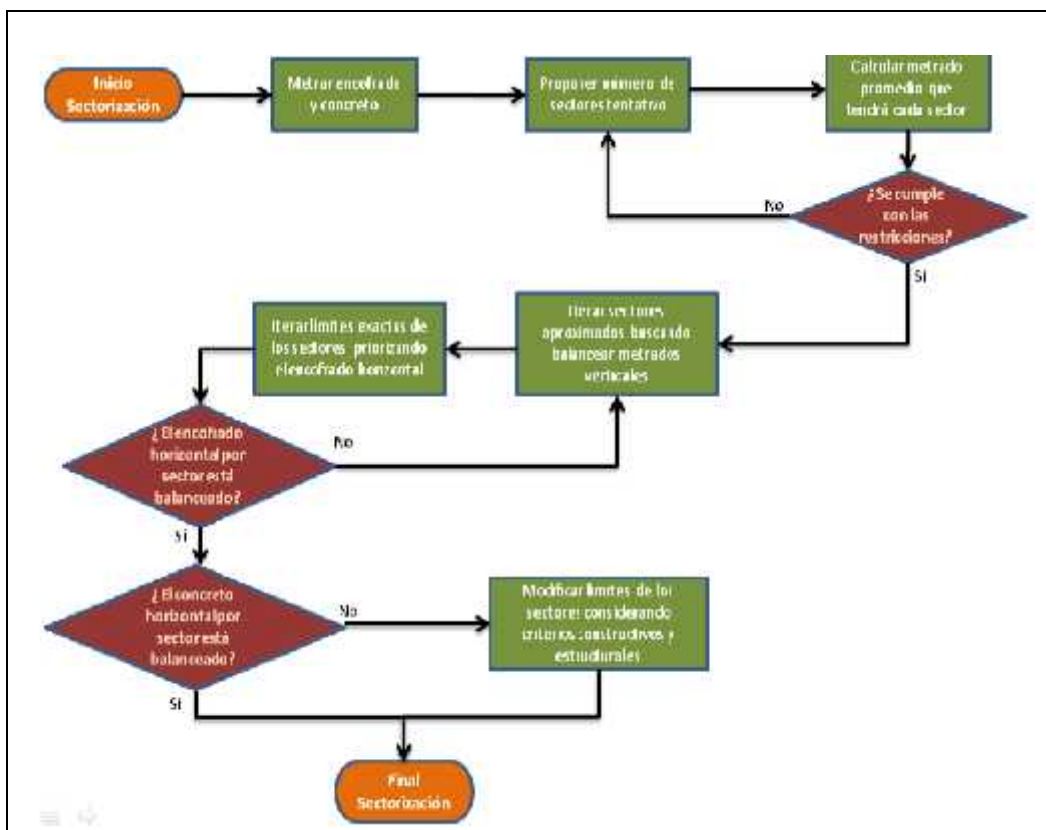


Figura 29. Proceso de sectorización para edificaciones

Fuente: Constructora EDIFICA

Como la sectorización parte de tener los metrados listos el primer paso a realizar es proponer un número tentativo de sectores, cabe señalar que el número de sectores dependerá de las extensiones del proyecto, la cantidad de gente que se espera tener en obra y el procedimiento constructivo que se realizara. Dependiendo de estos factores se propone un número de sectores y se procede a obtener el metrado que le corresponde a cada sector (Obtenido a partir del modelo BIM de la obra), en esta etapa hay partidas que son claves como el vaciado de concreto

que tiene una producción máxima diaria que depende de la tecnología seleccionada para el vaciado y no se lograra incrementar ese valor poniendo más gente a la partida, por lo tanto el metrado de vaciado de concreto en el día deberá ser menor al máximo posible según los rendimientos obtenidos en otras obras.

Si el número de sectores cumplió con las condiciones anteriores se procede a crear un layout en el software Revit, sombrando con un color distinto cada sector a fin de identificarlos fácilmente en incorporarlo al planeamiento y ejecución de obra, en esta etapa se trata de dividir el Modelo BIM en el número de sectores propuesto , dándole una secuencia lógica y cierto orden a los mismos, además se busca balancear los metrados para que sean los más parecidos posibles entre si ya que es imposible que en cada sector se obtenga el metrado idéntico a los demás, este balanceo se logra muy versátilmente a través del reporte de metrados del Software Revit ,se logra añadiendo o quitando elementos para que vayan al sector siguiente.

Usualmente este balanceo se hace con las partidas más influyentes como vaciado de horizontales, encofrado de horizontales y encofrado de elementos verticales, una vez que se tiene un esquema casi listo de los planos de sectorización se procede a revisar que el metrado de otras partidas también sean parecidos entre los sectores y se da el visto bueno

a la sectorización, la cual queda plasmada en Layouts de sectorización tanto digitales como físicos

Después de describir el procedimiento para la realización de la sectorización, nos introducimos en el caso particular del proyecto en estudio (Residencial Torres de Dos de Mayo); para este caso, luego de plantear varias alternativas de sectorización en las reuniones de planificación, se acordó finalmente una sectorización de 8 sectores agrupados en 4 grupos, donde cada 2 sectores similares avanzarían simultáneamente, se tomó en cuenta consideraciones del proceso constructivo visualizados en el modelo paramétrico BIM de la obra.

En la figura siguiente se muestra la sectorización escogida para la ejecución de proyecto, a partir del modelo paramétrico, se puede observar la sectorización del primer nivel, el cual es repetitivo en los niveles superiores

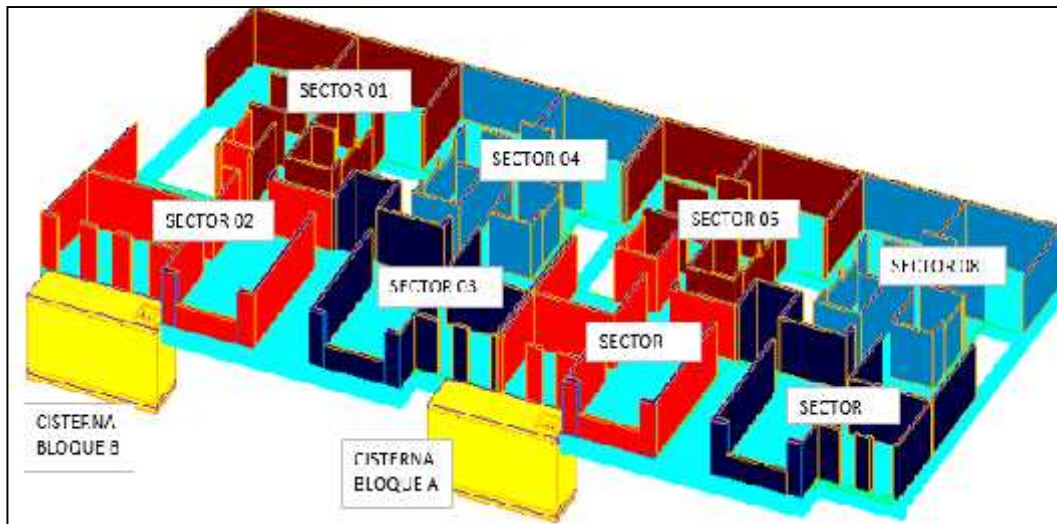


Figura 30. Sectorización de superestructura apartir del Modelo BIM,

Fuente: Elaboración Propia

Según la sectorización de la Superestructura en 4 sectores se dividió las actividades por día siendo las siguientes:

- Primer Día: Acero de verticales (Placas y Columnas), IIEE, IISS,
- Segundo Día: Encofrado de verticales (Placas y Columnas)
- Tercer Día: Vaciado de Verticales (Placas y Columnas)
- Cuarto Día: Encofrado de Vigas y losa de Entrepiso
- Quinto día: Acero de losas
- Sexto día: Instalaciones eléctricas y sanitarias en Losa
- Séptimo Día: Vaciado de concreto en vigas y losa de entrepiso

Se tienen 2 Frentes de Avance Simultáneo (Bloque A y Bloque B), en los cuadro siguientes se muestran la secuencia de rotación de las cuadrillas en los respectivos sectores, repitiéndose para los niveles superiores:

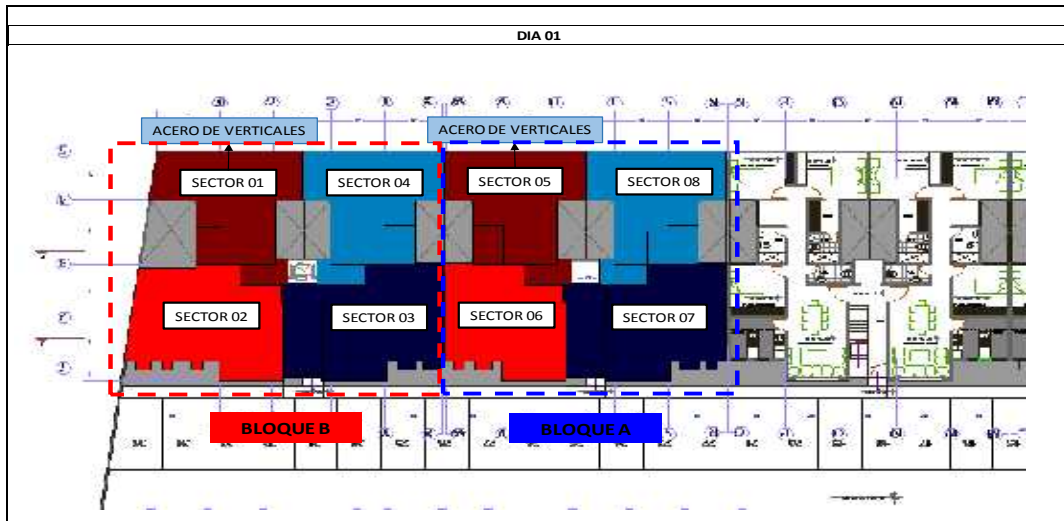


Figura 31. Tren de Actividades de la superestructura (DIA 01),
Fuente: Elaboración Propia

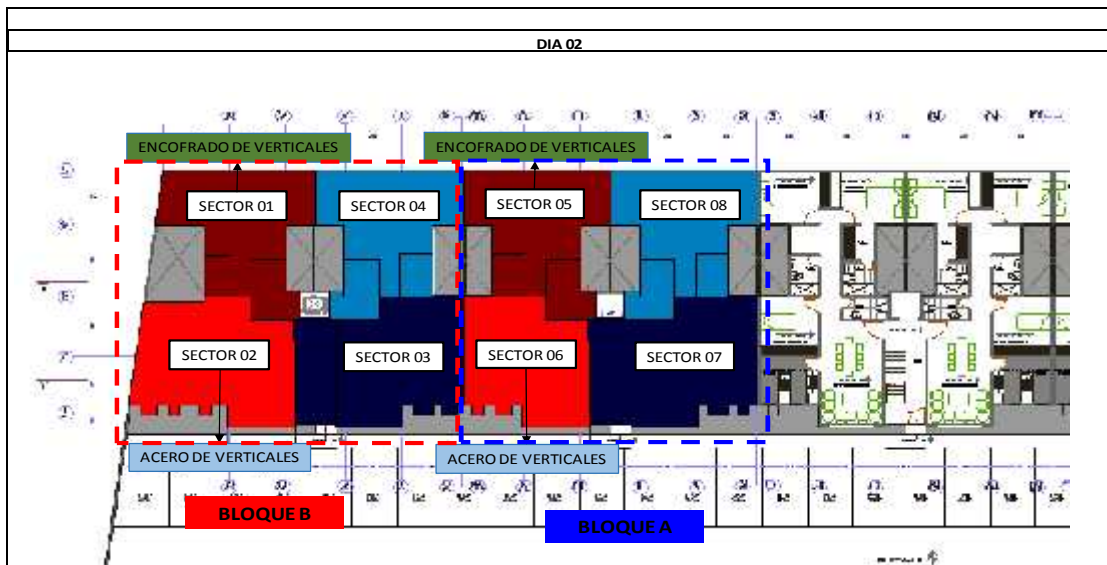


Figura 32. Tren de Actividades de la superestructura (DIA 02),
Fuente: Elaboración Propia

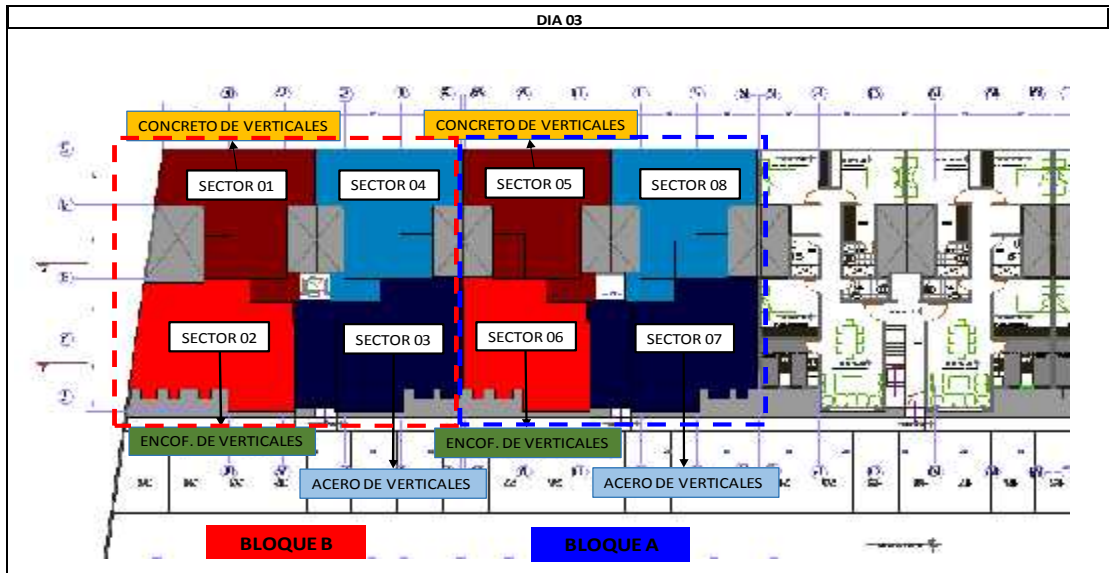


Figura 33. Tren de Actividades de la superestructura (DIA 03),

Fuente: Elaboración Propia

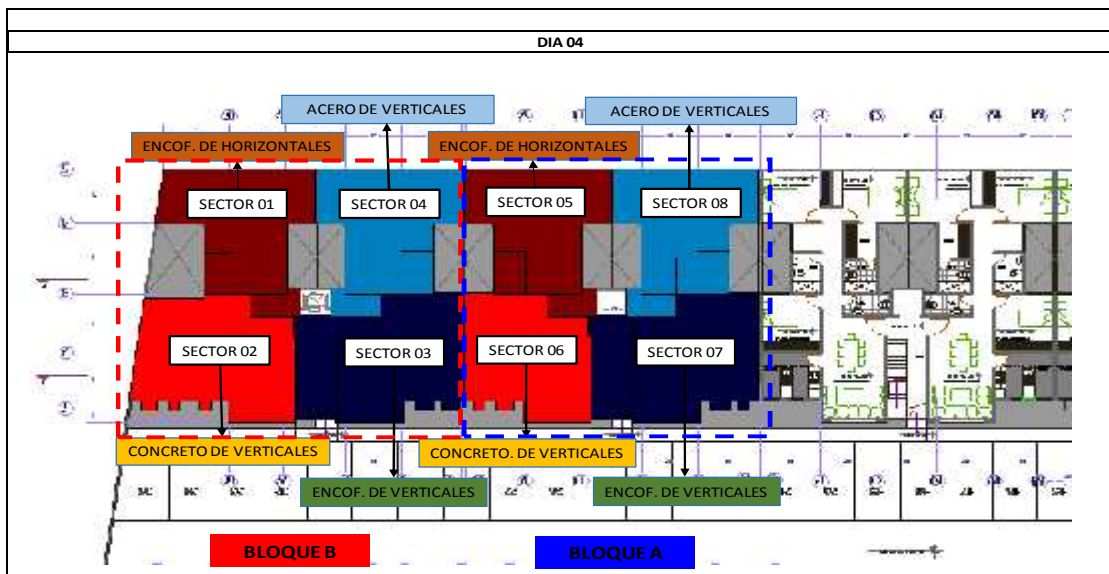


Figura 34. Tren de Actividades de la superestructura (DIA 04),

Fuente: Elaboración Propia

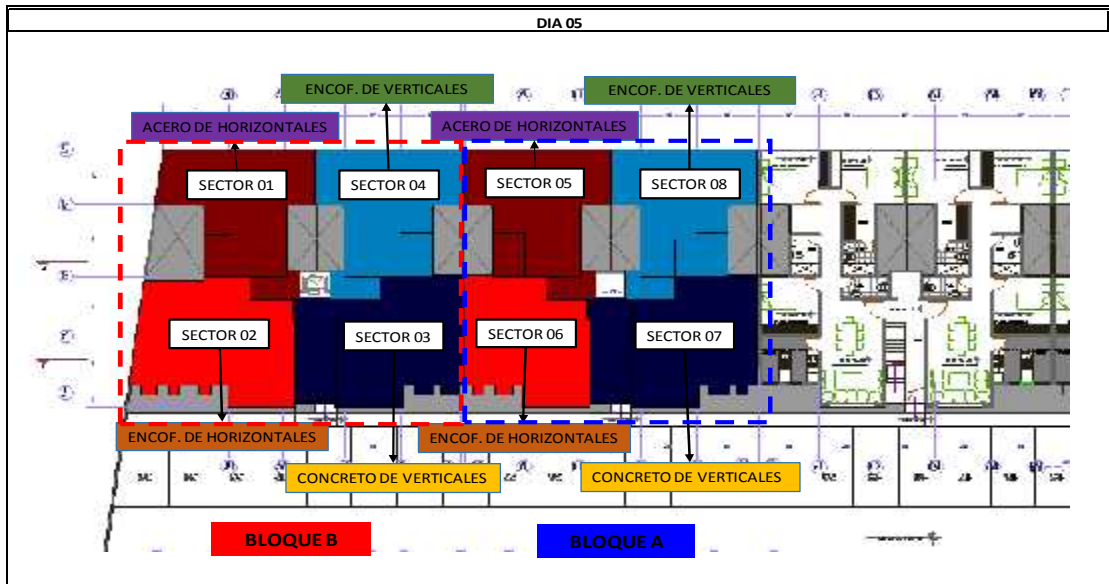


Figura 35. Tren de Actividades de la superestructura (DIA 05),

Fuente: Elaboración Propia

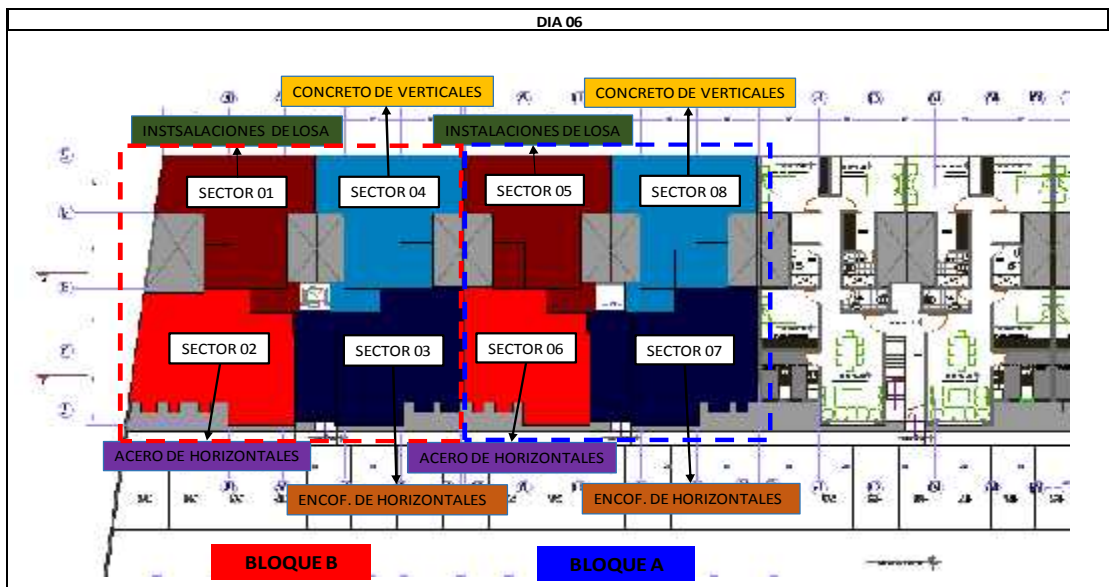


Figura 36. Tren de Actividades de la superestructura (DIA 06),

Fuente: Elaboración Propia

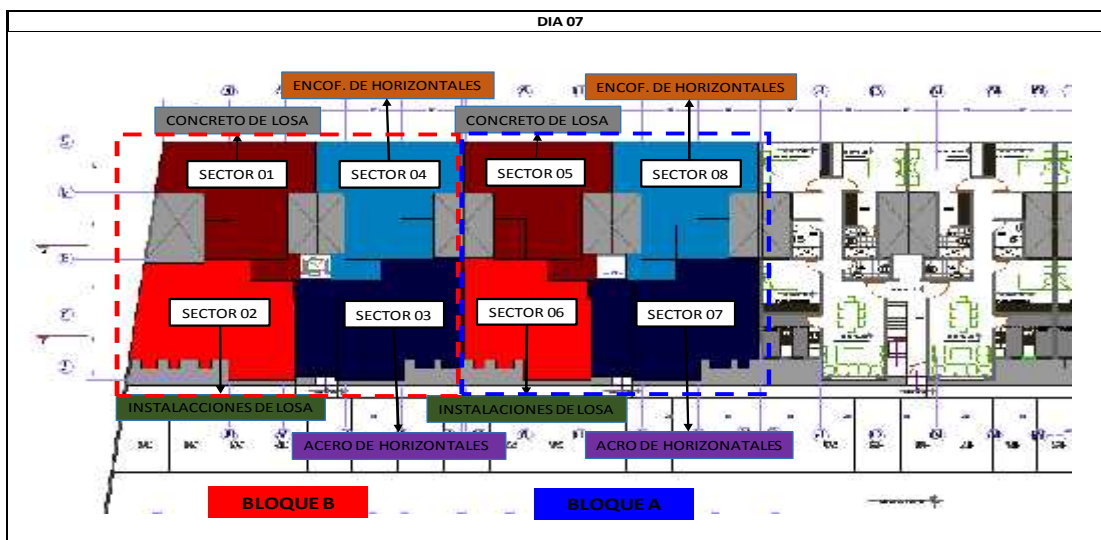


Figura 37. Tren de Actividades de la superestructura (DIA 07),

Fuente: Elaboración Propia

Cabe resaltar la importancia de analizar a detalle la interacción de las actividades dentro del tren y la posibilidad de cumplir con lo estipulado. El procedimiento de sectorización indica que con los metrados se escoge un número de sectores que debe cumplir ciertas restricciones para ser válido, pero esto no es suficiente para validar que el número de sectores sea correcto, para esto se necesita realizar una programación detallada de las actividades dentro del tren y de la interacción de las cuadrillas con la zona de trabajo. La programación detallada toma como base el número de sectores y programa día a día las actividades para cumplir con dicha sectorización, al realizar este ejercicio se pueden ver las partidas críticas y si se podrá o no cumplir con dicha sectorización, protegiendo de esta manera nuestra programación futura.

7.2. Tren de Actividades

En los proyectos de la empresa y en particular en el proyecto en mención (Barranco 360°) se busca implementar el concepto de las curvas de aprendizaje, según el cual el trabajo repetitivo nos lleva a una especialización que mejora la productividad en dicho trabajo, para lograr esto se utiliza principalmente el tren de actividades, el cual necesita que previamente se haya realizado el procedimiento de sectorización.

El tren de actividades brinda la facilidad de asemejar el sistema de construcción a un sistema mucho más industrializado en el cual se usan las líneas de ensamblaje, el tren de actividades tiene el mismo concepto adaptado a la construcción.

Para el proyecto se realiza el tren de actividades para todas las partidas que se utilizaran en la obra, esto se realiza estableciendo una secuencia lineal y correlativa entre los sectores y piso para que las cuadrillas avancen por el lugar de trabajo como el producto lo haría por la línea de ensamblaje en una fábrica.

La aplicación del tren de actividades se puede observar en el Lookahead y las programaciones semanales que se mostraran en las siguientes páginas. A manera de ejemplo y para graficar la secuencia en los proyectos de edificaciones de manera más clara se coloca el siguiente ejemplo de un tren de trabajo en 4 sectores.

5.3 Dimensionamiento de Cuadrillas Mediante el Circuito fiel

En la construcción convencional se da que muchas veces el maestro de obra es el que decide el número de obreros a contratar, lo cual genera que se tenga en la mayoría de los casos un número excesivo de personal en la obra y por consiguiente los niveles de Trabajo Productivo se reduzcan.

Al no tener una metodología determinada para calcular el número de personas que se tendrá en la obra se tiene una incertidumbre en el caso de los atrasos, no se sabe si lo que nos falta es mayor velocidad de producción o más personal y generalmente se intenta resolver este tipo de problemas incrementando el número de obreros por decisión del maestro. Además esto genera proyecciones deficientes en el uso de la mano de obra y nos quita el poder de negociación que se podría tener con ellos para cumplir las metas del proyecto.

Ante todas estas deficiencias identificadas en la contratación del personal en la metodología tradicional de construcción, se ha generado un procedimiento para el dimensionamiento de cuadrillas que va de la mano con los lineamientos de la filosofía Lean Construction y que busca eliminar todas las falencias mencionadas y darnos un total control en la cantidad de personal que tendremos en nuestra obra.

Este procedimiento o metodología es conocido como el Circuito Fiel y tiene como finalidad calcular el número de personas que son necesarias para realizar una actividad (partida) y cumplir con los rendimientos establecidos al iniciar el proyecto y por consiguiente garantizar que se cumpla con un nivel de productividad mayor al promedio.

Una vez realizada la sectorización se tienen los volúmenes de trabajo para las distintas cuadrillas que se tendrá en la obra, como se mencionó en la parte de sectorización lo ideal es que los volúmenes de trabajo sean iguales en cada sector, lo cual es casi imposible de lograr, pero si se obtienen metrados muy similares.

Los metrados por sectores (Generados a partir del modelo paramétrico BIM) son el punto de partida para el uso del Circuito fiel para el proceso de dimensionar cuadrillas, mediante el uso de esta herramienta se busca reducir al máximo el personal obrero en el proyecto contratando solo a la cantidad que en verdad necesitamos para ejecutar cada partida de nuestro presupuesto. Otro de los puntos primordiales para el uso de esta herramienta es el rendimiento presupuestado, en este punto se introduce la capacidad de la empresa en realizar los trabajos de manera más productiva mediante el uso de la filosofía Lean Construction, así los

rendimientos presupuestados tienden a ser más bajos o más productivos que los promedios usados en el sector.

Ya definidas las consideraciones y requerimientos previos procederemos con descripción del procedimiento de uso del Circuito Fiel.

Procedimiento:

- Se establece el número de horas diarias trabajadas, para el caso de de la presente obra se considera un total de 9.6 horas debido a que solo se consideran los trabajos de lunes a viernes
- Calculamos el costo empresa de la HH (Hora Hombre) para tener una idea del ahorro o la perdida que nos puede representar incluir a más personas de las necesarias en la cuadrilla
- De los análisis de precios unitarios se toma el rendimiento presupuestado para la partida seleccionada
- Como para este punto ya se tiene elaborado el tren de trabajo, para nuestro caso 2 sector al día, se procede a colocar el metrado asignado para cada día según los sectores
- Como se mantiene el personal de manera constante las horas a trabajar al día siempre serán el número de personas multiplicado por 9.6 horas

- Con todos estos datos se procede a elaborar la tabla antes mostrada en la cual se tienen las HH diarias y acumuladas, los metrados diarios y acumulados, los rendimientos diarios y acumulados; y el rendimiento presupuestado
- Una vez elaborado el cuadro se sabe que las HH diarias depende el número de trabajadores, entonces esta herramienta consiste en ingresar preliminarmente la conformación de nuestra cuadrilla y luego comparar el rendimiento obtenido con el presupuestado así se podrá asegurar que no se sobredimensione una cuadrilla
- Siempre es importante hacer un seguimiento diario a la productividad (como se muestra en la pág 147), en el caso de eventualidades (mayor o menor presencia de trabajadores por distintas circunstancias), realizando la comparación entre el rendimiento HH/und de obra (en base al número de trabajadores real presentes en obra) y el Rendimiento HH/und Presupuestado, podremos saber si estamos Perdiendo o Ganando Horas Hombre, y determinaremos si nuestra cuadrilla está sobredimensionada o subdimensionada.

A continuación se muestra como ejemplo el dimensionamiento de la cuadrilla de encofrado, el dimensionamiento de las demás partidas estudiadas se mostraran en el Anexo 04


DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - ENCOFRADO Y DESENC. DE COLUMNAS Y MUROS																						
	PROYECTO:	RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO	Jornada:	9,6	Horas/día	Rendim. Presupuesto:	36	M2/Jornada	Rendim. Presupuesto:	0,53	M ² /M ²											
	DIRECCION:	AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 190	Cuadrilla:	1	Operarios	Rendimiento Meta:	40	M2/Jornada	Rendimiento Meta:	0,48	M ² /M ²											
	PARTIDA:	ENCOFRADO Y DESENC. DE COLUMNAS Y		0	Obreros	Nro de Cuadrillas:	3	Cuadrillas	Costo III Promedio:	10,10	Dólar/MT											
	UNIDAD:	M ²		1	Peones	Nro de Trabajadores:	10	Total Propuesto														
			NIVEL 03				NIVEL 07				NIVEL 08				NIVEL 04				NIVEL 05			
DESCRIPCION	UNIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - ENCOFRADO Y DESENC. DE COLUMNAS Y MUROS																						
SECTOR		51,55	52,56	53,57	54,58	51,55	52,56	53,57	54,58	51,55	52,56	53,57	54,58	51,55	52,56	53,57	54,58	51,55	52,56	53,57	54,58	
M ² RENDIM. META HORAS	M ²	321,44	323,24	325,04	326,84	327,64	329,44	331,24	333,04	321,44	323,24	325,04	326,84	327,64	329,44	331,24	333,04	321,44	323,24	325,04	326,84	
N PERSONAS	LWD	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	15,00	15,00	15,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	15,00	15,00	15,00	16,00	16,00	16,00	16,00	
RENDIMIENTO META	HR/M ²	0,43	0,43	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,43	0,43	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,43	0,43	0,48	0,48	
DURACION	HORAS	9,65	9,70	10,77	9,66	9,65	9,77	9,97	9,67	9,65	9,77	9,97	9,67	9,65	9,76	9,90	9,67	9,70	9,94	10,02	9,76	
PROMEDIO RENDIM. METAS	HR/M ²	0,43	0,43	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,43	0,43	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,43	0,43	0,48	0,48	
DURACION	HORAS	9,65	9,70	10,77	9,66	9,65	9,77	9,97	9,67	9,65	9,77	9,97	9,67	9,65	9,76	9,90	9,67	9,70	9,94	10,02	9,76	
RENDIMIENTO PRESUPUESTO	HR/M ²	0,43	0,43	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,43	0,43	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,43	0,43	0,48	0,48	
DURACION	HORAS	10,72	10,78	11,96	10,73	10,72	10,86	11,08	10,79	10,72	10,86	11,08	10,79	10,72	10,81	11,09	10,79	10,78	11,04	11,33	10,81	
Ahorro/Pérdida DEL DIA	HORAS	17,15	17,24	19,14	17,17	17,15	17,38	17,73	17,18	17,15	17,38	17,73	17,18	17,15	17,35	17,75	17,18	17,24	17,67	17,81	17,25	
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	HORAS	17,15	34,39	53,53	70,70	87,85	105,23	122,96	140,14	157,29	174,67	192,40	209,58	226,73	244,09	261,83	279,02	296,26	313,51	331,71	349,05	
Ahorro/Pérdida DEL DIA	\$/	276,10	277,08	308,78	276,40	276,10	279,76	283,47	276,64	276,10	279,76	283,47	276,64	276,10	279,34	283,47	276,64	276,64	277,94	284,43	286,87	279,39
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	\$/	276,10	553,60	862,66	1.139,27	1.415,30	1.691,10	1.977,61	2.264,25	2.552,41	2.842,17	3.097,64	3.371,26	3.650,13	3.923,77	4.215,51	4.492,15	4.765,79	5.051,24	5.341,05	5.626,35	

Tabla 09. Dimensionamiento de Cuadrillas-Encofrado de Muros y Columnas

Fuente: Elaboración Propia

5.4 Last Planner

El Last Planner nos permite controlar la obra desde el planeamiento general hasta la realización de las actividades en campo, esto por intermedio de sus varios escalones de programación que ya describimos en la parte anterior.

En nuestro proyecto se aplicaron todas las etapas de planeamiento y programación sugeridas por este sistema y a continuación se mostrara la metodología con que se realizó cada una de ellas.

5.4.1 Planificación maestra

La Planificación Maestra es bastante similar a la Planificación general de obra que se realizaba con la metodología tradicional de construcción porque busca prever lo que pasara durante la ejecución del proyecto. Sin embargo, existe una diferencia fundamental entre los 2 tipos de planificación, lo que le brinda mayor confiabilidad a la planificación maestra. La diferencia que mencionamos es que en la construcción tradicional se usa una planificación general de obra en la cual se extiende hasta el detalle la planificación, según esto se podría saber que viga estará vaciando en un día cualquier entre otras cosas. En contraste a esto el Last Planner presenta una planificación por hitos, en los cuales no se entra en tanto detalle para saber que haremos cada día sino que se pone

hitos (fechas límites) que se tienen que cumplir. Para lograr dicho objetivo propone otras herramientas de planificación más detallada.

Analizando la planificación maestra del proyecto Torres de 2 de Mayo se observa que se inició el proyecto el lunes 06-07-2015 y tiene una duración aproximada de 5 meses, culminando el 27-11-2015. Como se mencionó esta es una planificación por hitos, siendo los más importantes para este proyecto el movimiento de tierras, cimentación, subestructura, superestructura, acabados, instalaciones y ascensor.

Centrándonos en la etapa en estudio que es el casco de la estructura podemos ver que este hito tiene como fecha de inicio el 13/07/2015 y fecha de fin el 25/09/2015, dentro de la superestructura que es donde se realizaron las mediciones de productividad se tienen los pisos como sub-hitos que más adelante se irán detallando más en el Lookahead y programaciones semanales.

A continuación se muestra el cronograma general, el cual fue elaborado antes del inicio del proyecto entre gerencia de la inmobiliaria y gerencia de la constructora, dicho cronograma general sirvió de base para plantear y formular el cronograma lookahead que se elaborará posteriormente.

5.4.2 Lookahead Plan

El Lookahead es una programación intermedia del sistema Last Planner y la duración de esta depende principalmente de 2 factores, el horizonte máximo de la variabilidad para el proyecto y el mínimo del tiempo que tomen levantar las restricciones. El Lookahead de 4 semanas se tiene como un estándar en proyectos de edificaciones , y además es un tiempo prudente para levantar todo tipo de restricciones.

En el primer anexo, se muestra el Lookahead de las semanas 01 a 04, como se puede apreciar aquí cómo se forman los trenes de actividades y el trabajo va avanzando a través de los sectores para luego avanzar piso por piso, los pisos se distinguen con colores diferentes para identificar más rápido los niveles de avance esperados en el Lookahead.

Adicionalmente al formato original, se viene acompañado del análisis de restricciones, en. En este formato se integra el Lookahead planning con el análisis de restricciones para que sea más visible la relación entre las actividades y sus restricciones, además de facilitar la identificación de las mismas, de esa manera se puede identificar rápidamente las acciones a realizar para liberar el plan y poder proceder con la programación semanal. Un modelo de Programación Lookahead se muestra en el Anexo 01

5.4.3 Programación semanal

Las programaciones semanales se obtienen a través de la expansión de la planificación intermedia o Lookahead, para nuestro caso las programaciones semanales se realizaban todos los viernes en una reunión entre el Ingeniero Residente y los ingenieros del staff de obra. El ingeniero residente es el responsable de elaborar el Lookahead mientras que el Ingeniero de campo en coordinación con el Ingeniero de oficina técnica son los responsable de gestionar los recursos y asignar los responsables para el levantamiento de restricciones, por consiguiente en cada reunión se establecían las actividades que se programaran en la semana teniendo en cuenta que ya se hayan levantado las restricciones previas.

Una vez establecidas las actividades libres de restricciones se procedía a establecer la cantidad de trabajo que se asignará a cada cuadrilla en la semana, esta cantidad de trabajo ya estaba definida con anterioridad en el Lookahead, pero se verificaba nuevamente porque en algunos casos cambiaban las condiciones de trabajo (menos mano de obra, más avance requerido, etc.)

La particularidad de las programaciones semanales en la obra era que se incluían buffers de tiempo en la programación, esto hacía que la programación semanal real solo se haga contando 5 días a la semana, es decir de lunes a viernes, por lo cual se tenía el medio día del sábado para cumplir con algunas actividades programadas que no hayan podido ser completadas en el transcurso de la semana. El uso de estos buffers de tiempo significó una mejora considerable en los PPC (porcentaje de plan cumplido) y por consiguiente una confiabilidad mayor de la programación semanal, lo cual repercutió positivamente en el cumplimiento de los plazos del proyecto.

Como se puede ver el formato de programación semanal que se utiliza en la empresa tiene una parte designada para el seguimiento de las restricciones. Esta funciona como un recordatorio para verificar que cada actividad que se agregue a la programación semanal esté libre de restricciones.

