

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



TESIS

**“MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN UN PROYECTO
INMOBILIARIO EN LA ETAPA DE ACABADOS”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

ALVARO HUGO FLORES ROCA

ASESOR:

Ing. LUIS ALFREDO COLONIO GARCÍA

Lima – Perú

2021

© 2021, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir de la Tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Flores Roca, Alvaro Hugo

alvarofr2612@gmail.com

986819011

DEDICATORIA

Dedico esta tesis

A mis padres, por su

apoyo incondicional a

lo largo de estos años.

A la UNI por ser mi segundo

hogar, en el cual siempre

tendré una familia.

A mis profesores, por

brindarme el conocimiento

necesario para ser un gran

profesional.

Y sobre todo gracias a Dios.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN | 3 |
| ABSTRACT | 4 |
| PRÓLOGO | 5 |
| LISTA DE TABLAS | 6 |
| LISTA DE FIGURAS | 7 |
| LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS | 9 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1.1 GENERALIDADES | 10 |
| 1.2 PROBLEMÁTICA (Realidad Problemática)..... | 10 |
| 1.3 OBJETIVOS..... | 11 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 11 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos..... | 11 |
| CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO | 12 |
| 2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS..... | 12 |
| 2.2 PRINCIPIOS LEAN..... | 13 |
| 2.3 LEAN CONSTRUCTION..... | 14 |
| 2.3 DESPERDICIOS EN CONSTRUCCIÓN | 19 |
| 2.3 EL ÚLTIMO PLANIFICADOR (LAST PLANNER SYSTEM) | 23 |
| 2.4 PRODUCTIVIDAD EN CONSTRUCCIÓN..... | 25 |
| 2.5 ACABADOS EN CONSTRUCCIÓN | 28 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL TRABAJO | 34 |
| 3.1 LAST PLANNER SYSTEM (EL ÚLTIMO PLANIFICADOR) | 34 |
| 3.2 ANÁLISIS DE RESTRICCIONES..... | 35 |
| 3.3 PORCENTAJE DE PARTIDAS CUMPLIDAS (PPC) | 36 |
| 3.4 INFORME SEMANAL DE PRODUCTIVIDAD (ISP) | 36 |
| 3.5 CURVAS DE PRODUCTIVIDAD..... | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 3.6 PRESUPUESTO DE OBRA..... | 37 |
| 3.7 SECTORIZACION | 37 |
| 3.8 NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD..... | 37 |
| 3.9 CARTAS BALANCE..... | 39 |
| CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 40 |
| 4.1 ALCANCE..... | 40 |
| 4.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA | 41 |
| 4.3 DESCRIPCIÓN INGENIERIL DEL PROYECTO | 41 |
| 4.4 ORGANIGRAMA DEL PROYECTO | 43 |
| 4.5 CARGOS Y RESPONSABILIDADES..... | 43 |
| CAPITULO V: APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION AL PROYECTO EN ESTUDIO | 47 |
| 5.1 SECTORIZACIÓN | 47 |
| 5.2 PROGRAMACIÓN MAESTRA..... | 48 |
| 5.3 LOOK AHEAD | 50 |
| 5.4 ANÁLISIS DE RESTRICCIONES..... | 53 |
| 5.5 PORCENTAJE DE PARTIDAS CUMPLIDAS (PPC) | 55 |
| 5.6 TAREO DIARIO | 57 |
| 5.7 PRESUPUESTO DE OBRA..... | 59 |
| 5.8 INFORME SEMANAL DE PRODUCTIVIDAD (ISP) | 63 |
| 5.9 CURVAS DE PRODUCTIVIDAD..... | 66 |
| 5.10 CARTAS BALANCE..... | 72 |
| CONCLUSIONES..... | 85 |
| RECOMENDACIONES..... | 86 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 87 |
| ANEXOS | 88 |

RESUMEN

El objetivo principal de la presente tesis es el de demostrar el aumento de la productividad en la etapa de acabados, en la construcción de un edificio multifamiliar, el cual se encuentra ubicado en Magdalena del Mar.

Para lograr aumentar la productividad, se aplican conceptos basados en la filosofía Lean Construction. En el Capítulo II se describe el marco teórico basado en la filosofía Lean, metodología del Last Planner System, productividad y definición de acabados en construcción.

En el capítulo III se describe las herramientas y metodología a implementar en la presente tesis.

El capítulo IV consta de la descripción de la empresa encargada de construir el proyecto, así como también un resumen y descripción del proyecto analizado en la presente tesis.

El capítulo V muestra la aplicación de las herramientas al proyecto de estudio. Primero se procede a la sectorización del proyecto, luego se muestra la aplicación e implementación del Last Planner System al proyecto en estudio. Luego se tomaron mediciones de rendimientos reales (en campo) de las partidas más incidentes en el proyecto en la parte de acabados, en un formato llamado ISP (Informe Semanal de Productividad), en el cual se verá la evolución y especialización a través del tiempo de las cuadrillas en las partidas más representativas, donde se muestran las curvas de productividad para una mejor interpretación y representación gráfica del ISP. Mediante las cartas balance y su análisis se propone soluciones para el aumento de la productividad de las cuadrillas en cada partida analizada.

El uso de la filosofía Lean se da en todas las fases de un proyecto, desde la identificación del proyecto, hasta el uso que se le da. La presente tesis se centra en la etapa de la construcción del proyecto, que es la fase donde se utilizan más recursos, sobre todo haciendo uso de básicamente de la herramienta “cartas balance”.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to demonstrate the increase of productivity in the stage of finishes, in the construction of a multifamily building, which is located in Magdalena del Mar.

To increase productivity, concepts based on the Lean Construction philosophy are applied. Chapter II describes the theoretical framework based on the Lean philosophy, methodology of the Last Planner System, productivity and definition of construction finishes.

Chapter III describes the tools and methodology to be implemented in this thesis.

Chapter IV consists of the description of the company responsible for building the project, as well as a summary and description of the project analyzed in this thesis.

Chapter V shows the application of the tools to the study project. First, the project is sectorized, then the application and implementation of the Last Planner System to the project under study is shown. Then real performance measurements of the most incident items in the project were taken in the part of finishes, in a format called ISP (Weekly Productivity Report), in which the evolution and specialization will be seen over time of the crews in the most representative items, where the productivity curves are shown for a better interpretation and graphic representation of the WPR. Through the balance cards and their analysis, clear solutions are proposed for increasing the productivity of the crews in each item analyzed.

The use of the Lean philosophy occurs in all phases of a project, from the identification of the project, to the use it is given. This thesis focuses on the stage of the construction of the project, which is the phase where more resources are used, especially using basically the “balance cards” tool.

PRÓLOGO

La presente tesis, tiene como objetivo principal el demostrar la mejora de la productividad de un proyecto inmobiliario en la etapa de acabados utilizando herramientas de la filosofía Lean Construction. Como objetivo secundario el mejorar la planificación utilizando el Last Planner System.

La filosofía Lean Construction se orienta a minimizar las pérdidas que se generan en los procesos, y por consiguiente maximizar utilidades. Esto se logra mediante las llamadas herramientas Lean, que se han ido implementando con el paso de los años desde el surgimiento de esta filosofía la cual fue propuesta por Lauri Koskela.

En el Perú la filosofía Lean Construction es muy utilizado por las empresas inmobiliarias, pero generalmente lo aplican a la etapa de estructuras del proyecto (casco de obra), la presente tesis analiza la etapa de acabados, en la cual el análisis difiere en algunos aspectos.

El proyecto inmobiliario analizado es un edificio multifamiliar el cual cuenta con 13 pisos y 3 sótanos, ubicado en el distrito de Magdalena del Mar y construida por la empresa La Familia Grupo Inmobiliario S.A.C.

Los resultados de la mejora de la productividad se observan en las llamadas curvas de productividad para las partidas más incidentes. La mejora de la programación también se ve reflejada en la evolución del PPC semana a semana.

Ing. Luis Alfredo Colonio García
Asesor

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla N°1: Tipos de Desperdicios en la Construcción..... | 20 |
| Tabla N°2: Tabla Cuantitativa de desperdicios- J. Stoyles | 20 |
| Tabla N°3: Tabla Comparativa de desperdicios- Flavio Picchi | 21 |
| Tabla N°4: Tabla Cualitativa de desperdicios- Soibelman | 22 |
| Tabla N°5: Áreas de departamentos típicos..... | 47 |
| Tabla N°6: Programación maestra de acabados en departamentos | 49 |
| Tabla N°7: Look ahead semana 51, 52, 53 y 54 parte 1 | 51 |
| Tabla N°8: Look ahead semana 51, 52, 53 y 54 parte 2 | 52 |
| Tabla N°9: Análisis de Restricciones semana 51 | 54 |
| Tabla N°10: PPC Semana 51 | 56 |
| Tabla N°11: Tareo diario..... | 58 |
| Tabla N°12: Presupuesto de Acabados para departamentos..... | 60 |
| Tabla N°13: Costo de Mano de Obra de Acabados | 61 |
| Tabla N°14: Partidas de acabados de mayor incidencia en mano de obra..... | 62 |
| Tabla N°15: Partidas de control seleccionadas..... | 62 |
| Tabla N°16: ISP (1ra parte) | 63 |
| Tabla N°17: ISP (2da parte)..... | 63 |
| Tabla N°18: ISP (3ra parte) | 64 |
| Tabla N°19: ISP (4ta parte)..... | 65 |
| Tabla N°20: Datos de Cuadrilla de Zócalo en baño | 72 |
| Tabla N°21: Clasificación de trabajo para zócalo en baño | 73 |
| Tabla N°22: Resultado de toma de datos de zócalo en baño..... | 73 |
| Tabla N°23: Cuadro de resumen por cuadrilla de zócalo en baño | 74 |
| Tabla N°24: Datos de Cuadrilla de Papel mural..... | 76 |
| Tabla N°25: Clasificación de trabajo para papel mural..... | 77 |
| Tabla N°26: Resultado de toma de datos de papel mural | 77 |
| Tabla N°27: Cuadro de resumen por cuadrilla de papel mural..... | 78 |
| Tabla N°28: Datos de cuadrilla de piso laminado..... | 80 |
| Tabla N°29: Clasificación de trabajo para piso laminado | 81 |
| Tabla N°30: Resultado de toma de datos de piso laminado..... | 81 |
| Tabla N°31: Cuadro de resumen por cuadrilla de piso laminado..... | 82 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura N°1: Modelo de Producción tradicional | 15 |
| Figura N°2: Modelo de Producción Lean o TFV | 16 |
| Figura N°3: Lean Project Delivery System (LPDS)..... | 17 |
| Figura N°4: Formulación de asignaciones del Last Planner System | 24 |
| Figura N°5: Ciclo de la Productividad..... | 27 |
| Figura N°6: Colocación de zócalo de Porcelanato | 29 |
| Figura N°7: Colocación de Piso laminado | 29 |
| Figura N°8: Desmembramiento de proceso de la construcción a nivel de operaciones | 30 |
| Figura N°9: Desmembramiento a nivel de movimientos de piso laminado | 31 |
| Figura N°10: Desmembramiento a nivel de movimientos de papel tapiz | 32 |
| Figura N°11: Desmembramiento a nivel de movimientos de enchapes..... | 32 |
| Figura N°12: Desmembramiento a nivel de movimientos de pintura interior | 33 |
| Figura N°13: Tiempo Productivo-Colocación papel tapiz | 38 |
| Figura N°14: Tiempo Contributivo-Limpieza de área de trabajo | 38 |
| Figura N°15: Tiempo no Contributivo-Operario descansando | 39 |
| Figura N°16: Vista del proyecto Malecón Grau I | 40 |
| Figura N°17: Planta Típica de Arquitectura del Proyecto | 42 |
| Figura N°18: Organigrama del proyecto..... | 43 |
| Figura N°19: Sectorización típico de pisos de acabados..... | 47 |
| Figura N°20: PPC a través del tiempo de acabados | 57 |
| Figura N°21: Análisis de Precios Unitario de Piso Laminado | 59 |
| Figura N°22: Curva de productividad de Empastado de muros..... | 66 |
| Figura N°23: Curva de productividad de papel mural..... | 67 |
| Figura N°24: Curva de productividad de Zócalo en Baño..... | 68 |
| Figura N°25: Curva de productividad de Piso Laminado | 69 |
| Figura N°26: Curva de productividad de Contrazócalo de MDF | 70 |
| Figura N°27: Curva de productividad de molduras..... | 71 |
| Figura N°28: Análisis de Precios Unitario Moldura..... | 72 |
| Figura N°29: Gráfico de distribución de tiempo de zócalo en baño | 74 |
| Figura N°30: Gráfico de distribución de tiempo no contributivo de zócalo en baño..... | 74 |
| Figura N°31: Gráfico de distribución de tiempo contributivo de zócalo en baño | 75 |

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

SÍMBOLOS

| | |
|-------------|----------------------------|
| %: | Porcentaje |
| S/.: | Nuevos soles |
| %mo: | Porcentaje de mano de obra |

SIGLAS

| | |
|-----------------------|--|
| APU: | Análisis de precios unitario |
| gal: | Galón |
| HH: | Horas hombre |
| HM: | Horas máquina |
| IGLC: | Internacional Group of Lean Construction |
| IP: | Índice de productividad |
| ISP: | Informe semanal de productividad |
| JIT: | Just in Time |
| LCI: | Lean Construction Institute |
| LPDS: | Lean Project Delivery System |
| LPS: | Last Planner System |
| m: | Metro lineal |
| m²: | Metro cuadrado |
| MIT: | Massachusetts Institute of Technology |
| OP: | Operario |
| PPC: | Porcentaje de Plan Cumplido |
| TC: | Trabajo Contributivo |
| TFV: | Transformación Flujo-Valor |
| TNC: | Trabajo no contributivo |
| TP: | Trabajo productivo |
| TPS: | Toyota Production System |
| TQM: | Total Quality Management |
| PE: | Peón |
| Und: | Unidad |

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

En Perú, en los últimos años el sector de la construcción se convirtió en una de las actividades económicas más rentables e importantes del país ya que aporta mucho al crecimiento del PBI, sobre todo en el sector inmobiliario, ya que se vienen desarrollando muchos proyectos inmobiliarios en las principales ciudades del país.