Se integró el Modelo Paramétrico BIM a la programación a fin de determinar con mayor certeza y rapidez las metas establecidas, además de servir como un medio eficaz y eficiente cuando se transmite y ajusta la planificación hacia el personal obrero, determinando claramente las metas que se busca

alcanzar cada semana, en el cuadro siguiente se muestra la planificación semanal de encofrado y concreto, integrada al modelo paramétrico BIM :

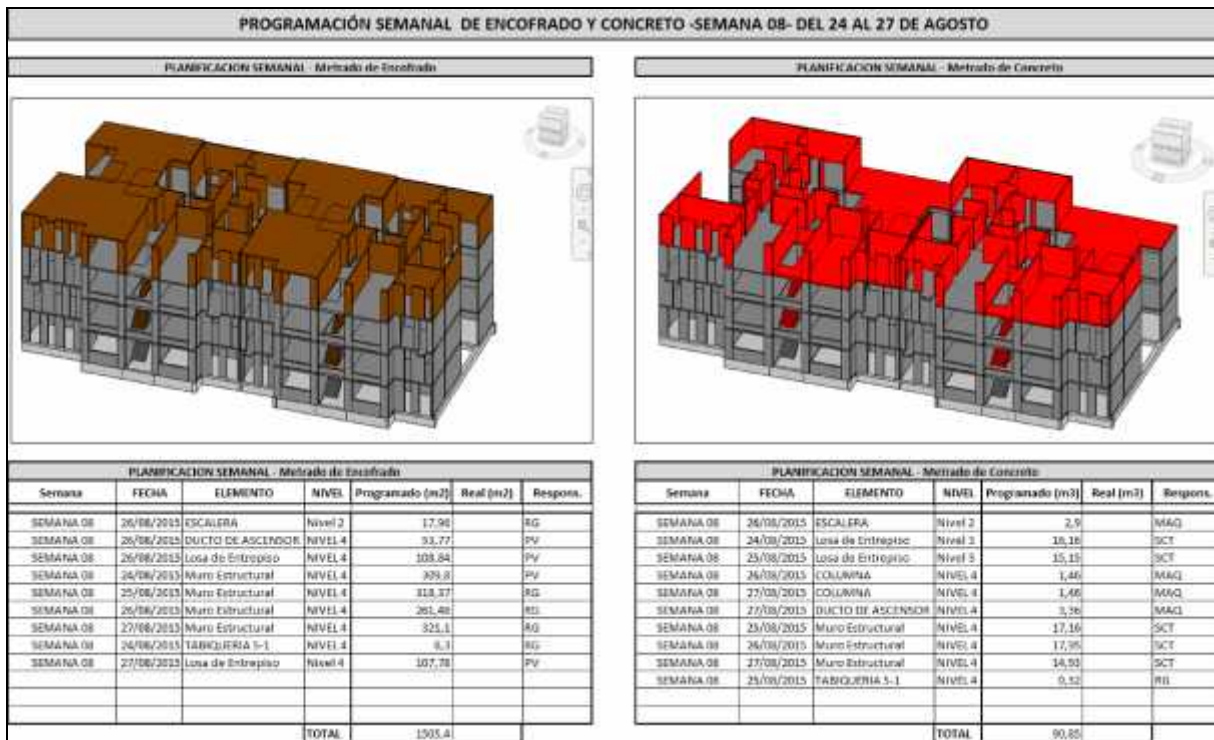


Figura 39. Programación semanal de encofrado y concreto a partir del Modelo BIM

Fuente: Elaboración Propia

5.4.4 Programación Diaria

Para nuestro proyecto la programación diaria es elaborada en coordinación con el equipo de obra (Supervisor, oficina técnica, prevencionista y maestro de obra) en reuniones diarias al finalizar la jornada de trabajo, ya que en

esos momentos es cuando se conoce el avance real que se logró en el día y si se cumplió con las actividades establecidas en la programación diaria anterior, ya que puede darse el caso de que existan actividades que no se ejecutaron o completaron en el día y se tiene que colocar en la programación del día siguiente.

La particularidad de la programación diaria que se realizó es que comprende 2 partes: La grafica en la cual se muestra lo programado en un plano y con colores distintos para que sea más fácil de identificar en campo y la programación escrita en la que se detalla de forma escrita todas las actividades y cantidades a desarrollar en el día así como los encargados de cada labor.

Una vez elaborada la programación diaria es firmada por los responsables principales de producción (Ingeniero de campo y maestro de obra) y se deja lista para entregar a los capataces de cada cuadrilla al inicio de la jornada laboral del siguiente día y de esa manera asegurarnos que todos los involucrados en el proceso tengan la información del trabajo que se tiene que realizar en el día.

A continuación se muestra un ejemplo de las programaciones diarias (parte grafica), en la cual se colocan gráficamente las actividades a realizar. Como se puede apreciar para las programaciones diarias y algunas otras herramientas como la sectorización

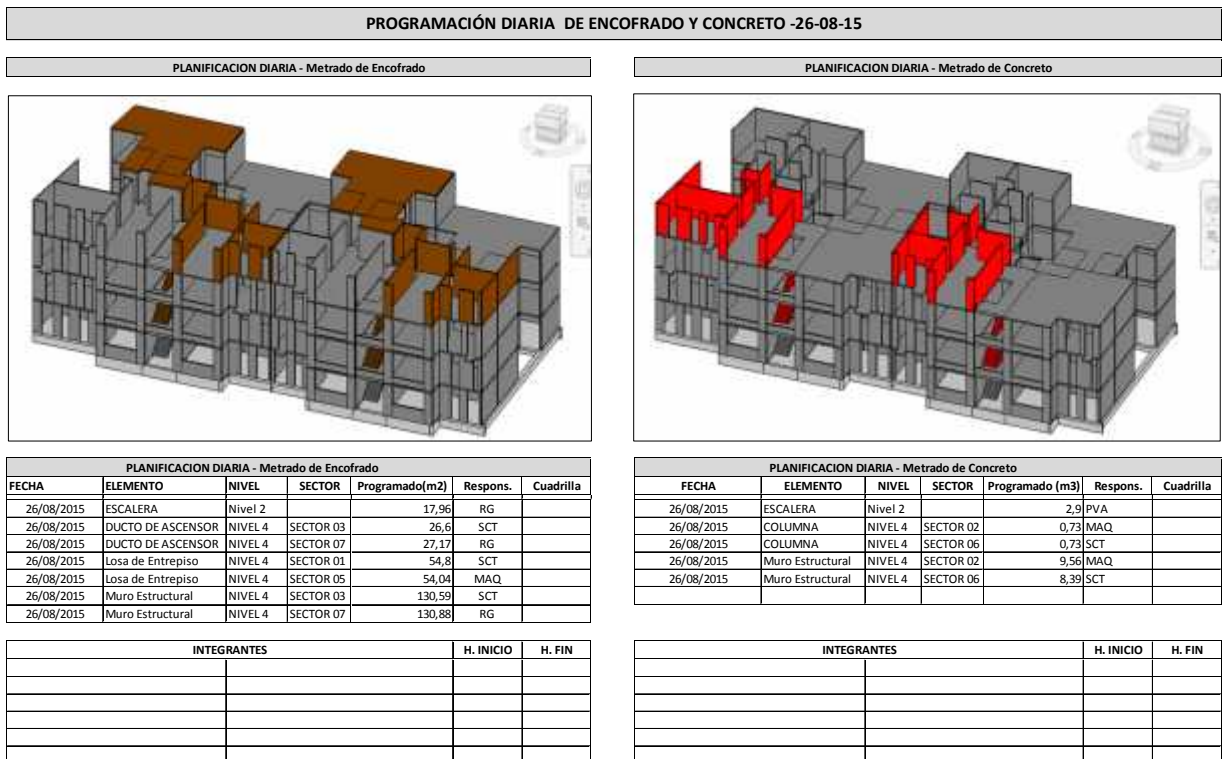


Figura 40. Programación DIARIA de encofrado y concreto a partir del Modelo BIM

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI: TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

6.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1.1 Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)

Se tiene la necesidad de medir el desempeño de cada plan de trabajo semanal para poder estimar la confiabilidad de todo el proceso de planificación y programación en el proyecto. Los indicadores son una buena forma de ver que tanto ha influido la implementación del sistema en la obra. Esta medición, que es el primer paso para aprender de las fallas e implementar mejoras, se realiza a través del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC). El PPC evalúa entonces hasta qué punto el sistema implementado (Sinergia Lean Construction - BIM) fue capaz de anticiparse al trabajo que se hará en la semana siguiente. Es decir, compara lo que se desea hacer según el plan de trabajo semanal con lo que realmente se hizo, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación para nuestra obra en particular, ya que los resultados del PPC dependen exclusivamente de las condiciones de implementación de cada obra y de la capacidad de anticiparse a los hechos a través de las programaciones.

La experiencia recogida hasta la fecha ha demostrado, que si se incrementa sistemáticamente el nivel de cumplimiento de la planificación, es posible lograr un significativo aumento en la productividad y desempeño general del proyecto. La explicación de estos mejoramientos, es que por medio de un mejor cumplimiento de la planificación, se logra estabilizar el ambiente de trabajo del proyecto, lo que genera un ciclo virtuoso que permite que la producción se realice en forma continua, sin interrupciones y en forma eficiente. Para obtener el PPC se necesita obtener el número de actividades completadas y el número de actividades programadas en la semana, es por esto que el PPC se realiza para cada programación semanal del proyecto teniendo un resultado por semana a lo largo del proyecto, lo cual genera un resultado acumulado del PPC al final de la obra. Las actividades que no se hayan cumplido en su totalidad tienen una razón por la cual no se realizó, estas son las causas de incumplimiento que se analiza para todas estas actividades buscando que al pasar las semanas se tenga resultados claros de los puntos en los que se está fallando para entrar al proceso de mejora continua. Finalmente se hace un conteo de las actividades realizadas en su totalidad y se divide en el total de programadas teniendo como resultado el PPC semanal.



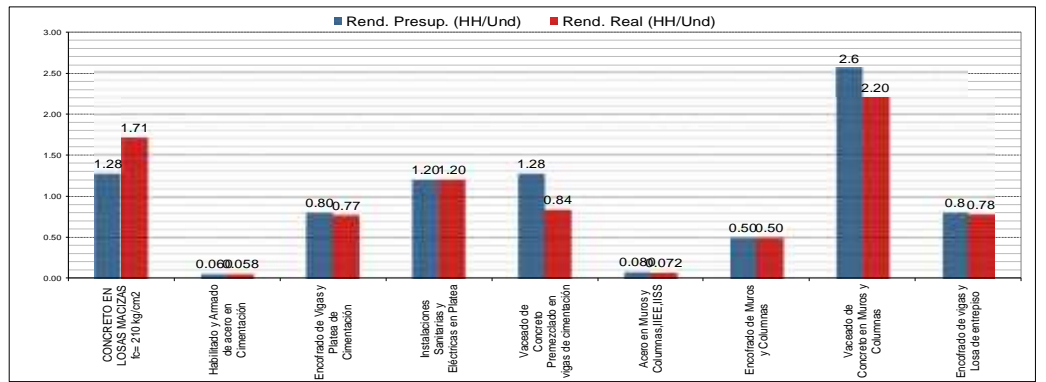
Figura 41. Distribución de Reuniones de Planificación

Fuente: MRM Construcciones

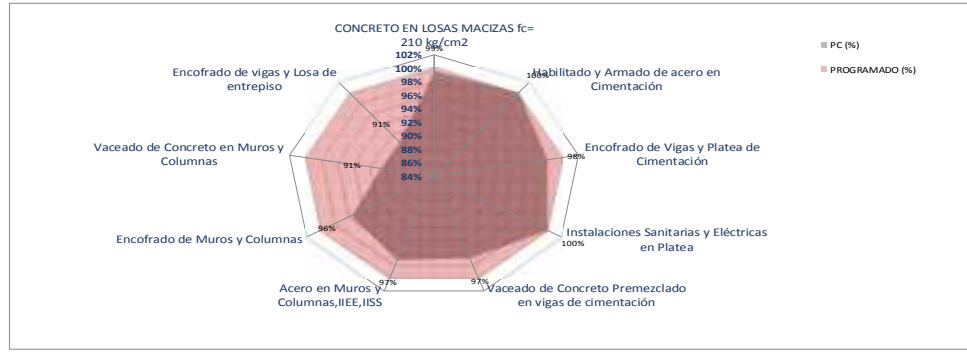
Para poder entender mejor lo que se explicó anteriormente, a continuación se colocara una vista del formato utilizado para obtener el PPC y otras medidas de referencia para la obra como el rendimiento presupuestado y el real obtenido en obra (HH/und) en cada una de las actividades programadas durante la semana.

Luego de observar la forma en la que se elaboran los PPC, nos centramos en los resultados que se obtuvieron en este proyecto con la implementación de las herramientas Lean Construction y Building Information Modeling (BIM).

PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 03



RESUMEN DE METAS SEMANAL									
Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	Cistema- Techo	CONCRETO EN LOSAS MACIZAS f _c = 210 kg/cm ²	m ³	3.5	1.28	3.5	1.71	99%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	Cimentación A	Habilitado y Armado de acero en Cimentación	Kg	1339.0	0.060	1340	0.058	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
3	Cimentación A	Encofrado de Vigas y Placa de Cimentación	m ²	138.7	0.80	136	0.77	98%	Retraso en los primeros días de encofrado
4	Cimentación A	Instalaciones Sanitarias y Eléctricas en Placa	Bloq.	1.2	1.20	1.2	1.20	100%	se completó las insltaciones faltantes de la placa B
5	Cimentación A,B	Vaceado de Concreto Premezclado en vigas de cimentación	m ³	124.0	1.28	120	0.84	97%	Retraso en la llegada del 3er mixer a obra
6	NIVEL 01	Acero en Muros y Columnas, I, E, E, I, S, S	Kg	7650.9	0.080	7425	0.072	97%	Falta completar armado de acero en 2 muros, sector 8
7	NIVEL 01	Encofrado de Muros y Columnas	m ²	1003.7	0.50	960	0.50	96%	Retraso en la habilitación de paneles
8	NIVEL 01	Vaceado de Concreto en Muros y Columnas	m ³	36.4	2.6	33	2.20	91%	3.4 m ³ se vacearon fuera del horario programado
9	NIVEL 01	Encofrado de vigas y Losa de entrepiso	m ²	108.2	0.8	98	0.78	91%	Retraso en la habilitación de paneles
10									
20									
								% Cumplimiento	96%



Recomendaciones :
 Realizar un seguimiento del vaciado de losas (especialmente en la losa de cimentación) para que luego de fraguada la losa no se encuentre varillas de acero vertical fuera del trazo de los muros. Así como también no enderezar el acero previamente grifado. De esta manera se reducirá los trabajos rehechos, que junto con el tiempo ocioso suman el 50% del total de trabajo no contributivo
 Se sugiere reemplazar el operario de la cuadrilla por un ayudante, ya que de toda la cuadrilla este es el que tiene más tiempo tiene acarreado material

Tabla 10. Porcentaje de Plan Cumplido Semanal
 Fuente: Elaboración Propia

En este caso solo se evaluará los resultados obtenidos hasta el fin de la etapa programada de construcción (Bloque A, B, Habilitación Urbana).

Como se puede apreciar en el gráfico siguiente, en un total de 19 semanas se obtuvo un porcentaje de cumplimiento igual o mayor a 91%, También se puede apreciar que en ninguna semana se logró realizar el total de las actividades programadas, pero se alcanzaron niveles de hasta 98% en el PPC. El porcentaje mayor obtenido nos da una idea de cómo se está programando en la obra, es decir puede ser sencillo obtener porcentajes de hasta 100% en el PPC si la programación semanal no está tan ajustada. Sin embargo, el hecho de que se tenga porcentajes perfectos de cumplimiento durante varias semanas nos daría a pensar que se está programando una cantidad de trabajo menor a la que se puede realizar.

Por tal motivo, programando cantidades de trabajo adecuadas la tendencia es a estar un poco por debajo del 100% de cumplimiento. Teniendo en consideración las 19 semanas que estamos analizando se obtiene un PPC acumulado al final de este periodo de 96% lo que refleja los buenos resultados que se fueron obteniendo semana a semana durante la ejecución de la obra y las mejoras que viene haciendo la empresa respecto a obras anteriores en las que no se alcanzaba similar nivel de cumplimiento.

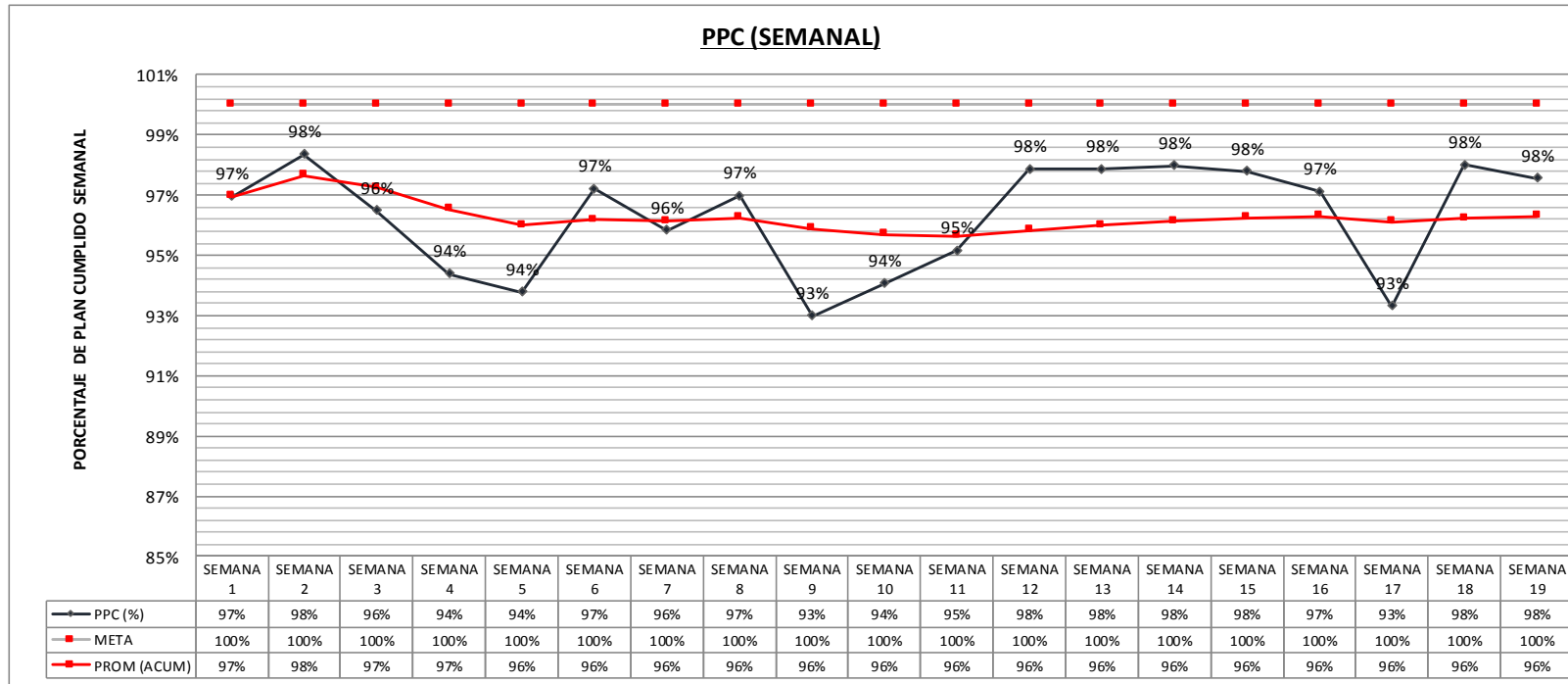


Figura 42. Porcentaje de Plan Cumplido Semanal

Fuente: Elaboración Propia

6.1.2 Causas de incumplimiento

La construcción es una industria que posee niveles muy altos de variabilidad que hacen que no siempre se puedan ejecutar las tareas planeadas, para reducir las incidencias de la variabilidad se ha implementado nuevas metodologías de planeamiento como el Last Planner System logrando muy buenos resultados en los proyectos que lo usaron, pero a pesar de que este sistema mejora la confiabilidad de las programaciones no puede reducir completamente las incidencias de la variabilidad en la construcción.

Las causas de incumplimiento buscan minimizar aún más los efectos negativos de la variabilidad remitiéndose a la forma en que esta actúa contra nuestras programaciones o en otras palabras al motivo de porque una actividad no fue completada con éxito cuando fue programada. Tener conocimiento de las causas de incumplimiento de cada actividad servirá para elaborar un cuadro estadístico en el cual se pueda revelar los principales problemas de la obra que causaron que las actividades no se realicen con éxito en su momento.

Una vez obtenida la información estadística de las causas de incumplimiento se usa en el proceso de mejora continua o lecciones aprendidas, según el cual nos centramos en evitar o solucionar los

indicadores de variabilidad que causaban incumplimiento de nuestras actividades, para esto cabe mencionar que en la mayoría de los casos un gran porcentaje de incumplimientos es causado por un pequeño grupo de problemas, los cuales se tratara de solucionar para mejorar el PPC según se vaya avanzando el proyecto o para proyectos futuros.

Para poder crear una base estadística de las principales causas de incumplimiento se empieza por crear un catálogo de causas de incumplimiento juntando las causas en grupos que representan el área en que se originó el problema y por consiguiente el responsable de minimizarlas o de ser posible eliminarlas. También es importante mencionar que la cantidad de veces que se repite una causa de incumplimiento no está ligada al impacto que se tenga en el proyecto, puede haber una causa de incumplimiento única que afecte de gran manera al proyecto ya sea en costo o plazo. El procedimiento de registro de causas de incumplimiento se realiza todas las semanas con cada programación semanal y se va formando un nuevo cuadro en el cual se van registrando los resultados semanales de las causas de incumplimiento para que al final de la obra tengamos una estadística más fiable de las principales causas de incumplimiento.

<p>1. DIRECTIVAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Indefinición en las Condiciones de Satisfacción, tolerancias, etc. ○ Diseños defectuosos (no claros, no completos,) ○ Cambios de última hora en los diseños ○ Malas instrucciones de trabajo <p>2. PERSONAL</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ausencias ○ Intermittencias o pausas no programadas: estibaje, comidas, distracciones. ○ Bajos rendimientos ○ Mala ejecución, que ocasiona re-trabajos <p>3. MATERIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Mala estimación de materiales ○ Materiales defectuosos ○ Problemas con proveedores <p>4. HERRAMIENTAS/EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ En malas condiciones ○ Mala estimación (no prever el equipo o herramienta justa) ○ Falta de combustibles/bajo voltaje/... <p>5. PRE-REQUISITOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Entrega tardía ○ No cumple las Condiciones de Satisfacción para la siguiente cuadrilla <p>6. ESPACIO DE TRABAJO</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Incomodidad para ejecutar los trabajos ○ Falta de luz, buena ventilación, etc. ○ Inseguridad, que hace más lento el trabajo <p>7. CONDICIONES EXTERNAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Condiciones climáticas adversas ○ Paro de las actividades por pedido de autoridades ○ Sistemas de pago deficientes <p>8. PROGRAMACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Exceso en la carga de trabajo asignada ○ Cambios en la secuencia de ejecución ○ Cambios en las prioridades <p>9. IMPREVISTOS/OTROS</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Accidentes, lesiones ○ Cortes de energía eléctrica/agua potable ○ Entre otros

Tabla 10. Catálogo de Causas de No Cumplimiento

Fuente:Lean Construction Institute

El procedimiento de registro de causas de incumplimiento se realiza todas las semanas con cada programación semanal y se va formando un nuevo cuadro en el cual se van registrando los resultados semanales de las

causas de incumplimiento para que al final de la obra tengamos una estadística más fiable de las principales causas de incumplimiento. Para obtener los resultados acumulados utilizamos un cuadro que abarca todas las semanas de la obra en el cual se colocan los resultados semanales de causas de incumplimiento con el fin de generar un gráfico total del proyecto. Dichos resultados serán usados como puntos a mejorar en futuras etapas de la obra u otras obras.

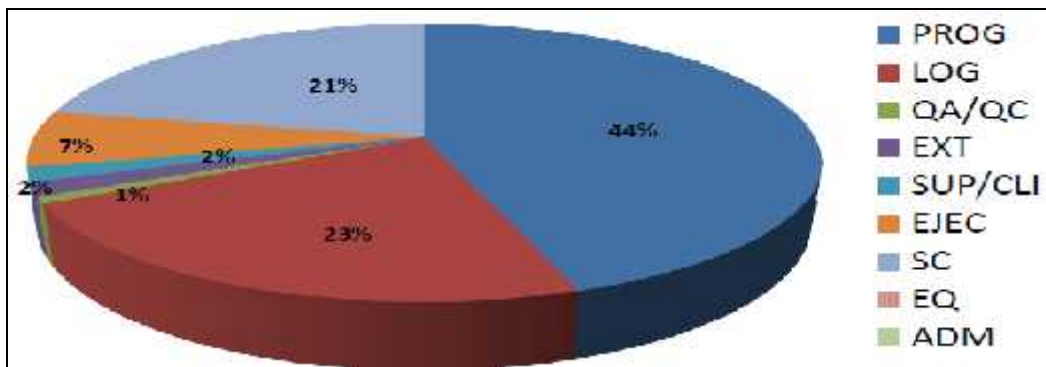


Figura 43. Incidencia de Causas de no Cumplimiento en la obra (CNC)

Fuente: Elaboración Propia



Figura 44. Diario mural con los cumplimientos obtenidos en la planificación de la obra, indicando el PPC obtenido semanalmente

Fuente: Elaboración Propia

La idea principal de realizar las causas de incumplimiento es que saquemos conclusiones de los resultados obtenidos, por ejemplo se puede observar que existen 2 grupos que no tienen participación en las causas de incumplimiento que son administración y equipos, lo cual nos indica que se ha realizado de forma adecuada los trabajos administrativos en la obra y se realizó un correcto control de los equipos usados.

Además se puede apreciar como dijimos anteriormente que un gran porcentaje de las causas de incumplimiento (88%) está relacionado con tan solo 3 grupos que son Programación, Subcontratos y Logística, esto quiere decir que la mayor parte de las fallas provienen de errores de programación, fallas de los subcontratistas y demoras en la llegada de los materiales, por lo que hay que ponerle un todavía énfasis especial a la programación y a los pedidos del área de logística para poder reducir las actividades incumplidas y poder incrementar el nivel de confianza en la programación que se calcula con el PPC.

6.1.3 Curva de Productividad

La curva de Productividad es un concepto que se busca emplear en la construcción con el uso de la filosofía Lean, en especial mediante el uso de la sectorización (elaborados a partir del modelo paramétrico BIM) y el tren de actividades (cuadrillas que hagan una sola labor). El uso en conjunto de estas 2 herramientas nos permite lograr un proceso de especialización de los trabajadores en las labores que realizan, incrementando de esa manera la eficiencia de ejecución de los trabajos lo cual se puede apreciar en la medición de rendimientos durante el progreso de la obra. Analizando las partidas representativas de la etapa de casco como son Encofrado, concreto.

Partida de Concreto Armado

-Vaciado de Concreto en Muros:

La partida de Concreto Armado se inició la semana N° 3 y finalizó en la semana 10, el rendimiento de la primera semana en esta partida fue de 2,72 hh/m³, lo cual estaba por encima del rendimiento presupuestado para la partida (2,56 hh/m³), es decir inicialmente se estaban empleando más horas de las presupuestadas por cada m³ (lo cual generaba pérdidas, como se puede observar en el cuadro siguiente). Según se iba avanzando con los trabajos se fueron viendo mejoras en los rendimientos, en la semana N° 5 se tenía un rendimiento acumulado de 2,42 hh/m³ y se concluyó la partida con un rendimiento acumulado de 2,40 hh/m³ en la semana N°10

Como se puede apreciar en el gráfico siguiente, los rendimientos de la partida fueron bajando semana a semana, incluso mejorando el rendimiento presupuestado. Según la teoría de la curva de aprendizaje, el porcentaje de aprendizaje es el porcentaje de tiempo en el cual se logra hacer el trabajo luego del doble de veces.

REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - CONCRETO EN COLUMNAS Y MUROS



PROYECTO:	RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
DIRECCION:	AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
PARTIDA:	CONCRETO EN COLUMNAS Y MUROS
UNIDAD:	M3

Jornada:	9,6	Horas/día
Cuadrilla:	3	Operarios
	1	Oficiales
	4	Peones

Rendim. Presupuesto:	30	M3/Jornada
Rendimiento Meta:	30,5	M3/Jornada
Nro de Cuadrillas:	1	Cuadrillas
Nro de Trabajadores:	8	Total Propuesto

Rendim. Presupuesto:	2,56	HH/M3
Rendimiento Meta:	2,52	HH/M3
Costo HH Promedio:	15,73	Soles/HH

DESCRIPCION	UND	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05			
		23-jul	24-jul	29-jul	30-jul	05-ago	06-ago	07-ago	10-ago	14-ago	17-ago	18-ago	19-ago	25-ago	26-ago	27-ago	31-ago	04-sep	07-sep	08-sep	09-sep

REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - CONCRETO EN COLUMNAS Y MUROS

Operaciones:	SECTOR	UND	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	
(1)	HH TRABAJADAS DIARIAS	HH	48,0	48,0	48,0	44,0	44,0	44,0	44,8	44,0	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	42,00
(2)=Sum(1)	HH TRABAJADAS ACUMULADAS	HH	48,0	96,0	144,0	188,0	232,0	276,0	320,8	364,8	408,8	452,8	497,6	541,6	585,6	629,6	673,6	717,6	761,6	805,6	849,6	891,6	
(3)=Metrado	UNIDADES DE AVANCE	M3	17,67	18,73	21,37	17,72	17,68	18,88	19,71	17,73	17,68	18,74	19,33	17,73	17,68	18,87	19,74	17,73	17,76	19,45	19,98	17,91	
(4)=Sum(3)	AVANCE ACUMULADO	M3	17,67	36,40	57,77	75,49	93,17	112,05	131,76	149,49	167,17	185,91	205,24	222,97	240,65	259,52	279,26	296,99	314,75	334,20	354,18	372,09	
(5)=(1)/(3)	RENDIMIENTO DIARIO	HH/M3	2,72	2,56	2,25	2,48	2,49	2,33	2,27	2,48	2,49	2,35	2,32	2,48	2,49	2,33	2,23	2,48	2,48	2,26	2,20	2,35	
(6)=(2)/(4)	RENDIMIENTO ACUMULADO	HH/M3	2,72	2,64	2,49	2,49	2,49	2,46	2,43	2,44	2,45	2,44	2,42	2,43	2,43	2,43	2,41	2,42	2,42	2,41	2,40	2,40	
(7)=Presup.	RENDIMIENTO PRESUPUESTO	HH/M3	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	
(8)=(7)-(5)*(3)	Ganacia / Pérdida DEL DIA	HH	-2,76	-0,05	6,71	1,36	1,26	4,33	5,66	1,39	1,26	3,97	4,68	1,39	1,26	4,31	6,53	1,39	1,47	5,79	7,15	3,85	
(9)=(7)-(6)*(4)	Gan. / Per. ACUMULADO	HH	-2,76	-2,82	3,89	5,25	6,52	10,85	16,51	17,89	19,16	23,13	27,81	29,20	30,46	34,77	41,31	42,69	44,16	49,95	57,10	60,95	
(10)=(8)*C.U.	Ahorro/ Pérdida DEL DÍA	S/.	-43,49	-0,81	105,50	21,44	19,83	68,15	88,99	21,84	19,83	62,51	73,69	21,84	19,83	67,75	102,78	21,84	23,05	91,10	112,44	60,55	
(11)=Sum(9)	Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	-43,49	-44,29	61,20	82,65	102,48	170,63	259,61	281,46	301,29	363,80	437,49	459,33	479,16	546,91	649,69	671,53	694,58	785,68	898,12	958,67	

Tabla 11. Registro de Productividad-Concreto en Muros y Columnas

Fuente : Elaboración Propia

-Vaciado de Concreto en Vigas y losas:

La partida de Concreto Armado se inició la semana N° 4 y finalizó en la semana 11, el rendimiento de la primera semana en esta partida fue de 2,65 hh/m³, lo cual estaba muy por encima del rendimiento presupuestado para la partida (2,13 hh/m³), es decir inicialmente se estaban empleando más horas de las presupuestadas por cada m³ (lo cual generaba pérdidas acumuladas de 373 soles durante la primera semana, como se puede observar en el cuadro siguiente). Según se iba avanzando con los trabajos se fueron viendo mejoras en los rendimientos, finalmente se concluyó la partida con un rendimiento acumulado de 2,22 hh/m³ en la semana N°11, al término de la partida se registró pérdidas de 392 soles, no se pudo transformar las pérdidas acumuladas en ganancias, sin embargo se evitó mayores pérdidas identificando adecuadamente las falencias en el uso del tiempo

Partida de Encofrado

-Encofrado de Muros y Columnas:

Esta partida de Encofrado se inició la semana N° 3 y finalizó en la semana 10, el rendimiento de la primera semana en esta partida fue de 0,51 hh/m², lo cual estaba por debajo del rendimiento presupuestado para la partida (0.52 hh/m²), como se puede observar en el cuadro siguiente

REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - CONCRETO EN VIGAS Y LOSAS



PROYECTO:	RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
DIRECCION:	AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
PARTIDA:	CONCRETO EN VIGAS Y LOSAS
UNIDAD:	M3

Jornada:	9,6	Horas/día
Cuadrilla:	3	Operarios
	1	Oficiales
	4	Peones

Rendim. Presupuesto :	36	M3/Jornada
Rendimiento Meta :	36,5	M3/Jornada
Nro de Cuadrillas:	1	Cuadrillas
Nro de Trabajadores:	8	Total Propuesto

Rendim. Presupuesto :	2,13	HH/M3
Rendimiento Meta :	2,10	HH/M3
Costo HH Promedio:	15,73	Soles/HH

DESCRIPCION	UND	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05							
		31-jul	03-ago	04-ago	05-ago	11-ago	12-ago	13-ago	14-ago	20-ago	21-ago	24-ago	25-ago	01-sep	02-sep	03-sep	04-sep	10-sep	11-sep	14-sep	15-sep				

REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - CONCRETO EN VIGAS Y LOSAS

Operaciones:	SECTOR	HH	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	
(1)	HH TRABAJADAS DIARIAS	HH	40,0	36,0	40,0	36,0	36,0	34,4	36,0	36,0	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	29,40	31,50	31,50	30,10	28,00	31,50	26,60
(2)=Sum(1)	HH TRABAJADAS ACUMULADAS	HH	40,0	76,0	116,0	152,0	188,0	222,4	258,4	294,4	325,9	357,4	388,9	420,4	451,9	481,3	512,8	544,3	574,4	602,4	633,9	660,5	
(3) =Metrado	UNIDADES DE AVANCE	M3	15,11	13,29	16,59	15,14	15,12	13,31	16,64	15,14	15,12	13,36	16,51	15,14	15,23	13,29	16,65	15,14	13,37	13,19	17,60	12,96	
(4)=Sum(3)	AVANCE ACUMULADO	M3	15,11	28,40	44,99	60,13	75,25	88,56	105,20	120,34	135,46	148,82	165,33	180,47	195,70	208,99	225,64	240,78	254,15	267,34	284,94	297,90	
(5)=(1)/(3)	RENDIMIENTO DIARIO	HH/M3	2,65	2,71	2,41	2,38	2,38	2,58	2,16	2,38	2,08	2,36	1,91	2,08	2,07	2,21	1,89	2,08	2,25	2,12	1,79	2,05	
(6)=(2)/(4)	RENDIMIENTO ACUMULADO	HH/M3	2,65	2,68	2,58	2,53	2,50	2,51	2,46	2,45	2,41	2,40	2,35	2,33	2,31	2,30	2,27	2,26	2,26	2,25	2,22	2,22	
(7) =Presup.	RENDIMIENTO PRESUPUESTO	HH/M3	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	
(8)=(7)-(5))*3	Ganacia / Pérdida DEL DIA	HH	-7,77	-7,65	-4,61	-3,70	-3,74	-6,01	-0,50	-3,70	0,76	-3,00	3,72	0,80	0,99	-1,05	4,02	0,80	-1,58	0,14	6,05	1,05	
(9)=(7)-(6))*4	Gan. / Per. ACUMULADO	HH	-7,77	-15,41	-20,02	-23,72	-27,47	-33,47	-33,97	-37,67	-36,92	-39,92	-36,20	-35,40	-34,41	-35,45	-31,43	-30,64	-32,21	-32,07	-26,03	-24,98	
(10)=(8)*C.U.	Ahorro/ Pérdida DEL DÍA	S/.	-122,14	-120,29	-72,48	-58,22	-58,89	-94,46	-7,89	-58,22	11,89	-47,17	58,53	12,56	15,58	-16,48	63,23	12,56	-24,81	2,18	95,11	16,48	
(11)=Sum(9)	Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	-122,14	-242,43	-314,91	-373,13	-432,02	-526,47	-534,36	-592,58	-580,68	-627,85	-569,32	-556,76	-541,17	-557,66	-494,43	-481,87	-506,68	-504,49	-409,39	-392,90	

Tabla 12. Registro de Productividad-Concreto en Vigas y Losas

Fuente : Elaboración Propia


REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - ENCOFRADO Y DESENC. DE COLUMNAS Y MUROS																										
	PROYECTO:	RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO										Jornada:	9,6	Horas/día	Rendim. Presupuesto :	37	M2/Jornada	Rendim. Presupuesto :	0,52	HH/M2						
	DIRECCION:	AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490										Cuadrilla:	1	Operarios	Rendimiento Meta :	38	M2/Jornada	Rendimiento Meta :	0,51	HH/M2						
	PARTIDA:	ENCOFRADO Y DESENC. DE COLUMNAS Y MUROS											0	Oficiales	Nro de Cuadrillas:	8	Cuadrillas	Costo HH Promedio:	16,10	Soles/HH						
	UNIDAD:	M2											1	Peones	Nro de Trabajadores:	16	Total Propuesto									
		NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05								
DESCRIPCION	UND	22-jul	23-jul	24-jul	29-jul	04-ago	05-ago	06-ago	07-ago	13-ago	14-ago	17-ago	18-ago	24-ago	25-ago	26-ago	27-ago	03-sep	04-sep	07-sep	08-sep					
REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - ENCOFRADO Y DESENC. DE COLUMNAS Y MUROS																										
Operaciones:	SECTOR		S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8				
(1)	HH TRABAJADAS DIARIAS	HH	153,6	163,2	172,8	153,6	153,6	153,6	172,8	153,6	153,6	153,6	162,00	153,60	153,60	153,60	162,00	153,60	153,60	160,00	160,00	153,60				
(2)=Sum(1)	HH TRABAJADAS ACUMULADAS	HH	153,6	316,8	489,6	643,2	796,8	950,4	1123,2	1276,8	1430,4	1584,0	1746,0	1899,6	2053,2	2206,8	2368,8	2522,4	2676,0	2836,0	2996,0	3149,6				
(3)=Metrado	UNIDADES DE AVANCE	M2	301,55	323,27	358,90	321,90	321,56	325,81	332,46	312,17	321,61	325,81	332,46	322,17	321,61	325,32	332,77	322,17	323,34	331,27	334,02	325,31				
(4)=Sum(3)	AVANCE ACUMULADO	M2	301,55	624,82	983,72	1305,62	1627,18	1952,99	2285,45	2597,62	2919,23	3245,04	3577,50	3899,67	4221,28	4546,60	4879,37	5201,54	5524,88	5856,15	6190,17	6515,48				
(5)=(1)/(3)	RENDIMIENTO DIARIO	HH/M2	0,51	0,50	0,48	0,48	0,48	0,47	0,52	0,49	0,48	0,47	0,49	0,48	0,48	0,47	0,49	0,48	0,48	0,48	0,48	0,47				
(6)=(2)/(4)	RENDIMIENTO ACUMULADO	HH/M2	0,51	0,51	0,50	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48				
(7)=Presup.	RENDIMIENTO PRESUPUESTO	HH/M2	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52				
(8)=((7)-(5))*3	Ganacia / Pérdida DEL DIA	HH	2,88	4,55	13,44	13,44	13,26	15,47	-0,28	8,39	13,29	15,47	10,52	13,58	13,29	15,21	10,68	13,58	14,19	11,90	13,33	15,21				
(9)=((7)-(6))*4	Gan. / Per. ACUMULADO	HH	2,88	7,43	20,87	34,31	47,57	63,04	62,76	71,15	84,44	99,91	110,43	124,01	137,30	152,52	163,20	176,78	190,96	202,87	216,20	231,41				
(10)=(8)*C.U.	Ahorro/ Pérdida DEL DÍA	S/.	46,37	73,27	216,38	216,38	213,54	249,05	-4,51	135,09	213,96	249,05	169,37	218,64	213,96	244,96	171,96	218,64	228,41	191,63	214,60	244,87				
(11)=Sum(9)	Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	46,37	119,64	336,02	552,41	765,95	1015,00	1010,49	1145,58	1359,54	1608,59	1777,96	1996,60	2210,56	2455,52	2627,48	2846,12	3074,53	3266,16	3480,76	3725,63				

Tabla 13. Registro de Productividad-Encofrado en Columnas y Muros

Fuente : Elaboración Propia

Encofrado de Vigas y Losas:

Esta partida de Encofrado se inició la semana N° 3 y finalizó en la semana 10, el rendimiento de la primera semana en esta partida fue de 0,78 hh/m², lo cual estaba por debajo del rendimiento presupuestado para la partida (0,80 hh/m²), acumulando un ahorro de 2 558 hasta el final de la partida en la semana 10, como se puede observar en la tabla 14).