A pesar de que la construcción sea una actividad con mucha importancia en el país, se encuentra con menor grado de desarrollo en comparación con muchos países latinoamericanos caracterizándose por la falta de eficiencia.

Uno de los principales problemas en la construcción es el incremento de los costos en la etapa de la ejecución de actividades por una falta de una adecuada gestión de control, planeación, tiempo, etc. Debido a este problema nace la necesidad de contar con herramientas que nos ayuden a controlar estos incrementos de los costos, y de este modo hacer que el proyecto sea más rentable.

Es por este motivo que contar con una metodología que permita el control de los sobrecostos, y la reducción de pérdidas durante la ejecución del proyecto es un beneficio para las empresas a cargos de los proyectos ya que de este modo la utilidad obtenida será mayor.

1.2 PROBLEMÁTICA (Realidad Problemática)

Tenemos claro que en lo que se refiere a la construcción desde hace mucho tiempo a lo largo de los procesos constructivos y las etapas en los desarrollos de los proyectos se generan una cantidad considerable de pérdidas o desperdicios, por lo cual a veces estas pérdidas representan un costo muy grande en comparación al costo del proyecto; entonces es necesario identificar y eliminar estos desperdicios, que no agregan valor al producto final de los proyectos.

En la construcción de edificios inmobiliarios en nuestro país, generalmente se subcontratan las partidas de acabados, las condiciones de los contratos con los subcontratistas dependen del cliente. El problema aquí es la confiabilidad en la

programación, la cual en esta etapa contrasta considerablemente en relación a la etapa de estructuras del proyecto (casco del proyecto).

En la etapa de acabados se generan atrasos debido a la demora de entregas de parte de los contratistas, esto generalmente ocurre cuando no se hace una adecuada programación en obra o también cuando los materiales no llegan a obra en el tiempo fijado. Esto genera que otras partidas de acabados se atrasen, generando un costo extra por ampliación del plazo.

Como se sabe, una gran parte de proyectos no se terminan en el plazo fijado, los contratistas que también terminan fuera del presupuesto establecido.

Debido a este problema, se enfatiza en que falta una metodología para la reducción de estas pérdidas (en tiempo y costo).

¿Cómo mejoramos la productividad en la etapa de acabados para una obra de edificios multifamiliares?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- ✓ Mejora de la productividad a través de herramientas Lean Construction en un proyecto inmobiliario en la etapa de acabados.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Mejorar la planificación y programación de las partidas utilizando el “Last Planner System”.
- ✓ Medición, control y mejora de la productividad de las diferentes cuadrillas en la etapa de acabados aplicando “Cartas Balance” y “Curvas de Productividad”.
- ✓ Identificar las restricciones para el no cumplimiento de las partidas mediante la herramienta PPC (porcentaje de plan cumplido) y proponer soluciones para la mejora.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El término Lean se origina en Japón a fines de la década de los 50 e inicios de los 60, como producto de las investigaciones realizadas por los ingenieros de la empresa ensambladora de Automóviles Toyota Motor, los cuales fueron aplicados en el denominado sistema de producción Toyota (TPS- Toyota Production System) elaborado por los ingenieros Shigeo Shingo y Taiichi Ohno quienes eran encargados de la producción. La idea fundamental en el sistema de producción de Toyota minimizar las existencias y defectos en todas las operaciones, para mejorar significativamente la producción de la fábrica y abarcar finalmente, el 40% del mercado automotor japonés.

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 muchos 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" (Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción); 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 el cual sostuvo que la producción debía ser mejorada mediante la eliminación de los flujos de materiales y que las actividades de conversión mejorarían la eficiencia.

Otros investigadores como Glen Ballard, aportaron herramientas para la adaptación de la filosofía Lean al sector constructivo.

2.2 PRINCIPIOS LEAN

Uno de los conceptos fundamentales de la filosofía Lean, es ver el proceso de producción como un flujo de materiales e información que van desde las materias primas hasta el producto final que llegará al cliente.

La filosofía Lean, dentro de su modelo de producción, considera los siguientes principios:

Identificar actividades que no agregan valor.

Aquellas actividades que son innecesarias son definidas como aquellas que no agregan valor al producto, y es muy importante identificarlas y eliminarlas para reducir las pérdidas logrando generar mayor ganancia al proyecto.

Incrementar el valor del producto.

Para lograr incrementar el valor del producto, el concepto de valor debe considerarse desde el punto de vista o enfoque del cliente final, es decir lo que el cliente valora para lograr su satisfacción.

Reducir la variabilidad.

La reducción de la variabilidad es importante, ya que así se puede evitar problemas con la satisfacción del cliente y las programaciones. Esta reducción de la variabilidad conlleva retirar materiales defectuosos, procedimientos no estandarizados y necesidades específicas de los clientes.

Reducción del tiempo del ciclo.

Este principio, se relaciona directamente con la optimización de los tiempos utilizados en las actividades. Se puede disminuir el tiempo del ciclo

estandarizando el proceso productivo, logrando así disminuir las actividades que no agregan valor. También se puede reducir el tiempo que dura un ciclo utilizando la teoría de lotes de producción y transferencia.

Simplificación de procesos.

Simplificar los procesos tiene que ver con reducir el número de actividades de un proceso productivo, ya que así se puede tener un mejor control de los procesos y reducir la variabilidad de los mismos.

Incrementar la transparencia en los procesos.

Este principio se relaciona con la mejora de control visual de la producción y la calidad de los procesos, ya que cuando hay un mejor control visual se pueden evitar los errores que al final se convierten en trabajos rehechos, lo que significa pérdidas para el proyecto.

Mejoramiento continuo.

Este principio se basa en identificar y proponer soluciones de las causas de no cumplimiento de los procesos, para luego no volver a cometer los mismos errores en otros proyectos, y así ir mejorando continuamente.

Referenciar los procesos (Benchmarking).

Este principio trata de comparar las actividades realizadas de las empresas líderes en el mismo sector de nuestra empresa, con el fin de reconocer las mejores ideas desarrolladas en el mercado para utilizarlas en nuestra propia empresa.

Como notamos, los principios lean buscan un fin común que trata sobre la mejora en todo proceso de producción, minimizando aquellas actividades que no aportan valor con la finalidad de lograr un flujo uniforme y más sencillo, con un menor tiempo de ejecución.

2.3 LEAN CONSTRUCTION

Lean Construction es una filosofía basada en los principios del Lean Production pero aplicada a los proyectos de construcción; la llamada construcción sin pérdidas se enfoca en minimizar las pérdidas o desperdicios que se generen en el proyecto, y maximiza el valor o utilidad obtenida.

Según el LCI (Lean Construction Institute), el Lean Construction es una filosofía que se orienta hacia la producción en la construcción y que tiene como objetivo principal eliminar o reducir aquellas actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos.

El modelo clásico o de transformación es un modelo de conversión en el cual cada actividad es representada en un modelo de entrada-transformación-salida, en el cual la entrada es la materia prima y la salida es el producto final como se aprecia en la figura N°1.



Figura N°1: Modelo de Producción tradicional

Fuente: “Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction”. Buleje, Kenny 2012

El modelo clásico se centra únicamente en conversiones, y no toma en cuenta los flujos que ocurren dentro del proceso de transformación como son movimientos, esperas e inspecciones. Por lo tanto, el modelo clásico no mide las pérdidas, lo cual hace difícil encontrarlas y eliminarlas. De cierta forma, el modelo clásico muestra una idealización en el cual no existen actividades que no le agregan valor al cliente, pero en la realidad esta idealización nunca ocurre.

Por otro lado, el modelo Lean o modelo TFV (transformación-flujo-valor) es un modelo de flujos que considera actividades como inspecciones, transporte y esperas. Su objetivo es cuantificar dichas pérdidas para después eliminarlas. El modelo TFV busca reducir al máximo (si es posible eliminar) los tiempos no contributivos (TNC), disminuir los tiempos contributivos (TC) y así aumentar el tiempo productivo (TP). Este modelo TFV se puede ver en la figura N°2.

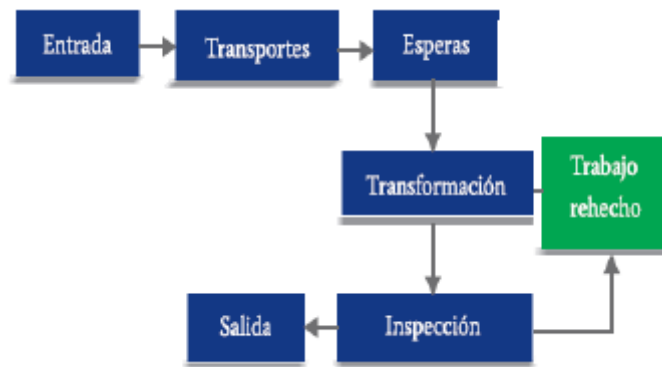


Figura N°2: Modelo de Producción Lean o TFV

Fuente: “Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction”. Buleje, Kenny 2012

Uno de los elementos centrales de Lean Construction es la reinterpretación de la forma en que se entiende la producción en construcción, modificando el conocido modelo de conversión. Se desarrolló un modelo que cubra todos los rasgos importantes de producción, este nuevo modelo de producción puede ser definido como la visión dual de la producción que consta de conversiones y flujos.

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 como se puede ver en la figura N°3, 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 Lean Construction funcione se deben aplicar sus principios en forma concreta a las actividades del proyecto.

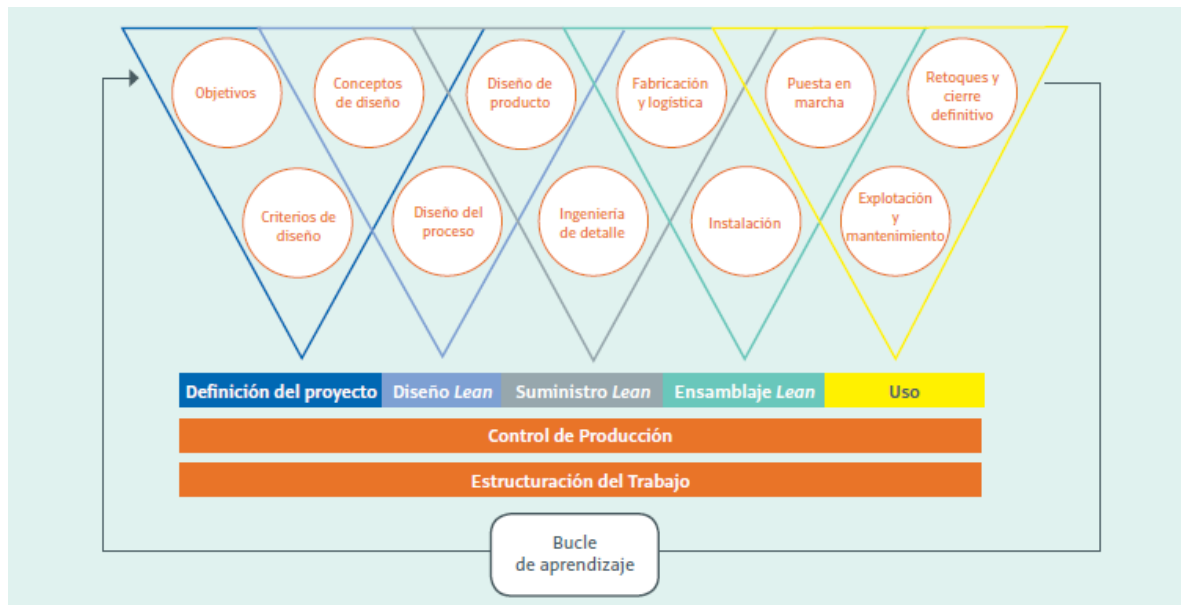


Figura N°3: Lean Project Delivery System (LPDS)

Fuente: "Lean Construction Institute"

Just in Time (JIT)

"Just in time es un sistema para la producción o suministro de la cantidad correcta de materiales o productos en el momento justo que es necesario para la producción" (Ghio Castillo, 2001).

El Just in time (justo a tiempo) cuenta con una metodología simple, la cual nos dice que el inventario es una pérdida para la producción, ya que incurre en costos innecesarios, por esta razón, este modelo de gestión de recursos que está basado en los principios del Lean Production trata de minimizarlo al máximo gestionando adecuadamente el abastecimiento de materiales. El JIT no es un medio para conseguir que los proveedores hagan muchas entregas con total puntualidad para no tener que manejar volúmenes excesivos de componentes comprados, sino que es una filosofía de producción que se orienta a la demanda.

Aplicar JIT en obras en Perú, requiere de un intenso trabajo en la planificación en la obra y en la búsqueda de proveedores adecuados, ya que sabemos que los proyectos de construcción dependen mucho de los proveedores, los cuales abastecen a la obra el material que se va a utilizar, y aunque se tenga métodos para proporcionar una gestión adecuada de los recursos a utilizar en obra como es el caso del Lookahead, se asume muchos riesgos ya que al combinarlo con el

JIT estamos poniendo el avance de la obra en mano de los proveedores, esto muchas veces es un factor negativo, ya que los proveedores no siempre tienen los materiales en el momento que se necesitan su puesta en obra, esto causa atrasos y gastos innecesarios que se deberían evitar.

Las áreas de atención del JIT son:

- Reducción del inventario.
- Lotes más pequeños y turnos de producción.
- Aumento de la productividad.
- Reducción de la complejidad y mejora de la transparencia.
- Estructura de organización más plana y delegación.
- Minimización del desperdicio.

Control Total de la Calidad

El control total de calidad (TQM) se originó en los famosos “Círculos de Calidad” de Ishikawa en 1961, los cuales se basaban en la creación voluntaria de grupos de trabajo para ayudar a resolver los problemas que iban surgiendo en el desempeño normal del trabajo. Esta filosofía se ha extendido en todo el mundo y ha demostrado tener muchas ventajas cuando está correctamente aplicada como:

- Reduce la tasa de errores.
- Reduce reprocesos y errores.
- Reduce fallos post venta y los gastos de garantía.
- Reduce la insatisfacción del cliente.
- Acorta el tiempo de introducción de nuevos productos.
- Aumenta el rendimiento y la capacidad.
- Mejora los plazos de entrega.

El punto de partida para el control de calidad se basó en la inspección de las materias primas y los productos mediante métodos estadísticos. La calidad ha evolucionado de la inspección al control de procesos, del control de los procesos al mejoramiento continuo de los mismos, y finalmente a diseñar la calidad en el producto y procesos de producción.

Conceptos relacionados con la producción Lean

A raíz de la utilización de los métodos Justo a Tiempo y el Control Total de la Calidad, surgieron algunos conceptos que complementan el modelo de gestión basado en los principios Lean como:

- Mantenimiento productivo total.
- Participación de los empleados.
- Mejoramiento continuo.
- Competitividad basada en tiempo.
- Ingeniería concurrente.
- Estrategia o gestión basada en el valor del producto.
- Gestión visual.
- Reingeniería.

2.3 DESPERDICIOS EN CONSTRUCCIÓN

Desperdicio se define como “cualquier pérdida producida por actividades que generan, directa o indirectamente costos, pero no adicionan valor alguno al producto desde el punto de vista del cliente final” (Formoso, Issato, Hirota. Berkeley, California, Estados Unidos, 1999).

En la construcción, como toda actividad se genera desperdicios, lo cual genera pérdidas. Generalmente cuando un presupuesto es realizado, se realiza también el programa de obra, ya que de poco sirve conocer el costo de un proyecto si no conocemos la duración del mismo. Los presupuestos y las programaciones como es bien sabido se realizan tomando en cuenta desperdicios asumibles. Así mismo el cálculo de la productividad en una actividad se realiza tomando en cuenta que esta no puede ser del 100%. Por lo tanto, en la construcción el desperdicio incosteable es por lo menos, aquél que no haya sido estimado en el presupuesto y que no haya sido calculado en la productividad esperada en una actividad.

En la construcción intervienen una serie de factores tan diversos que disparan las posibilidades de tener más de un tipo de desperdicio. Esta realidad es bien conocida por los profesionales encargados del proceso de la construcción, pues son estos los que tienen la responsabilidad de lidiar con todos los factores que intervienen en la ejecución de un proyecto. Ante estas condiciones la identificación de pérdidas es una herramienta de suma importancia en los proyectos de

construcción. Entendiéndose por residuos todo lo que no genera valor a las actividades para completar una unidad productiva, LC clasifica los residuos de construcción en siete categorías como se muestra en la Tabla N°1.

Tabla N°1: Tipos de Desperdicios en la Construcción

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

Fuente: "Analysis of Lean Construcion practices at Abu Dhabi construction industry". Al-Aomar, R.2012.

Las pérdidas se pueden generar por diversos factores, inadecuada programación o planificación, llegada tarde de materiales a obra, diseños inadecuados, etc. En la presente tesis, solo se tratará de aquellos desperdicios que se originan en la etapa de construcción del proyecto. Se presentan, algunos estudios que se hicieron con respecto a la medición de desperdicios:

1. John Skoyles

Tabla N°2: Tabla Cuantitativa de desperdicios- J. Stoyles

| | N° de Obras | Pérdida (%) | | Índice de Pérdidas (%) | |
|---------------------------------|-------------|-------------|------|------------------------|-------|
| | | Min. | Máx. | Prom. | Ppto. |
| Concreto en Infraestructura | 12 | 3 | 18 | 8 | 2.5 |
| Concreto en Superestructura | 3 | | | 2 | 2.5 |
| Acero | 1 | | | 5 | 2.5 |
| Ladrillos corrientes | 68 | 1 | 20 | 8 | 4 |
| Ladrillos caravistas | 62 | 1 | 22 | 12 | 5 |
| Ladrillos estructurales huecos | 2 | | | 5 | 2.5 |
| Ladrillos estructurales macizos | 3 | 9 | 11 | 10 | 2.5 |
| Bloques Ligeros | 22 | 1 | 22 | 9 | 5 |
| Bloques de Concreto | 1 | | | 7 | 5 |
| Tejas | 1 | | | 10 | 2.5 |
| Maderas (tablas) | 3 | 12 | 22 | 15 | 5 |
| Maderas (planchas) | 2 | | | 15 | 5 |
| Mortero (paredes) | 4 | 2 | 7 | 5 | 5 |
| Mortero (techos) | 4 | 1 | 4 | 2 | 5 |
| Cerámica (paredes) | 1 | | | 2 | 2.5 |

| | N° de Obras | Pérdida (%) | | Índice de Pérdidas (%) | |
|---------------------|-------------|-------------|------|------------------------|-------|
| | | Min. | Máx. | Prom. | Ppto. |
| Cerámica (pisos) | 1 | | | 2 | 2.5 |
| Tubería de cobre | 9 | | | 7 | 2.5 |
| Tubería de PVC | 1 | | | 3 | 2.5 |
| Conexiones de Cobre | 7 | | | 3 | 2.5 |
| Placas de Vidrio | 3 | | | 9 | 5 |

Fuente: "Waste and the estimator. Chartered Institute of Building" - Jhon Skoyles 1982.

En la tabla N°2, Skoyles realiza un estudio en un determinado número de obras que se observa en la segunda columna, en el cual determina el % de pérdidas real promedio, y lo compara con el % de pérdidas que se considera en el presupuesto de las obras para cada tipo de material usado. De esto concluye que en el 80% de los materiales considerados, el porcentaje de pérdidas real es mayor al porcentaje de pérdidas considerado en el presupuesto.

2. Flavio Picchi

Tabla N°3: Tabla Comparativa de desperdicios- Flavio Picchi

| ESTIMACIÓN DE DESPERDICIOS EN OBRAS DE EDIFICACIÓN (% del costo total de la obra) | | |
|--|-------------------------------|---|
| ITEM | DESCRIPCIÓN | % |
| Desmante | De mortero | 5 |
| | De ladrillo | |
| | Limpieza | |
| | Transporte | |
| | Eliminación | |
| Espesores adicionales de mortero | Tarrajeo de techos | 5 |
| | Tarrajeo de paredes internas | |
| | Tarrajeo de paredes externas | |
| | Contrapisos | |
| Dosificación no optimizada | Concreto | 2 |
| | Mortero | |
| Reparaciones y/o retrabajos no computados en el resto de materiales | Repintado | 2 |
| | Retoches | |
| | Corrección de otros servicios | |
| Proyectos no optimizados | Arquitectura | 6 |
| | Estructuras | |
| | Instalaciones eléctricas | |
| | Instalaciones sanitarias | |

| ESTIMACIÓN DE DESPERDICIOS EN OBRAS DE EDIFICACIÓN (% del costo total de la obra) | | |
|---|--|-----------|
| ITEM | DESCRIPCIÓN | % |
| Problemas de calidad que generen pérdidas de productividad | Parada de operaciones adicionales por falta de calidad de los materiales y servicios anteriores | 3.5 |
| Costos por atrasos | Costos adicionales por atrasos en las obras y costos adicionales de administración, equipos y multas | 1.5 |
| Costos por obras no entregadas | Reparo de patologías ocurridas después de la entrega de la obra | 5 |
| TOTAL | | 30 |

Fuente: "Estimación de desperdicios en obras de edificación" – Picchi 1993

En 1993, Flavio Picchi en su tesis doctoral aplicada a un proyecto de edificación en la etapa de construcción en Sao Paulo, nos indica que los desperdicios que se generan son alrededor del 30% del costo total de la obra, con lo cual el menciona que, si tuviéramos una obra de 4 edificios, la cuarta torre se podría construir del desperdicio de las otras 3. Aquí se observa claramente que los desperdicios que se generan en una obra representan un costo alto, es por eso que es importante minimizar los costos generados por desperdicios utilizando las herramientas adecuadas de gestión.

3. Soibelman

Tabla N°4: Tabla Cualitativa de desperdicios- Soibelman

| | |
|-----------------------------|---|
| Concreto Premezclado | Diferencias entre cantidad solicitada y entregada. |
| | Uso de equipos en mal estado. |
| | Errores de cubicaje. |
| | Dimensiones mayores a las proyectadas. |
| Mortero | Uso excesivo del mortero para reparar irregularidades. |
| | Presencia de sobrantes diarios, los cuales deben ser eliminados. |
| Ladrillos Huecos | Malas condiciones en el recibo y almacenamiento de ladrillos. |
| | Modulación nula, lo que trae como consecuencia el corte de unidades. |
| Cemento | Uso excesivo del mortero para reparar irregularidades. |
| | Rotura de bolsas al momento de recibir el material. |
| | Almacenamiento inadecuado del material. |
| Arena | Inexistencia de contenciones laterales para evitar dispersión del material. |
| | Manipulación excesiva antes de su uso final. |

Fuente: "Material de desperdicio en la industria de la construcción" – Soibelman, Lucio 2000

Soibelman muestra resultados cualitativos en la Tabla N°4, en comparación a Skoyles que nos muestra más resultados cuantitativos. Soibelman divide las causas principales por las que los materiales se desperdician en una obra.

2.3 EL ÚLTIMO PLANIFICADOR (LAST PLANNER SYSTEM)

El Last Planner System fue desarrollado por Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell. Ellos se basaron en los principios de la filosofía Lean Construction, esta herramienta sirve para controlar las interdependencias existentes entre los procesos de producción y reducir la variabilidad entre estos, con lo cual aseguran el cumplimiento de la mayor cantidad de actividades de la planificación, este aseguramiento es posible ya que la ausencia de variabilidad significa producción confiable (Tommelein, 1998). Esta variabilidad solo se puede controlar teniendo funcionamientos fiables, usando procedimientos simples y estándares para pronosticar fácilmente el desempeño.

En referencia al término “Last Planner”, Glen Ballard en su tesis doctoral menciona lo siguiente: “En última instancia, alguien (un individuo o un grupo) decide qué trabajo físico, específico será realizado mañana. Este tipo de planes han sido llamados asignaciones” (Ballard, 2000). La persona o grupo que producen las asignaciones son llamados el “Last Planner”.

El llamado “Último planificador”, quien hace referencia a una persona o grupo de personas que son las últimas encargadas de definir los trabajos y difundirlos a todos los trabajadores involucrados.