El mismo procedimiento realizado con las partidas de concreto y encofrado se realizó con la partida de acero, de igual manera resultó de mucha utilidad el uso del modelo paramétrico BIM para el control y metrado de avance, de esa forma poder obtener datos confiables los cuales fueron representados en los cuadros y curvas de productividad (Ver Anexo 05)

6.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROPUESTA METODOLÓGICA

En base a la aplicación realizada de las herramientas Lean Construction y Building Information Modeling, se plantea esquemáticamente una secuencia metodológica, la cual puede ser replicada en proyectos futuros (Ver Figura 48)


REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - ENCOFRADO Y DESENC. DE VIGAS Y LOSAS																								
	PROYECTO:	RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO										Jornada:	9,6	Horas/día	Rendim. Presupuesto :	24	M2/Jornada	Rendim. Presupuesto :	0,80	HH/M2				
	DIRECCION:	AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490										Cuadrilla:	1	Operarios	Rendimiento Meta :	28	M2/Jornada	Rendimiento Meta :	0,69	HH/M2				
	PARTIDA:	ENCOFRADO Y DESENC. DE VIGAS Y LOSAS											1	Oficiales	Nro de Cuadrillas:	4	Cuadrillas	Costo HH Promedio:	16,88	Soles/HH				
	UNIDAD:	M2											0	Peones	Nro de Trabajadores:	8	Total Propuesto							
		NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05						
DESCRIPCION		UND	24-jul	29-jul	30-jul	31-jul	06-ago	07-ago	10-ago	11-ago	17-ago	18-ago	19-ago	20-ago	26-ago	27-ago	31-ago	01-sep	07-sep	08-sep	09-sep	10-sep		
REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - ENCOFRADO Y DESENC. DE VIGAS Y LOSAS																								
Operaciones:	SECTOR		S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8		
(1)	HH TRABAJADAS DIARIAS	HH	84,8	84,8	88,0	80,0	76,8	76,8	96,0	76,8	76,80	76,80	96,0	76,80	76,80	80,00	96,0	76,80	76,80	76,80	96,0	76,80		
(2)=Sum(1)	HH TRABAJADAS ACUMULADAS	HH	84,8	169,6	257,6	337,6	414,4	491,2	587,2	664,0	740,8	817,6	913,6	990,4	1067,2	1147,2	1243,2	1320,0	1396,8	1473,6	1569,6	1646,4		
(3)=Metrado	UNIDADES DE AVANCE	M2	108,23	110,53	102,23	107,93	108,29	112,70	125,26	107,94	108,29	113,06	124,23	107,94	108,84	112,53	124,78	107,94	108,29	111,39	129,17	107,94		
(4)=Sum(3)	AVANCE ACUMULADO	M2	108,23	218,76	320,99	428,92	537,21	649,91	775,17	883,11	991,40	1104,46	1228,69	1336,63	1445,47	1558,00	1682,78	1790,72	1899,01	2010,40	2139,57	2247,51		
(5)=(1)/(3)	RENDIMIENTO DIARIO	HH/M2	0,78	0,77	0,86	0,74	0,71	0,68	0,77	0,71	0,71	0,68	0,77	0,71	0,71	0,71	0,77	0,71	0,71	0,69	0,74	0,71		
(6)=(2)/(4)	RENDIMIENTO ACUMULADO	HH/M2	0,78	0,78	0,80	0,79	0,77	0,76	0,76	0,75	0,75	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,73	0,73	0,73		
(7)=Presup.	RENDIMIENTO PRESUPUESTO	HH/M2	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
(8)=(7)-(5)*(3)	Ganacia / Pérdida DEL DIA	HH	1,78	3,62	-6,22	6,34	9,83	13,36	4,21	9,55	9,83	13,65	3,38	9,55	10,27	10,02	3,82	9,55	9,83	12,31	7,34	9,55		
(9)=(7)-(6)*(4)	Gan. / Per. ACUMULADO	HH	1,78	5,41	-0,81	5,54	15,37	28,73	32,94	42,49	52,32	65,97	69,35	78,90	89,18	99,20	103,02	112,58	122,41	134,72	142,06	151,61		
(10)=(8)*C.U.	Ahorro/ Pérdida DEL DÍA	S/.	30,10	61,16	-104,90	107,06	165,92	225,45	71,01	161,19	165,92	230,31	57,10	161,19	173,34	169,16	64,53	161,19	165,92	207,77	123,80	161,19		
(11)=Sum(9)	Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	30,10	91,26	-13,64	93,42	259,33	484,78	555,79	716,98	882,90	1113,21	1170,32	1331,51	1504,85	1674,00	1738,53	1899,72	2065,64	2273,40	2397,20	2558,39		

Tabla 14. Registro de Productividad-Encofrado en Vigas y Losas

Fuente : Elaboración Propia

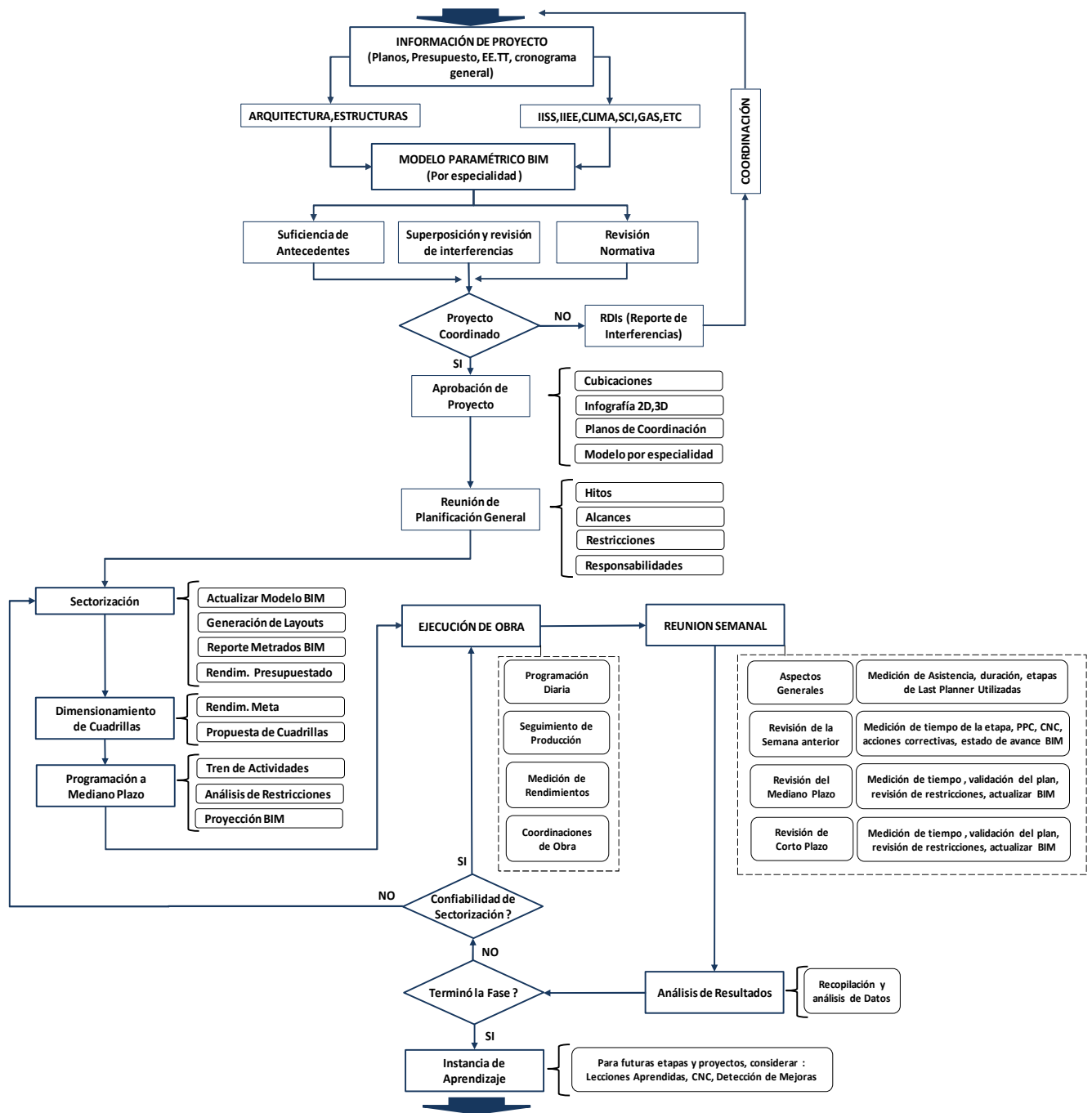


Figura 48. Propuesta Metodológica para la mejora de Planificación, Programación y Control de Obras aplicando las herramientas Lean Construction y Building Information Modeling
Fuente : Elaboración Propia

6.3 CUADRO COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS

COMPARATIVO METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN TRADICIONAL Y DE INTEGRACIÓN LEAN/BIM		
	CONVENCIONAL	INTEGRACIÓN LEAN - BIM
Objeto	Afecta a productos y servicios	Afecta a todas las actividades de la empresa
Alcance	Control	Gestión, asesoramiento, control
Modo de Aplicación	Impuesta por la dirección	Por convencimiento y participación
Metodología	Detectar y corregir	Prevenir
Responsabilidad	Departamento de Calidad	Compromiso de todos los miembros de la empresa
Percepción del Cliente	Ajenos a la empresa (Quienes contratan a la empresa constructora)	Internos (Trabajadores) y Externos (Quienes contratan a la empresa constructora)
Conceptualización de la Producción	La producción consiste en conversiones de actividades. Todas las actividades añaden valor al producto	La Producción consiste en conversiones y flujos; hay actividades que no agregan valor al producto
Control	Costo de Actividades	Dirigido hacia el costo, tiempo y valor de los flujos
Mejora	Implementación de nuevas tecnologías	Reducción de tareas de flujo y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnología

Figura 49. Cuadro Comparativo de Metodología de Planificación Tradicional y Planificación LEAN/BIM

Fuente: Elaboración Propia

La presente obra estudiada corresponde a una obra por contrata, donde la empresa constructora se rige por sus propios lineamientos y políticas de trabajo, en el caso de una obra por administración directa (especialmente obras administradas por el estado), sería importante que la incorporación de nuevas metodologías se realice a través de un marco normativo que permita incorporar y estandarizar las metodologías

6.4 ESTIMACIÓN DE AHORRO / PÉRDIDA DE LAS PARTIDAS ESTUDIADAS

En función a las partidas estudiadas, a través del análisis de la producción se calculó la sumatoria de los valores de ahorro/pérdida(s/.) respecto a lo

presupuestado, generado luego de aplicarse la integración de las herramientas descritas, dichos valores se muestran a continuación:

PARTIDAS ESTUDIADAS	Ahorro/Pérdida ACUMULADO	
CONCRETO EN COLUMNAS Y PLACAS	S/.	958,67
CONCRETO EN VIGAS Y LOSAS	S/.	-392,90
ENCOFRADO, DESENCOFRADO DE COLUMNAS Y PLACAS	S/.	3 725,63
ENCOFRADO, DESENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS	S/.	2 558,39
ACERO EN COLUMNAS Y PLACAS	S/.	3 120,95
ENCOFRADO, DESENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS	S/.	1 916,30
	S/.	11 887,04

Figura 50. Cuadro Comparativo de Metodología de Planificación Tradicional y Planificación LEAN/BIM

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- A partir de los resultados obtenidos durante las mediciones hechas en el Proyecto se concluye que se logró proponer una metodología de aplicación de herramientas Lean Construction integrándose a las herramientas de Building Information Modeling (BIM), promoviendo una planificación colaborativa, disminuyendo la incertidumbre en la ejecución de las tareas y mejorando la confiabilidad y flujo de información a través de todos los involucrados en la obra
- En la planificación, programación y control, la interacción de las herramientas descritas ayudaron a prever posibles problemas a futuro, al poder visualizar el programa e identificar interferencias de tareas, ver el estado de avance del proyecto en el tiempo y de este modo analizar si la futura estrategia constructiva es la correcta de acuerdo a los avances obtenidos y tomar acciones correctivas a tiempo.

- En la Coordinación y comunicación fue muy favorable la herramienta Last Planner en conjunto al modelo BIM. Los actores del proyecto quedaron con ideas más claras sobre cuáles son las tareas que debían realizar y las dificultades, restricciones para ejecutarlas. Dichos enunciados se ven reflejados en los Porcentajes de Plan Cumplido Semanal (PPC) y en la mejora de los índices de Producción de las partidas medidas, generando de esa manera mayores ahorros para la empresa constructora.
- Reconociendo que la cantidad de información que los proyectos de construcción contienen y la forma en que esta es organizada y representada influye directamente en la dificultad e incertidumbre de la planificación del proyecto, creando variabilidad durante el proceso de programación y control, conduciendo a pérdidas durante la ejecución (retrasos, interferencias, sobreproducción, esperas, trabajos mal hechos). La integración de las herramientas descritas ayudaron a reducir en gran medida dichas pérdidas.

RECOMENDACIONES

- Para poder realizar dichos cambios y propuestas de mejora a través de las herramientas Lean Construction - Building Information Modeling, se deberá conocer el sistema y la cultura del equipo de proyecto y de la empresa donde vamos a trabajar, dichos procesos de implementación de metodologías de mejora deberán ser graduales y no repentinos ya que los cambios tienden a producir desorden y resistencia por parte de los colaboradores.
- Para la programación maestra se propone desarrollar un cronograma general basado en la teoría de Líneas de Balance, las cuales nos permiten ver la secuencia lógica de las actividades y la velocidad con que estas se realizan, es decir, al tener las líneas de las distintas actividades dentro de un cronograma macro se puede saber el ritmo de avance de la obra, mientras que con un Gantt solo se puede saber el tiempo de duración de las actividades de manera individual.
- Para que la modelación BIM sea más provechosa, se recomienda de semana a semana detenerse a revisar el modelo y una vez hechos los compromisos ingresarlos al modelo, evaluarlos,

analizarlos y de este modo ir mejorando el avance de acuerdo a lo que se puede y debe realizar, considerando rendimientos de la mano de obra, recursos y compromisos de los participantes de las reuniones de planificación y toma de decisiones.

- Las mediciones realizadas (índices de productividad, porcentaje de plan cumplido) por una empresa, no solo debe ser comparable entre las obras de la misma empresa, sino también con obras similares del medio, del país y de los países vecinos, ya que comparando nuestros resultados con los de empresas más grandes es que se obtienen conclusiones para mejorar (Benchmarking).
- En cuanto a la coordinación y comunicación con subcontratistas, ésta se podría mejorar en gran medida si involucramos a los subcontratistas en la planificación y programación de obra (A través del modelo paramétrico BIM) comprometiendo cada uno de los avances pactados para cada semana y verificando su cumplimiento semana a semana. De esta manera se podría no solo lograr un proyecto más eficiente y mejorar plazos sino que indirectamente se logra que cada contratista sea eficiente en sus actividades, generando una mayor rentabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- ALARCÓN CÁRDENAS, Luis Fernando. *“Identificación y Reducción de Pérdidas en la Construcción. Herramientas y Pérdidas”*. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile. 2000.
- ALARCÓN CÁRDENAS, Luis Fernando. *“Herramientas para identificar y reducir pérdidas en proyectos de construcción”*. Revista Ingeniería de construcción. 2010
- BALLARD, G., HOWELL, J. A. *“Lean Project management, Building Research y Information”*. Lean Construction Journal.2007
- BARRÍA, Carol F. *“Implementación del sistema Last Planner en la construcción de viviendas”*. [Tesis]. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 2009.
- BOTERO BOTERO, Luis Fernando. *“Construcción sin pérdidas, análisis de procesos y filosofía Lean Construction”*. Segunda edición, Colombia. Editorial Legis. 2006.
- BOTERO, Luis F, ÁLVAREZ, Martha. *“Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento)”*. Revista universidad. 2004.

- BRIOSO, Xavier, “*Material de la Diplomatura de Gestión del Proyectos de Construcción*”, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015.
- CASTILLO, Inés. “Inventario de herramientas del sistema de entrega de proyectos Lean (LPDS)”. [Tesis]. Pontificia universidad católica del Perú, Lima, Perú. 2014.
- GHIO CASTILLO, Virgilio. “*Productividad en obras de construcción; Diagnostico, critica y propuesta*”. Lima: Fondo editorial PUCP. 2001.
- HENDRICKSON, Crhis “Project Management for Construction”. Construction industry. 2003
- MARTINEZ CÁNTARO, Elvis. “*Estudio de Productividad e implementación de la Teoría Lean Construction a un proceso constructivo de edificación*” [Tesis].Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.2010
- MORILLO, TANIA Y LOZANO, MIGUEL. “*Estudio de la productividad en una obra de edificación*”. [Tesis]. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. 2007.
- MOSSMAN, A. “*Sistema del Último Planificador conversaciones cruciales para un diseño y construcción fiable de infraestructuras*”. Lean Construction Institute.2013

- ORIHUELA, Pablo. “Aplicación de la teoría de restricciones a un proceso constructivo”. Boletín N° 1, Corp. Aceros Arequipa. 2008.
- ORIHUELA, PABLO y ULLOA, KAREM. “*La planificación de las obras y el sistema Last Planner*”. Boletín N° 12, Corporación aceros Arequipa, julio. 2011.
- RAMOS, Richard. “*Metodología para implementar modelos 3D y 4D CAD en el Proceso de diseño*”. Tesis de Magister, Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 2003
- RISCHMOLLER, Leonardo. “*Impacto de las herramientas avanzadas de visualización en la Industria AEC*”. Tesis de Doctorado, Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.2005
- SABBATINO, Daniel; ALARCÓN, Luis F. Y TOLEDO, Mauricio. “*Análisis de indicadores claves para una exitosa implementación del sistema last Planner en proyectos de edificación*”.2011
- SERPELL, Alfredo. “*Administración de Operaciones de construcción*”. Santiago de Chile,Chile. 2002

ANEXO 01

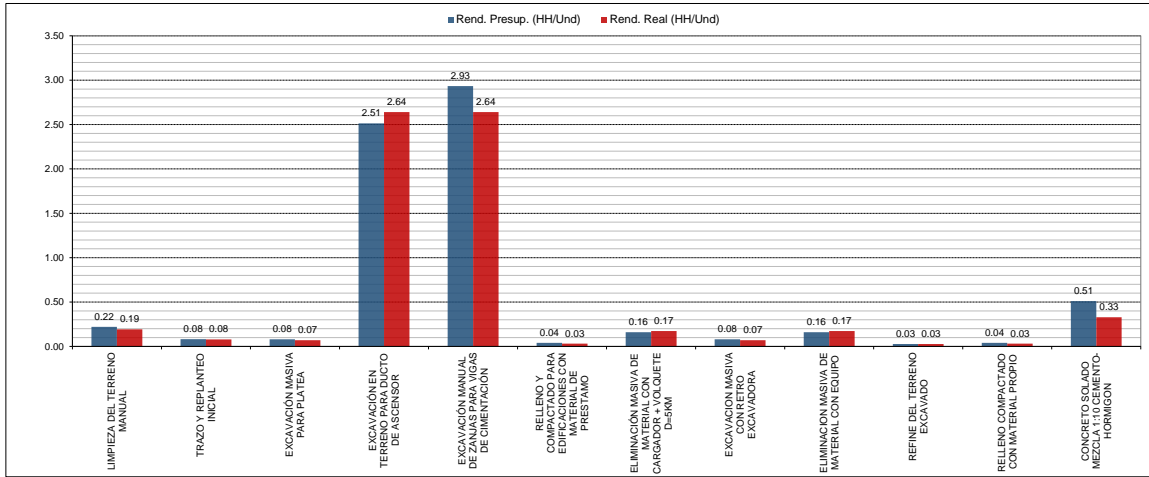
MODELO DE PROGRAMACIÓN LOOKAHEAD

ANEXO 02

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO SEMANAL

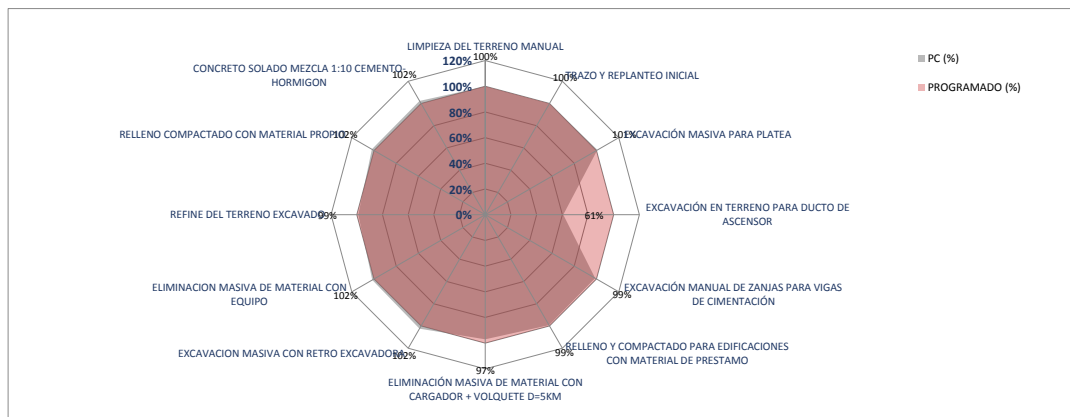


PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 01



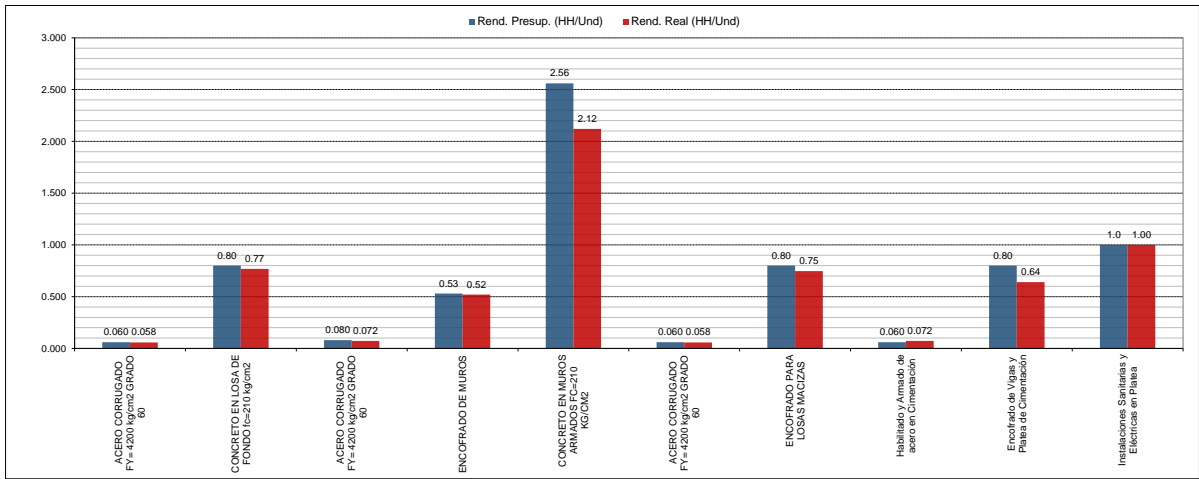
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	Trabajos Preliminares	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	541.0	0.22	540	0.19	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	Trabajos Preliminares	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL	m2	541.0	0.08	540	0.08	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
3	Movimiento de Tierras	EXCAVACIÓN MASIVA PARA PLATEA	m3	585.1	0.08	590	0.07	101%	Se solicitó cambio de operador de maquinaria, debido a defectos observados en maniobras
4	Movimiento de Tierras	EXCAVACIÓN EN TERRENO PARA DUCTO DE ASCENSOR	m3	13.2	2.51	8	2.64	61%	Ligero retraso debido a defectos de herramientas manuales
5	Movimiento de Tierras	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN	m3	84.0	2.93	83	2.64	99%	Se cumplió adecuadamente la programación
6	Movimiento de Tierras	RELLENO Y COMPACTADO PARA EDIFICACIONES CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	443.0	0.04	440	0.03	99%	Retraso en la llegada de la maquinaria
7	Movimiento de Tierras	ELIMINACIÓN MASIVA DE MATERIAL CON CARGADOR + VOLQUETE D=5KM	m3	175.3	0.16	170	0.17	97%	Demora en los 2 primeros viajes del carguio
8	CISTERNA A,B	EXCAVACION MASIVA CON RETRO EXCAVADORA	m3	61.5	0.08	63	0.07	102%	Se cumplió adecuadamente la programación
9	CISTERNA A,B	ELIMINACION MASIVA DE MATERIAL CON EQUIPO	m3	73.8	0.16	75	0.17	102%	Se cumplió adecuadamente la programación
10	CISTERNA A,B	REFINE DEL TERRENO EXCAVADO	m2	86.0	0.03	85	0.03	99%	Se cumplió adecuadamente la programación
11	CISTERNA A,B	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	2.7	0.04	2.7	0.03	102%	Se alquiló compactadora, se seguira la compra de compactadora a futuro
12	CISTERNA A,B	CONCRETO SOLADO MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON	m2	1.8	0.51	1.8	0.33	102%	Se cumplió adecuadamente la programación
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
								% Cumplimiento	97%



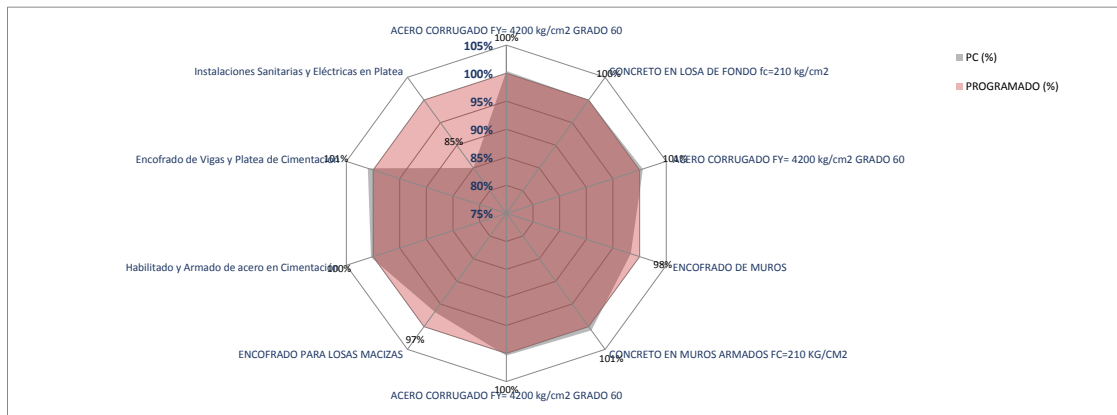


PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 02



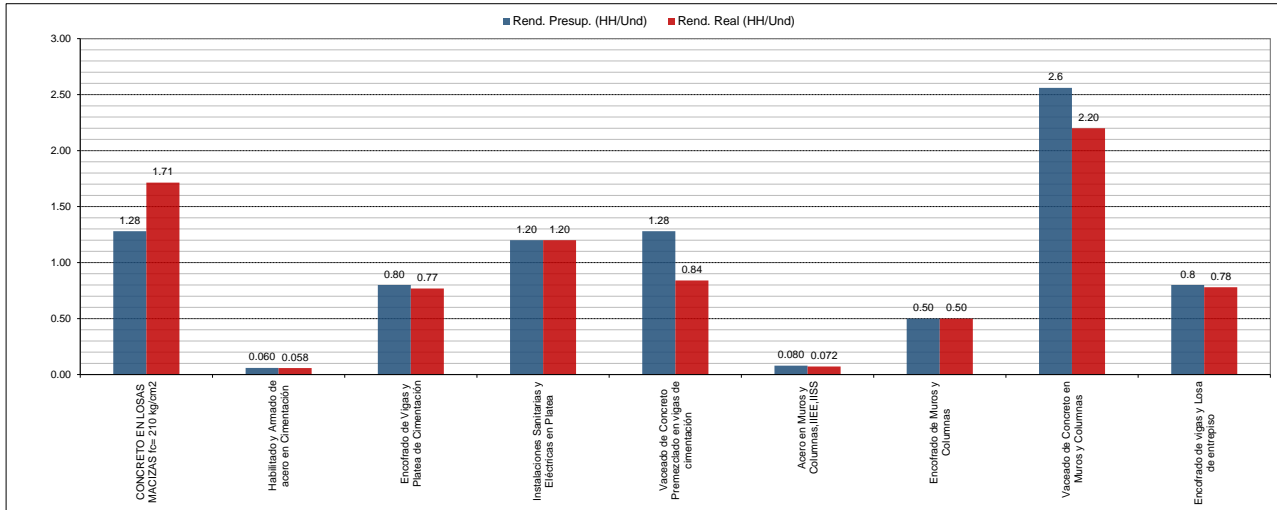
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	Cisterna-Losa de Piso	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	368.6	0.060	370	0.058	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	Cisterna-Losa de Piso	CONCRETO EN LOSA DE FONDO fc=210 kg/cm2	m3	4.4	0.80	4.4	0.77	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
3	Cisterna - Muros	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1938.0	0.080	1950	0.072	101%	Se cumplió adecuadamente la programación
4	Cisterna - Muros	ENCOFRADO DE MUROS	m2	183.0	0.53	180	0.52	98%	Retraso en la llegada de Chemaic para habilitación de paneles
5	Cisterna - Muros	CONCRETO EN MUROS ARMADOS FC=210 KG/CM2	m3	19.8	2.56	20	2.12	101%	Se cumplió adecuadamente la programación
6	Cisterna- Techo	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	368.6	0.060	370	0.058	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
7	Cisterna- Techo	ENCOFRADO PARA LOSAS MACIZAS	m2	13.4	0.80	13	0.75	97%	La diferencia de metrado se debe a las aberturas en el techo del cisterna
8	Cimentación A,B	Habilitado y Armado de acero en Cimentación	Kg	6695.0	0.060	6720	0.072	100%	Retraso en la finalización por observaciones en los protocolos
9	Cimentación B	Encofrado de Vigas y Platea de Cimentación	m2	138.7	0.80	140	0.64	101%	Se van a emplear los mismos encofrados en la cimentación del Bloque A
10	Cimentación B	Instalaciones Sanitarias y Eléctricas en Platea	Bloq.	1.0	1.0	0.85	1.00	85%	Retraso en las instalaciones, queda pendiente realizar las pruebas hidráulicas
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
								% Cumplimiento	98%



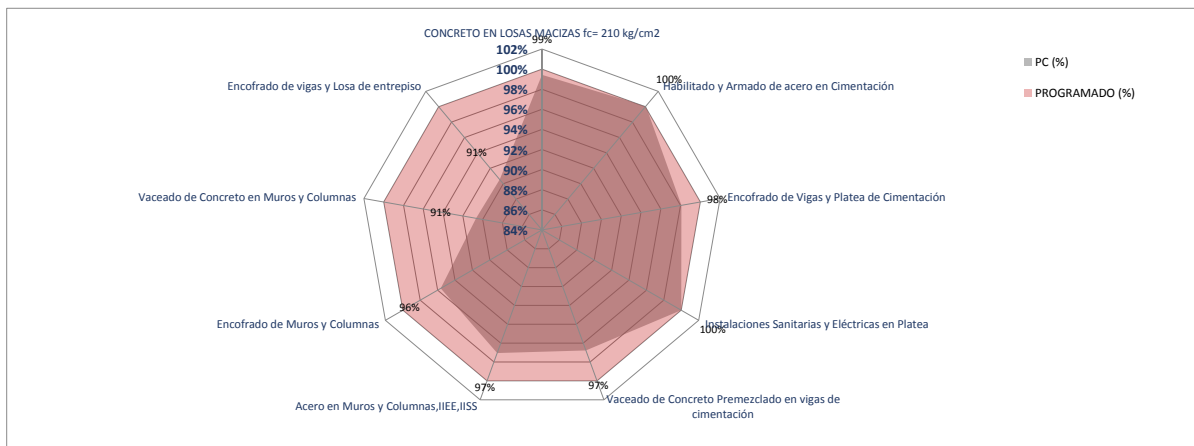


PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 03



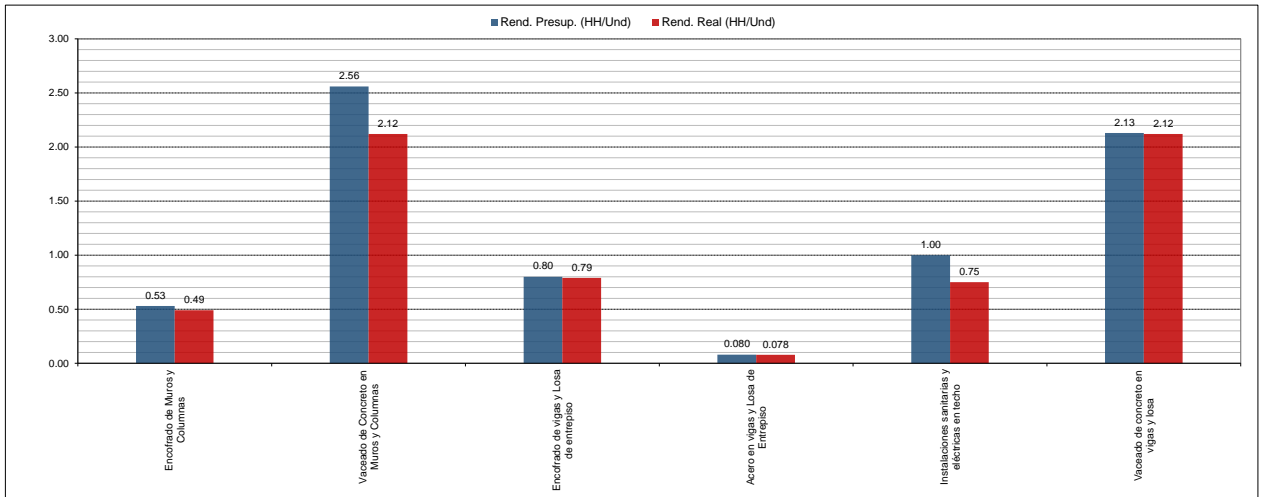
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	Cisterna- Techo	CONCRETO EN LOSAS MACIZAS f _c = 210 kg/cm ²	m ³	3.5	1.28	3.5	1.71	99%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	Cimentación A	Habilitado y Armado de acero en Cimentación	Kg	1339.0	0.060	1340	0.058	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
3	Cimentación A	Encofrado de Vigas y Platea de Cimentación	m ²	138.7	0.80	136	0.77	98%	Retraso en los primeros días de encofrado
4	Cimentación A	Instalaciones Sanitarias y Eléctricas en Platea	Bloq.	1.2	1.20	1.2	1.20	100%	se completó las instalaciones faltantes de la platea B
5	Cimentación A,B	Vaceado de Concreto Premezclado en vigas de cimentación	m ³	124.0	1.28	120	0.84	97%	Retraso en la llegada del 3er mixer a obra
6	NIVEL 01	Acero en Muros y Columnas, IIEE, IISS	Kg	7650.9	0.080	7425	0.072	97%	Falta completar armado de acero en 2 muros, sector 8
7	NIVEL 01	Encofrado de Muros y Columnas	m ²	1003.7	0.50	960	0.50	96%	Retraso en la habilitación de paneles
8	NIVEL 01	Vaceado de Concreto en Muros y Columnas	m ³	36.4	2.6	33	2.20	91%	3.4 m ³ se vacearon fuera del horario programado
9	NIVEL 01	Encofrado de vigas y Losa de entrespiso	m ²	108.2	0.8	98	0.78	91%	Retraso en la habilitación de paneles
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
								% Cumplimiento	96%



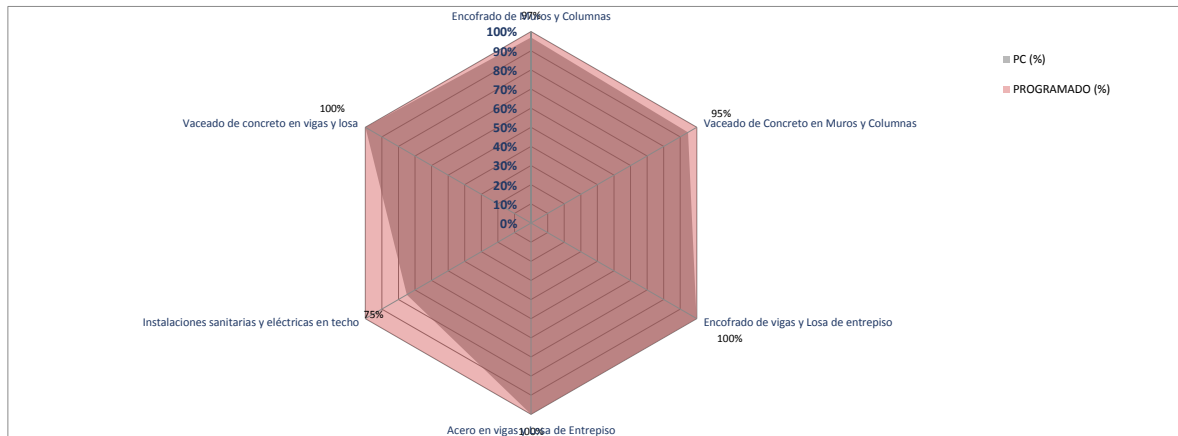
Recomendaciones :

Realizar un seguimiento del vaciado de losas (especialmente en la losa de cimentación) para que luego de fraguada la losa no se encuentre varillas de acero vertical fuera del trazo de los muros. Así como también no enderezar el acero previamente grifado. De esta manera se reducirá los trabajos rehechos, que junto con el tiempo ocioso suman el 50% del total de trabajo no contributivo. Se sugiere reemplazar el operario de la cuadrilla por un ayudante, ya que de toda la cuadrilla este es el que tiene más tiempo en acarreado de material.