Se entiende que la planificación no es tan simple como el desglosar las actividades que se preceden unas a otras, con la planificación se debe ser capaz de poder definir qué se debe de hacer, que se puede hacer, que es lo que se hará, y que acciones se deben de tomar para que se cumpla aquella planificación e identificar a los responsables de dicha planificación. Por ello es que cuando se realizan los puntos mencionados anteriormente, el Last Planner System ayuda principalmente a mejorar la fiabilidad de la planificación, por ello es que se logran disminuir costos y aumentar la producción de los trabajos.

La mejora de la fiabilidad de la planificación se lleva a cabo mediante la planificación intermedia (Lookhead Planning) y mediante el plan de trabajo semanal (Weekly Work Plan).

Estos dos componentes van relacionados con la división de la fase de Control de Producción, ya que el “control de flujo de trabajo” se lleva a cabo mediante la planificación intermedia (Lookahead Planning), mientras que el “control de las unidades de producción” se realiza mediante el plan de trabajo semanal (weekly work plan), mediante las cuales se puede incrementar la fiabilidad como ya se indicó.

El control del flujo del trabajo, se refiere a que se debe hacer que fluya el trabajo activamente a través de las unidades de producción para lograr objetivos más alcanzables. Por ello el control de flujo de trabajo, “coordina el flujo del diseño, abastecimiento e instalación a través de las unidades de producción” (Ballard, 2000). Mientras que el trabajo del control de las unidades de producción (trabajadores o cuadrillas) sean mejores mediante el aprendizaje y acciones correctivas a su debido momento, de esta manera este componente “coordina la ejecución del trabajo dentro de unidades de trabajo tales como los equipos de construcción y los de diseño” (Ballard, 2000).

Como se indicó anteriormente, el Last Planner es el que determina las asignaciones de trabajo para el día a día, pero estas son producto de una adecuada planificación en donde vemos intervenir los conceptos de Debería (Should), Puede (Can), Hará (Will) e hizo (Did). Esto es así ya que el Last Planner indica lo que se hará (Will), siendo esto ajustado por lo que se Debería (Should), y además considerando las restricciones que presenta el Puede (Can). De esta manera Ballard, presenta un esquema para entender la relación entre estos términos durante la planificación de los trabajos o asignaciones.

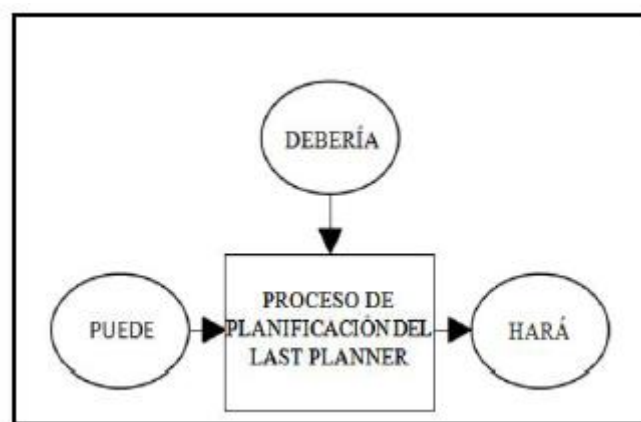


Figura N°4: Formulación de asignaciones del Last Planner System

Fuente: “The Last Planner System” – Ballard, Glenn 2000.

El Last Planner System nos sirve para contrarrestar los principales obstáculos en la construcción que para los autores que la desarrollaron son:

- La gestión se enfoca en el corto plazo, descuidando el largo plazo.
- No se analizan los errores de programación ni las causas que las originan.
- No se hacen mediciones del desempeño obtenido.
- La planificación no se concibe como un sistema, sino que descansa plenamente en la experiencia del profesional a cargo.

El Last Planner System está compuesto por tres fases, las cuales analizan al proyecto en diferentes periodos de tiempo:

1. En primer nivel se tiene a la Planificación General; el plan maestro de la ejecución del proyecto (Master Schedule).
2. En segundo nivel se encuentra la Planificación Intermedia (Lookahead), la cual consiste en detallar por periodos más pequeños, generalmente de 4 semanas de la Planificación General. En este nivel también se realiza el llamado análisis de restricciones, en el cual se identifican, analizan, y proponen mejoras a las restricciones halladas.
3. En tercer nivel se encuentra la Planificación Semanal, donde se realiza y analiza el llamado Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), el cual mide el porcentaje de aquellas actividades programadas que han sido cumplidas e identificando las que no se cumplieron, brindando soluciones a estas causas para que en el futuro no se cometan los mismos errores.

2.4 PRODUCTIVIDAD EN CONSTRUCCIÓN

La productividad puede ser entendida como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado (Serpell, 1993).

La productividad también se define como la relación entre el resultado obtenido (bienes y servicios) entre el valor de los recursos utilizados para obtener el resultado (Aliaga, 1991).

Por lo tanto, la productividad se define como la relación entre la producción final y los factores productivos utilizados en la producción de bienes y servicios. Una

mayor productividad significa producir lo mismo con menos recursos utilizados, o producir más con la misma cantidad de recursos.

Productividad en términos de los trabajadores es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático se dice que algo o alguien es productivo, si con una cantidad de recursos y en un periodo de tiempo dado, se obtiene el máximo de productos. Las máquinas y equipos, tienen un estándar de productividad, la cual está indicado en sus especificaciones técnicas.

2.4.1 Ciclo de la Productividad

Es un proceso administrativo, que sigue las 4 fases del ciclo de la productividad, y tiene como finalidad el incremento de la productividad.

Medición:

Hay interés en medir la productividad ante todo porque se requiere de un indicador relativo de la efectividad con la que la organización ha venido consumiendo los recursos en el proceso de cumplimiento de los resultados deseados. En el campo (obra), tomamos datos de la producción diaria de cada cuadrilla de trabajo, así como las horas trabajadas.

Evaluación

La fase de evaluación forma la etapa transitoria entre la medición y la planeación y por lo tanto es evidente su importancia para la planeación de la productividad en las empresas. Después de observar y comprender lo que está sucediendo, se debe evaluar lo que se vio. En base a los datos anteriores calculamos las productividades reales diarias y luego lo dividimos cada valor entre la productividad base para determinar los correspondientes índices de productividad diario. Luego lo graficamos, teniendo como ejes de abscisas (eje x) el tiempo y en el eje y (ordenada) los índices de productividad (IP).

Planeación

La planeación de la productividad se ocupa de establecer los niveles meta para las productividades totales o parciales de manera que estos niveles se puedan usar como cifras de comparación en la etapa de evaluación del ciclo de productividad al igual que para delinear las estrategias de mejoramiento de la

productividad en la etapa de mejoramiento en este ciclo. En esta etapa se determina los niveles futuros de productividad (metas).

Mejoramiento

Acciones que se anticipan a la causa y pretende eliminarla antes de su existencia. Para que las metas se logren se llevan a cabo mejoras continuas. En esta etapa se identifican las causas de una desviación y se proponen medidas correctivas, sólo si es posible si se efectúa un proceso de seguimiento de una acción planeada de productividad. Implantación de metodología planeada para mejorar, como una mejor distribución de los insumos, distancias mínimas para acortar el tiempo de transporte, etc.

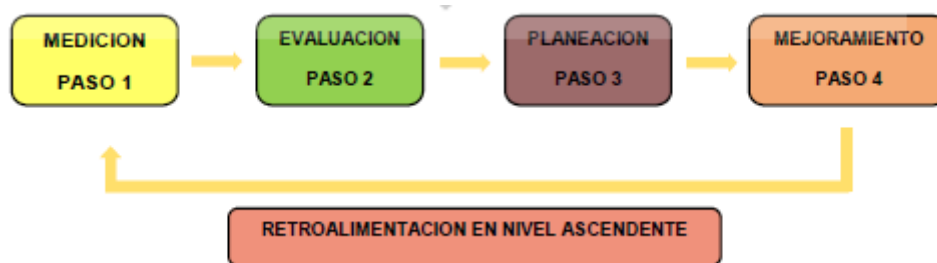


Figura N°5: Ciclo de la Productividad

Fuente: “Mejoramiento de la productividad en la construcción de obras con Lean Construction”.
Rodríguez, Castillejo 2012

2.4.2 Índice de Productividad

El índice de productividad (IP) se emplea con el fin de medir el progreso de la productividad.

$$IP = \frac{\text{Productividad Observada}}{\text{Estándar de productividad}} \times 100\%$$

La productividad observada es la productividad medida durante un periodo definido (día, semana, mes, año) en un sistema conocido (taller, empresa, sector económico, departamento, mano de obra, energía, país). El estándar de productividad es la productividad base o anterior que sirve de referencia.

Con lo anterior se puede medir la productividad en diferentes sistemas, departamentos, empresas, recursos como materias primas, energía, entre otros. Pero lo más importante es ir definiendo la tendencia por medio del uso de índices

de productividad a través del tiempo en nuestras empresas, realizar las correcciones necesarias con el fin de aumentar la eficiencia y ser más rentables. Elementos importantes a considerar para aumentar la productividad de la empresa son tanto el capital humano y la inversión realizada por la organización para capacitar y formar a sus miembros como el grado de instrucción de la población trabajadora que es el conocimiento y habilidades que guardan relación directa con los resultados del trabajo.

2.5 ACABADOS EN CONSTRUCCIÓN

En toda obra de edificaciones, los acabados representan un buen porcentaje del costo del proyecto, llegando muchas veces a superar el 50% dependiendo del tipo y calidad del acabado.

Los acabados se definen como los trabajos que se realizan en las edificaciones para mejorar su presentación y lograr un mejor uso proporcionando confort a los usuarios. Estos constituyen la última etapa del proceso constructivo y es lo que se muestra a la vista de la edificación u obra, por lo tanto, se debe tener mucho cuidado en cuanto a la calidad y su presentación.

Estos acabados están constituidos por aquellos elementos constructivos que se realizan para proporcionar la terminación de una edificación para que pueda ser puesta al servicio del propietario, proporcionándoles satisfacción en cuanto a la comodidad y apariencia visual, así como protección a las mismas partes constructivas de la edificación como pisos, muros, cielorrasos, etc.

Según el Reglamento Nacional de Construcción, los acabados deberán reunir los siguientes requisitos básicos:

- Resistencia y durabilidad adecuada.
- Capacidad de adherirse suficientemente a los diferentes elementos de una construcción.
- Consistencia y pesos definidos que no excedan los previstos en el diseño de la edificación.
- Resistencia al fuego y velocidad de propagación de llamas.
- Resistencia a la abrasión y desgaste adecuado para aquellos elementos de acabado a fricción y rozamiento, tales como los recubrimientos de pisos.

Todo proyecto debe contar con un cuadro de acabados para facilitar su interpretación en la etapa de ejecución, y deben estar bien definidos para evitar retrasos. Los acabados se clasifican de las siguientes maneras:

Clasificación General

Acabados Húmedos: Son los trabajos que se realizan utilizando el agua, algunos de estos acabados son:

- Revoques o tarrajeos
- Pisos
- Zócalos y contrazócalos (cemento, cerámico, piedra y mármol)
- Pinturas



Figura N°6: Colocación de zócalo de Porcelanato

Fuente: Elaboración propia

Acabados Secos: Son los trabajos que se realizan sin el empleo de agua, siendo algunos de estos acabados:

- Carpintería de madera, aluminio y fierro.
- Muros, falso cielorrasos y tabiques de drywall.
- Pisos de madera (parquet, machihembrado).
- Pisos vinílicos y otros materiales sintéticos que se realizan sin agua.



Figura N°7: Colocación de Piso laminado

Fuente: Elaboración propia

Clasificación por Partidas

- Acabado para pisos
- Acabado para muros
- Acabado para zócalos y contrazócalos
- Acabado para cielorraso
- Acabado para vanos, etc.

Clasificación por Ambientes

- Acabados para sala-comedor
- Acabados para cocina
- Acabados para dormitorios
- Acabados para patios
- Acabados para jardines
- Acabados para sala de juegos
- Acabados para tiendas
- Acabados para restaurantes, etc.

Desmembramiento del proceso de Construcción

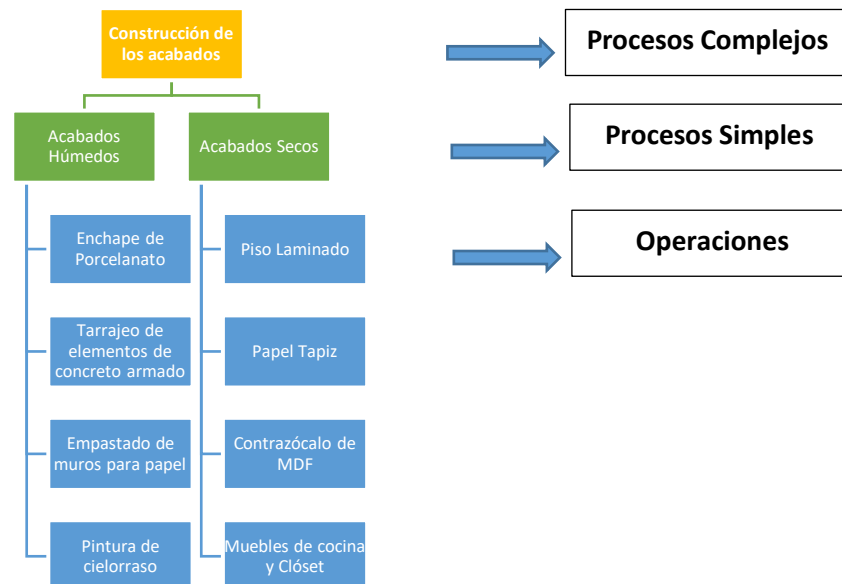


Figura N°8: Desmembramiento de proceso de la construcción a nivel de operaciones

Fuente: Elaboración propia

Desmembramiento a nivel de Movimientos

- Para piso laminado

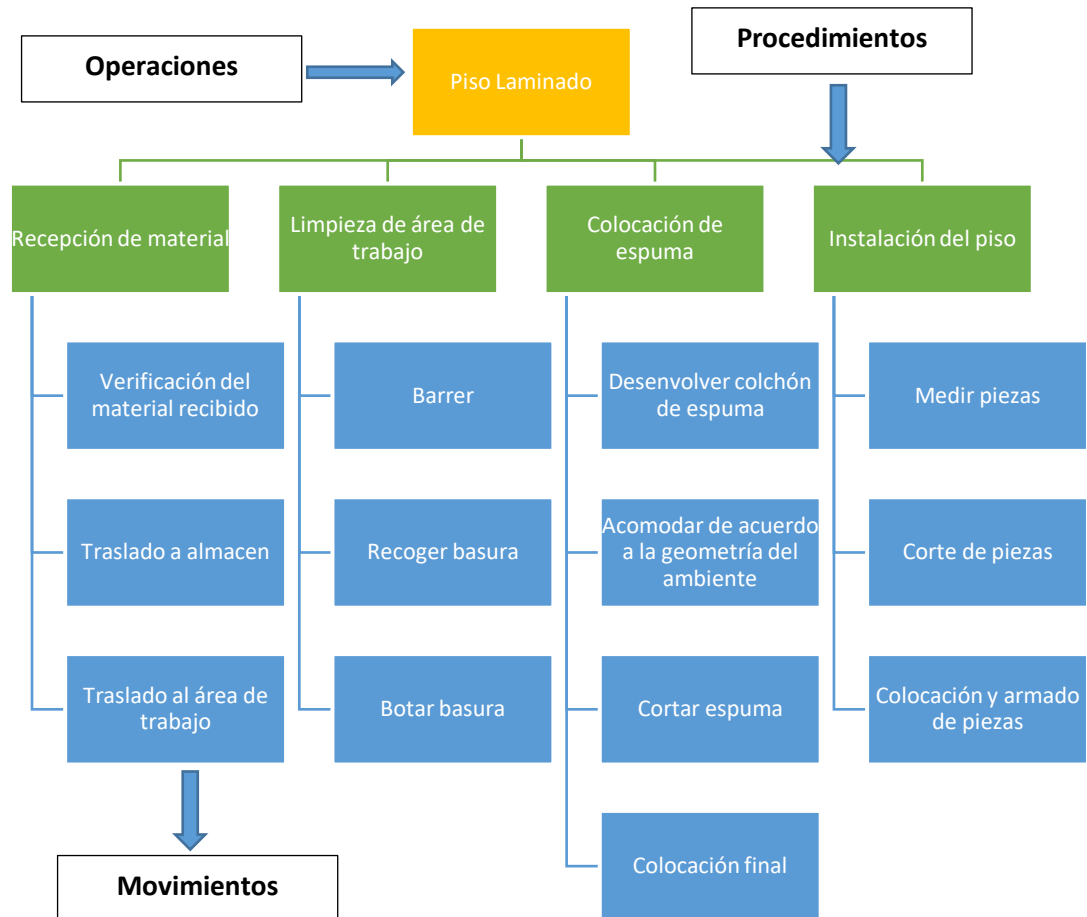


Figura N°9: Desmembramiento a nivel de movimientos de piso laminado

Fuente: Elaboración propia

- Para papel tapiz

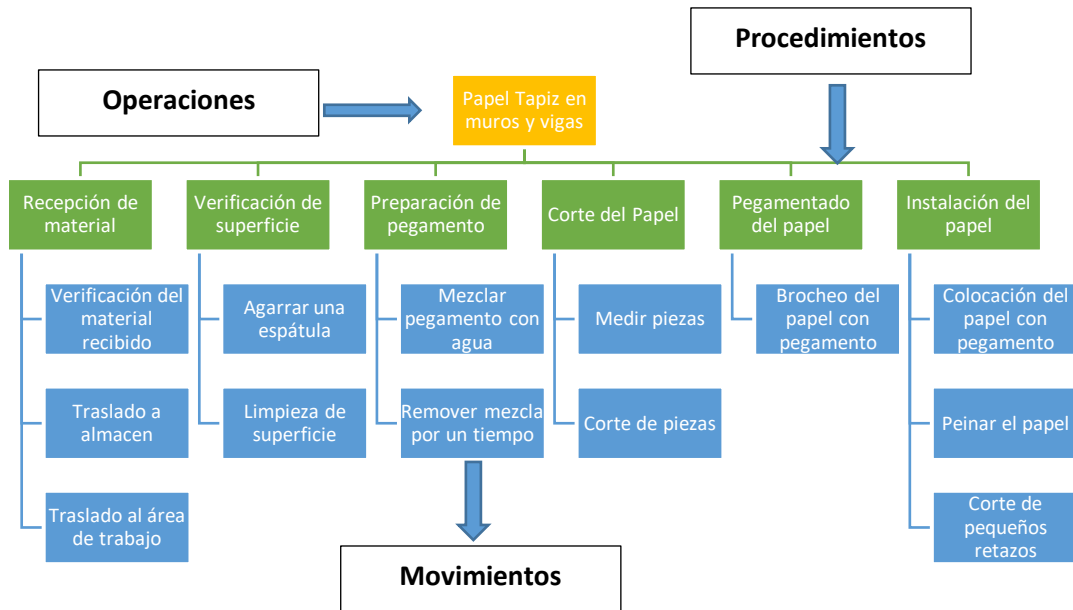


Figura N°10: Desmembramiento a nivel de movimientos de papel tapiz

Fuente: Elaboración propia

- Para Enchapes de porcelanato

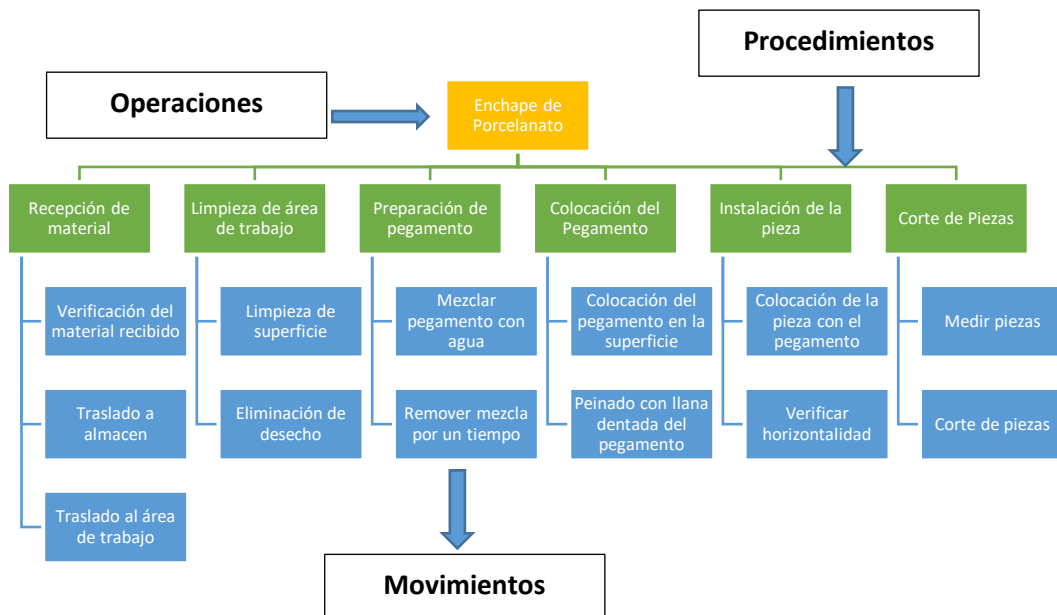


Figura N°11: Desmembramiento a nivel de movimientos de enchapes

Fuente: Elaboración propia

- Para Pintura Interior

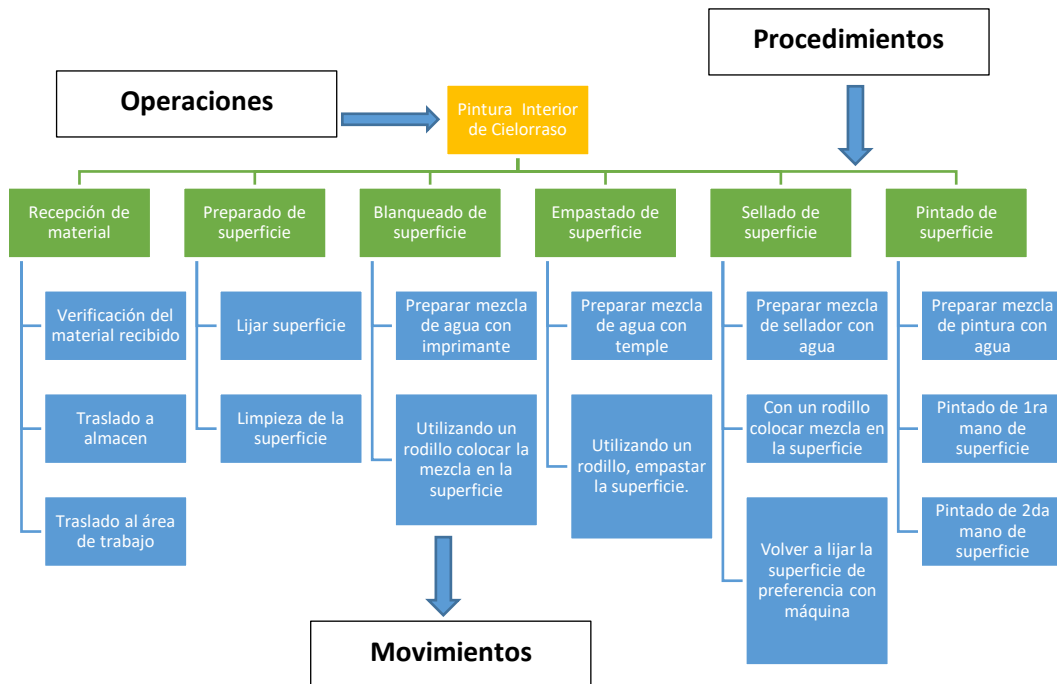


Figura N°12: Desmembramiento a nivel de movimientos de pintura interior

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL TRABAJO

3.1 LAST PLANNER SYSTEM (EL ÚLTIMO PLANIFICADOR)

3.1.1 Programación maestra

“La planificación maestra o master Schedule es un plan que identifica los principales acontecimientos o hitos de un proyecto (Inicio, entrega al cliente, procura de componentes de largo plazo, movilizaciones en campo, diseño completo, licencias, etc.) y sus fechas”. (Ghio Castillo, 2001)

Como se menciona, en esta etapa se plantean los hitos que se requieren para cumplir con los objetivos propuestos, debido a esto la programación no debe de estar muy detallada. Esta programación puede estar sujeta a modificaciones y ajustes de acuerdo al estado del proyecto.

El Dr. Glenn Ballard mencionó en la conferencia de IGLC número 19, llevada a cabo en lima, Perú lo siguiente: “todos los planeamientos son pronósticos, y todos los pronósticos están errados. Mientras más larga la predicción, más errada estará. Mientras más detallada la predicción, más errada estará” (Ballard, 2000).

3.1.2 Look Ahead

“El look ahead plan es una planificación de intervalo corto, basado en la planificación de fase, que identifica todas las actividades a ser ejecutadas en las próximas semanas (el número de semanas puede variar en función de la variabilidad y el tiempo necesario para el levantamiento de restricciones de cada proyecto”. (Ghio Castillo, 2001)

El look ahead es un cronograma de ejecución a mediano plazo (suele estar entre 3 a 6 semanas), y es más detallado que la programación maestra. Se actualiza cada semana teniendo en cuenta aquellas nuevas actividades que se van a programar, esta programación va de la mano con el llamado análisis de restricciones en donde se analizan las posibles restricciones que se pueden dar para no cumplir con la programación elaborada.