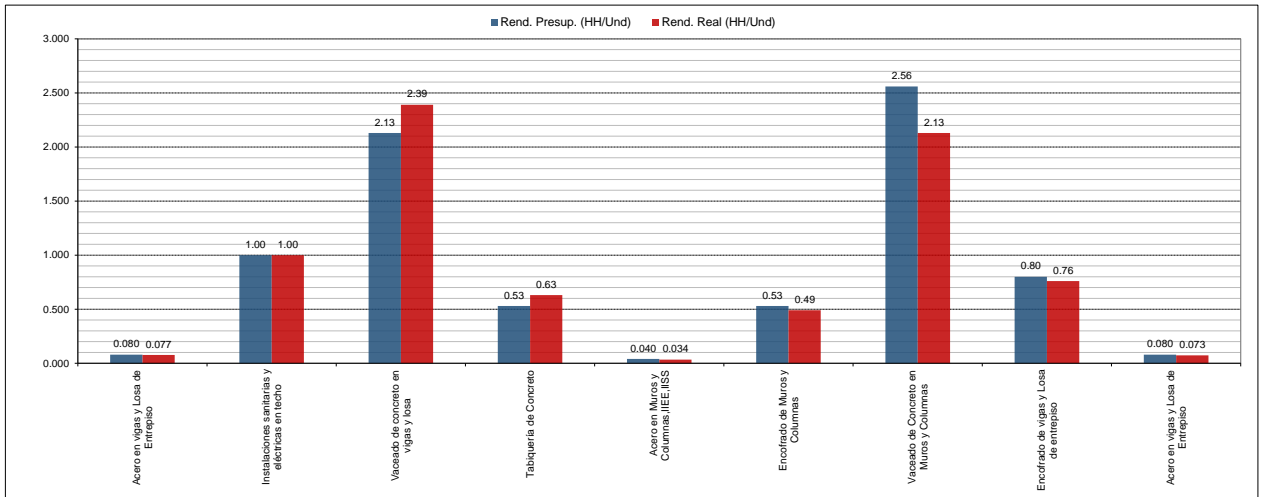
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	NIVEL 01	Encofrado de Muros y Columnas	m2	321.9	0.53	312	0.49	97%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	NIVEL 01	Vaceado de Concreto en Muros y Columnas	m3	39.1	2.56	37	2.12	95%	Retraso en el inicio de vaceado, se completó 2.1 m3 fuera del tiempo programado
3	NIVEL 01	Encofrado de vigas y Losa de entrepiso	m2	344.7	0.80	344	0.79	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
4	NIVEL 01	Acero en vigas y Losa de Entrepiso	Kg	1095.6	0.080	1095	0.078	100%	Retraso en la llegada de Chermalac para habilitación de paneles
5	NIVEL 01	Instalaciones sanitarias y eléctricas en techo	Bloq.	1.0	1.00	0.75	0.75	75%	Se completó el armado de instalaciones eléctricas el día sábado
6	NIVEL 01	Vaceado de concreto en vigas y losa	m3	15.1	2.13	15.1	2.12	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
								% Cumplimiento	94%



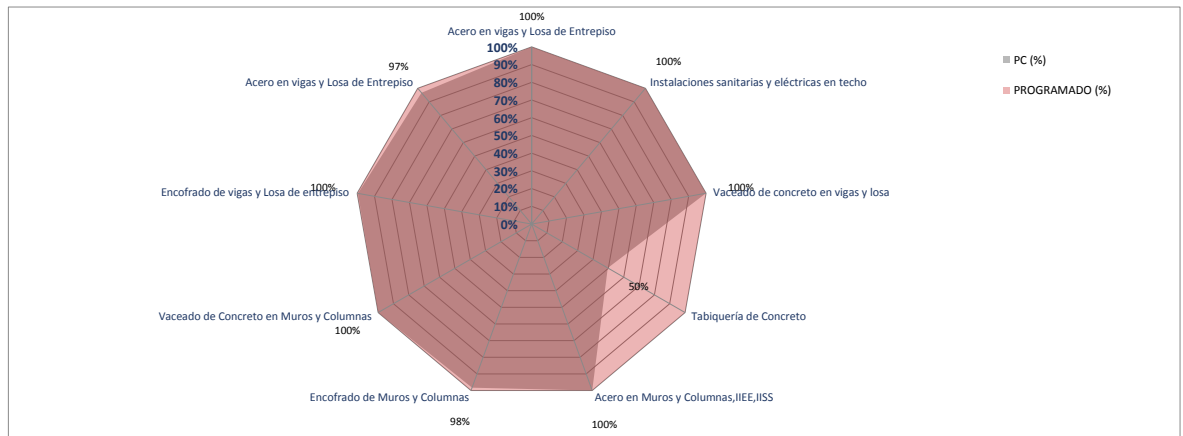
Recomendaciones :

Se sugiere cambiar al operario por un ayudante, que reemplace la limpieza y la colocación de dados de recubrimiento que está realizando el operario



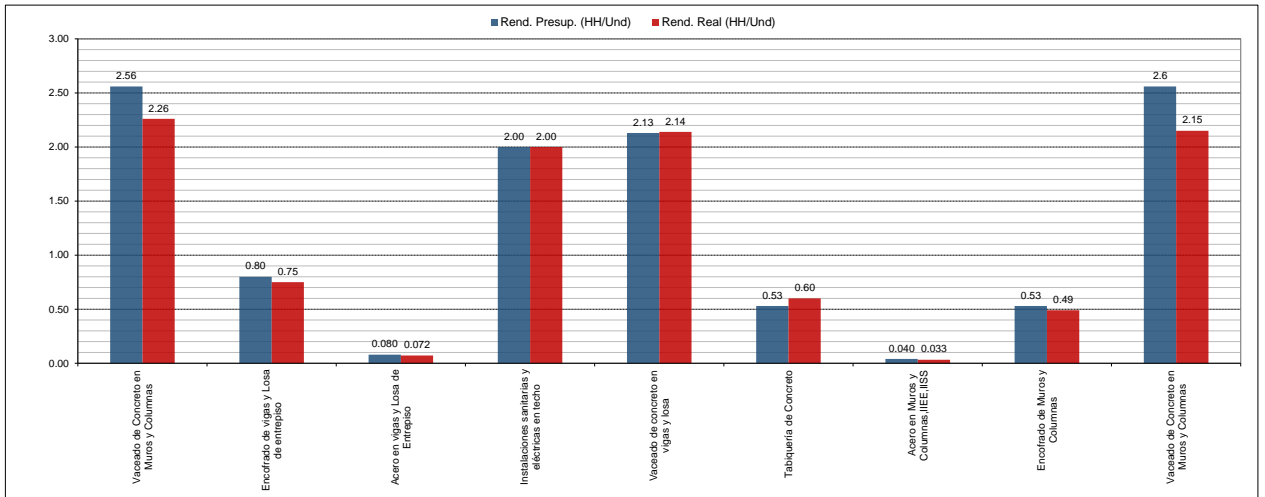
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	NIVEL 01	Acero en vigas y Losa de Entrepiso	Kg	555.3	0.080	555	0.077	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	NIVEL 01	Instalaciones sanitarias y eléctricas en techo	Bloq.	1.0	1.00	1.0	1.00	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
3	NIVEL 01	Vaceado de concreto en vigas y losa	m3	44.9	2.13	44.9	2.39	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
4	NIVEL 01	Tabiquería de Concreto	m2	88.6	0.53	44	0.63	50%	Retraso en el traslado de Materiales
5	NIVEL 02	Acero en Muros y Columnas, IIEE, IISS	Kg	7052.0	0.040	7052	0.034	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
6	NIVEL 02	Encofrado de Muros y Columnas	m2	1302.0	0.53	1280	0.49	98%	Se cumplió adecuadamente la programación
7	NIVEL 02	Vaceado de Concreto en Muros y Columnas	m3	57.0	2.56	57	2.13	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
8	NIVEL 02	Encofrado de vigas y Losa de entrepiso	m2	221.0	0.80	220	0.76	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
9	NIVEL 02	Acero en vigas y Losa de Entrepiso	Kg	579.0	0.080	560	0.073	97%	Retraso en el traslado de Materiales
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
								% Cumplimiento	94%



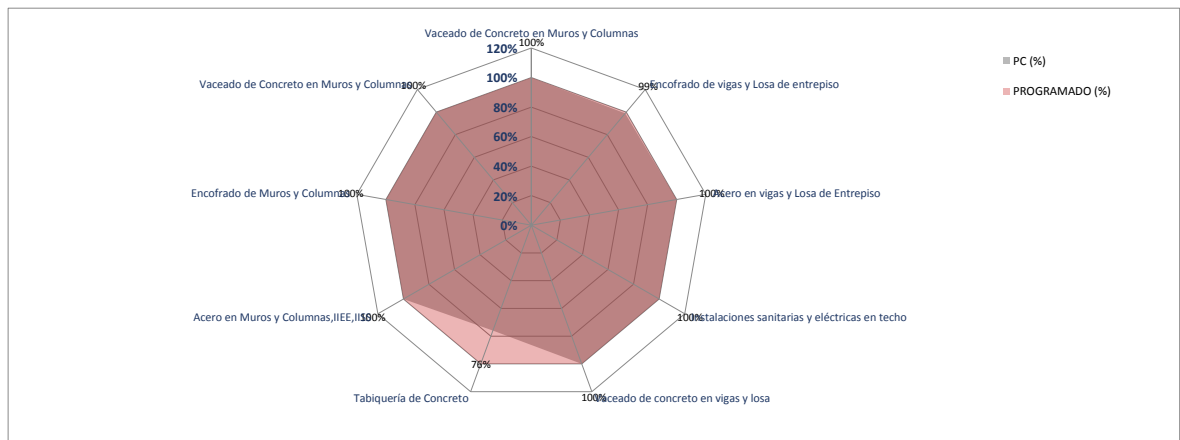
Recomendaciones :

Si se encuentra que no hay limpieza en el muro a vaciar, no se deberá dar pase para iniciar el vaciado hasta que se levante la observación. De esta manera el personal obrero en general se preocupara más en la limpieza de su lugar de trabajo. Reducir este impacto es importante para las actividades posteriores como resane, solaqueo y empaste



RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	NIVEL 02	Vaceado de Concreto en Muros y Columnas	m3	17.7	2.56	17.7	2.26	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	NIVEL 02	Encofrado de vigas y Losa de entresijos	m2	232.5	0.80	230	0.75	99%	Se cumplió adecuadamente la programación
3	NIVEL 02	Acero en vigas y Losa de Entresijos	Kg	1912.2	0.080	1912	0.072	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
4	NIVEL 02	Instalaciones sanitarias y eléctricas en techo	Bloq.	2.0	2.00	2	2.00	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
5	NIVEL 02	Vaceado de concreto en vigas y losa	m3	60.2	2.13	60.2	2.14	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
6	NIVEL 02	Tabiquería de Concreto	m2	86.9	0.53	66	0.60	76%	Incidente de Seguridad en Obra
7	NIVEL 03	Acero en Muros y Columnas, IIEE, IISS	Kg	5620.7	0.040	5620	0.033	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
8	NIVEL 03	Encofrado de Muros y Columnas	m2	644.6	0.53	645	0.49	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
9	NIVEL 03	Vaceado de Concreto en Muros y Columnas	m3	17.7	2.6	17.7	2.15	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
								% Cumplimiento	97%

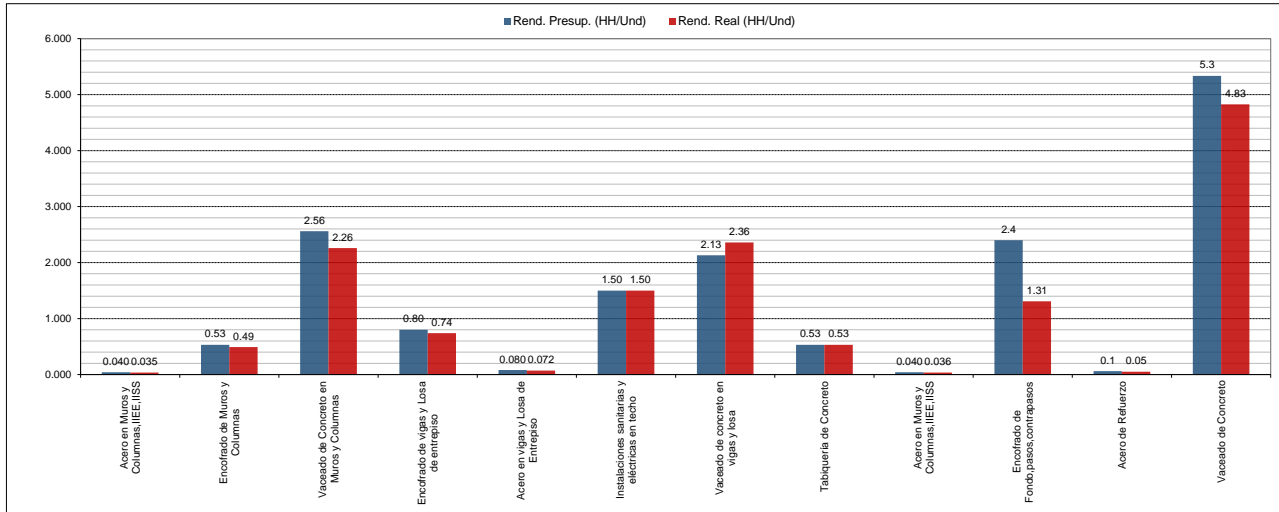


Recomendaciones :

Para mejorar la calidad de las losas después del vaciado, se recomienda usar reglas de aluminio pesadas. A diferencia de las reglas livianas, estas no se levantan al momento del vaciado y hacen más fácil y rápida la labor del operario al momento de reglear

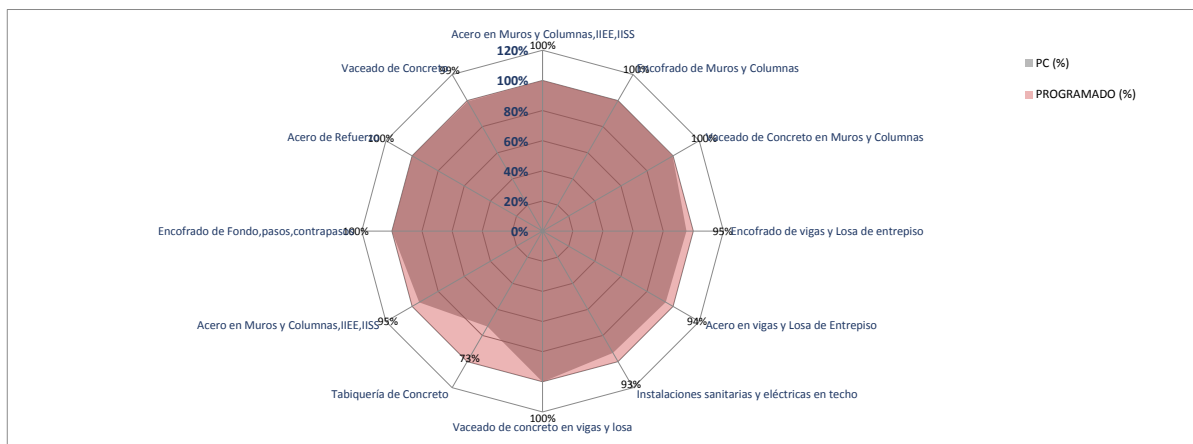


PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 07



RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	NIVEL 03	Acero en Muros y Columnas, IIEE, IISS	Kg	1502.1	0.040	1500	0.035	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	NIVEL 03	Encofrado de Muros y Columnas	m2	648.4	0.53	649	0.49	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
3	NIVEL 03	Vaciado de Concreto en Muros y Columnas	m3	55.8	2.56	55.6	2.26	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
4	NIVEL 03	Encofrado de vigas y Losa de entrepiso	m2	453.5	0.80	433	0.74	95%	Retraso en el inicio de operaciones
5	NIVEL 03	Acero en vigas y Losa de Entrepiso	Kg	2492.9	0.080	2352	0.072	94%	
6	NIVEL 03	Instalaciones sanitarias y eléctricas en techo	Bloq.	1.5	1.50	1.4	1.50	93%	Cuadrilla incompleta
7	NIVEL 03	Vaciado de concreto en vigas y losa	m3	28.5	2.13	28.5	2.36	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
8	NIVEL 03	Tabiquería de Concreto	m2	86.8	0.53	63.5	0.53	73%	
9	NIVEL 04	Acero en Muros y Columnas, IIEE, IISS	Kg	1581.8	0.040	1496	0.036	95%	
10	ESCALERA 1er a 2do Nivel	Encofrado de Fondo, pasos, contrapasos	m2	23.1	2.4	23.1	1.31	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
11	ESCALERA 1er a 2do Nivel	Acero de Refuerzo	Kg	203.0	0.1	203	0.05	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
12	ESCALERA 1er a 2do Nivel	Vaciado de Concreto	m3	2.9	5.3	2.9	4.83	99%	Se cumplió adecuadamente la programación
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
								% Cumplimiento	96%

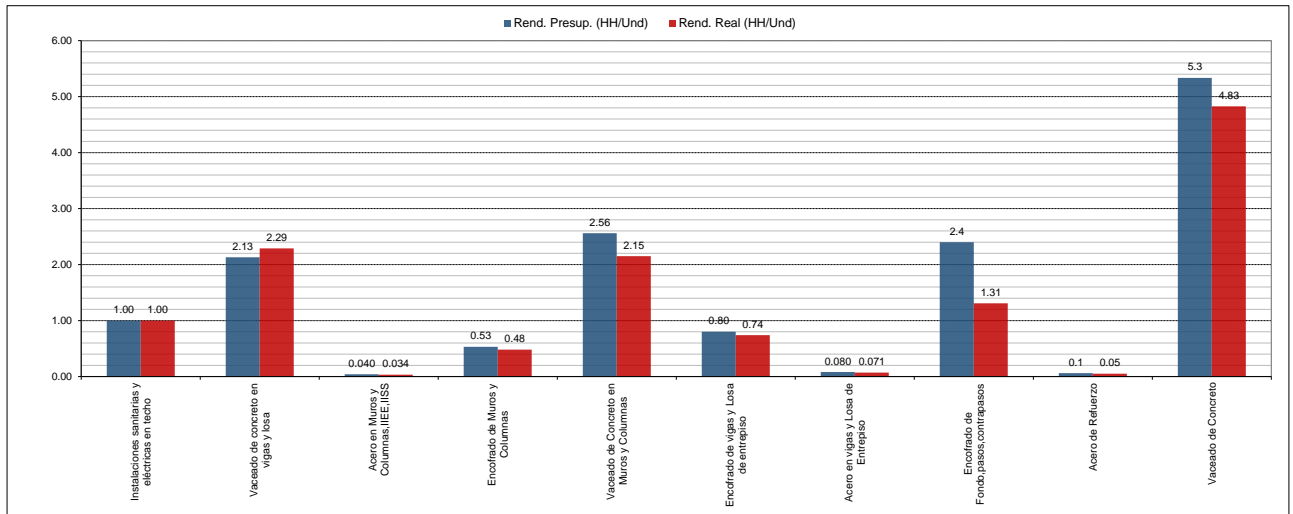


Recomendaciones :

Se recomienda un control exigente de la seguridad en la obra. El vaciado es una actividad de alto riesgo, y la prevención de los accidentes debe ser prioridad para la cuadrilla. Esto inclusive puede tener un impacto directo en la productividad

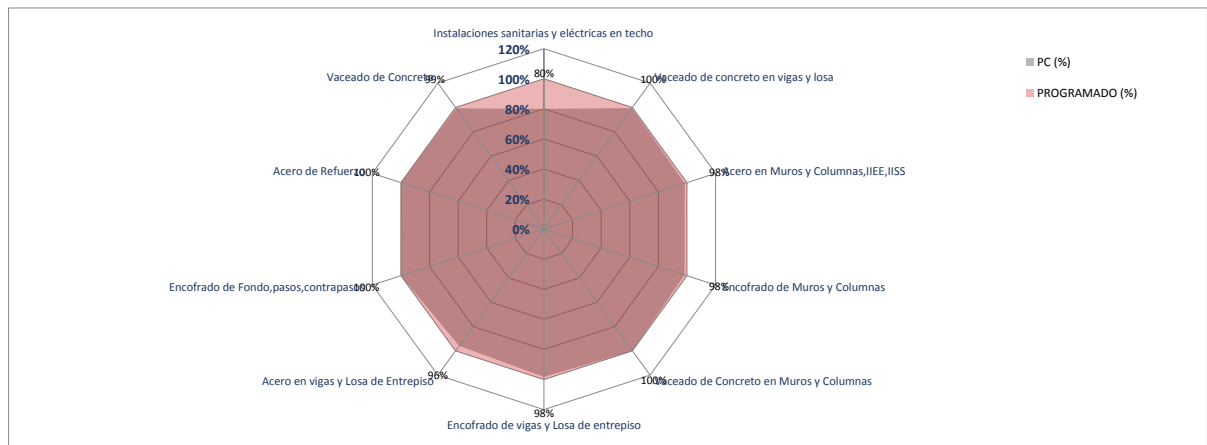


PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 08



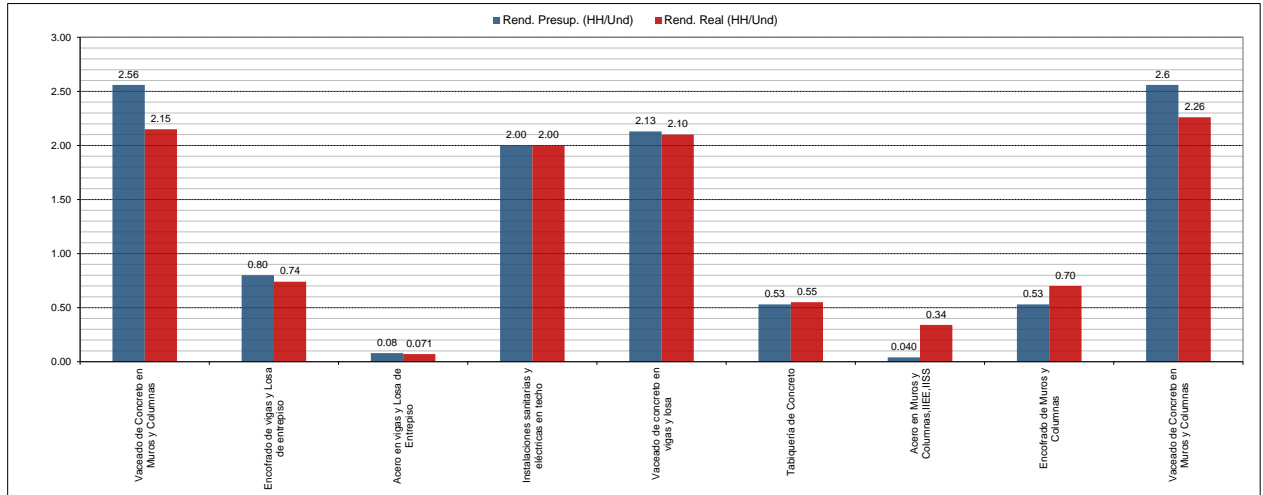
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	NIVEL 03	Instalaciones sanitarias y eléctricas en techo	Bloq.	0.5	1.00	0.4	1.00	80%	Faltaron 2 integrantes de la cuadrilla
2	NIVEL 03	Vaceado de concreto en vigas y losa	m3	31.7	2.13	31.5	2.29	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
3	NIVEL 04	Acero en Muros y Columnas, IIEE, IISS	Kg	4969.9	0.040	4893	0.034	98%	
4	NIVEL 04	Encofrado de Muros y Columnas	m2	1301.9	0.53	1280	0.48	98%	
5	NIVEL 04	Vaceado de Concreto en Muros y Columnas	m3	56.3	2.56	56.3	2.15	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
6	NIVEL 04	Encofrado de vigas y Losa de entrepiso	m2	221.4	0.80	217.4	0.74	98%	
7	NIVEL 04	Acero en vigas y Losa de Entrepiso	Kg	579.6	0.080	556	0.071	96%	
8	ESCALERA 2do a 3er Nivel	Encofrado de Fondo, pasos, contrapasos	m2	23.1	2.4	23.1	1.31	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
9	ESCALERA 2do a 3er Nivel	Acero de Refuerzo	Kg	203.0	0.1	203	0.05	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
10	ESCALERA 2do a 3er Nivel	Vaceado de Concreto	m3	2.9	5.3	2.9	4.83	99%	
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
								% Cumplimiento	97%



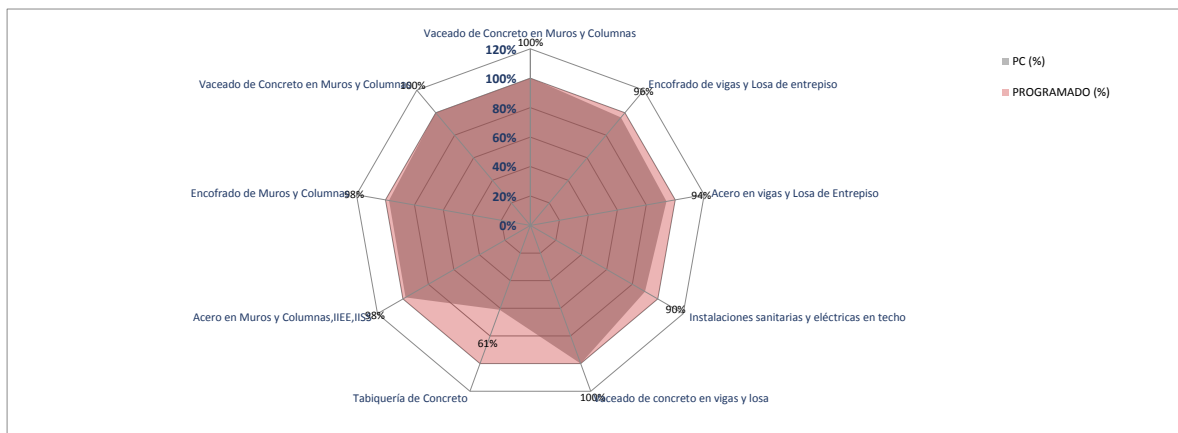


PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 09



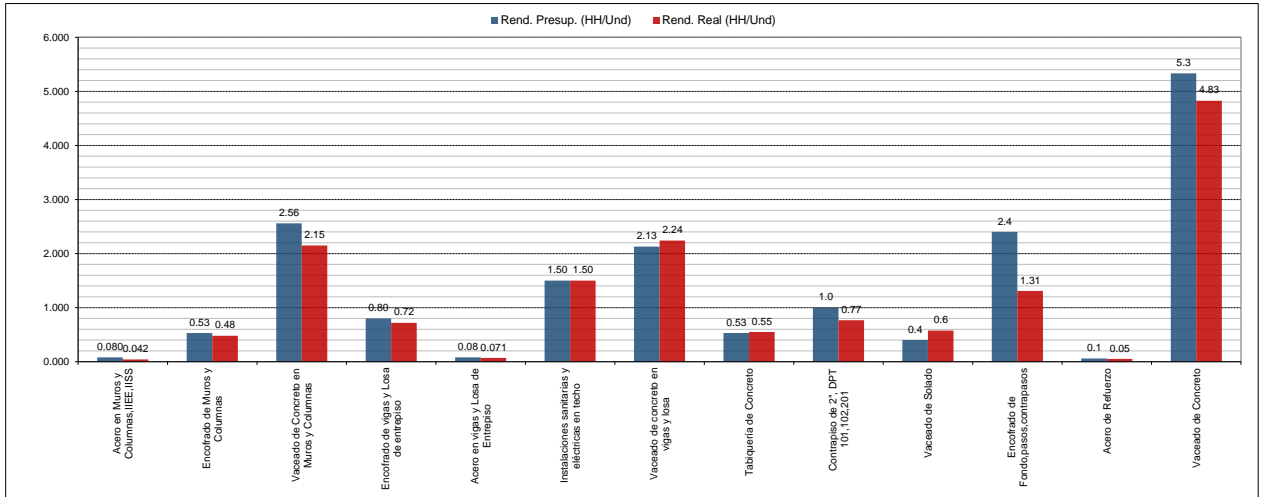
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	NIVEL 04	Vaceado de Concreto en Muros y Columnas	m3	17.7	2.56	17.8	2.15	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	NIVEL 04	Encofrado de vigas y Losa de entrepiso	m2	233.4	0.80	223.5	0.74	96%	
3	NIVEL 04	Acero en vigas y Losa de Entrepiso	Kg	1904.9	0.08	1790	0.071	94%	
4	NIVEL 04	Instalaciones sanitarias y eléctricas en techo	Bloq.	2.0	2.00	1.8	2.00	90%	Se cumplió adecuadamente la programación
5	NIVEL 04	Vaceado de concreto en vigas y losa	m3	60.3	2.13	60.3	2.10	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
6	NIVEL 04	Tabiquería de Concreto	m2	86.8	0.53	53	0.55	61%	
7	NIVEL 05	Acero en Muros y Columnas, IIEE, IISS	Kg	4718.9	0.040	4620	0.34	98%	Se cumplió adecuadamente la programación
8	NIVEL 05	Encofrado de Muros y Columnas	m2	654.6	0.53	638.6	0.70	98%	Se cumplió adecuadamente la programación
9	NIVEL 05	Vaceado de Concreto en Muros y Columnas	m3	17.8	2.6	17.8	2.26	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
% Cumplimiento								93%	



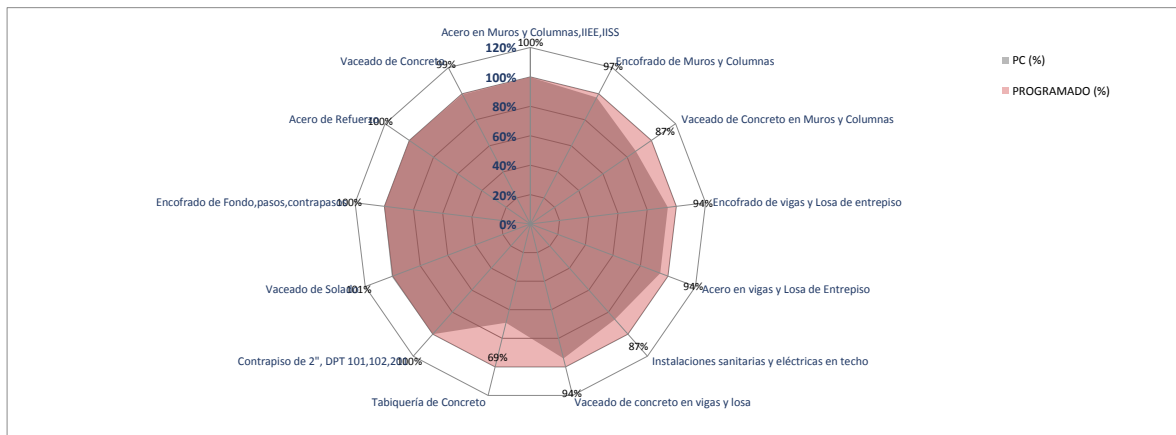


PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 10



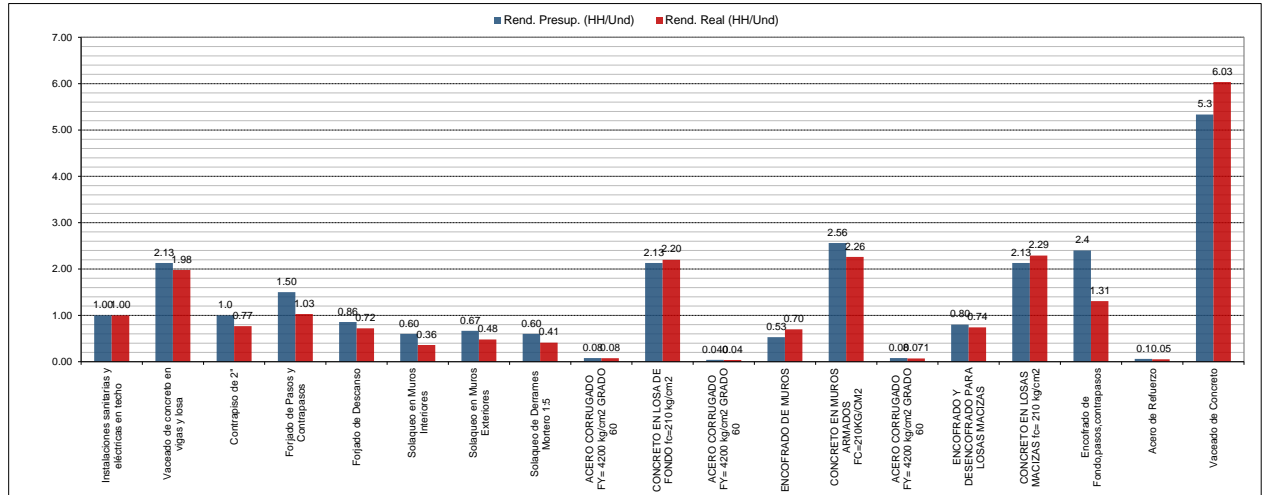
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	NIVEL 05	Acero en Muros y Columnas, IIEE, IISS	Kg	1283.3	0.080	1280	0.042	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	NIVEL 05	Encofrado de Muros y Columnas	m2	659.3	0.53	640	0.48	97%	
3	NIVEL 05	Vaceado de Concreto en Muros y Columnas	m3	57.3	2.56	50	2.15	87%	
4	NIVEL 05	Encofrado de vigas y Losa de entrepiso	m2	456.8	0.80	430	0.72	94%	Se cumplió adecuadamente la programación
5	NIVEL 05	Acero en vigas y Losa de Entrepiso	Kg	2398.2	0.08	2265	0.071	94%	
6	NIVEL 05	Instalaciones sanitarias y eléctricas en techo	Bloq.	1.5	1.50	1.3	1.50	87%	
7	NIVEL 05	Vaceado de concreto en vigas y losa	m3	26.6	2.13	25	2.24	94%	Se cumplió adecuadamente la programación
8	NIVEL 05	Tabiquería de Concreto	m2	86.8	0.53	60	0.55	69%	Error en la Programación
9	CONTRAPISO	Contrapiso de 2", DPT 101,102,201	m2	525.0	1.0	525	0.77	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
10	SUBESTACIÓN	Vaceado de Solado	m2	2.6	0.4	2.6	0.6	101%	
11	ESCALERA 3er a 4to Nivel	Encofrado de Fondo, pasos, contrapasos	m2	23.1	2.4	23.1	1.31	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
12	ESCALERA 3er a 4to Nivel	Acero de Refuerzo	Kg	203.0	0.1	203	0.05	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
13	ESCALERA 3er a 4to Nivel	Vaceado de Concreto	m3	2.9	5.3	2.9	4.83	99%	
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
% Cumplimiento								94%	





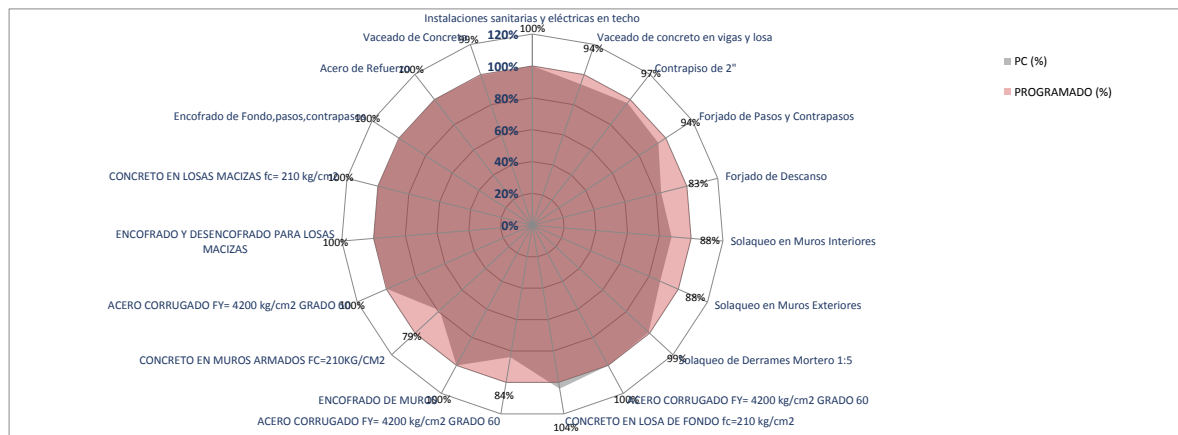
PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 11