3.1.3 Programación Semanal

Es un cronograma que se elabora a partir del Look Ahead y es más detallado que este último, en donde solo se muestran las actividades programadas que se van

a realizar en la semana. En este formato, se pueden tomar datos de productividad y rendimientos.

3.1.4 Programación Diaria

“La programación diaria es el último escalón en la metodología de planificación y programación que propone el sistema last planner dentro de la filosofía lean construction, esta programación se desglosa de la programación semanal, la cual es una programación de corto plazo, con la finalidad de ser transmitida a campo para que todos los equipos tengan claro las actividades que tienen que realizar en la jornada de trabajo. Esta programación la elabora el último planificador partiendo de los resultados del día y siguiendo lo programado para la semana, por lo cual también se usa para controlar los avances diarios dentro de la obra para que a partir de estos se controlen los avances semanales y de esto realizar el PPC correspondiente”. (Rojas Vera, 2005)

En obra normalmente se conoce como el tareo, es un documento que se entrega todos los días al responsable de la producción en la obra, para que luego se distribuya en cada cuadrilla que va a trabajar determinado día. En dicho formato se muestran las partidas y el lugar en donde se van a realizar durante el día, también se apuntan: los nombres de todos los trabajadores que integran cada cuadrilla que trabaja, su cargo (peón, oficial, operario, capataz), y el metrado que avanzan durante ese día.

Algo importante de tener una programación diaria, es que se pueden incluir actividades menores o actividades que se presentan a “último minuto” como por ejemplo:

- Demolición de columna que presentaba cangrejeras.
- Nivelación de losa para piso laminado.
- Limpieza y mantenimiento de las bombas.

3.2 ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

Para elaborar el análisis de restricciones se tiene en cuenta el look ahead o la programación semanal, en el cual se incluyen todas las actividades que estén programadas y las cuales se analizan, para que se puedan desarrollar según programación sin ninguna interrupción o restricción. En dicho formato también se designa un responsable para cada restricción que se identifica, el cual tiene como

tarea principal el de “levantar” la restricción antes de una fecha límite que también se apunta en el formato.

3.3 PORCENTAJE DE PARTIDAS CUMPLIDAS (PPC)

El llamado PPC, es un indicador para ver qué tan efectiva ha sido la programación realizada, así mismo sirve para analizar y evaluar las causas de aquellas actividades que no han cumplido la programación realizada. El PPC se analiza semanalmente, teniendo como base al look ahead elaborado.

El PPC varía de 0-100%, ya que es un cociente de las actividades programadas completadas y las actividades programadas en general.

Para obtener el PPC se usará la siguiente fórmula:

$$PPC = \frac{\text{Número de tareas programadas completadas}}{\text{Número de tareas programadas}} \times 100\%$$

3.4 INFORME SEMANAL DE PRODUCTIVIDAD (ISP)

El ISP, como su nombre lo indica es un informe que se elabora sobre la productividad de la semana, dicho informe describe las partidas que se hicieron en la semana, en el cual se registra el total de horas hombre por día que se consumieron para cada partida a lo largo de toda la semana, y el total de metrado realizado cada día en cada partida. Este informe se complementa con los datos recogidos en el tareo diario que se elabora en obra, y luego nos sirve para poder analizar y comparar los rendimientos teóricos y los rendimientos obtenidos en campo. El ISP sirve para graficar las denominadas curvas de productividad.

3.5 CURVAS DE PRODUCTIVIDAD

Las curvas de productividad, son gráficos obtenidos a partir del ISP respecto a las partidas que se van realizando. Estos gráficos que se realizan para cada partida analizada, presentan en el eje de las abscisas los días que se realizan cada actividad, y en el eje de las ordenadas se colocan datos de rendimientos diarios obtenidos del ISP.

3.6 PRESUPUESTO DE OBRA

El presupuesto de obra es importante para realizar el ISP, ya que los ratios de horas hombres presupuestados se toman del análisis de precios unitarios, además también sirve para ver cuáles son las partidas más incidentes en el presupuesto, ya sea en un costo total o sólo el costo de mano de obra.

3.7 SECTORIZACION

“La sectorización está relacionada con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, ya que al dividir el trabajo en sectores más pequeños estamos dividiendo nuestro lote de producción en lotes más pequeños que serán los que transferimos a las actividades siguientes (lotes de transferencia). Asimismo, al sectorizar se está optimizando los flujos de recursos en la obra, lo cual genera un beneficio para todo el sistema de producción”. (Serpell, 1993)

La sectorización consiste en dividir la zona de trabajo en partes iguales, a lo que comúnmente se le llama frente de trabajo o sector, los sectores deben de tener igual o aproximadamente igual metrado, dependiendo de qué partida se esté analizando; ya que así aseguramos un flujo continuo entre sectores el cual nos ayuda a facilitar la programación.

3.8 NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD

El nivel general de actividad son mediciones del trabajo en campo que desempeñan los obreros en la obra. Estas mediciones se toman de manera aleatoria en toda la obra, se observa a una cuadrilla de determinada partida e identificar el tipo de trabajo que está realizando (TP, TC, TNC).

A través de la medición del nivel general de actividad se pueden identificar las principales pérdidas o desperdicios que se generen en el procedimiento constructivo de una determinada partida.

Trabajo Productivo (TP):

Los trabajos productivos están definidos como el tiempo empleado por el trabajador en realizar actividades de conversión durante el proceso constructivo de alguna unidad de construcción, estos aportan valor al producto analizado. Ejemplo: en el vaciado de concreto, en la colocación de acero de refuerzo, en el

asentado de ladrillos, en los pañeteos y revestimientos de elementos arquitectónicos, etc.

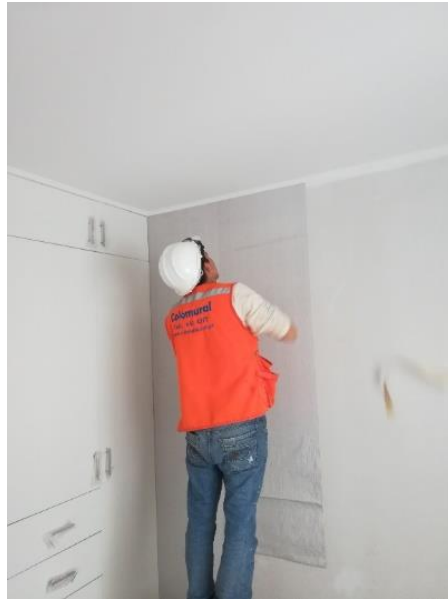


Figura N°13: Tiempo Productivo-Colocación papel tapiz

Fuente: Elaboración propia

Trabajo Contributivo (TC):

Los trabajos contributivos, son los tiempos empleados por los trabajadores en realizar trabajos que son de apoyo a los trabajos productivos en los procesos constructivos de alguna unidad de construcción, no agregan valor a la actividad. Ejemplos: el transporte o traslado de materiales, herramientas y equipos; las mediciones, las limpiezas, instrucciones, etc.



Figura N°14: Tiempo Contributivo-Limpieza de área de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Trabajo no Contributivo (TNC):

Los trabajos No contributivos son los tiempos empleados por los trabajadores en realizar cualquier otra actividad que no apoyan a los Trabajos Productivos, no agregan ningún tipo de valor a la actividad. Ejemplo: las esperas, los descansos, los desplazamientos innecesarios, el retrabajo, etc.



Figura N°15: Tiempo no Contributivo-Operario descansando

Fuente: Elaboración propia

3.9 CARTAS BALANCE

Las carta balance es una herramienta Lean, la cual a través de datos estadísticos que se obtienen de mediciones tomadas en campo del nivel general de actividad, identifica las pérdidas y busca soluciones para su optimización.

Primero se identifican cada uno de los procesos que involucran a la actividad y se agrupan dependiendo al tipo de trabajo que involucra cada proceso que puede ser de tres tipos:

- Trabajo productivo (TP).
- Trabajo contributivo (TC).
- Trabajo no contributivo (TNC).

Luego en un formato desarrollado se selecciona una cuadrilla de una partida en específico, se observa a la cuadrilla generalmente cada minuto, y se anota el tipo de trabajo que está realizando cada integrante de la cuadrilla.

CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1 ALCANCE

La descripción del proyecto en el cual se realizó el estudio de la presente tesis es el “Malecón Grau I”. Las partidas analizadas son referentes a la parte de los acabados de la obra, las cuales fueron estudiadas en el periodo entre los meses marzo hasta noviembre del 2018.

Datos generales:

Empresa ejecutora: La Familia Grupo Inmobiliario S.A.C.

Ubicación: Calle Malecón Grau N°145- Magdalena del Mar



Figura N°16: Vista del proyecto Malecón Grau I

Fuente: Expediente Técnico del proyecto

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La Familia Grupo Inmobiliario es una empresa que busca satisfacer las necesidades de sus clientes antes, durante y después de finalizado el proyecto. Dando cumplimiento a los estándares de calidad y plazos fijados, con ello busca generar relaciones duraderas que tendrán como base la experiencia y el profesionalismo adquiridos.

La empresa respeta la legislación medioambiental, laboral y toda aquella que tenga relación con el quehacer de la organización, buscando siempre oportunidades para el desarrollo de sus trabajadores y generando vínculos estratégicos con los proveedores para llegar a ser reconocidos y posicionados como una de las mejores empresas constructoras del país.

La empresa edifica todos sus proyectos teniendo como cimientos 3 pilares que van de la mano en todo momento: calidad, seguridad y producción.

4.3 DESCRIPCIÓN INGENIERIL DEL PROYECTO

El edificio Multifamiliar Malecón Grau se ubica en un terreno de 715.60 m² aproximadamente, producto de la acumulación de lotes acumulados y continuos, en la primera cuadra del Malecón Grau, desde la esquina con la Av. Brasil, Distrito de Magdalena del Mar. El edificio se compone de 13 pisos + 3 sótanos, la construcción cuenta con sistema aporticado con placas estructurales y tabiquería sílico -calcárea. El terreno tiene una forma irregular por las características de los lotes acumulados, ocupando más de $\frac{1}{4}$ de la manzana y colinda por atrás con un grifo que ocupa la mitad de la manzana.

El acceso vehicular se da por la Av. Brasil con una rampa de 3mts de ancho, la cual llega al nivel -2.35m (sótano 1) y continúan hacia los 2 sótanos más, que en total albergan 40 estacionamientos para atender los requerimientos normativos. En la mitad del sótano 3 se encuentran tres cisternas, dos para consumo humano y la restante para el sistema contraincendios. Al costado de las cisternas de consumo se ubica el cuarto de bombas y continuo a este un cuarto de monóxidos que pertenece al sistema de ventilación mecánica de los sótanos. Todas las puertas de los depósitos incluidos en sótanos contarán con rejillas de ventilación.

4.4 ORGANIGRAMA DEL PROYECTO

El organigrama del proyecto es el siguiente:

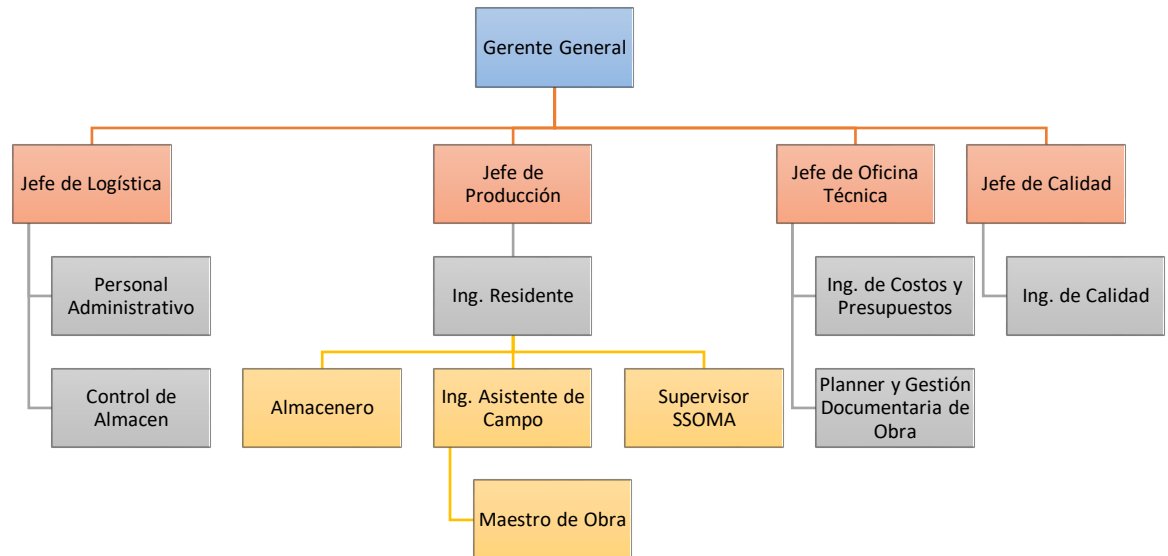


Figura N°18: Organigrama del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

4.5 CARGOS Y RESPONSABILIDADES

Se indican las responsabilidades de los cargos más importantes en el proyecto, según el organigrama previamente mostrado.

a) Gerente de Proyecto

- Aplicar y velar por el cumplimiento de los procedimientos de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
- Mantener la comunicación entre la obra y la oficina central.
- Mantener y liderar las relaciones contractuales con el cliente, realizando una adecuada gestión técnica y comercial.
- Planificar, asignar recursos, definir las metas y objetivos para la ejecución del proyecto.
- Implementar los controles necesarios para minimizar desviaciones económicas de obra, haciendo su seguimiento y permanente control.