RESUMEN DE METAS SEMANAL

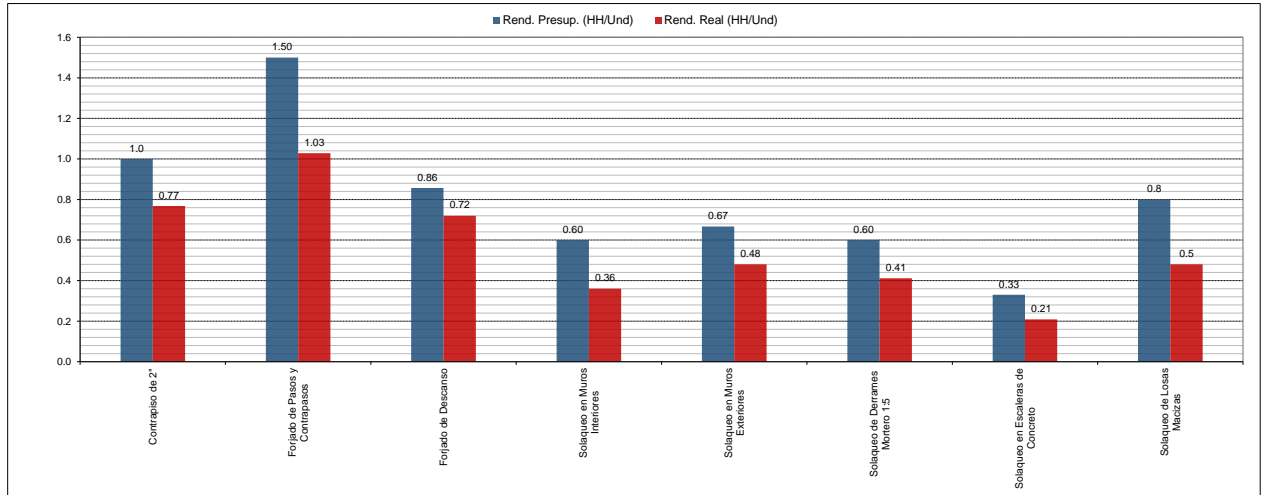
Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	NIVEL 05	Instalaciones sanitarias y eléctricas en techo	A,B	0.25	1.00	0.25	1.00	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	NIVEL 05	Vaceado de concreto en vigas y losa	29	30.6	2.13	28.6	1.98	94%	2m3 se Vacearon fuera del horario planificado
3	CONTRAPISOS	Contrapiso de 2"	m2	875.0	1.0	850	0.77	97%	Retraso en el inicio respecto a lo programado
4	CONTRAPISOS	Forjado de Pasos y Contrapisos	m	90.0	1.50	85	1.03	94%	
5	CONTRAPISOS	Forjado de Descanso	m2	60.0	0.86	50	0.72	83%	
6	REVOQUES	Solaqueo en Muros Interiores	m2	1695.0	0.60	1486	0.36	88%	
7	REVOQUES	Solaqueo en Muros Exteriores	m2	614.4	0.67	538	0.48	88%	
8	REVOQUES	Solaqueo de Derrames Mortero 1:5	m2	69.6	0.60	69	0.41	99%	
9	SUBESTACIÓN-Losa de Piso	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	Kg	152.0	0.08	152	0.08	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
10	SUBESTACIÓN-Losa de Piso	CONCRETO EN LOSA DE FONDO f=210 kg/cm2	m3	1.3	2.13	1.3	2.20	104%	
11	SUBESTACIÓN-Muros	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	680.0	0.040	570	0.04	84%	Se culminó el armado fuera del horario programado
12	SUBESTACIÓN-Muros	ENCOFRADO DE MUROS	m2	78.5	0.53	78.5	0.70	100%	
13	SUBESTACIÓN-Muros	CONCRETO EN MUROS ARMADOS FC=210KG/CM2	m3	8.87	2.56	7	2.26	79%	
14	SUBESTACIÓN -Techo	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	m3	158.64	0.08	158	0.071	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
15	SUBESTACIÓN -Techo	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA LOSAS MACIZAS	m2	5.1	0.80	5.1	0.74	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
16	SUBESTACIÓN -Techo	CONCRETO EN LOSAS MACIZAS f= 210 kg/cm2	kg	1.1	2.13	1.1	2.29	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
17	ESCALERA 4to a 5to Nivel	Encofrado de Fondo,pasos,contrapisos	m2	23.085	2.4	23	1.31	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
18	ESCALERA 4to a 5to Nivel	Acero de Refuerzo	Kg	203.04	0.1	203	0.05	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
19	ESCALERA 4to a 5to Nivel	Vaceado de Concreto	m3	2.92	5.3	2.9	6.03	99%	Prever anticipadamente la compra de fibras de polipropileno
20									

% Cumplimiento 95%



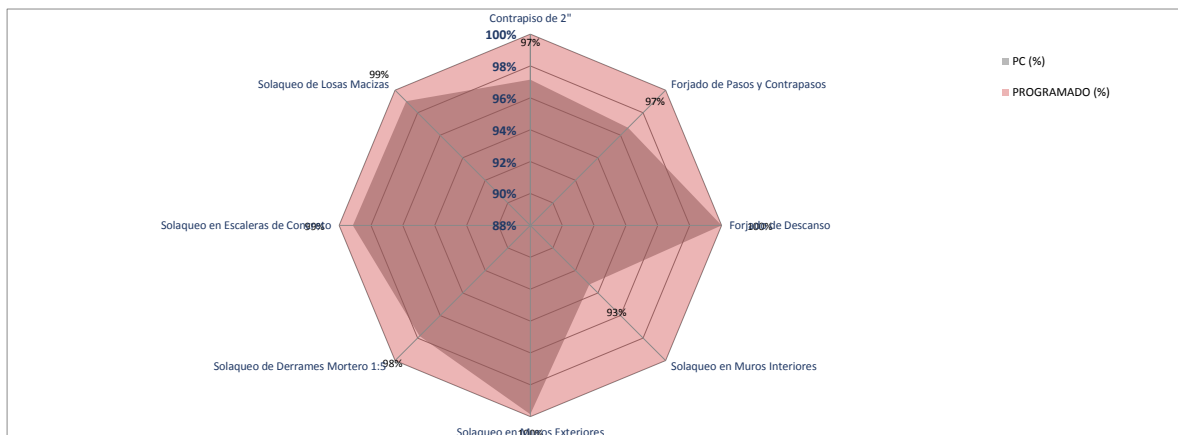


PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 12



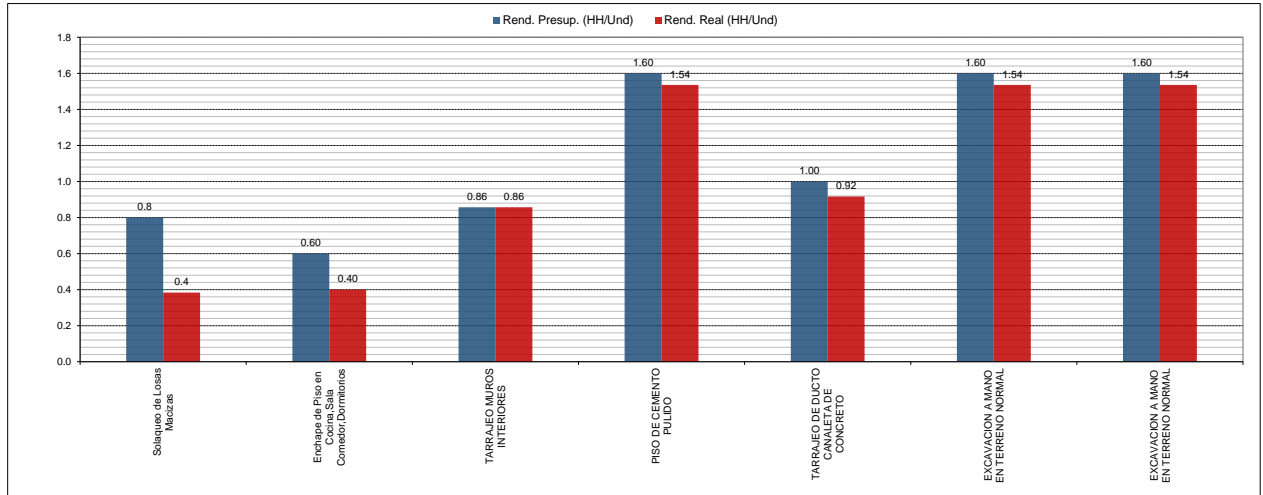
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	CONTRAPISO	Contrapiso de 2"	m2	350.0	1.0	340	0.77	97%	Retraso en culminar los trabajos dentro del horario programado
2	CONTRAPISO	Forjado de Pasos y Contrapasos	m	60.0	1.50	58	1.03	97%	
3	CONTRAPISO	Forjado de Descanso	m2	40.0	0.86	40	0.72	100%	
4	REVOQUES	Solaqueo en Muros Interiores	m2	1694.5	0.60	1580	0.36	93%	
5	REVOQUES	Solaqueo en Muros Exteriores	m2	409.6	0.67	409	0.48	100%	
6	REVOQUES	Solaqueo de Derrames Mortero 1:5	m2	184.0	0.60	180	0.41	98%	
7	REVOQUES	Solaqueo en Escaleras de Concreto	m2	116.0	0.33	115	0.21	99%	
8	CIELO RASO	Solaqueo de Losas Macizas	m2	1262.4	0.8	1250	0.5	99%	
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
% Cumplimiento								98%	



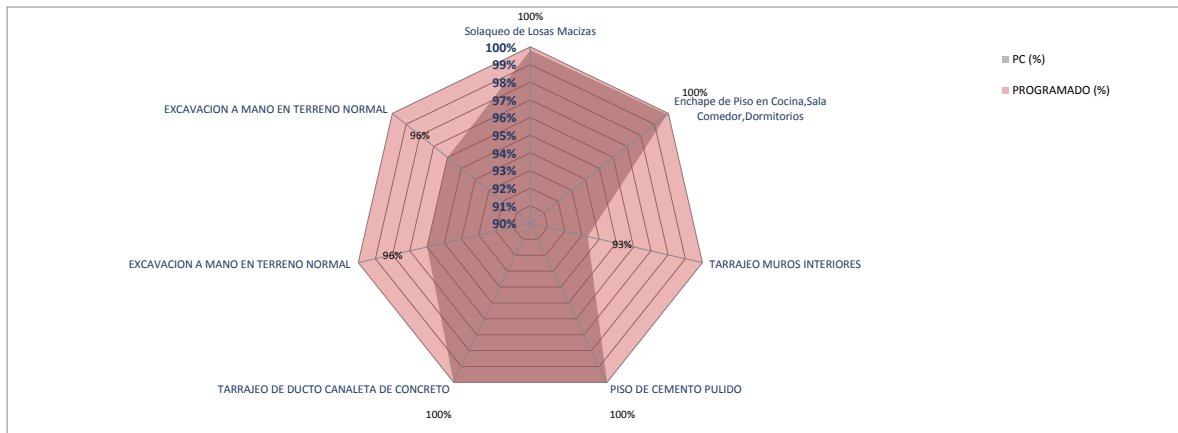


PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 13



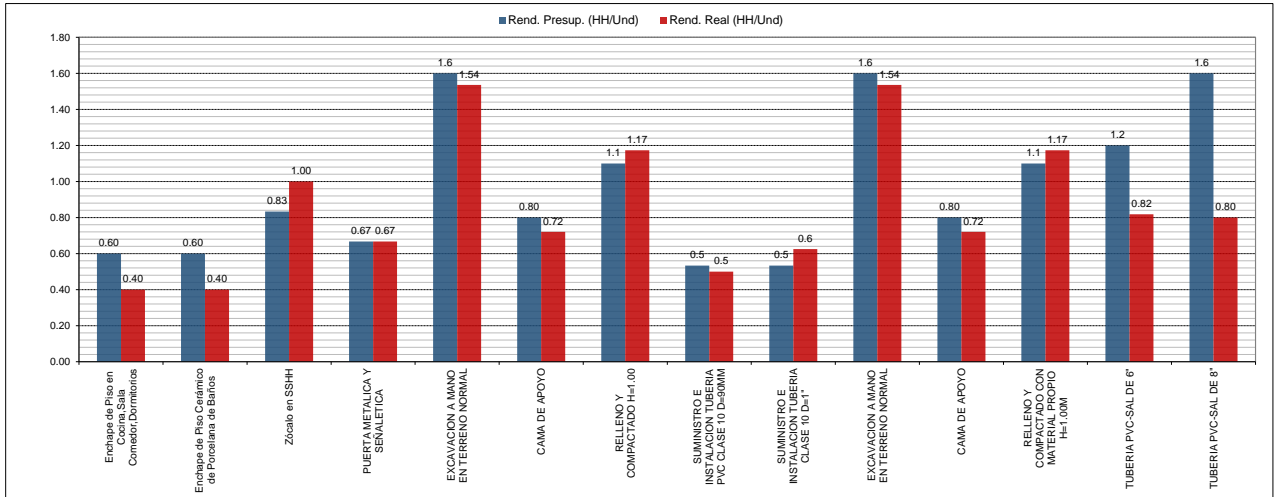
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	CIELO RASO	Solaqueo de Losas Macizas	m2	841.6	0.8	840	0.4	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	PISOS	Enchape de Piso en Cocina, Sala Comedor, Dormitorios	m2	521.5	0.60	521	0.40	100%	
3	SUBESTACION	TARRAJEO MUROS INTERIORES	m2	30.0	0.86	28	0.86	93%	
4	SUBESTACION	PISO DE CEMENTO PULIDO	m2	21.0	1.60	21	1.54	100%	
5	SUBESTACION	TARRAJEO DE DUCTO CANALETA DE CONCRETO	m2	9.0	1.00	9	0.92	100%	
6	Sist. De Agua	EXCAVACION A MANO EN TERRENO NORMAL	m3	12.5	1.60	12	1.54	96%	
7	Sist. De Desague	EXCAVACION A MANO EN TERRENO NORMAL	m3	12.5	1.60	12	1.54	96%	
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
% Cumplimiento								98%	



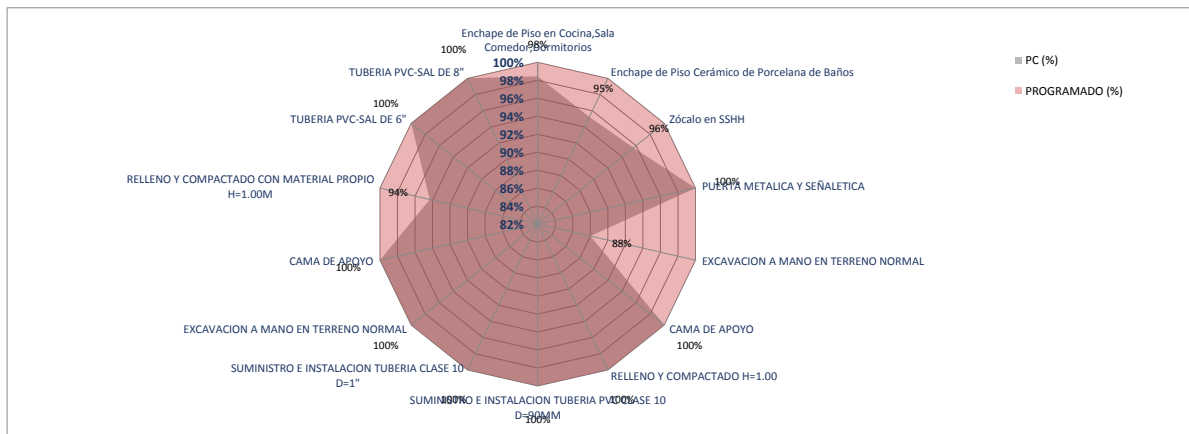


PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 14



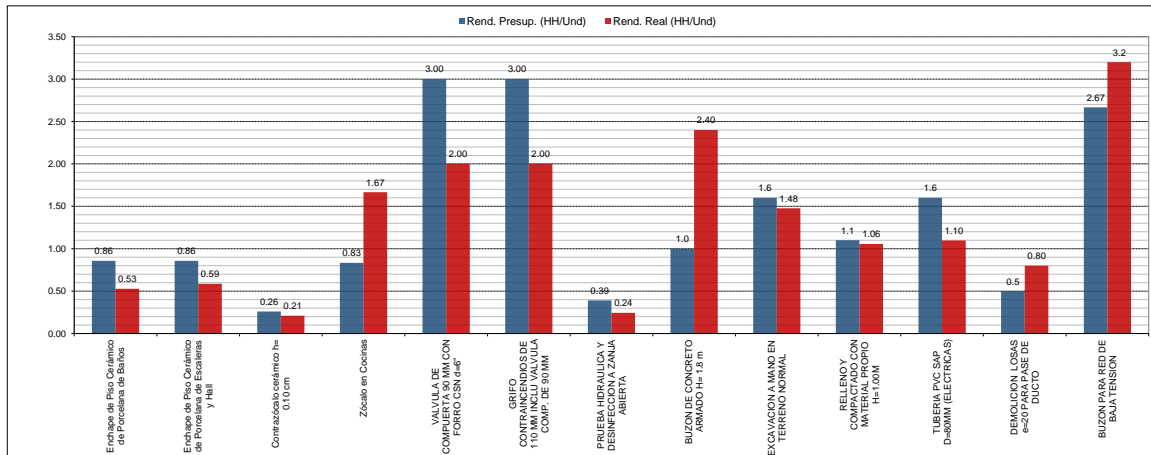
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	PISOS	Enchape de Piso en Cocina,Sala Comedor,Dormitorios	m2	223.5	0.60	220	0.40	98%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	PISOS	Enchape de Piso Cerámico de Porcelana de Baños	m2	63.0	0.60	60	0.40	95%	
3	ZÓCALOS	Zócalo en SSHH	m2	178.8	0.83	171	1.00	96%	
4	SUBESTACIÓN	PUERTA METALICA Y SEÑALÉTICA	und	1.0	0.67	1	0.67	100%	
5	HABILITACIÓN URBANA-Agua	EXCAVACION A MANO EN TERRENO NORMAL	m3	12.5	1.6	11	1.54	88%	
6	HABILITACIÓN URBANA-Agua	CAMA DE APOYO	m	42.0	0.80	42	0.72	100%	
7	HABILITACIÓN URBANA-Agua	RELLENO Y COMPACTADO H=1.00	m3	31.5	1.1	31.5	1.17	100%	Retraso por falla mecánica del apisonador
8	HABILITACIÓN URBANA-Agua	SUMINISTRO E INSTALACION TUBERIA PVC CLASE 10 D=30MM	m	33.0	0.5	33	0.5	100%	
9	HABILITACIÓN URBANA-Agua	SUMINISTRO E INSTALACION TUBERIA CLASE 10 D=1"	m	12.0	0.5	12	0.6	100%	
10	HABILITACIÓN URBANA-Desague	EXCAVACION A MANO EN TERRENO NORMAL	m3	12.5	1.6	12.5	1.54	100%	
11	HABILITACIÓN URBANA-Desague	CAMA DE APOYO	m	41.0	0.80	41	0.72	100%	
12	HABILITACIÓN URBANA-Desague	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO H=1.00M	m3	30.75	1.1	29	1.17	94%	Retraso por falla mecánica del apisonador
13	HABILITACIÓN URBANA-Desague	TUBERIA PVC-SAL DE 6"	m	11	1.2	11	0.82	100%	
14	HABILITACIÓN URBANA-Desague	TUBERIA PVC-SAL DE 8"	m	30	1.6	30	0.80	100%	
15									
16									
17									
18									
19									
								% Cumplimiento	98%



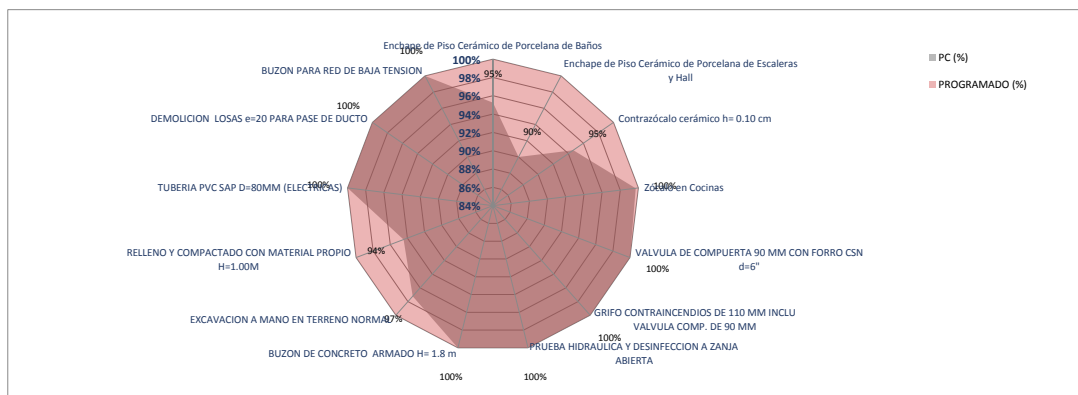


5PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 15



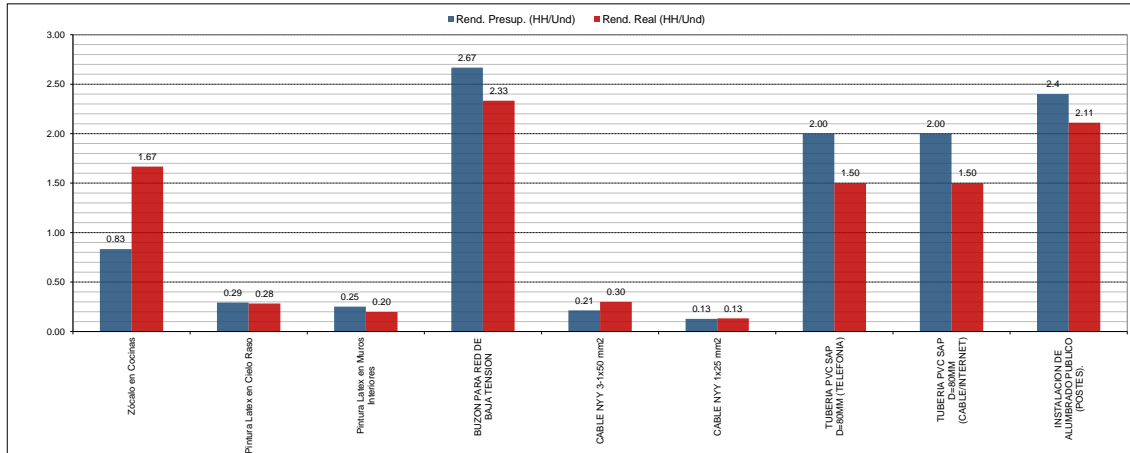
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	PISOS	Enchape de Piso Cerámico de Porcelana de Baños	m2	31.5	0.86	30	0.53	95%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	PISOS	Enchape de Piso Cerámico de Porcelana de Escaleras y Hall	m2	100.0	0.86	90	0.59	90%	Se cumplió adecuadamente la programación
3	CONTRAZOCALO	Contrazócalo cerámico h= 0.10 cm	m2	686.7	0.26	650	0.21	95%	Se cumplió adecuadamente la programación
4	ZÓCALOS	Zócalo en Cocinas	m2	13.4	0.83	13.4	1.67	100%	Demora en enchape de zócalo, por complejidad del diseño
5	HABILITACIÓN URBANA-Agua	VALVULA DE COMPUERTA 90 MM CON FORRO CSN d=6"	und	1.0	3.00	1	2.00	100%	
6	HABILITACIÓN URBANA-Agua	GRIFO CONTRA INCENDIOS DE 110 MM INCLU VALVULA	und	1.0	3.00	1	2.00	100%	
7	HABILITACIÓN URBANA-Desague	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION A ZANJA ABIERTA	m	41.0	0.39	41	0.24	100%	
8	HABILITACIÓN URBANA-Desague	BUZON DE CONCRETO ARMADO H= 1.8 m	und	4.0	1.0	4	2.40	100%	
9	HABILITACIÓN URBANA-IEEE	EXCAVACION A MANO EN TERRENO NORMAL	m3	72.0	1.6	70	1.48	97%	
10	HABILITACIÓN URBANA-IEEE	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO H=1.00M	m3	90.0	1.1	85	1.06	94%	
11	HABILITACIÓN URBANA-IEEE	TUBERIA PVC SAP D=80MM (ELECTRICAS)	m	156.0	1.6	156	1.10	100%	
12	HABILITACIÓN URBANA-IEEE	DEMOLICION LOSAS e=20 PARA PASE DE DUCTO	m	15.0	0.5	15	0.80	100%	
13	HABILITACIÓN URBANA-IEEE	BUZON PARA RED DE BAJA TENSION	und	3	2.67	3	3.2	100%	
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
% Cumplimiento								98%	



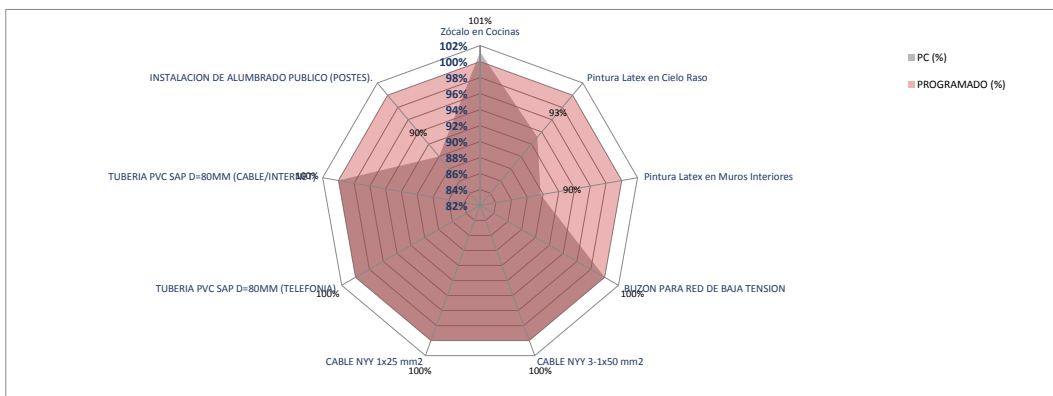


PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 16



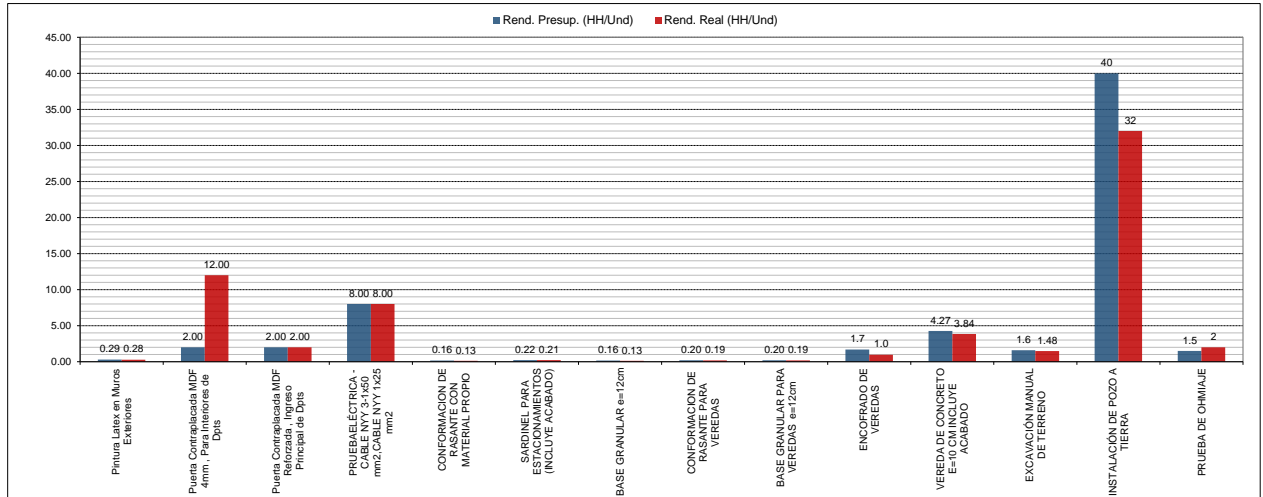
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	ZÓCALOS	Zócalo en Cocinas	m2	3.4	0.83	3.4	1.67	101%	Demora en enchape de zócalo, por complejidad del diseño
2	PINTURA	Pintura Latex en Cielo Raso	m2	1052.0	0.29	980	0.28	93%	
3	PINTURA	Pintura Latex en Muros Interiores	m2	1694.6	0.25	1520	0.20	90%	
4	HABILITACIÓN URBANA-IEE	BUZON PARA RED DE BAJA TENSION	und	3.0	2.67	3	2.33	100%	
5	HABILITACIÓN URBANA-IEE	CABLE NYY 3-1x50 mm2	m	60.0	0.21	60	0.30	100%	
6	HABILITACIÓN URBANA-IEE	CABLE NYY 1x25 mm2	m	60.0	0.13	60	0.13	100%	
7	HABILITACIÓN URBANA-IEE	TUBERIA PVC SAP D=80MM (TELEFONIA)	m	85.0	2.00	85	1.50	100%	
8	HABILITACIÓN URBANA-IEE	TUBERIA PVC SAP D=80MM (CABLE/INTERNET)	m	85.0	2.00	85	1.50	100%	
9	HABILITACIÓN URBANA-IEE	INSTALACION DE ALUMBRADO PUBLICO (POSTES).	und	10.0	2.4	9	2.11	90%	
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
								% Cumplimiento	97%



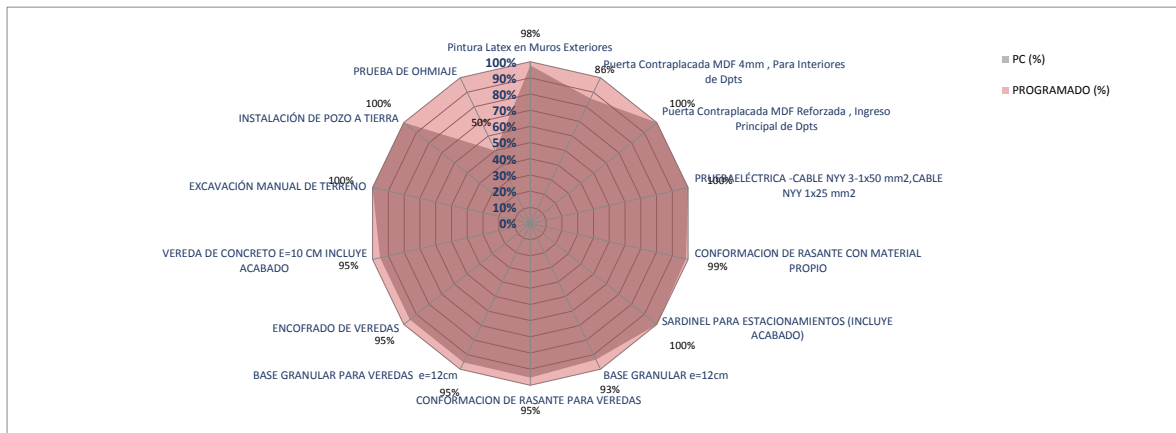


PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 17



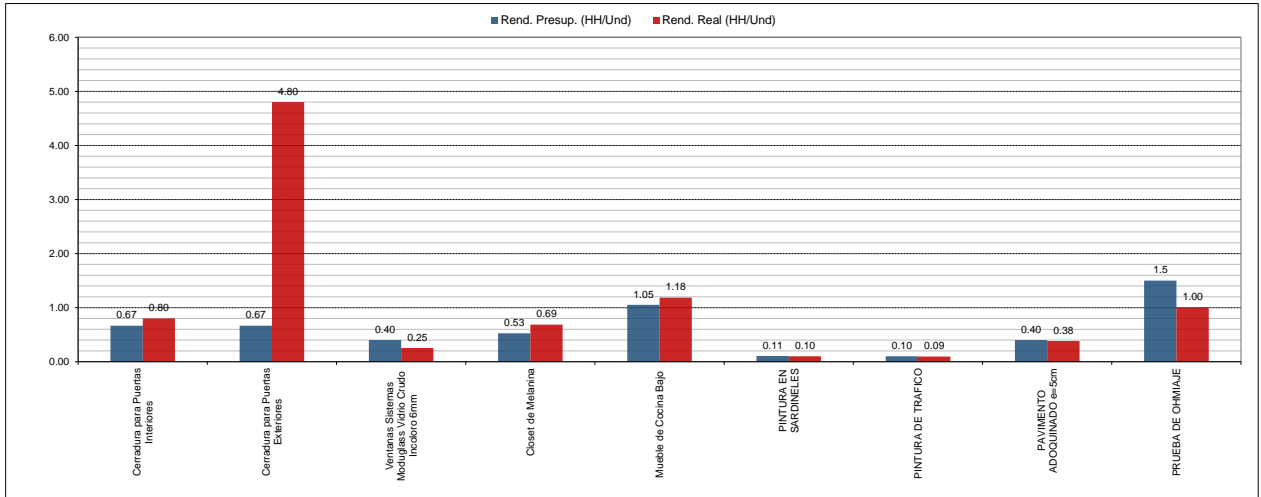
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	PINTURA	Pintura Latex en Muros Exteriores	m2	512.0	0.29	500	0.28	98%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	CARPINTERIA DE MADERA	Puerta Contraplacada MDF 4mm, Para Interiores de Dpts	und	70.0	2.00	60	12.00	86%	
3	CARPINTERIA DE MADERA	Puerta Contraplacada MDF Reforzada, Ingreso Principal de Dpts	und	10.0	2.00	10	2.00	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
4	HABILITACIÓN URBANA-IIEE	PRUEBA ELÉCTRICA -CABLE NYY 3-1x50 mm2,CABLE NYY 1x25 mm2	und	1.0	8.00	1	8.00	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
5	HABILITACIÓN URBANA-PISOS	CONFORMACION DE RASANTE CON MATERIAL PROPIO	m2	750	0.16	740	0.13	99%	Se cumplió adecuadamente la programación
6	HABILITACIÓN URBANA-PISOS	SARDINEL PARA ESTACIONAMIENTOS (INCLUYE ACABADO)	m	90	0.22	90	0.21	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
7	HABILITACIÓN URBANA-PISOS	BASE GRANULAR e=12cm	m2	750.0	0.16	700	0.13	93%	
8	HABILITACIÓN URBANA-PISOS	CONFORMACION DE RASANTE PARA VEREDAS	m2	105.0	0.20	100	0.19	95%	
9	HABILITACIÓN URBANA-PISOS	BASE GRANULAR PARA VEREDAS e=12cm	m2	105.0	0.20	100	0.19	95%	
10	HABILITACIÓN URBANA-PISOS	ENCOFRADO DE VEREDAS	m2	52.5	1.7	50	1.0	95%	
11	HABILITACIÓN URBANA-PISOS	VEREDA DE CONCRETO E=10 CM INCLUYE ACABADO	m2	52.5	4.27	50	3.84	95%	
12	POZO A TIERRA	EXCAVACIÓN MANUAL DE TERRENO	und	3	1.6	3	1.48	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
13	POZO A TIERRA	INSTALACIÓN DE POZO A TIERRA	und	3	40	3	32	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
14	POZO A TIERRA	PRUEBA DE OHMIAJE	und	2	1.5	1	2	50%	El Ingeniero Eléctrico llegó tarde a obra
15									
16									
17									
18									
% Cumplimiento								93%	



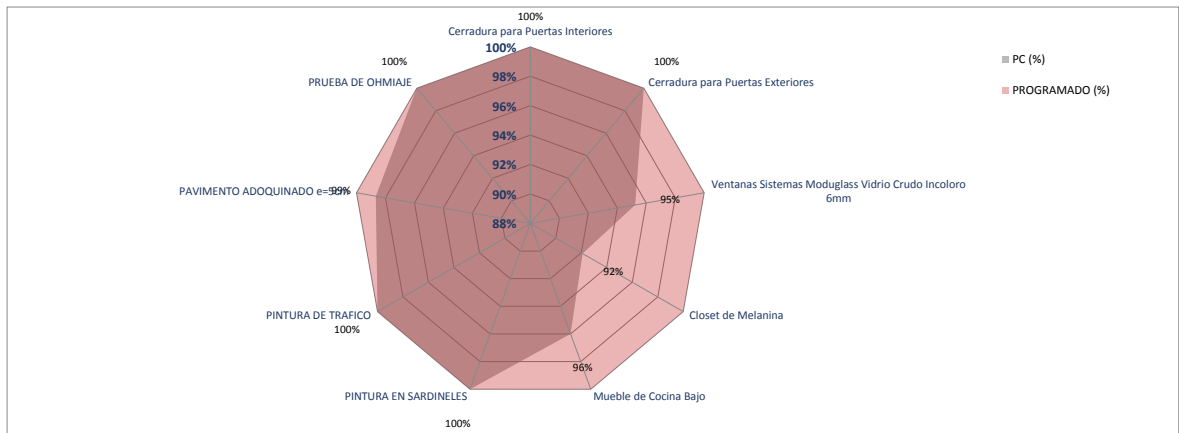


PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 18



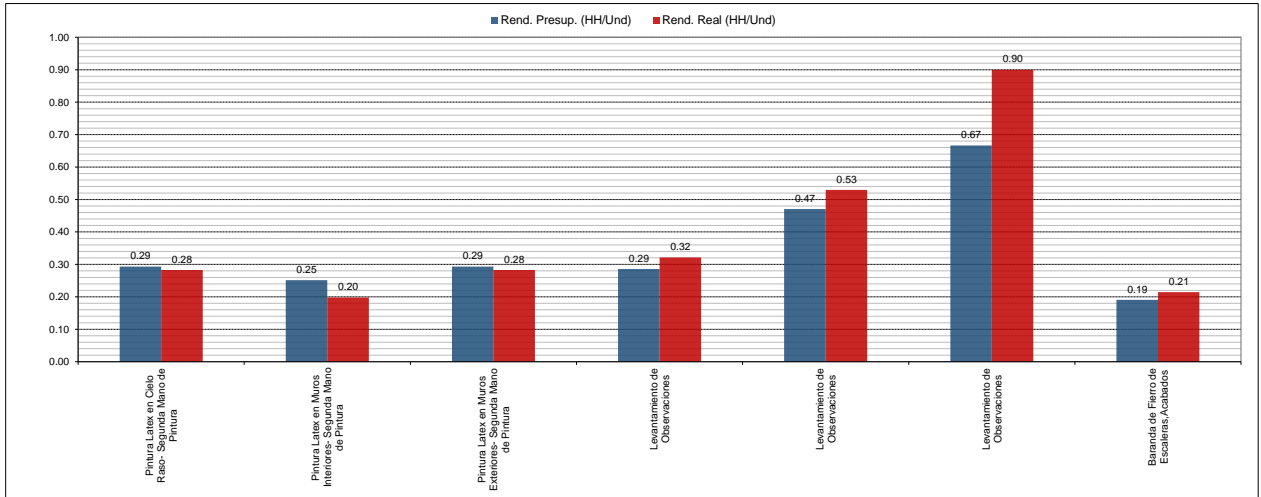
RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	CARPINTERIA DE MADERA	Cerradura para Puertas Interiores	und	70.0	0.67	70	0.80	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	CARPINTERIA DE MADERA	Cerradura para Puertas Exteriores	und	10.0	0.67	10	4.80	100%	Demora en la compra de cerradura requerida para uertas exteriores
3	VIDRIOS	Ventanas Sistemas Moduglass Vidrio Crudo Incoloro 6mm	m2	189.0	0.40	180	0.25	95%	
4	MUEBLES	Closet de Melanina	m	76.0	0.53	70	0.69	92%	Nollegó suficiente material al subcontratista
5	MUEBLES	Mueble de Cocina Bajo	m	37.5	1.05	36	1.18	96%	
6	HABILITACIÓN URBANA-PISOS	PINTURA EN SARDINELES	m	90.0	0.11	90	0.10	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
7	HABILITACIÓN URBANA-PISOS	PINTURA DE TRAFICO	m	95.0	0.10	95	0.09	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
8	HABILITACIÓN URBANA-PISOS	PAVIMENTO ADOQUINADO e=5cm	m2	375.0	0.40	370	0.38	99%	Se cumplió adecuadamente la programación
9	POZO A TIERRA	PRUEBA DE OHMIAJE	und	1.0	1.5	1	1.00	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
% Cumplimiento								98%	



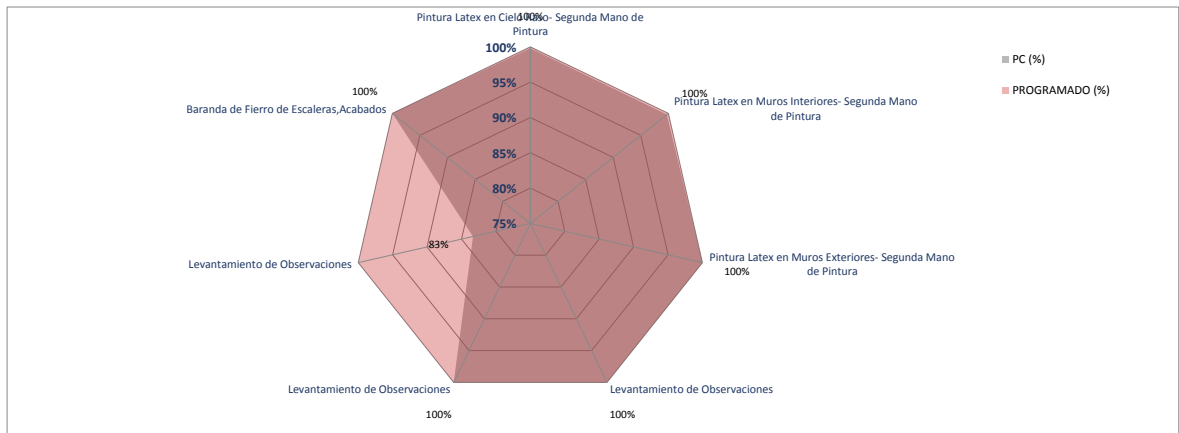


PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS SEMANA 19



RESUMEN DE METAS SEMANAL

Nro	Zona/Partida	ACTIVIDAD	UND	Metrado Programado	Rend. Presup. (HH/Und)	Metrado Real	Rend. Real (HH/Und)	PC (%)	COMENTARIOS
1	PINTURA	Pintura Latex en Cielo Raso- Segunda Mano de Pintura	m2	1052.0	0.29	1050	0.28	100%	Se cumplió adecuadamente la programación
2	PINTURA	Pintura Latex en Muros Interiores- Segunda Mano de Pintura	m2	1694.6	0.25	1690	0.20	100%	
3	PINTURA	Pintura Latex en Muros Exteriores- Segunda Mano de Pintura	m2	512.0	0.29	512	0.28	100%	
4	CARPINTERIA DE MADERA	Levantamiento de Observaciones	und	28.0	0.29	28	0.32	100%	
5	VIDRIOS	Levantamiento de Observaciones	und	17.0	0.47	17	0.53	100%	
6	MUEBLES	Levantamiento de Observaciones	und	12.0	0.67	10	0.90	83%	
7	CARPINTERIA METÁLICA	Baranda de Fierro de Escaleras, Acabados	m	42.0	0.19	42	0.21	100%	
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
% Cumplimiento								98%	

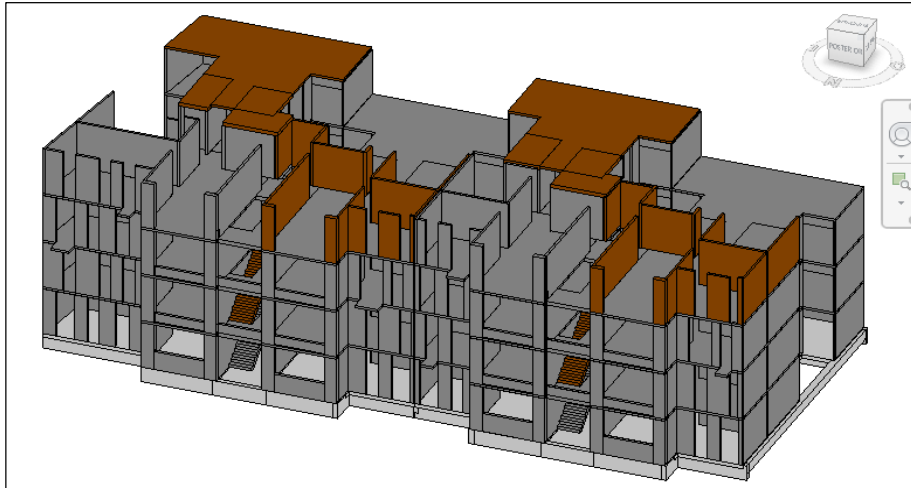


ANEXO 03

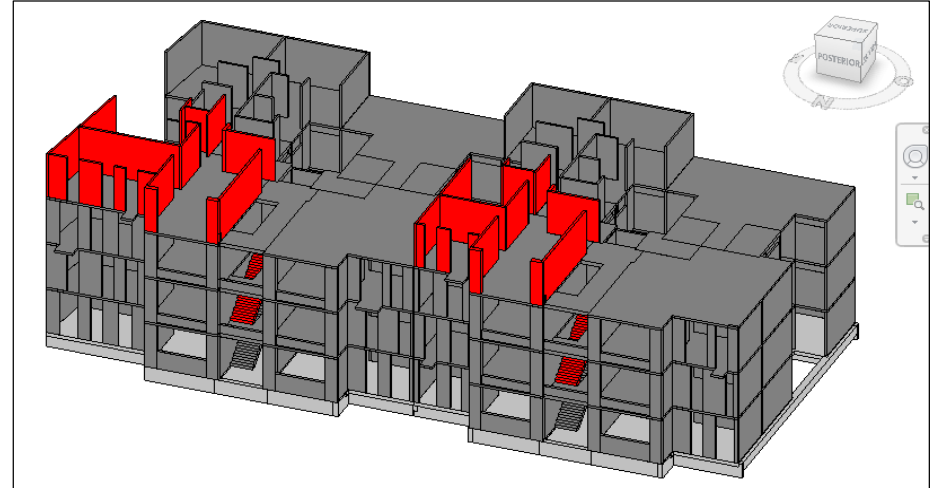
MODELO DE PROGRAMACIÓN DIARIA Y SEMANAL

PROGRAMACIÓN DIARIA DE ENCOFRADO Y CONCRETO -26-08-15

PLANIFICACION DIARIA - Metrado de Encofrado



PLANIFICACION DIARIA - Metrado de Concreto



PLANIFICACION DIARIA - Metrado de Encofrado

FECHA	ELEMENTO	NIVEL	SECTOR	Programado(m2)	Respons.	Cuadrilla
26/08/2015	ESCALERA	Nivel 2		17.96		
26/08/2015	DUCTO DE ASCENSOR	NIVEL 4	SECTOR 03	26.6		
26/08/2015	DUCTO DE ASCENSOR	NIVEL 4	SECTOR 07	27.17		
26/08/2015	Losa de Entrepiso	NIVEL 4	SECTOR 01	54.8		
26/08/2015	Losa de Entrepiso	NIVEL 4	SECTOR 05	54.04		
26/08/2015	Muro Estructural	NIVEL 4	SECTOR 03	130.59		
26/08/2015	Muro Estructural	NIVEL 4	SECTOR 07	130.88		

PLANIFICACION DIARIA - Metrado de Concreto

FECHA	ELEMENTO	NIVEL	SECTOR	Programado (m3)	Respons.	Cuadrilla
26/08/2015	ESCALERA	Nivel 2		2.9		
26/08/2015	COLUMNA	NIVEL 4	SECTOR 02	0.73		
26/08/2015	COLUMNA	NIVEL 4	SECTOR 06	0.73		
26/08/2015	Muro Estructural	NIVEL 4	SECTOR 02	9.56		
26/08/2015	Muro Estructural	NIVEL 4	SECTOR 06	8.39		

INTEGRANTES

H. INICIO **H. FIN**

INTEGRANTES

H. INICIO **H. FIN**

ANEXO 04

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - ACERO EN PLATEA DE CIMENTACIÓN



RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
ACERO EN PLATEA DE CIMENTACIÓN
Kg

Jornada:	9.6	Horas/día
Cuadrilla:	2	Operarios
	0	Oficiales
	1	Peones

Rendim. Presupuesto :	480	Kg/Jornada
Rendimiento Meta :	500	Kg/Jornada
Nro de Cuadrillas:	3	Cuadrillas
Nro de Trabajadores:	9	Total Propuesto

Rendim. Presupuesto :	0.06	HH/Kg
Rendimiento Meta :	0.06	HH/Kg
Costo HH Promedio:	16.85	Soles/HH

DESCRIPCION	UNIDAD	BLOQUE B				BLOQUE A															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - ACERO EN PLATEA DE CIMENTACIÓN																					
SECTOR		V-C	Platea (50%)	Platea (50%)		V-C	Platea (50%)	Platea (50%)													
METRADO- MODELO BIM	Kg	1504.5	1364.8	1364.8	0.0	1236.8	1281.4	1281.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
# PERSONAS	UND	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
RENDIMIENTO _{META}	HH/Kg	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
DURACION	HORAS	9.63	8.73	8.73	0.00	7.92	8.20	8.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PREMIOS/CONTRIBUT./OTROS	HORAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DURACION	HORAS	9.63	8.73	8.73	0.00	7.92	8.20	8.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RENDIMIENTO _{PRESUPUESTO}	HH/Kg	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
DURACION	HORAS	10.03	9.10	9.10	0.00	8.25	8.54	8.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ahorro/Pérdida DEL DIA	HORAS	3.61	3.28	3.28	0.00	2.97	3.08	3.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	HORAS	3.61	6.89	10.16	10.16	13.13	16.21	19.28	19.28	19.28	19.28	19.28	19.28	19.28	19.28	19.28	19.28	19.28	19.28	19.28	19.28
Ahorro/Pérdida DEL DIA	S/.	60.85	55.20	55.20	0.00	50.03	51.83	51.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	60.85	116.06	171.26	171.26	221.29	273.12	324.95	324.95	324.95	324.95	324.95	324.95	324.95	324.95	324.95	324.95	324.95	324.95	324.95	324.95

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - ACERO EN COLUMNAS Y MUROS



RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
ACERO EN COLUMNAS Y MUROS
Kg

Jornada:	9.6	Horas/día
Cuadrilla:	2	Operarios
	0	Oficiales
	1	Peones

Rendim. Presupuesto :	840	Kg/Jornada
Rendimiento Meta :	850	Kg/Jornada
Nro de Cuadrillas:	2	Cuadrillas
Nro de Trabajadores:	6	Total Propuesto

Rendim. Presupuesto :	0.034	HH/Kg
Rendimiento Meta :	0.03	HH/Kg
Costo HH Promedio:	16.85	Soles/HH

DESCRIPCION	UNIDAD	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - ACERO EN COLUMNAS Y MUROS																					
SECTOR		S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8
METRADO- MODELO BIM	Kg	1713.4	1984.6	2366.5	1586.3	1638.9	1956.8	1956.1	1500.2	1,630.89	1,948.51	2,041.30	1,502.06	1,581.76	1,739.45	1,788.78	1,441.70	1,401.10	1,604.52	1,713.32	1,283.29
# PERSONAS	UND	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
RENDIMIENTO _{META}	HH/Kg	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
DURACION	HORAS	9.68	11.21	13.36	8.96	9.26	11.05	11.05	8.47	9.21	11.00	11.53	8.48	8.93	9.82	10.10	8.14	7.91	9.06	9.68	7.25
PREMIOS/CONTRIBUT./OTROS	HORAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DURACION	HORAS	9.68	11.21	13.36	8.96	9.26	11.05	11.05	8.47	9.21	11.00	11.53	8.48	8.93	9.82	10.10	8.14	7.91	9.06	9.68	7.25
RENDIMIENTO _{PRESUPUESTO}	HH/Kg	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
DURACION	HORAS	9.79	11.34	13.52	9.06	9.37	11.18	11.18	8.57	9.32	11.13	11.66	8.58	9.04	9.94	10.22	8.24	8.01	9.17	9.79	7.33
Ahorro/Pérdida DEL DIA	HORAS	0.69	0.80	0.95	0.64	0.66	0.79	0.79	0.61	0.66	0.79	0.82	0.61	0.64	0.70	0.72	0.58	0.57	0.65	0.69	0.52
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	HORAS	0.69	1.49	2.45	3.09	3.75	4.54	5.33	5.93	6.59	7.37	8.20	8.80	9.44	10.14	10.86	11.45	12.01	12.66	13.35	13.87
Ahorro/Pérdida DEL DIA	S/.	11.65	13.49	16.09	10.78	11.14	13.30	13.30	10.20	11.09	13.25	13.88	10.21	10.75	11.82	12.16	9.80	9.52	10.91	11.65	8.72
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	11.65	25.14	41.23	52.01	63.15	76.45	89.75	99.95	111.04	124.28	138.16	148.37	159.12	170.95	183.11	192.91	202.43	213.34	224.99	233.71

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - ENCOFRADO Y DESENC. DE COLUMNAS Y MUROS



RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
ENCOFRADO Y DESENC. DE COLUMNAS Y MUROS
M2

Jornada: 9.6	Horas/día
Cuadrilla: 1	Operarios
0	Oficiales
1	Peones

Rendim. Presupuesto: 36	M2/Jornada
Rendimiento Meta: 40	M2/Jornada
Nro de Cuadrillas: 8	Cuadrillas
Nro de Trabajadores: 16	Total Propuesto

Rendim. Presupuesto: 0.53	HH/M2
Rendimiento Meta: 0.48	HH/M2
Costo HH Promedio: 16.10	Soles/HH

DESCRIPCION	UNIDAD	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - ENCOFRADO Y DESENC. DE COLUMNAS Y MUROS

SECTOR		S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8
METRADO- MODELO BIM	M2	321.6	323.3	358.9	321.9	321.6	325.8	332.5	322.2	321.61	325.81	332.46	322.17	321.61	325.32	332.77	322.17	323.34	331.27	334.02	325.31
# PERSONAS	UND	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
RENDIMIENTO _{META}	HH/M2	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
DURACION	HORAS	9.65	9.70	10.77	9.66	9.65	9.77	9.97	9.67	9.65	9.77	9.97	9.67	9.65	9.76	9.98	9.67	9.70	9.94	10.02	9.76
PREMIOS/CONTRIBUT./OTROS	HORAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DURACION	HORAS	9.65	9.70	10.77	9.66	9.65	9.77	9.97	9.67	9.65	9.77	9.97	9.67	9.65	9.76	9.98	9.67	9.70	9.94	10.02	9.76
RENDIMIENTO _{PRESUPUESTO}	HH/M2	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
DURACION	HORAS	10.72	10.78	11.96	10.73	10.72	10.86	11.08	10.74	10.72	10.86	11.08	10.74	10.72	10.84	11.09	10.74	10.78	11.04	11.13	10.84
Ahorro/Pérdida DEL DIA	HORAS	17.15	17.24	19.14	17.17	17.15	17.38	17.73	17.18	17.15	17.38	17.73	17.18	17.15	17.35	17.75	17.18	17.24	17.67	17.81	17.35
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	HORAS	17.15	34.39	53.53	70.70	87.85	105.23	122.96	140.14	157.29	174.67	192.40	209.58	226.73	244.09	261.83	279.02	296.26	313.93	331.74	349.09
Ahorro/Pérdida DEL DIA	S/.	276.10	277.58	308.18	276.40	276.11	279.76	285.47	276.64	276.16	279.76	285.47	276.64	276.16	279.34	285.74	276.64	277.64	284.45	286.81	279.33
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	276.10	553.69	861.86	1138.27	1414.38	1694.14	1979.61	2256.25	2532.41	2812.17	3097.64	3374.28	3650.43	3929.77	4215.51	4492.15	4769.79	5054.24	5341.05	5620.39

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS Y LOSA



RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS Y LOSA
M2

Jornada: 9.6	Horas/día
Cuadrilla: 1	Operarios
1	Oficiales
0	Peones

Rendim. Presupuesto: 24	M2/Jornada
Rendimiento Meta: 28	M2/Jornada
Nro de Cuadrillas: 4	Cuadrillas
Nro de Trabajadores: 8	Total Propuesto

Rendim. Presupuesto: 0.80	HH/M2
Rendimiento Meta: 0.69	HH/M2
Costo HH Promedio: 16.88	Soles/HH

DESCRIPCION	UNIDAD	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS Y LOSA

SECTOR		S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8
METRADO- MODELO BIM	M2	108.2	112.6	124.2	107.9	108.3	112.7	125.3	107.9	108.29	112.54	125.46	107.94	108.84	112.54	125.46	107.94	108.29	111.39	129.17	107.94
# PERSONAS	UND	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
RENDIMIENTO _{META}	HH/M2	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
DURACION	HORAS	9.28	9.65	10.65	9.25	9.28	9.66	10.74	9.25	9.28	9.65	10.75	9.25	9.33	9.65	10.75	9.25	9.28	9.55	11.07	9.25
PREMIOS/CONTRIBUT./OTROS	HORAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DURACION	HORAS	9.28	9.65	10.65	9.25	9.28	9.66	10.74	9.25	9.28	9.65	10.75	9.25	9.33	9.65	10.75	9.25	9.28	9.55	11.07	9.25
RENDIMIENTO _{PRESUPUESTO}	HH/M2	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
DURACION	HORAS	10.82	11.26	12.42	10.79	10.83	11.27	12.53	10.79	10.83	11.25	12.55	10.79	10.88	11.25	12.55	10.79	10.83	11.14	12.92	10.79
Ahorro/Pérdida DEL DIA	HORAS	12.37	12.86	14.20	12.33	12.38	12.88	14.32	12.34	12.38	12.86	14.34	12.34	12.44	12.86	14.34	12.34	12.38	12.73	14.76	12.34
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	HORAS	12.37	25.23	39.43	51.76	64.14	77.02	91.34	103.67	116.05	128.91	143.25	155.59	168.02	180.89	195.22	207.56	219.94	232.67	247.43	259.76
Ahorro/Pérdida DEL DIA	S/.	208.73	217.06	239.59	208.15	208.85	217.37	241.57	208.17	208.85	217.04	241.96	208.17	209.91	217.04	241.96	208.17	208.85	214.82	249.11	208.17
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	208.73	425.79	665.38	873.53	1082.37	1299.74	1541.31	1749.48	1958.33	2175.37	2417.33	2625.50	2835.41	3052.45	3294.41	3502.58	3711.42	3926.24	4175.36	4383.53

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE TABIQUERIA



RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE TABIQUERIA
M2

Jornada:	9.6	Horas/día
Cuadrilla:	1	Operarios
	0	Oficiales
	1	Peones

Rendim. Presupuesto :	30	M2/Jornada
Rendimiento Meta :	32	M2/Jornada
Nro de Cuadrillas:	1	Cuadrillas
Nro de Trabajadores:	2	Total Propuesto

Rendim. Presupuesto :	0.64	HH/M2
Rendimiento Meta :	0.60	HH/M2
Costo HH Promedio:	16.1	Soles/HH

DESCRIPCION	UNIDAD	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE TABIQUERIA																					
SECTOR	UNIDAD	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8
METRADO- MODELO BIM	M2	21.4	22.8	9.9	34.5	27.5	20.5	4.3	34.5	27.45	20.53	4.31	34.54	27.45	20.53	4.31	34.54	27.45	20.53	4.31	34.54
# PERSONAS	UND	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
RENDIMIENTO _{META}	HH/M2	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
DURACION	HORAS	5.13	5.47	2.38	8.29	6.60	4.93	1.03	8.29	6.59	4.93	1.03	8.29	6.59	4.93	1.03	8.29	6.59	4.93	1.03	8.29
PREMIOS/CONTRIBUT./OTROS	HORAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DURACION	HORAS	5.13	5.47	2.38	8.29	6.60	4.93	1.03	8.29	6.59	4.93	1.03	8.29	6.59	4.93	1.03	8.29	6.59	4.93	1.03	8.29
RENDIMIENTO _{PRESUPUESTO}	HH/M2	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
DURACION	HORAS	6.84	7.30	3.17	11.05	8.79	6.57	1.38	11.05	8.78	6.57	1.38	11.05	8.78	6.57	1.38	11.05	8.78	6.57	1.38	11.05
Ahorro/Pérdida DEL DIA	HORAS	3.42	3.65	1.58	5.53	4.40	3.28	0.69	5.53	4.39	3.28	0.69	5.53	4.39	3.28	0.69	5.53	4.39	3.28	0.69	5.53
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	HORAS	3.42	7.07	8.65	14.18	18.57	21.86	22.55	28.08	32.47	35.75	36.44	41.97	46.36	49.64	50.33	55.86	60.25	63.54	64.23	69.75
Ahorro/Pérdida DEL DIA	S/.	55.02	58.76	25.50	88.98	70.79	52.89	11.10	88.98	70.71	52.89	11.10	88.98	70.71	52.89	11.10	88.98	70.71	52.89	11.10	88.98
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	55.02	113.78	139.28	228.26	299.05	351.93	363.04	452.01	522.72	575.61	586.71	675.68	746.40	799.28	810.38	899.36	970.07	1022.96	1034.06	1123.03

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - CONCRETO PREMEZCL. EN MUROS Y COLUMNAS



RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
CONCRETO PREMEZCL. EN MUROS Y COLUMNAS
M3

Jornada:	9.6	Horas/día
Cuadrilla:	4	Operarios
	1	Oficiales
	3	Peones

Rendim. Presupuesto :	30	M3/Jornada
Rendimiento Meta :	31	M3/Jornada
Nro de Cuadrillas:	1	Cuadrillas
Nro de Trabajadores:	8	Total Propuesto

Rendim. Presupuesto :	2.56	HH/M3
Rendimiento Meta :	2.48	HH/M3
Costo HH Promedio:	16.29	Soles/HH

DESCRIPCION	UNIDAD	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - CONCRETO PREMEZCL. EN MUROS Y COLUMNAS																					
SECTOR	UNIDAD	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8
METRADO- MODELO BIM	M3	17.7	18.7	21.4	17.7	17.7	18.9	19.7	17.7	17.68	18.74	19.33	17.73	17.68	18.87	19.74	17.73	17.76	19.45	19.98	17.91
# PERSONAS	UND	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
RENDIMIENTO _{META}	HH/M3	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48
DURACION	HORAS	5.47	5.80	6.62	5.49	5.48	5.85	6.10	5.49	5.48	5.80	5.99	5.49	5.48	5.84	6.11	5.49	5.50	6.02	6.19	5.55
PREMIOS/CONTRIBUT./OTROS	HORAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DURACION	HORAS	5.47	5.80	6.62	5.49	5.48	5.85	6.10	5.49	5.48	5.80	5.99	5.49	5.48	5.84	6.11	5.49	5.50	6.02	6.19	5.55
RENDIMIENTO _{PRESUPUESTO}	HH/M3	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
DURACION	HORAS	5.65	5.99	6.84	5.67	5.66	6.04	6.31	5.67	5.66	6.00	6.19	5.67	5.66	6.04	6.32	5.67	5.68	6.22	6.39	5.73
Ahorro/Pérdida DEL DIA	HORAS	1.46	1.55	1.76	1.46	1.46	1.56	1.63	1.46	1.46	1.55	1.60	1.46	1.46	1.56	1.63	1.46	1.47	1.61	1.65	1.48
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	HORAS	1.46	3.01	4.77	6.23	7.69	9.25	10.88	12.34	13.81	15.35	16.95	18.41	19.87	21.43	23.06	24.53	25.99	27.60	29.25	30.73
Ahorro/Pérdida DEL DIA	S/.	23.78	25.20	28.75	23.84	23.79	25.40	26.52	23.86	23.79	25.22	26.01	23.86	23.79	25.39	26.56	23.86	23.90	26.17	26.88	24.10
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	23.78	48.98	77.73	101.58	125.36	150.77	177.29	201.15	224.94	250.15	276.16	300.02	323.81	349.20	375.76	399.61	423.51	449.68	476.57	500.67

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - CONCRETO PREMEZCL. EN VIGAS Y LOSA



RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
CONCRETO PREMEZCL. EN VIGAS Y LOSA
M3

Jornada: 9.6	Horas/día
Cuadrilla: 3	Operarios
1	Oficiales
4	Peones

Rendim. Presupuesto : 36	M3/Jornada
Rendimiento Meta : 36.5	M3/Jornada
Nro de Cuadrillas: 1	Cuadrillas
Nro de Trabajadores: 8	Total Propuesto

Rendim. Presupuesto : 2.13	HH/M3
Rendimiento Meta : 2.10	HH/M3
Costo HH Promedio: 15.73	Soles/HH

DESCRIPCION	UNIDAD	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - CONCRETO PREMEZCL. EN VIGAS Y LOSA

SECTOR	UNIDAD	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8
METRADO- MODELO BIM	M3	15.1	13.3	16.5	15.1	15.1	13.3	16.6	15.1	15.12	13.31	16.64	15.14	15.23	13.29	16.65	15.14	13.37	13.19	17.60	12.96
# PERSONAS	UND	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
RENDIMIENTO _{META}	HH/M3	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
DURACION	HORAS	3.97	3.50	4.34	3.98	3.98	3.50	4.38	3.98	3.98	3.50	4.38	3.98	4.01	3.50	4.38	3.98	3.52	3.47	4.63	3.41
PREMIOS/CONTRIBUT./OTROS	HORAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DURACION	HORAS	3.97	3.50	4.34	3.98	3.98	3.50	4.38	3.98	3.98	3.50	4.38	3.98	4.01	3.50	4.38	3.98	3.52	3.47	4.63	3.41
RENDIMIENTO _{PRESUPUESTO}	HH/M3	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13
DURACION	HORAS	4.03	3.54	4.40	4.04	4.03	3.55	4.44	4.04	4.03	3.55	4.44	4.04	4.06	3.54	4.44	4.04	3.57	3.52	4.69	3.46
Ahorro/Pérdida DEL DIA	HORAS	0.44	0.39	0.48	0.44	0.44	0.39	0.49	0.44	0.44	0.39	0.49	0.44	0.45	0.39	0.49	0.44	0.39	0.39	0.51	0.38
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	HORAS	0.44	0.83	1.31	1.75	2.20	2.59	3.07	3.51	3.96	4.35	4.83	5.27	5.72	6.11	6.59	7.04	7.43	7.81	8.33	8.71
Ahorro/Pérdida DEL DIA	S/.	6.95	6.11	7.59	6.96	6.95	6.12	7.65	6.96	6.95	6.12	7.65	6.96	7.00	6.11	7.65	6.96	6.15	6.06	8.09	5.96
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	6.95	13.05	20.64	27.60	34.55	40.67	48.32	55.28	62.23	68.35	75.99	82.95	89.95	96.06	103.72	110.68	116.82	122.88	130.97	136.93

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - CONCRETO EN TABIQUERÍA



RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
CONCRETO EN TABIQUERÍA
M3

Jornada: 9.6	Horas/día
Cuadrilla: 3	Operarios
1	Oficiales
4	Peones

Rendim. Presupuesto : 30	M3/Jornada
Rendimiento Meta : 31	M3/Jornada
Nro de Cuadrillas: 1	Cuadrillas
Nro de Trabajadores: 8	Total Propuesto

Rendim. Presupuesto : 2.56	HH/M3
Rendimiento Meta : 2.48	HH/M3
Costo HH Promedio: 15.73	Soles/HH

DESCRIPCION	UNIDAD	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS - CONCRETO EN TABIQUERÍA

SECTOR	UNIDAD	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8
METRADO	M3	1.1	1.4	0.7	1.7	1.4	1.0	0.3	1.7	1.37	1.03	0.32	1.72	1.37	1.03	0.32	1.72	1.37	1.03	0.32	1.72
# PERSONAS	UND	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
RENDIMIENTO _{META}	HH/M3	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48
DURACION	HORAS	0.33	0.43	0.23	0.53	0.42	0.32	0.10	0.53	0.42	0.32	0.10	0.53	0.42	0.32	0.10	0.53	0.42	0.32	0.10	0.53
PREMIOS/CONTRIBUT./OTROS	HORAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DURACION	HORAS	0.33	0.43	0.23	0.53	0.42	0.32	0.10	0.53	0.42	0.32	0.10	0.53	0.42	0.32	0.10	0.53	0.42	0.32	0.10	0.53
RENDIMIENTO _{PRESUPUESTO}	HH/M3	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
DURACION	HORAS	0.34	0.44	0.24	0.55	0.44	0.33	0.10	0.55	0.44	0.33	0.10	0.55	0.44	0.33	0.10	0.55	0.44	0.33	0.10	0.55
Ahorro/Pérdida DEL DIA	HORAS	0.09	0.11	0.06	0.14	0.11	0.09	0.03	0.14	0.11	0.09	0.03	0.14	0.11	0.09	0.03	0.14	0.11	0.09	0.03	0.14
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	HORAS	0.09	0.20	0.26	0.41	0.52	0.60	0.63	0.77	0.89	0.97	1.00	1.14	1.25	1.34	1.36	1.51	1.62	1.70	1.73	1.87
Ahorro/Pérdida DEL DIA	S/.	1.38	1.81	0.96	2.23	1.78	1.34	0.42	2.23	1.78	1.34	0.42	2.23	1.78	1.34	0.42	2.23	1.78	1.34	0.42	2.23
Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	1.38	3.18	4.14	6.38	8.16	9.49	9.91	12.14	13.92	15.26	15.68	17.91	19.69	21.03	21.44	23.68	25.46	26.80	27.21	29.45

ANEXO 05

REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD

REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - CONCRETO EN COLUMNAS Y MUROS



PROYECTO: RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
DIRECCION: AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
PARTIDA: CONCRETO EN COLUMNAS Y MUROS
UNIDAD: M3

Jornada: 9.6 Horas/día
Cuadrilla: 3 Operarios
 1 Oficiales
 4 Peones

Rendim. Presupuesto: 30 M3/Jornada
Rendimiento Meta: 30.5 M3/Jornada
Nro de Cuadrillas: 1 Cuadrillas
Nro de Trabajadores: 8 Total Propuesto

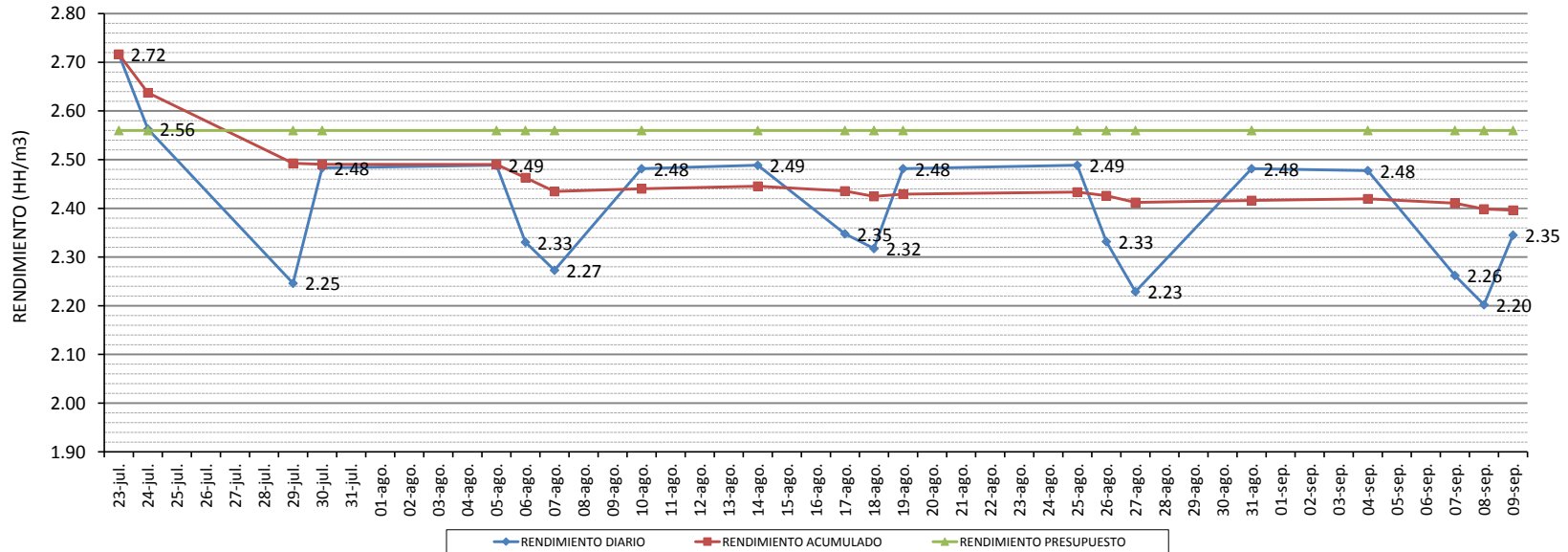
Rendim. Presupuesto: 2.56 HH/M3
Rendimiento Meta: 2.52 HH/M3
Costo HH Promedio: 15.73 Soles/HH

DESCRIPCION	UND	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05			
		23-jul	24-jul	29-jul	30-jul	05-ago	06-ago	07-ago	10-ago	14-ago	17-ago	18-ago	19-ago	25-ago	26-ago	27-ago	31-ago	04-sep	07-sep	08-sep	09-sep

REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - CONCRETO EN COLUMNAS Y MUROS

Operaciones:	SECTOR	HH	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8
(1)	HH TRABAJADAS DIARIAS	HH	48.0	48.0	48.0	44.0	44.0	44.0	44.8	44.0	44.00	44.00	44.80	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	42.00
(2)=Sum(1)	HH TRABAJADAS ACUMULADAS	HH	48.0	96.0	144.0	188.0	232.0	276.0	320.8	364.8	408.8	452.8	497.6	541.6	585.6	629.6	673.6	717.6	761.6	805.6	849.6	891.6
(3)=Metrado	UNIDADES DE AVANCE	M3	17.67	18.73	21.37	17.72	17.68	18.88	19.71	17.73	17.68	18.74	19.33	17.73	17.68	18.87	19.74	17.73	17.76	19.45	19.98	17.91
(4)=Sum(3)	AVANCE ACUMULADO	M3	17.67	36.40	57.77	75.49	93.17	112.05	131.76	149.49	167.17	185.91	205.24	222.97	240.65	259.52	279.26	296.99	314.75	334.20	354.18	372.09
(5)=(1)/(3)	RENDIMIENTO DIARIO	HH/M3	2.72	2.56	2.25	2.48	2.49	2.33	2.27	2.48	2.49	2.35	2.32	2.48	2.49	2.33	2.23	2.48	2.48	2.26	2.20	2.35
(6)=(2)/(4)	RENDIMIENTO ACUMULADO	HH/M3	2.72	2.64	2.49	2.49	2.49	2.46	2.43	2.44	2.45	2.44	2.42	2.43	2.43	2.43	2.41	2.42	2.42	2.41	2.40	2.40
(7)=Presup.	RENDIMIENTO PRESUPUESTO	HH/M3	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
(8)=[(7)-(5)]*(3)	Ganancia / Pérdida DEL DIA	HH	-2.76	-0.05	6.71	1.36	1.26	4.33	5.66	1.39	1.26	3.97	4.68	1.39	1.26	4.31	6.53	1.39	1.47	5.79	7.15	3.85
(9)=[(7)-(6)]*(4)	Gan. / Per. ACUMULADO	HH	-2.76	-2.82	3.89	5.25	6.52	10.85	16.51	17.89	19.16	23.13	27.81	29.20	30.46	34.77	41.31	42.69	44.16	49.95	57.10	60.95
(10)=(8)*C.U.	Ahorro/ Pérdida DEL DIA	S/.	-43.49	-0.81	105.50	21.44	19.83	68.15	88.99	21.84	19.83	62.51	73.69	21.84	19.83	67.75	102.78	21.84	23.05	91.10	112.44	60.55
(11)=Sum(9)	Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	-43.49	-44.29	61.20	82.65	102.48	170.63	259.61	281.46	301.29	363.80	437.49	459.33	479.16	546.91	649.69	671.53	694.58	785.68	898.12	958.67

CURVA DE PRODUCTIVIDAD VACIADO DE CONCRETO EN MUROS Y COLUMNAS



REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - CONCRETO EN VIGAS Y LOSAS



PROYECTO: RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
DIRECCION: AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
PARTIDA: CONCRETO EN VIGAS Y LOSAS
UNIDAD: M3

Jornada: 9.6 Horas/día
Cuadrilla: 3 Operarios
 1 Oficiales
 4 Peones

Rendim. Presupuesto : 36 M3/jornada
Rendimiento Meta : 36.5 M3/jornada
Nro de Cuadrillas: 1 Cuadrillas
Nro de Trabajadores: 8 Total Propuesto

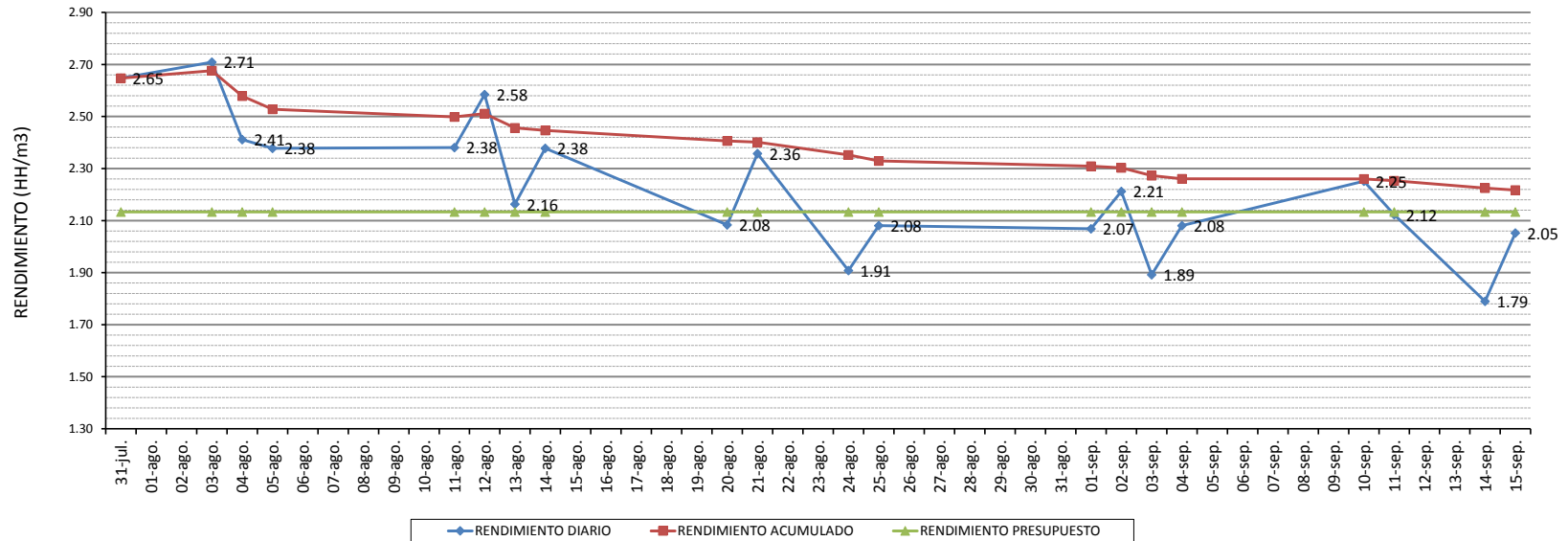
Rendim. Presupuesto : 2.13 HH/M3
Rendimiento Meta : 2.10 HH/M3
Costo HH Promedio: 15.73 Soles/HH