- Asegurar el cumplimiento de los objetivos planificados a través de acciones de control.
- Aprobar los contratos entre la empresa y los contratistas.
- Aprobar las valorizaciones, para el respectivo pago a los diferentes contratistas.

b) Ingeniero Residente

- Aplicar y velar por el cumplimiento de los procedimientos de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente en obra.
- Programar, planificar y controlar la ejecución de la obra.
- Realizar las valorizaciones correspondientes, para el pago a los contratistas.
- Control de productividad, costos y tiempo en obra aplicando diferentes tipos de herramientas.
- Velar por el cumplimiento de los contratos con los diferentes contratistas, y realizar una inspección cuando los contratistas entreguen el trabajo terminado.
- Revisar los contratos para la aprobación del gerente general del proyecto.
- Realizar reuniones semanales con los contratistas para plantear metas y acuerdos durante la semana.
- Realizar metrados, para la respectiva compra de materiales encargado por el área de logística.
- Informar y reportar continuamente el estado de obra a la gerencia general de la empresa.

c) Área de Calidad

- Aplicar y velar por el cumplimiento de los procedimientos de calidad.
- Realizar observaciones a las diferentes partidas del proyecto, según los formatos y normas utilizados en el plan de gestión de calidad.
- Coordinar con las áreas implicadas, contratistas y/o proveedores la realización de reuniones para atender las No Conformidades detectadas, definiendo las acciones correctivas / acciones preventivas, según aplique.
- Brindar asesoría en el tratamiento de las No Conformidades a través de acciones correctivas y acciones preventivas.
- Reportar semanalmente un informe de observaciones y No Conformidades al gerente general del proyecto.

- Recibir y aprobar los trabajos hechos por los contratistas, mediante un acta firmada por ambas partes.
- Firmar las valorizaciones realizadas por el residente.

d) Supervisor SSOMA

- Aplicar y velar por el cumplimiento de los procedimientos de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
- Elaborar el Plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente al inicio del proyecto, analizando los riesgos específicos del proyecto bajo su cargo y controlando su implementación de acuerdo a lo establecido.
- Controlar el cumplimiento de las exigencias legales de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente relativas al proyecto.
- Conducir inspecciones planificadas, utilizando los formatos estandarizados para medir y registrar el desempeño en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- Asistir y entrenar a los supervisores en el análisis de investigación de incidentes y procedimientos de acción correctiva.
- Sancionar a los contratistas cuando se reincide o no se cumple algún punto del plan de seguridad del proyecto.
- Llevar a cabo el Programa de Capacitación en materia de SEGURIDAD a todo el personal del proyecto, manteniendo los registros correspondientes.
- Recoger y reportar información acerca de la implementación del Plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente al Gerente de Proyecto y a la Unidad de Apoyo de Calidad, Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- Realizar los ATS's y velar por el cumplimiento que estos implican en los diferentes trabajos del proyecto.
- Brindar charlas diarias a los trabajadores acerca de la seguridad en obra, antes que se empiecen las labores.

e) Oficina Técnica

- Controlar y velar por el cumplimiento y conocimiento de los procedimientos de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
- Establecer e implementar los métodos de control del proyecto.

- Implementar y actualizar la programación y el control de avance de la obra, el control de costo de la obra, el control de pérdidas de recursos y horas hombre y el control de los subcontratos.
- Dar cumplimiento a lo solicitado en el contrato para cumplir con los aspectos comerciales y técnicos.
- Elaborar los planos de detalles del proyecto.
- Controlar el proyecto en base a su programación, chequeando recursos avances, rutas críticas y desviaciones que se presenten.
- Preparar presupuestos de trabajos adicionales o modificaciones y deductivos.
- Ejecutar los metrados del proyecto y solicitar la compra de los materiales incorporados.
- Verificar el control documentario (Planos, Procedimientos, Instructivos, Formatos, etc.) de acuerdo al procedimiento de Control de Documentos.
- Gestionar y entregar al cliente los planos As built.
- Emitir valorizaciones y controlar los avances financieros.
- Supervisar y verificar las modificaciones en campo.
- Verificar y firmar las valorizaciones realizadas por el residente.

f) Ingeniero de Campo

- Controlar y velar por el cumplimiento y conocimiento de los procedimientos de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
- Programar, planificar y controlar la ejecución de la obra.
- Realizar las valorizaciones correspondientes, para el pago a los contratistas.
- Control de productividad, costos y tiempo en obra aplicando diferentes tipos de herramientas.
- Velar por el cumplimiento de los contratos con los diferentes contratistas, y realizar una inspección cuando los contratistas entreguen el trabajo terminado.
- Revisar los contratos para la aprobación del gerente general del proyecto.
- Realizar reuniones semanales con los contratistas para plantear metas y acuerdos durante la semana.
- Realizar metrados, para la respectiva compra de materiales encargado por el área de logística.
- Informar y reportar continuamente el estado de obra a la gerencia general de la empresa.

CAPITULO V: APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION AL PROYECTO EN ESTUDIO

En el siguiente capítulo se mostrará los resultados de aplicar las herramientas de la filosofía Lean Construction utilizadas, y el impacto que estas tienen en factores como costo, tiempo y productividad en la obra.

5.1 SECTORIZACIÓN

La sectorización de los acabados en los departamentos, se hizo de una manera no convencional a la de siempre, generalmente se realiza la sectorización en sectores que tengan el mismo metrado, ya que para la facilidad de la programación y tomando en cuenta que el piso era típico del piso 2 al 12 y ya que el área de cada departamento era diferente como lo indica la tabla N°5 a los otros se escogió como sector a todos los departamentos que conformaban el piso.

Tabla N°5: Áreas de departamentos típicos

| Dpto | Área | Unidad |
|------|--------|--------|
| X01 | 71.57 | m2 |
| X02 | 47.25 | m2 |
| X03 | 82.64 | m2 |
| X04 | 77.21 | m2 |
| X05 | 110.55 | m2 |

Fuente: Propia

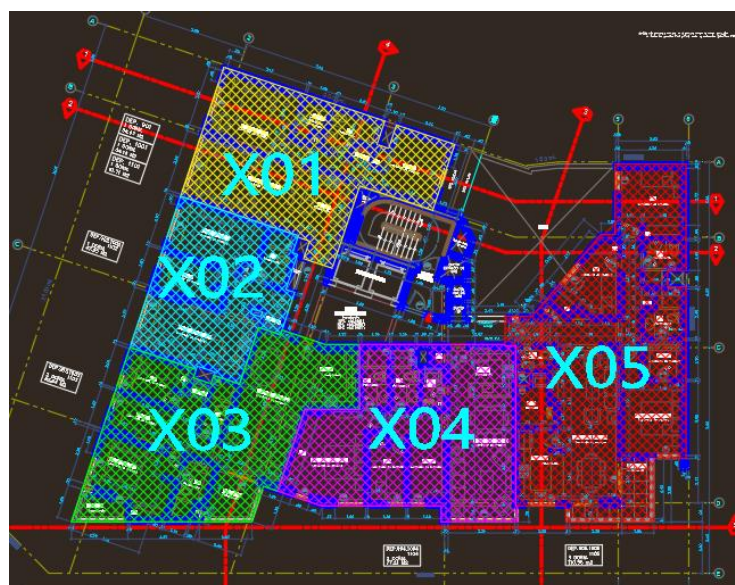


Figura N°19: Sectorización típico de pisos de acabados

Fuente: Propia

5.2 PROGRAMACIÓN MAESTRA

El cronograma de ejecución de obra presenta gran cantidad de interdependencias entre las partidas, además de un elevado nivel de detalle, lo cual hace que al momento de la ejecución se produzca un elevado nivel de variabilidad y esto influye en gran medida en el incumplimiento de dicho cronograma.

Debido a esta variabilidad, el cronograma se debe de reprogramar constantemente ocasionando tiempo y costos perdidos.

Por este motivo gracias al Last Planner System el cual propone una planificación cada vez más detallada a medida que se aproxime al día de la ejecución de las diversas partidas programadas. La Programación Maestra es el primer nivel de planificación el cual no presenta muchos detalles tal como ya se explicó en el capítulo III, esta programación involucra principalmente las fechas de cumplimiento de los objetivos que se proponen, estableciendo hitos que orientarán y controlarán el futuro del proyecto.

En la tabla N°6 se muestra la programación maestra de la etapa de acabados secos y húmedos para los departamentos del edificio que se comenzó en marzo del 2018 hasta noviembre del mismo año, para la elaboración de este plan se elaboran reuniones en las cuales se pactan hitos de entrega de las diferentes partidas. Los tiempos de duración de las partidas se calcularon de acuerdo al número y rendimiento de las diferentes cuadrillas para cada partida de la etapa de acabados, hay partidas como las de enchapes la cual incluye a todos los tipos de enchapes que se utilizaron en los departamentos en pisos, zócalos y contrazócalos que se muestran en el presupuesto.

Tabla N°6: Programación maestra de acabados en departamentos

| Id | Modo de tarea | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | mar | tri 2, 2018 | abr | may | jun | tri 3, 2018 | jul | ago | sep | tri 4, 2018 | oct | nov |
|----|---------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|--------------|-----|-------------|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|
| 1 | | PROYECTO MALECON GRAU 145 | 189 días | mar 27/03/18 | sáb 10/11/18 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | ACABADOS | 189 días | mar 27/03/18 | sáb 10/11/18 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | DPTOS | 189 días | mar 27/03/18 | sáb 10/11/18 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | SOLAQUEO DE ELEM. ESTRUCT. DE DPTOS | 20 días | mar 27/03/18 | mar 24/04/18 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | TABIQUERIA | 35 días | mar 27/03/18 | sáb 12/05/18 | 4CC | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | TARRAJEO EXTERIOR | 30 días | vie 06/04/18 | mar 15/05/18 | 5CC+7 días | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | INSTALACION DE VENTANAS | 40 días | mar 15/05/18 | sáb 30/06/18 | 6 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | DESHUMEDECIDO DE INTERIORES | 46 días | vie 01/06/18 | mié 25/07/18 | 7CC+15 días | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | ENCHAPE DE DPTOS | 42 días | vie 20/04/18 | sáb 09/06/18 | 6CC+10 días | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | EMPASTADO DE MURO PARA PAPEL | 50 días | sáb 09/06/18 | mié 08/08/18 | 8CC+7 días | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | PINTURA INTERIOR PRIMERA MANO | 40 días | mié 27/06/18 | mar 14/08/18 | 10CC+15 días | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | MUEBLES DE COCINA | 30 días | mié 27/06/18 | jue 02/08/18 | 10CC+15 días | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | MUEBLES DE CLÓSET | 40 días | mié 27/06/18 | mar 14/08/18 | 12CC | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | MUEBLES DE BAÑO | 15 días | mié 27/06/18 | sáb 14/07/18 | 13CC | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | INSTALACIÓN DE PUERTAS | 20 días | mié 27/06/18 | vie 20/07/18 | 14CC | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | PINTURA DE PUERTAS | 40 días | lun 09/07/18 | sáb 25/08/18 | 15CC+10 días | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | INSTALACION DE GRANITO | 45 días | lun 09/07/18 | sáb 01/09/18 | 12CC+10 días | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | INSTALACION DE MARMOL | 38 días | lun 09/07/18 | jue 23/08/18 | 14CC+10 días | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | INSTALACIÓN DE APARATOS SANITARIOS | 15 días | vie 20/07/18 | mié 08/08/18 | 13CC+20 días | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | PINTURA EXTERIOR | 60 días | mar 15/05/18 | mar 24/07/18 | 6 | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | INSTALACION DE PISO LAMINADO | 45 días | mié 08/08/18 | lun 01/10/18 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | INSTALACION DE PAPEL | 48 días | lun 20/08/18 | mar 16/10/18 | 21CC+10 días | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | MOLDURAS | 15 días | jue 04/10/18 | lun 22/10/18 | 22CC+38 días | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | INSTALACIÓN DE PLACAS ELÉCTRICAS | 12 días | vie 12/10/18 | vie 26/10/18 | 22CC+45 días | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | PINTURA SEGUNDA MANO | 30 días | sáb 25/08/18 | lun 01/10/18 | 21CC+15 días | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | INSTALACION DE CONTRAZOCALO DE MDF | 20 días | lun 01/10/18 | mié 24/10/18 | 22CC+35 días | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | LIMPIEZA DE DEPARTAMENTOS | 45 días | mié 19/09/18 | sáb 10/11/18 | 25CC+20 días | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Propia

5.3 LOOK AHEAD

El look ahead se elaboró con proyección a 4 semanas, ya que con ese tiempo podremos llevar un mejor control de los tiempos de cada actividad programada, ya que con 4 semanas de anticipación se tiene un mejor análisis y control de las restricciones que se puedan dar y la medida correctiva que adoptará cada una de estas restricciones que afecten nuestra programación.