DESCRIPCION	UND	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05			
		31-jul	03-ago	04-ago	05-ago	11-ago	12-ago	13-ago	14-ago	20-ago	21-ago	24-ago	25-ago	01-sep	02-sep	03-sep	04-sep	10-sep	11-sep	14-sep	15-sep

REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - CONCRETO EN VIGAS Y LOSAS

Operaciones:	SECTOR	HH	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8
(1)	HH TRABAJADAS DIARIAS	HH	40.0	36.0	40.0	36.0	36.0	34.4	36.0	36.0	31.50	31.50	31.50	31.50	31.50	29.40	31.50	31.50	30.10	28.00	31.50	26.60
(2)=Sum(1)	HH TRABAJADAS ACUMULADAS	HH	40.0	76.0	116.0	152.0	188.0	222.4	258.4	294.4	325.9	357.4	388.9	420.4	451.9	481.3	512.8	544.3	574.4	602.4	633.9	660.5
(3)=Metrado	UNIDADES DE AVANCE	M3	15.11	13.29	16.59	15.14	15.12	13.31	16.64	15.14	15.12	13.36	16.51	15.14	15.23	13.29	16.65	15.14	13.37	13.19	17.60	12.96
(4)=Sum(3)	AVANCE ACUMULADO	M3	15.11	28.40	44.99	60.13	75.25	88.56	105.20	120.34	135.46	148.82	165.33	180.47	195.70	208.99	225.64	240.78	254.15	267.34	284.94	297.90
(5)=(1)/(3)	RENDIMIENTO DIARIO	HH/M3	2.65	2.71	2.41	2.38	2.38	2.58	2.16	2.38	2.08	2.36	1.91	2.08	2.07	2.21	1.89	2.08	2.25	2.12	1.79	2.05
(6)=(2)/(4)	RENDIMIENTO ACUMULADO	HH/M3	2.65	2.68	2.58	2.53	2.50	2.51	2.46	2.45	2.41	2.40	2.35	2.33	2.31	2.30	2.27	2.26	2.26	2.25	2.22	2.22
(7)=Presup.	RENDIMIENTO PRESUPUESTO	HH/M3	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13
(8)=(7)-(5)*(3)	Ganacia / Pérdida DEL DÍA	HH	-7.77	-7.65	-4.61	-3.70	-3.74	-6.01	-0.50	-3.70	0.76	-3.00	3.72	0.80	0.99	-1.05	4.02	0.80	-1.58	0.14	6.05	1.05
(9)=(7)-(6)*(4)	Gan. / Per. ACUMULADO	HH	-7.77	-15.41	-20.02	-23.72	-27.47	-33.47	-33.97	-37.67	-36.92	-39.92	-36.20	-35.40	-34.41	-35.45	-31.43	-30.64	-32.21	-32.07	-26.03	-24.98
(10)=(8)*C.U.	Ahorro/ Pérdida DEL DÍA	S/.	-122.14	-120.29	-72.48	-58.22	-58.89	-94.46	-7.89	-58.22	11.89	-47.17	58.53	12.56	15.58	-16.48	63.23	12.56	-24.81	2.18	95.11	16.48
(11)=Sum(9)	Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	-122.14	-242.43	-314.91	-373.13	-432.02	-526.47	-534.36	-592.58	-580.68	-627.85	-569.32	-556.76	-541.17	-557.66	-494.43	-481.87	-506.68	-504.49	-409.39	-392.90

CURVA DE PRODUCTIVIDAD VACIADO DE CONCRETO EN VIGAS Y LOSAS



REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - ENCOFRADO Y DESENC. DE COLUMNAS Y MUROS



PROYECTO: RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
DIRECCION: AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
PARTIDA: ENCOFRADO Y DESENC. DE COLUMNAS Y MUROS
UNIDAD: M2

Jornada: 9.6 Horas/día
Cuadrilla: 1 Operarios
 0 Oficiales
 1 Peones

Rendim. Presupuesto : 37 M2/Jornada
Rendimiento Meta : 38 M2/Jornada
Nro de Cuadrillas: 8 Cuadrillas
Nro de Trabajadores: 16 Total Propuesto

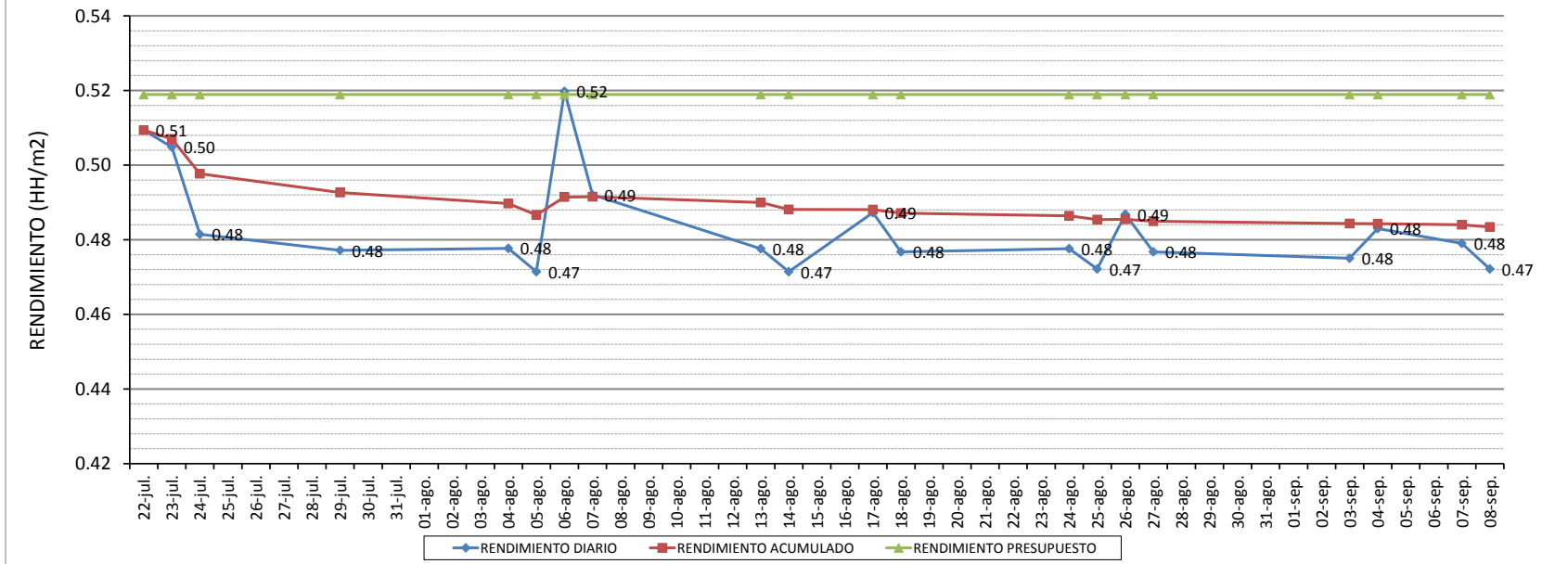
Rendim. Presupuesto : 0.52 HH/M2
Rendimiento Meta : 0.51 HH/M2
Costo HH Promedio: 16.10 Soles/HH

DESCRIPCION	UND	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05			
		22-jul	23-jul	24-jul	29-jul	04-ago	05-ago	06-ago	07-ago	13-ago	14-ago	17-ago	18-ago	24-ago	25-ago	26-ago	27-ago	03-sep	04-sep	07-sep	08-sep

REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - ENCOFRADO Y DESENC. DE COLUMNAS Y MUROS

Operaciones:	SECTOR	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	
(1)	HH TRABAJADAS DIARIAS	153.6	163.2	172.8	153.6	153.6	153.6	172.8	153.6	153.60	153.60	162.00	153.60	153.60	153.60	162.00	153.60	153.60	160.00	160.00	153.60	
(2)=Sum(1)	HH TRABAJADAS ACUMULADAS	153.6	316.8	489.6	643.2	796.8	950.4	1123.2	1276.8	1430.4	1584.0	1746.0	1899.6	2053.2	2206.8	2368.8	2522.4	2676.0	2836.0	2996.0	3149.6	
(3)=Metrodo	UNIDADES DE AVANCE	M2	301.55	323.27	358.90	321.90	321.56	325.81	332.46	312.17	321.61	325.81	332.46	322.17	321.61	325.32	332.77	322.17	323.34	331.27	334.02	325.31
(4)=Sum(3)	AVANCE ACUMULADO	M2	301.55	624.82	983.72	1305.62	1627.18	1952.99	2285.45	2597.62	2919.23	3245.04	3577.50	3899.67	4221.28	4546.60	4879.37	5201.54	5524.88	5856.15	6190.17	6515.48
(5)=(1)/(3)	RENDIMIENTO DIARIO	HH/M2	0.51	0.50	0.48	0.48	0.48	0.47	0.52	0.49	0.48	0.47	0.49	0.48	0.48	0.47	0.49	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47
(6)=(2)/(4)	RENDIMIENTO ACUMULADO	HH/M2	0.51	0.51	0.50	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
(7)=Presup.	RENDIMIENTO PRESUPUESTO	HH/M2	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
(8)=[(7)-(5)]*(3)	Ganacia / Pérdida DEL DIA	HH	2.88	4.55	13.44	13.44	13.26	15.47	-0.28	8.39	13.29	15.47	10.52	13.58	13.29	15.21	10.68	13.58	14.19	11.90	13.33	15.21
(9)=[(7)-(6)]*(4)	Gan. / Per. ACUMULADO	HH	2.88	7.43	20.87	34.31	47.57	63.04	62.76	71.15	84.44	99.91	110.43	124.01	137.30	152.52	163.20	176.78	190.96	202.87	216.20	231.41
(10)=[(8)*C.U.	Ahorro/ Pérdida DEL DÍA	S/.	46.37	73.27	216.38	216.38	213.54	249.05	-4.51	135.09	213.96	249.05	169.37	218.64	213.96	244.96	171.96	218.64	228.41	191.63	214.60	244.87
(11)=Sum(9)	Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	46.37	119.64	336.02	552.41	765.95	1015.00	1010.49	1145.58	1359.54	1608.59	1777.96	1996.60	2210.56	2455.52	2627.48	2846.12	3074.53	3266.16	3480.76	3725.63

CURVA DE PRODUCTIVIDAD ENCOFRADO DE MUROS Y COLUMNAS



REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - ENCOFRADO Y DESENC. DE VIGAS Y LOSAS



PROYECTO: RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
DIRECCION: AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
PARTIDA: ENCOFRADO Y DESENC. DE VIGAS Y LOSAS
UNIDAD: M2

Jornada: 9.6 Horas/día
Cuadrilla: 1 Operarios
 1 Oficiales
 0 Peones

Rendim. Presupuesto : 24 M2/Jornada
Rendimiento Meta : 28 M2/Jornada
Nro de Cuadrillas: 4 Cuadrillas
Nro de Trabajadores: 8 Total Propuesta

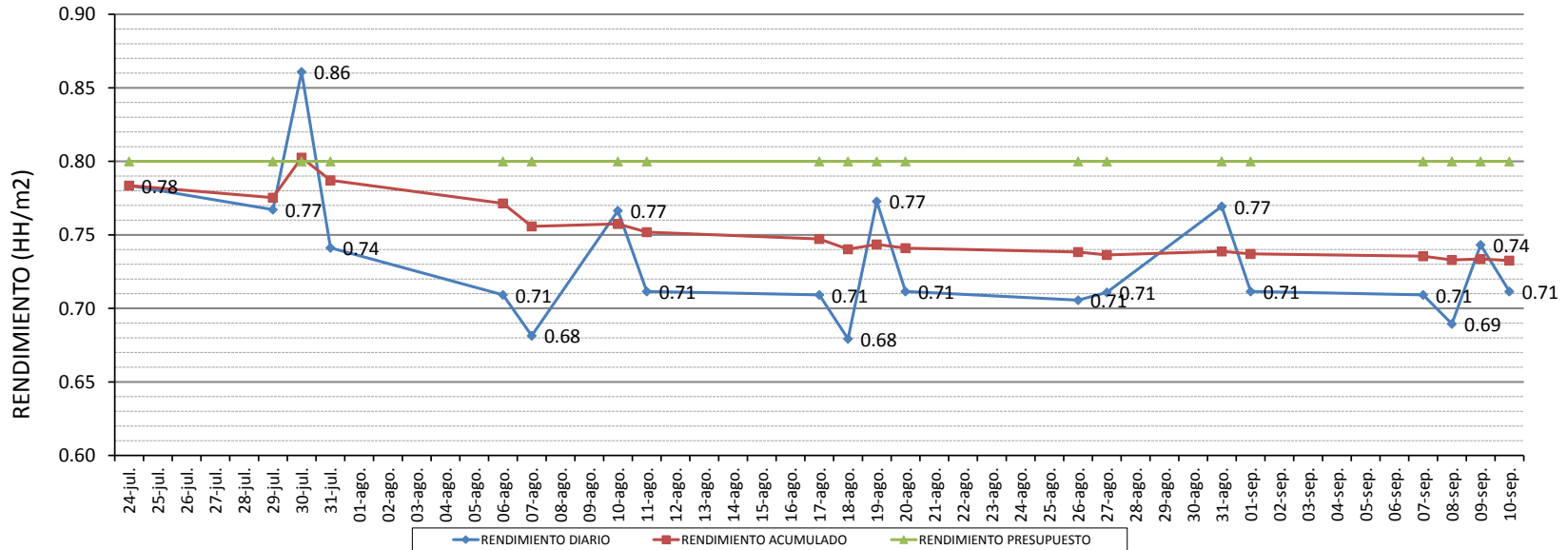
Rendim. Presupuesto : 0.80 HH/M2
Rendimiento Meta : 0.69 HH/M2
Costo HH Promedio: 16.88 Soles/HH

DESCRIPCION	UND	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05			
		24-jul	29-jul	30-jul	31-jul	06-ago	07-ago	10-ago	11-ago	17-ago	18-ago	19-ago	20-ago	26-ago	27-ago	31-ago	01-sep	07-sep	08-sep	09-sep	10-sep

REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - ENCOFRADO Y DESENC. DE VIGAS Y LOSAS

Operaciones:	SECTOR	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	
(1)	HH TRABAJADAS DIARIAS	HH	84.8	84.8	88.0	80.0	76.8	76.8	96.0	76.8	76.8	76.8	76.8	96.0	76.8	76.8	80.00	96.0	76.8	76.8	76.8	96.0
(2)=Sum(1)	HH TRABAJADAS ACUMULADAS	HH	84.8	169.6	257.6	337.6	414.4	491.2	587.2	664.0	740.8	817.6	913.6	990.4	1067.2	1147.2	1243.2	1320.0	1396.8	1473.6	1569.6	1646.4
(3)=Metrado	UNIDADES DE AVANCE	M2	108.23	110.53	102.23	107.93	108.29	112.70	125.26	107.94	108.29	113.06	124.23	107.94	108.84	112.53	124.78	107.94	108.29	111.39	129.17	107.94
(4)=Sum(3)	AVANCE ACUMULADO	M2	108.23	218.76	320.99	428.92	537.21	649.91	775.17	883.11	991.40	1104.46	1228.69	1336.63	1445.47	1558.00	1682.78	1790.72	1899.01	2010.40	2139.57	2247.51
(5)=(4)/(3)	RENDIMIENTO DIARIO	HH/M2	0.78	0.77	0.86	0.74	0.71	0.68	0.77	0.71	0.71	0.68	0.77	0.71	0.71	0.71	0.77	0.71	0.71	0.69	0.74	0.71
(6)=(2)/(4)	RENDIMIENTO ACUMULADO	HH/M2	0.78	0.78	0.80	0.79	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.73	0.73	0.73
(7)=Presup.	RENDIMIENTO PRESUPUESTO	HH/M2	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
(8)=((7)-(5))*3	Ganacia / Pérdida DEL DIA	HH	1.78	3.62	-6.22	6.34	9.83	13.36	4.21	9.55	9.83	13.65	3.38	9.55	10.27	10.02	3.82	9.55	9.83	12.31	7.34	9.55
(9)=((7)-(6))*4	Gan. / Per. ACUMULADO	HH	1.78	5.41	-0.81	5.54	15.37	28.73	32.94	42.49	52.32	65.97	69.35	78.90	89.18	99.20	103.02	112.58	122.41	134.72	142.06	151.61
(10)=(8)*C.U.	Ahorro/ Pérdida DEL DIA	S/.	30.10	61.16	-104.90	107.06	165.92	225.45	71.01	161.19	165.92	230.31	57.10	161.19	173.34	169.16	64.53	161.19	165.92	207.77	123.80	161.19
(11)=Sum(9)	Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	30.10	91.26	-13.64	93.42	259.33	484.78	555.79	716.98	882.90	1113.21	1170.32	1331.51	1504.85	1674.00	1738.53	1899.72	2065.64	2273.40	2397.20	2558.39

CURVA DE PRODUCTIVIDAD ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS



REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - ACERO EN COLUMNAS Y MUROS



PROYECTO: RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
DIRECCION: AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
PARTIDA: ACERO EN COLUMNAS Y MUROS
UNIDAD: KG

Jornada: 9,6 Horas/día
Cuadrilla: 2 Operarios
 0 Oficiales
 1 Peones

Rendim. Presupuesto : 720 KG/Jornada
Rendimiento Meta : 800 KG/Jornada
Nro de Cuadrillas: 2 Cuadrillas
Nro de Trabajadores: 6 Total Propuesto

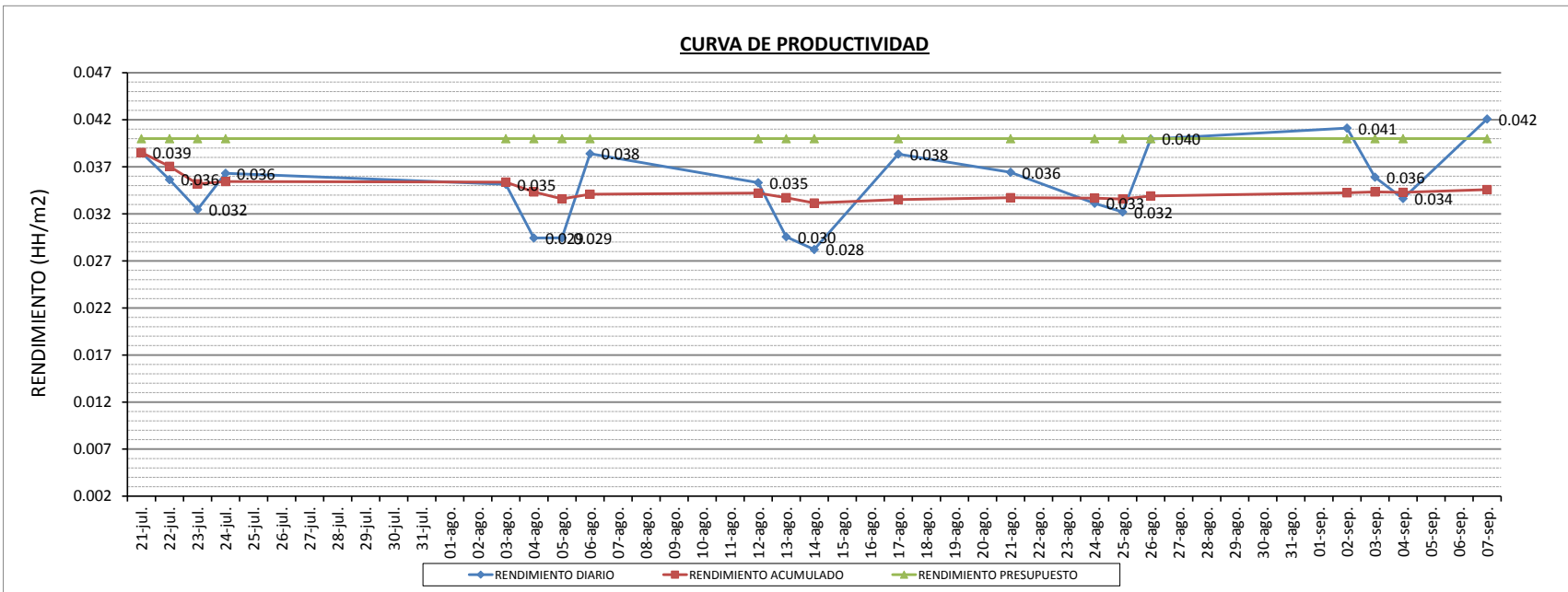
Rendim. Presupuesto : 0,040 HH/KG
Rendimiento Meta : 0,036 HH/KG
Costo HH Promedio: 16.85 Soles/HH

DESCRIPCION	UND	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05			
		21-jul	22-jul	23-jul	24-jul	03-ago	04-ago	05-ago	06-ago	12-ago	13-ago	14-ago	17-ago	21-ago	24-ago	25-ago	26-ago	02-sep	03-sep	04-sep	07-sep

REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - ACERO EN COLUMNAS Y MUROS

Operaciones:	SECTOR		S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8
(1)	HH TRABAJADAS DIARIAS	HH	66.0	63.6	76.8	57.6	57.6	57.6	57.6	57.6	57.60	57.60	57.60	57.60	57.60	57.60	57.60	57.60	57.60	57.60	57.60	54.00
(2)=Sum(1)	HH TRABAJADAS ACUMULADAS	HH	66.0	129.6	206.4	264.0	321.6	379.2	436.8	494.4	552.0	609.6	667.2	724.8	782.4	840.0	897.6	955.2	1012.8	1070.4	1128.0	1182.0
(3)=Metrado	UNIDADES DE AVANCE	KG	1713.44	1784.61	2366.49	1586.31	1638.93	1956.83	1956.06	1500.20	1630.89	1948.51	2041.30	1502.06	1581.76	1739.45	1788.78	1441.70	1401.10	1604.52	1713.32	1283.29
(4)=Sum(3)	AVANCE ACUMULADO	KG	1713.44	3498.05	5864.54	7450.85	9089.78	11046.62	13002.68	14502.88	16133.77	18082.29	20123.59	21625.65	23207.41	24946.86	26735.65	28177.35	29578.44	31182.96	32896.29	34179.58
(5)=(1)/(3)	RENDIMIENTO DIARIO	HH/KG	0.039	0.036	0.032	0.036	0.035	0.029	0.029	0.038	0.035	0.030	0.028	0.038	0.036	0.033	0.032	0.040	0.041	0.036	0.034	0.042
(6)=(2)/(4)	RENDIMIENTO ACUMULADO	HH/KG	0.039	0.037	0.035	0.035	0.035	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.033	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.035
(7)=Presup.	RENDIMIENTO PRESUPUESTO	HH/KG	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
(8)-((7)-(5))*3	Ganancia / Pérdida DEL DIA	HH	2.54	7.78	17.86	5.85	7.96	20.67	20.64	2.41	7.64	20.34	24.05	2.48	5.67	11.98	13.95	0.07	-1.56	6.58	10.93	-2.67
(9)-((7)-(6))*4	Gan./ Per. ACUMULADO	HH	2.54	10.32	28.18	34.03	41.99	62.66	83.31	85.72	93.35	113.69	137.74	140.23	145.90	157.87	171.83	171.89	170.34	176.92	187.85	185.18
(10)=(8)*C.U.	Ahorro/ Pérdida DEL DÍA	S/.	42.77	131.19	301.00	98.63	134.11	348.41	347.90	40.58	128.69	342.81	405.36	41.84	95.57	201.87	235.13	1.14	-26.22	110.91	184.26	-44.97
(11)=Sum(9)	Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	42.77	173.96	474.95	573.59	707.69	1056.11	1404.00	1444.59	1573.28	1916.08	2321.44	2363.28	2458.84	2660.71	2895.84	2896.98	2870.76	2981.67	3165.92	3120.95

CURVA DE PRODUCTIVIDAD



REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - ACERO EN VIGAS Y LOSAS



PROYECTO: RESIDENCIAL TORRES DE DOS DE MAYO
DIRECCION: AV. PROLONGACION 2 DE MAYO 490
PARTIDA: ACERO EN VIGAS Y LOSAS
UNIDAD: KG

Jornada: 9.6 Horas/día
Cuadrilla: 2 Operarios
 1 Oficiales
 1 Peones

Rendim. Presupuesto: 480 KG/jornada
Rendimiento Meta: 500 KG/jornada
Nro de Cuadrillas: 1 Cuadrillas
Nro de Trabajadores: 4 Total Propuesto

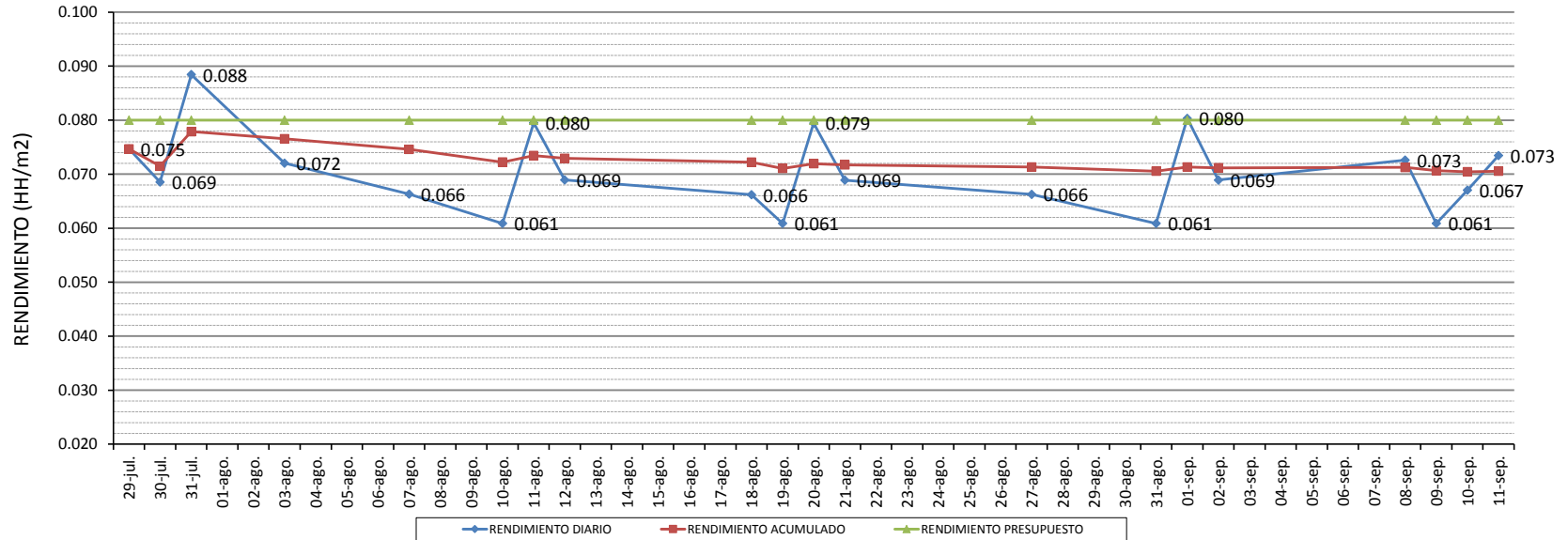
Rendim. Presupuesto: 0.080 HH/KG
Rendimiento Meta: 0.077 HH/KG
Costo HH Promedio: 16.49 Soles/HH

DESCRIPCION	UND	NIVEL 01				NIVEL 02				NIVEL 03				NIVEL 04				NIVEL 05			
		29-jul	30-jul	31-jul	03-ago	07-ago	10-ago	11-ago	12-ago	18-ago	19-ago	20-ago	21-ago	27-ago	31-ago	01-sep	02-sep	08-sep	09-sep	10-sep	11-sep

REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD - ACERO EN VIGAS Y LOSAS

Operaciones:	SECTOR	HH	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8	S-1, S-5	S-2, S-6	S-3, S-7	S-4, S-8
(1)	HH TRABAJADAS DIARIAS	HH	42.4	42.4	63.6	40.0	38.4	38.4	57.6	38.4	38.4	38.40	57.6	38.40	38.40	38.40	57.6	38.40	38.40	38.40	48.0	38.40
(2)=Sum(1)	HH TRABAJADAS ACUMULADAS	HH	42.4	84.8	148.4	188.4	226.8	265.2	322.8	361.2	399.6	438.0	495.6	534.0	572.4	610.8	668.4	706.8	745.2	783.6	831.6	870.0
(3)=Metrado	UNIDADES DE AVANCE	KG	567.77	618.71	719.14	555.32	579.02	630.81	724.38	557.04	579.98	630.65	724.91	557.40	579.58	630.65	717.02	557.24	528.84	630.61	715.91	522.86
(4)=Sum(3)	AVANCE ACUMULADO	KG	567.77	1186.48	1905.62	2460.94	3039.96	3670.77	4395.15	4952.19	5532.17	6162.82	6887.73	7445.13	8024.71	8655.36	9372.38	9929.62	10458.46	11089.06	11804.98	12327.84
(5)=(1)/(3)	RENDIMIENTO DIARIO	HH/KG	0.075	0.069	0.088	0.072	0.066	0.061	0.080	0.069	0.066	0.061	0.079	0.069	0.066	0.061	0.080	0.069	0.073	0.061	0.067	0.073
(6)=(2)/(4)	RENDIMIENTO ACUMULADO	HH/KG	0.075	0.071	0.078	0.077	0.075	0.072	0.073	0.073	0.072	0.071	0.072	0.072	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.070	0.071
(7)=Presup.	RENDIMIENTO PRESUPUESTO	HH/KG	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
(8)=((7)-(5))*3	Ganacia / Pérdida DEL DIA	HH	3.02	7.10	-6.07	4.43	7.92	12.07	0.35	6.16	8.00	12.05	0.39	6.19	7.97	12.05	-0.24	6.18	3.91	12.05	9.27	3.43
(9)=((7)-(6))*4	Gan. / Per. ACUMULADO	HH	3.02	10.12	4.05	8.48	16.40	28.46	28.81	34.98	42.97	55.03	55.42	61.61	69.58	81.63	81.39	87.57	91.48	103.53	112.80	116.23
(10)=(8)*C.U.	Ahorro/ Pérdida DEL DÍA	S/.	49.82	117.01	-100.07	72.97	130.61	198.92	5.77	101.62	131.87	198.71	6.48	102.10	131.34	198.71	-3.94	101.88	64.42	198.65	152.89	56.54
(11)=Sum(9)	Ahorro/Pérdida ACUMULADO	S/.	49.82	166.83	66.76	139.73	270.34	469.26	475.03	576.65	708.53	907.23	913.71	1015.81	1147.15	1345.86	1341.92	1443.81	1508.22	1706.87	1859.76	1916.30

CURVA DE PRODUCTIVIDAD



ANEXO 06

MATRIZ DE INTERACCIÓN LEAN CONSTRUCTION- BIM

ANEXO 07

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROPUESTA METODOLÓGICA

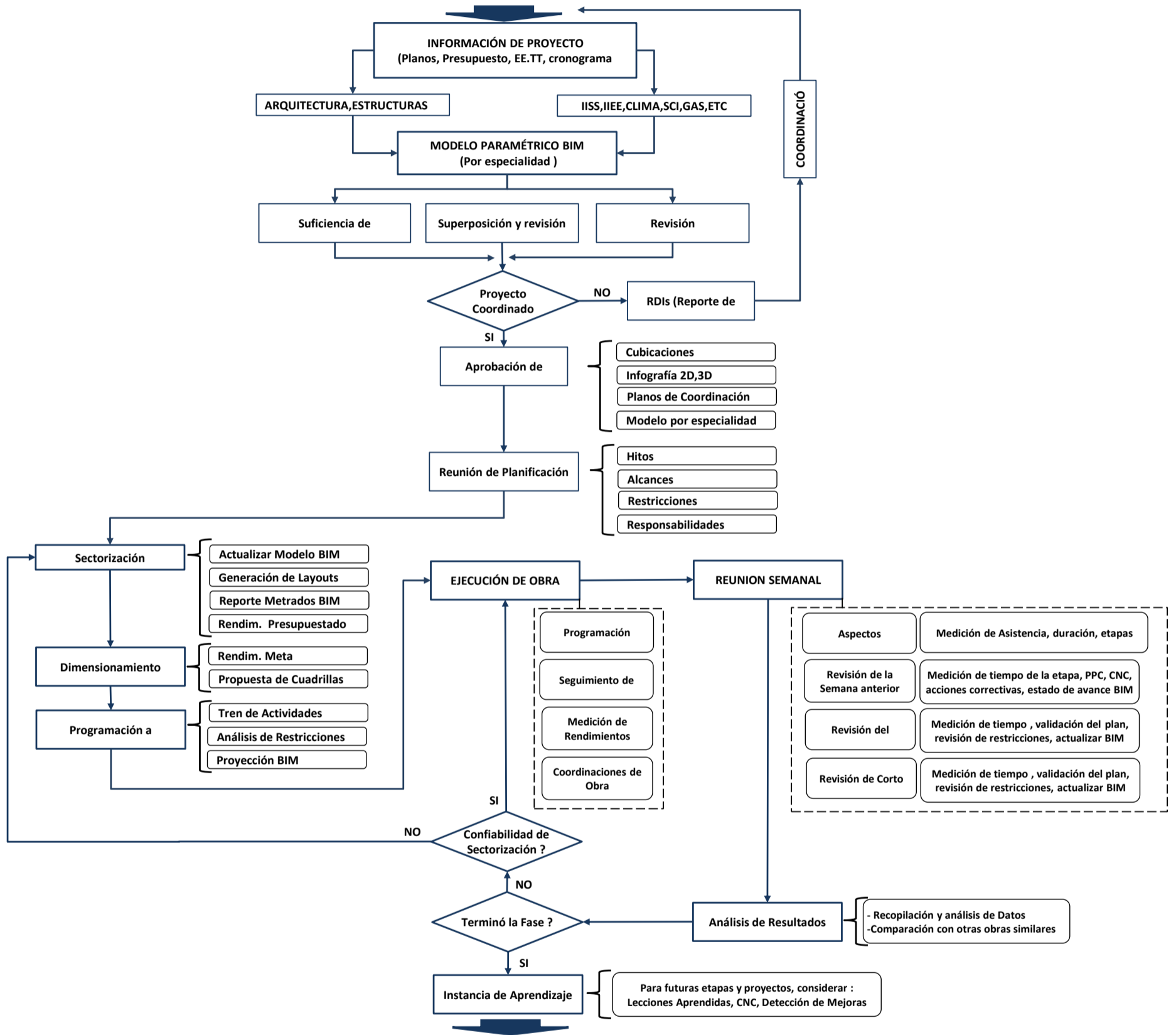


DIAGRAMA DE FLUJO- PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA MEJORA DE PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

ANEXO 08

PLANOS DE OBRA

PLANO: PRIMERA PLANTA
TORRES DE 2 DE MAYO

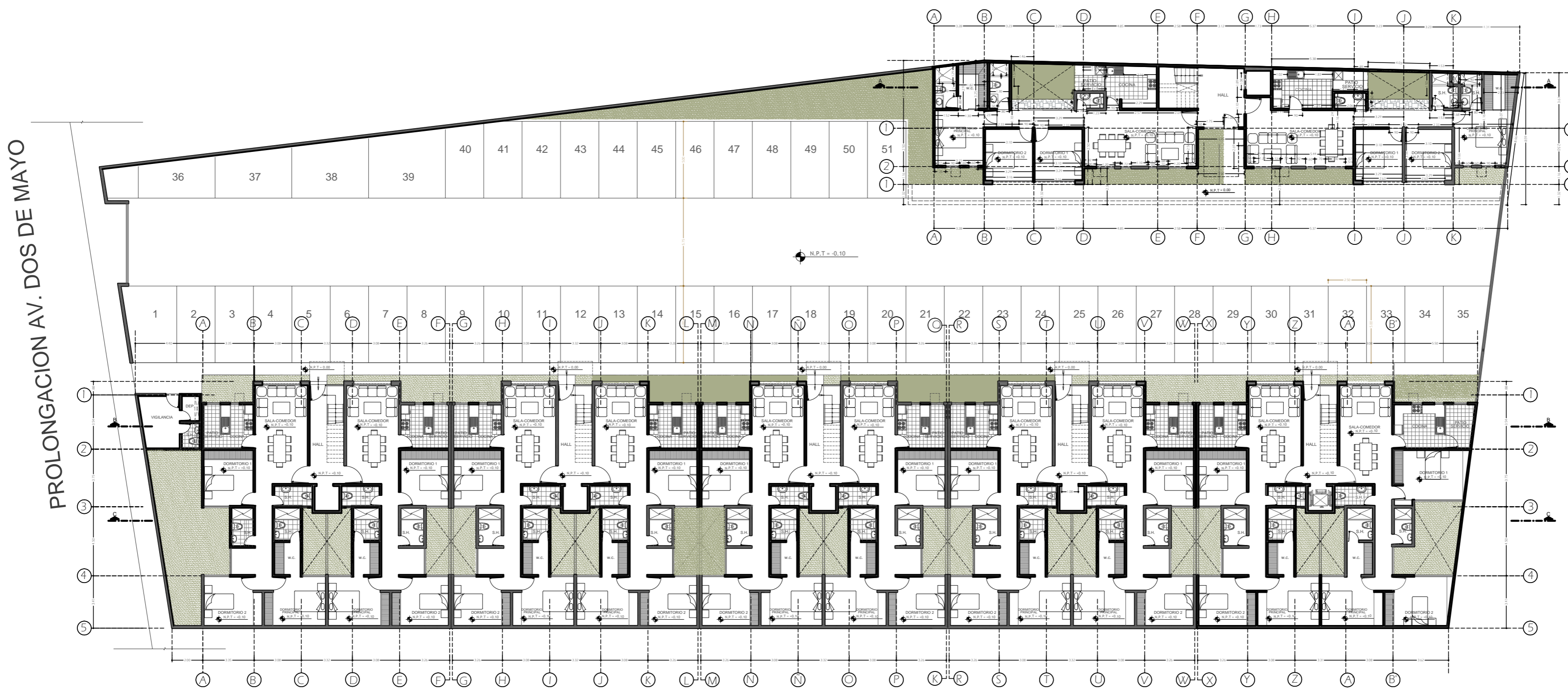
PROPIETARIO
MRM S.A.C

PROYECTISTAS
 Arq. Alvaro Pinto V.
 Arq. Miguel Rodriguez.
 Arq. Mauricio Lazo A.

REVISIONES

ITEM	FECHA	DESCRIPCION
△		
△		
△		
△		
△		
△		
△		
△		

ESCALA 1/150

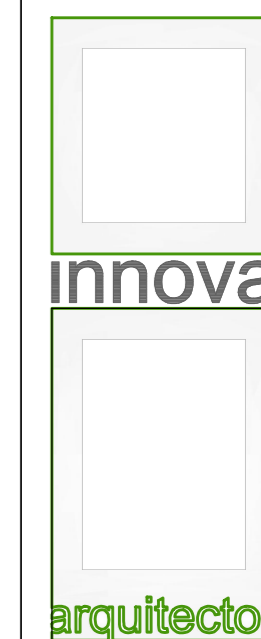
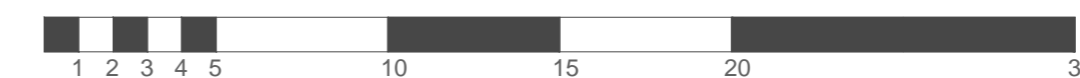


PROLONGACION AV. DOS DE MAYO

PROPIEDAD SR. NOLBERTO Y CELINDA MANZANARES

PLANIMETRIA

ESCALA GRAFICA



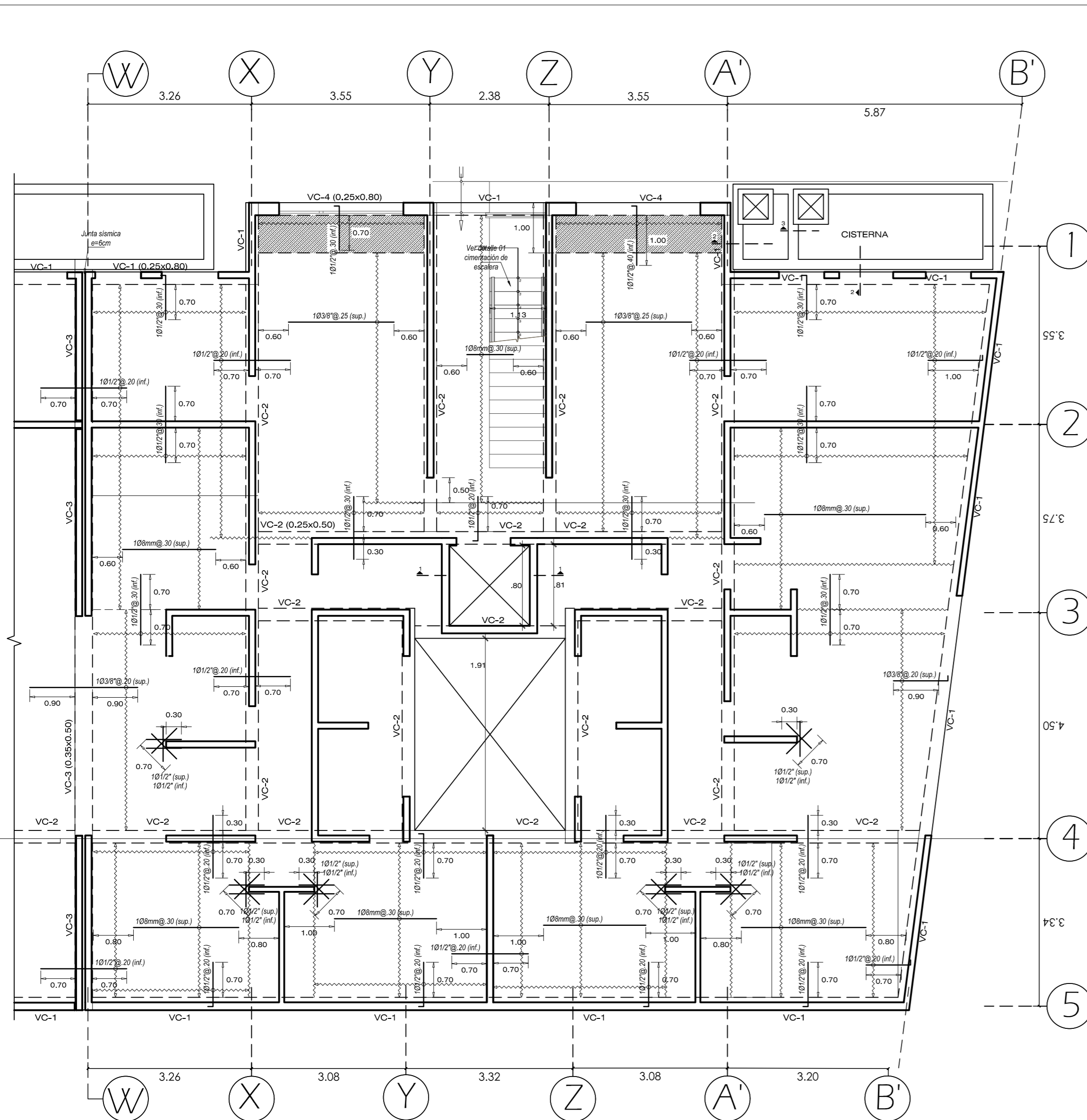
REVISIONES

ITEM	FECHA	DESCRIPCION
△		
△		
△		
△		
△		

ESCALA IND.

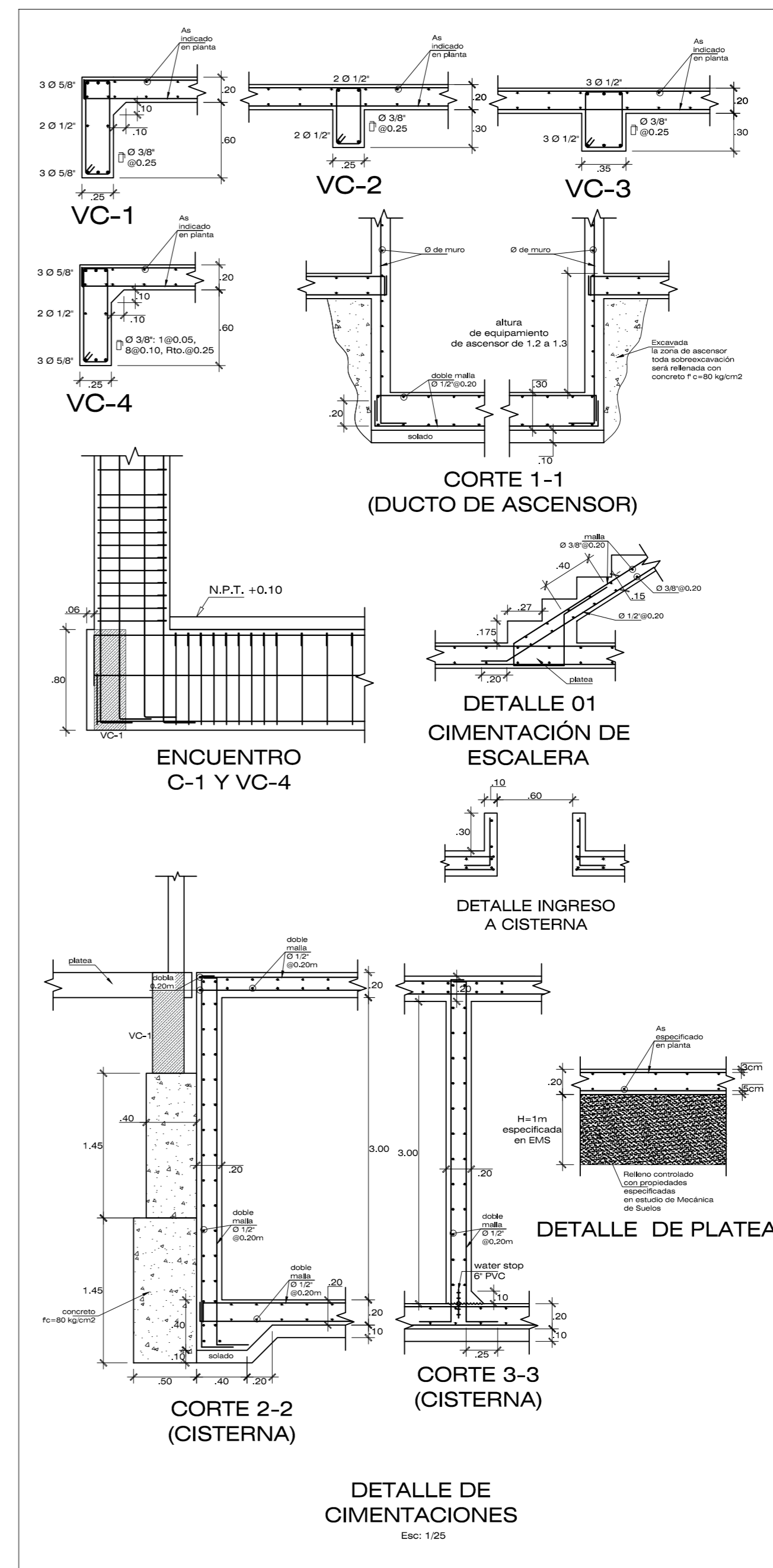


arquitectos



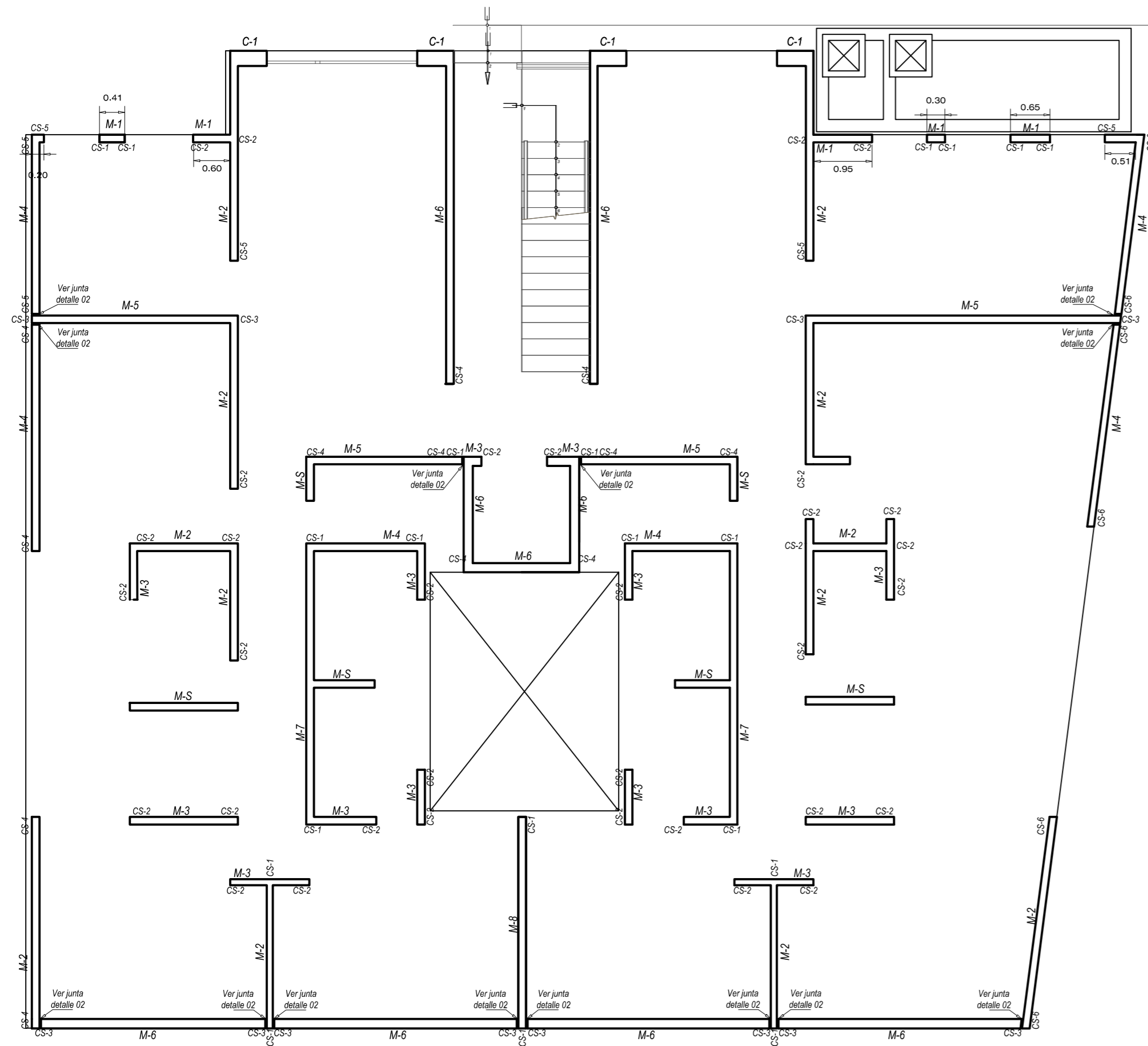
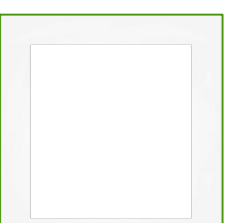
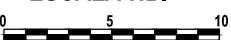
LOSAS:	Acero superior:	Acero inferior:
losa h=0.20	malla Ø 3/8" @0.25	malla Ø 3/8" @0.25
losa h=0.40	malla Ø 1/2" @0.25	malla Ø 1/2" @0.25

PLATEA DE CIMENTACIÓN BLOQUES B
Wsuelo 8760 KG/M2
Esc: 1/50



DETALLE DE CIMENTACIONES
Esc: 1/25

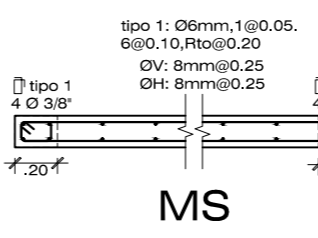
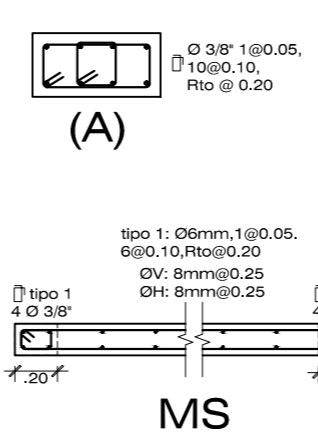
ITEM	FECHA	DESCRIPCION
△		
△		
△		
△		
△		



PLANTA TIPICA DE MUROS
(se indica el tipo arreglo de acero en cada lado)

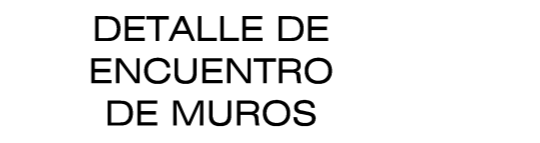
Esc: 1/50

NIVEL	ASUNTO	C-1	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8
5TO	t (m)									
	bxt (mxm)									
	Ø V									
4TO	t (m)					.10	.125	.125	.10	.10
	bxt (mxm)					-	-	-	-	-
	Ø V					8mm@.20	3/8"@.15	3/8"@.20	8mm@.20	3/8"@.15
3ER	t (m)									
	bxt (mxm)									
	Ø V									
2DO	t (m)									
	bxt (mxm)									
	Ø V									
1RO	t (m)		.125	.10	.10	.10	.125	.125	.10	.10
	bxt (mxm)	.25x.60	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ø V	8 Ø 5/8"	8mm@.25	8mm@.20	8mm@.25	8mm@.10	3/8"@.075	3/8"@.10	3/8"@.25	3/8"@.075
	Ø H	tipo 1 (A)	8mm@.20	8mm@.20	8mm@.25	8mm@.20	3/8"@.20	3/8"@.20	3/8"@.25	3/8"@.25



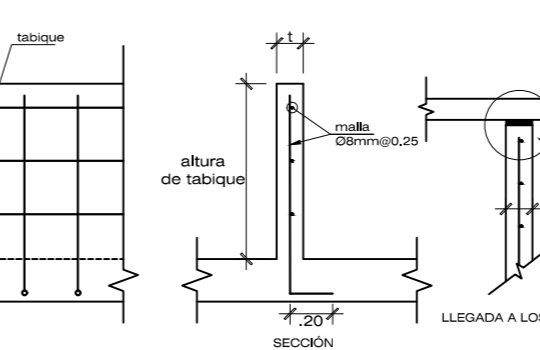
NIVEL	ASUNTO	CS-1	CS-2	CS-3	CS-4	CS-5	CS-6
5TO	sección						
	Ø						
4TO	sección						
	Ø						
3ER	sección						
	Ø						
2DO	sección						
	Ø						
1RO	sección	S-2	S-1	S-4	S-3	S-2	S-4
	Ø	3Ø1/2"	2Ø1/2"	6Ø5/8"	4Ø5/8"	3Ø5/8"	6Ø5/8"

Ø	L (m)
8mm	0.15
3/8"	0.20



Ø	L (m)
1/2"	0.15
3/8"	0.125
5/8"	0.20
	0.175

TIPO DE SECCIONES

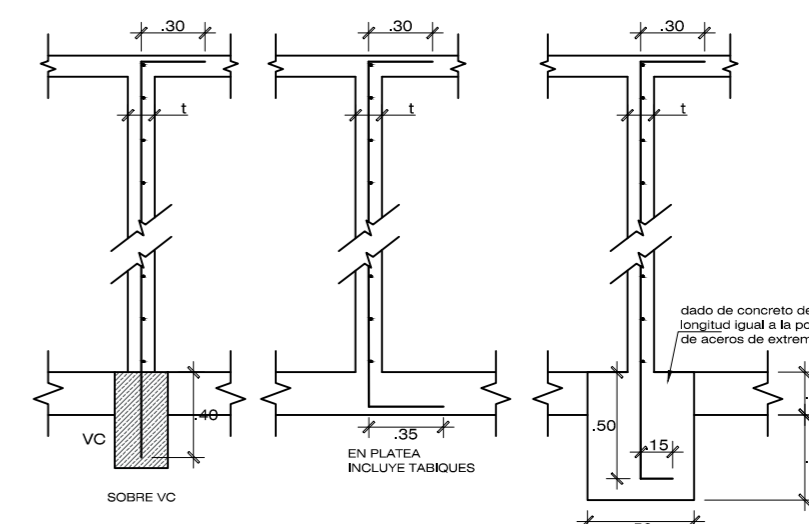


DETALLE DE TABIQUE SOBRE PLATEA

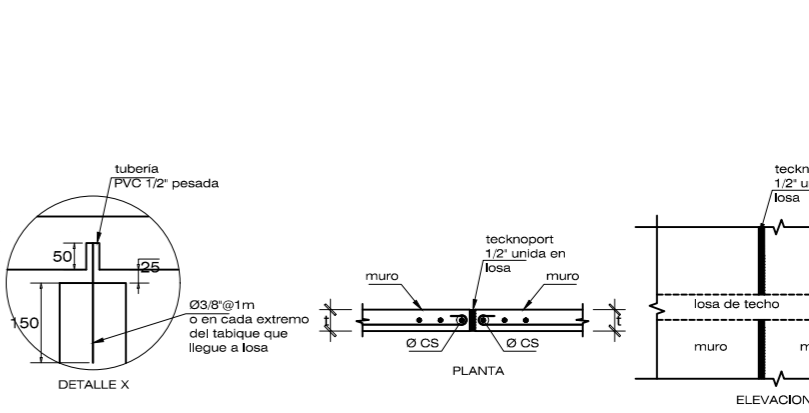


DETALLE DE MUROS Y TABIQUES

Esc: 1/25



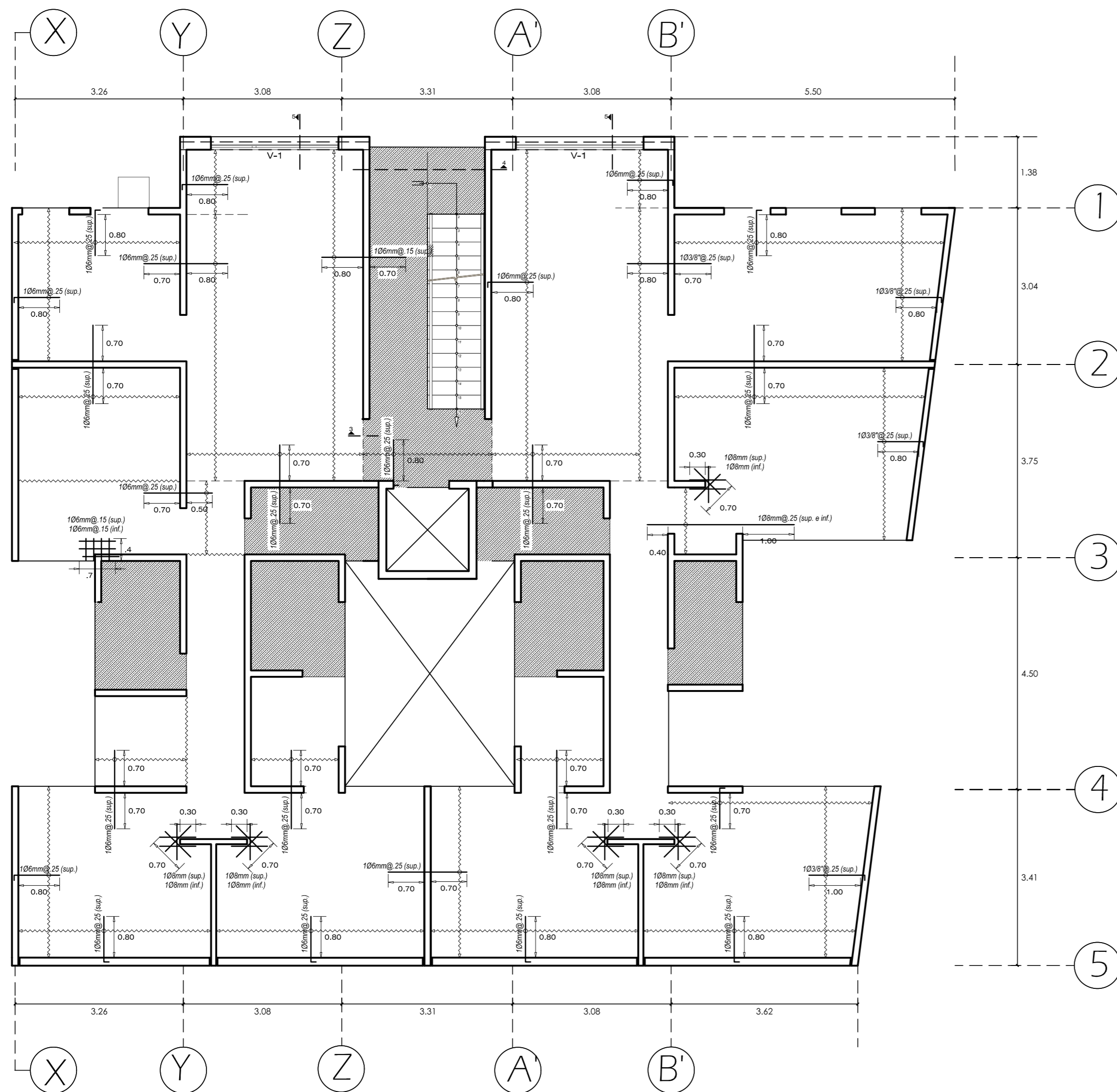
DETALLE DE ANCLAJE DE MUROS



DETALLE O2 JUNTA EN MUROS EN TODOS LOS NIVELES

Esc: 1/25

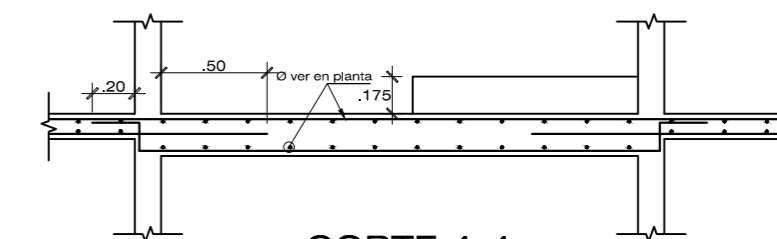
ITEM	FECHA	DESCRIPCION
△		
△		
△		
△		
△		



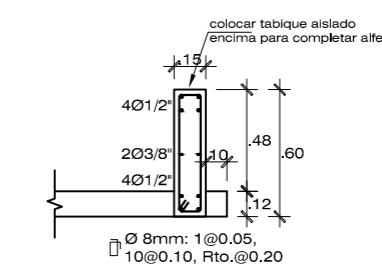
LOSAS:	Acero superior:	Acero inferior:
losa h=0.12	malla Ø 6mm @0.30	malla Ø 8mm @0.30
losa h=0.20	malla Ø 8mm @0.25	malla Ø 8mm @0.25

LOSA 1RO A 4TO NIVEL
S/C 200 KG/M2

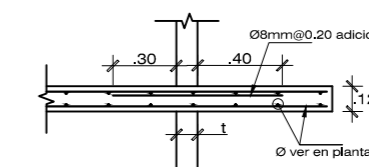
Esc: 1/50



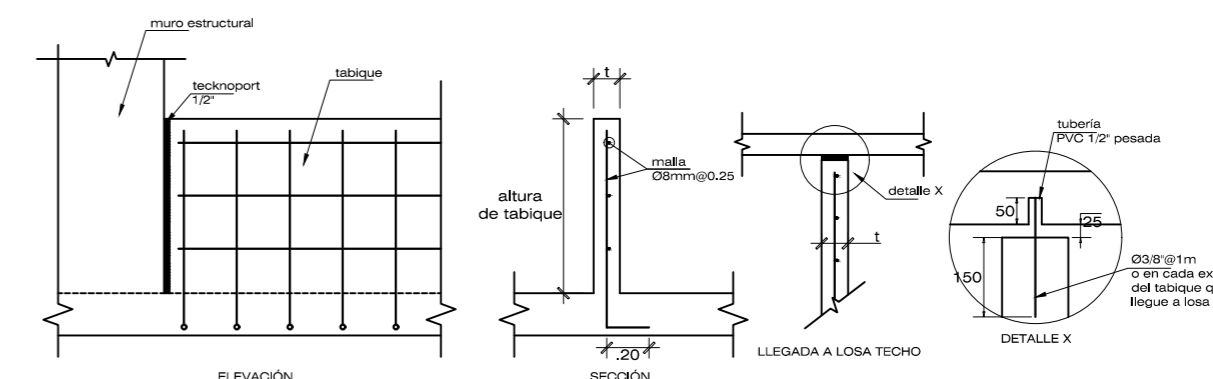
CORTE 4-4



CORTE 5-5



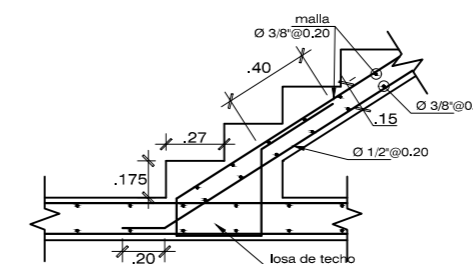
DETALLE DE LOSAS EN VOLADO



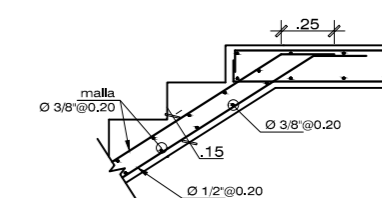
DETALLE DE TABIQUE SOBRE LOSA DE TECHO

DETALLE DE MUROS Y TABIQUES

Esc: 1/25

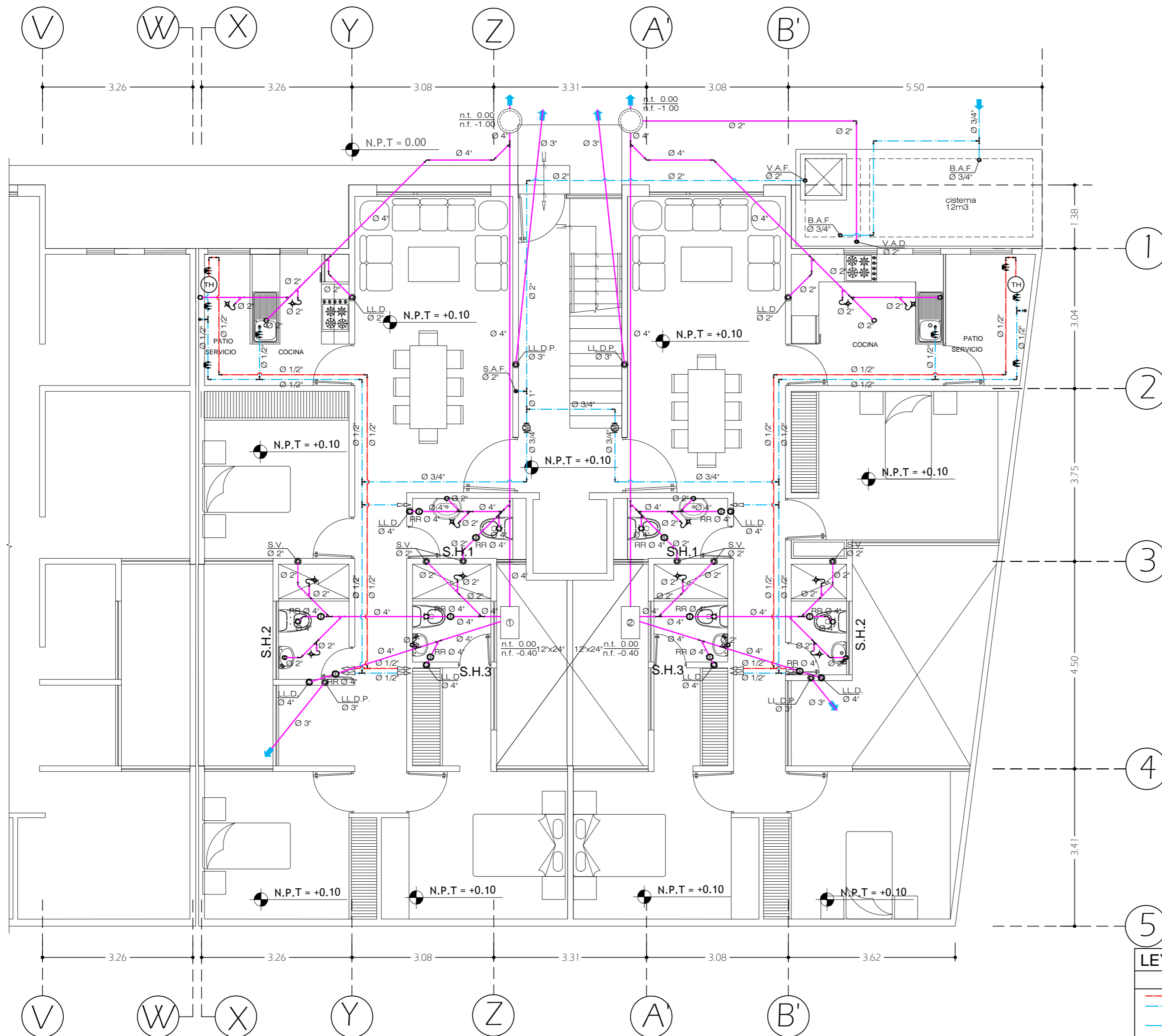
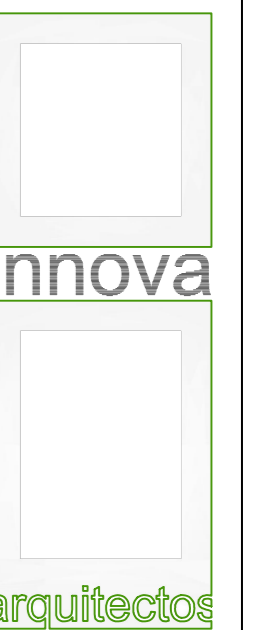


ARRANQUE DE ESCALERA



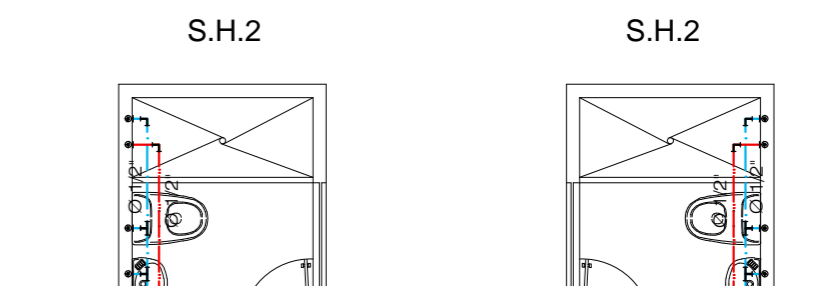
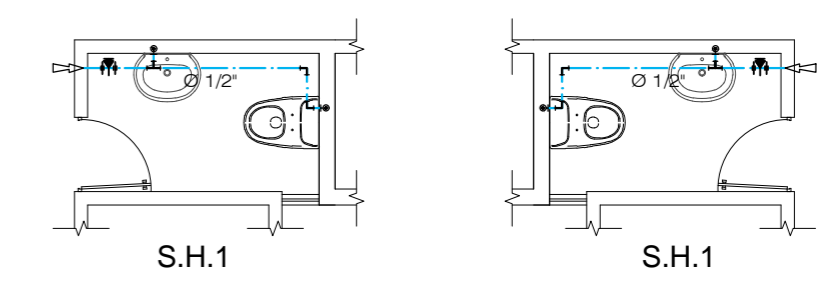
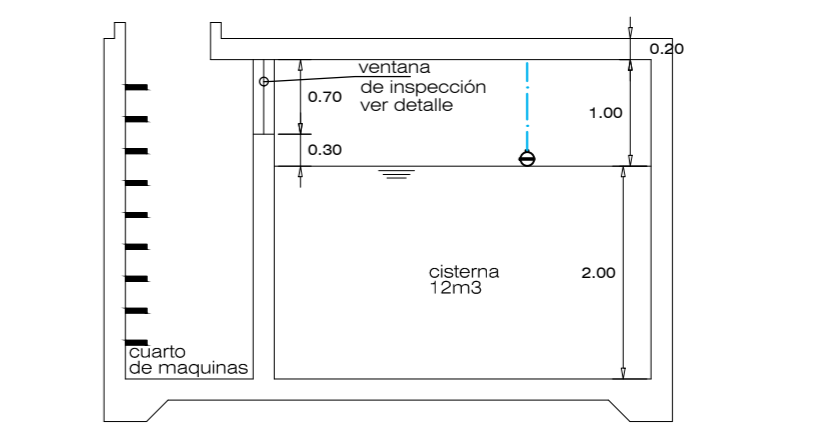
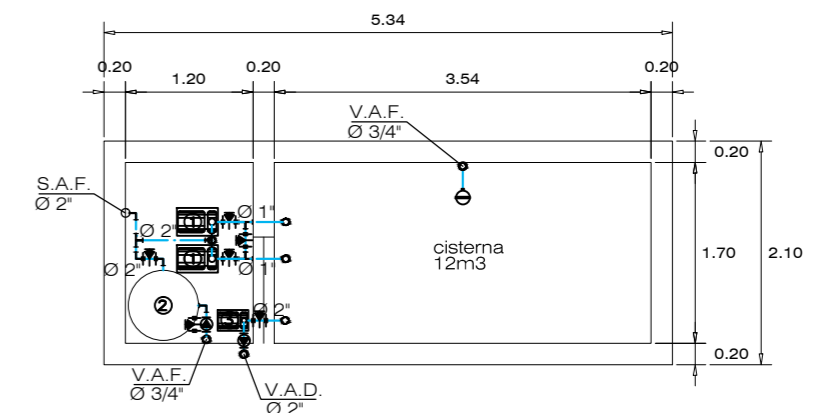
LLEGADA DE ESCALERA

ITEM	FECHA	DESCRIPCION
△		
△		
△		
△		



PRIMER NIVEL

- leyenda
- ① bombas 1.5 HP
 - ② tanque hidroneumático de 500 l
 - ③ bomba 0.5 HP (rebose de sistema hidroneumático con compresor)
 - ④ bombas centrífugas de eje horizontal

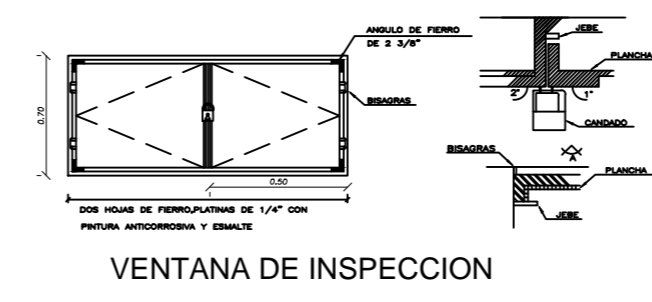


LEYENDA AGUA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA PARA AGUA CALIENTE C.P.V.C.
	TUBERIA PARA AGUA FRIA P.V.C.
	MEDIDOR DE AGUA EN PISO
	válvula DE COMPUERTA + UNIVERSALES
	UNION UNIVERSAL
	TEE
	CODO 90°
	CRUCE DE TUBERIA SIN CONEXION
	CODO DE 90° SUBE
	válvula DE RETENCION CHECK
	válvula DE REGO
	VIENE Y/O SUBE AGUA FRIA
	LLEGA Y/O BAJA AGUA CALIENTE

LEYENDA DESAGÜE

SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA PARA DESAGÜE P.V.C. Ø 2", 3", 4"
	TUBERIA PARA VENTILACION P.V.C. Ø 2", 3", 4"
	TUBERIA PARA VENTILACION F.G. Ø 2"
	CAJA DE REGISTRO
	REGISTRO DE BRONCE EN PISO
	TRAMPA "P"
	SUMIDERO
	VIENE Y/O BAJA DESAGÜE
	VIENE Y/O SUBE VENTILACION
	VIENE Y/O BAJA DESAGÜE PLUVIAL
	SOMBRERO DE VENTILACION



VENTANA DE INSPECCION