El look ahead se utilizó desde la etapa inicial de la fase de acabados, y se tuvo que capacitar a todo el equipo encargado del control y uso de este. Se utilizó un formato simple de entender para el que lo use, el cual nos indica las actividades programadas por sectores durante las 4 semanas.

El look ahead se actualiza semanalmente dependiendo de aquellas actividades que no lograron cumplirse. Se realiza una reunión semanal en conjunto con los subcontratistas, maestro de obra y capataces de cada partida involucrada, en dicha reunión se exponen las restricciones que se dan para la semana siguiente a la reunión, y se plantean las soluciones para que las partidas puedan desarrollarse con normalidad según el look ahead elaborado.

El look ahead usado en el proyecto se basa en descomponer las tareas de la programación maestra, para un intervalo de tiempo de 4 semanas en donde se puede visualizar las tareas programadas para ese intervalo de tiempo.

Se muestra el look ahead de la semana 51, 52,53 y 54 en la tabla N° 7 y 8.

Tabla N°7: Look ahead semana 51, 52, 53 y 54 parte 1

| LOOKAHEAD PLANNING | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------------------------------|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|---------------------------------|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|
| NOMBRE DE PROYECTO: | | PROPIETARIO: | | | | | | | | | | FECHA: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EDIFICIO MULTIFAMILIAR MALECON GRAU | | LA FAMILIA GRUPO INMOBILIARIO SAC | | | | | | | | | | jueves, 19 de Setiembre de 2019 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Descripción de la Actividad | SEMANA 51 | | | | | | | SEMANA 52 | | | | | | | SEMANA 53 | | | | | | | SEMANA 54 | | | | | | |
| | JULIO | | | | | | | JULIO | | | | | | | JULIO | | | | | | | AGOSTO | | | | | | |
| | L | M | X | J | V | S | D | L | M | X | J | V | S | D | L | M | X | J | V | S | D | L | M | X | J | V | S | D |
| | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| VENTANAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso12 | VE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso13 | VE | VE | VE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PUERTAS PRINCIPALES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso12 | P | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso13 | | | P | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SECADO DE DEPARTAMENTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso11 | D | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso12 | | D | D | D | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EMPASTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso9 | B | B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso10 | B | B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso11 | | | B | B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso12 | | | | | B | B | | | | B | B | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso13 | | | | | | | | B | B | | B | B | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PINTADO 1 MANO - TECHO Y AMB.HUMEDOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso8 | B | B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso9 | B | B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso10 | | | B | B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso11 | | | | | B | B | | | | B | B | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso12 | | | | | | | | B | B | | B | B | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso13 | | | | | | | | | | B | B | | B | B | | | | | | | | | | | | | | |
| COLOCACION PAPEL EN CLOSET | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso6 | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso7 | | | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso8 | | | | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso9 | | | | | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso10 | | | | | | | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso11 | | | | | | | | | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso12 | | | | | | | | | | | | C | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso13 | | | | | | | | | | | | | C | | | | | | | | | | | | | | | |
| INST. CLOSET Y MUEBLES DE BAÑO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso4 | A | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso5 | | A | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso6 | | | A | A | A | A | | A | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso7 | | | | | | A | A | | A | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso8 | | | | | | | | | A | A | A | | A | A | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INST. MUEBLES DE COCINA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso5 | E | E | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso6 | | | | | E | E | | E | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso7 | | | | | | | | E | E | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso8 | | | | | | | | | | | E | E | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso9 | | | | | | | | | | | | E | E | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso10 | | | | | | | | | | | | | E | E | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso11 | | | | | | | | | | | | | | E | E | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Propia

5.4 ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

Una vez elaborado el look ahead, se identifican y muestran las posibles causas o restricciones que se presentan para que una actividad no se realice y no se pueda cumplir la programación elaborada.

Esta herramienta asigna a una persona o personas responsables para cada restricción que se identifica, también en el formato establecido se asigna una fecha límite para que se puedan levantar las restricciones como se muestra en la Tabla N°9.

En el formato utilizado también se muestra una sección donde se identifica el tipo de restricción, que a criterio se dividió en 7 categorías:

- Trabajo Previo (cuando la restricción es un trabajo previo que se debe realizar).
- Calidad (cuando la restricción es la falta de calidad en los trabajos).
- Mano de obra (cuando la restricción es la falta de mano de obra).
- Materiales (cuando la restricción es la falta de materiales).
- Equipos y herramientas (cuando la restricción es la falta de equipos o herramientas).
- Información (cuando la restricción es la falta de información para cumplir la actividad).
- Espacio (cuando la restricción es el espacio para desarrollar la actividad).

Una vez llegada la fecha límite de cada restricción, se coloca en las dos últimas columnas del formato si la restricción está pendiente (P), o si la restricción ya está levantada o terminada (T).

Tabla N°9: Análisis de Restricciones semana 51

| ANÁLISIS DE RESTRICCIONES | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------------|--------------|---|------------|--------------|---------------------|----|----|-----|----|-----|-----|--------|---|
| Proyecto: Malecón Grau 1 | | | | | | Tipo de restricción | | | | | | | Estado | |
| Semana: 51 | | | | | | T.PR. | CA | MO | MAT | EQ | INF | ESP | P | T |
| Ítem | Actividad | Dpto/Piso | Descripción | Fecha Lím. | Respon. | | | | | | | | | |
| 1 | Puertas Principales | Piso 13 | Falta de Bisagras | 11/07/2018 | Necker E. | | | | X | | | | | |
| 2 | Secado de departamentos | Piso 12 | Equipo de secado malogrado | 10/07/2018 | Necker E. | | | | | X | | | | |
| 3 | Empaste | Piso 10,11 | Falta mano de obra | 09/07/2018 | Roberto T. | | | X | | | | | | |
| 4 | Inst. Closet | Dpto 504 | Pared húmeda, empaste deteriorado | 11/07/2018 | Alexandra M. | | X | | | | | | | |
| 5 | Inst. Muebles Cocina | Dpto 501 | Falta planos firmados, el diseño cambió | 09/07/2018 | Diego A. | | | | | | X | | | |
| 6 | Inst. de Puertas secun | Piso 6,7 | Falta empastar los derrames | 10/07/2018 | Alvaro F. | X | | | | | | | | |
| 7 | Inst. Granito y marmol | Dpto 505 | Falta colocar mueble de baño | 13/07/2018 | Alvaro F. | X | | | | | | | | |
| 8 | Inst. Aparato Sanitario | Dpto 403,404 | Falta cambiar piezas de porcelanato | 12/07/2018 | Alexandra M. | | X | | | | | | | |
| 9 | Acabado de Puertas | Piso 4 | Falta habilitar un dpto para acabado | 09/07/2018 | Alvaro F. | | | | | | | X | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Propia

5.5 PORCENTAJE DE PARTIDAS CUMPLIDAS (PPC)

El PPC se obtiene del plan de trabajo semanal que se extrae a partir del look ahead elaborado, con el PPC se puede medir la confiabilidad y efectividad con la cual se realiza la programación semanal, para esto como se indica en el capítulo III, el PPC se calcula como el cociente del total de actividades planificadas cumplidas al 100% y el número total de actividades que se planificaron para esa misma semana.

$$PPC = \frac{\text{Número de tareas programadas completadas}}{\text{Número de tareas programadas}} \times 100\%$$

La ventaja de usar el PPC es que se pueden identificar las causas de aquellas partidas que no se cumplieron al 100%, y mediante estas causas se proponen soluciones o acciones correctivas. En el PPC indicado en la tabla N°10 se identifican las causas y colocan las causas más comunes de no cumplimiento de las actividades programadas.

- Trabajo Previo (partidas antecesoras faltantes).
- Calidad (falta de calidad de los trabajos hechos).
- Mano de obra (mano de obra faltante para completar la actividad).
- Materiales (falta de materiales)
- Equipos y herramientas (falta de equipos o herramientas)
- Logística (pedido de materiales no llegó a tiempo a obra)
- Información (falta de planos, información por parte de oficina técnica)
- Espacio (falta de espacio para ejecutar los trabajos)

Tabla N°10: PPC Semana 51

| LOOKAHEAD PLANNING | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------------------|----|----|----|----|----|----|------------|----|--------|--|
| NOMBRE DE PROYECTO: | | PROPIETARIO: | | | | | | | | | | |
| EDIFICIO MULTIFAMILIAR MALECON GRAU | | LA FAMILIA GRUPO INMOBILIARIO SAC | | | | | | | | | | |
| | | SEMANA 51 | | | | | | | SE CUMPLIO | | PPC | |
| | | JULIO | | | | | | | SI | NO | 71% | |
| Descripción de la Actividad | | L | M | X | J | V | S | D | 22 | 9 | MOTIVO | MEDIDA CORRECTIVA |
| | | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | | | | |
| VENTANAS | | | | | | | | | | | | |
| Piso12 | | VE | | | | | | | X | | | |
| Piso13 | | VE | VE | VE | | | | | | X | MAT | Reprogramar de acuerdo a fecha de llegada de material a obra. |
| PUERTAS PRINCIPALES | | | | | | | | | | | | |
| Piso12 | | P | P | | | | | | X | | | |
| Piso13 | | | | P | P | | | | | X | MO | Contratar 1 operario, y reprogramar partida. |
| SECADO DE DEPARTAMENTOS | | | | | | | | | | | | |
| Piso11 | | D | D | | | | | | X | | | |
| Piso12 | | | D | D | D | D | | | | X | EQ | Reparar cuadrilla de secado |
| EMPASTE | | | | | | | | | | | | |
| Piso9 | | B | B | | | | | | X | | | |
| Piso10 | | B | B | B | B | | | | X | | | |
| Piso11 | | | | B | B | B | B | | X | | | |
| Piso12 | | | | | | B | B | | X | | | |
| PINTADO 1 MANO - TECHO Y AMB.HUMEDOS | | | | | | | | | | | | |
| Piso8 | | I | I | | | | | | X | | | |
| Piso9 | | I | I | I | I | | | | | X | CA | Reparar y empastar techo, luego reprogramar. |
| Piso10 | | | | I | I | I | I | | X | | | |
| Piso11 | | | | | | I | I | | X | | | |
| COLOCACION PAPEL EN CLOSET | | | | | | | | | | | | |
| Piso6 | | C | | | | | | | X | | | |
| Piso7 | | | | C | | | | | X | | | |
| Piso8 | | | | | C | | | | | X | | |
| Piso9 | | | | | | C | | | X | | | |
| INST. CLOSET Y MUEBLES DE BAÑO | | | | | | | | | | | | |
| Piso4 | | A | A | | | | | | X | | | |
| Piso5 | | | A | A | A | A | | | | X | | |
| Piso6 | | | | | | A | A | | X | | INF | Volver a insistir los planos firmados de detalle de cocina del dpto 501 |
| INST. MUEBLES DE COCINA | | | | | | | | | | | | |
| Piso5 | | E | E | E | | | | | X | | | |
| Piso6 | | | | | | E | E | | X | | | |
| INST. MARCOS Y HOJAS (INC. PRE ACABADO) | | | | | | | | | | | | |
| Piso5 | | F | F | | | | | | X | | | |
| Piso6 | | | F | F | F | F | | | X | | | |
| Piso7 | | | | | | F | F | | X | | | |
| INST. GRANITO Y MARMOL | | | | | | | | | | | | |
| Piso4 | | G | G | G | | | | | X | | | |
| Piso5 | | | | | G | G | G | | | X | TPR | Coordinar con cuadrilla de muebles de cocina y reprogramar actividad |
| INST. APARATOS SANITARIOS | | | | | | | | | | | | |
| Piso3 | | | | | | | | | | | | |
| Piso4 | | | | | H | H | H | | | X | LOG | Coordinar con logística la llegada de los lavatorios amazonas y reprogramar. |
| ACABADO DE PUERTAS | | | | | | | | | | | | |
| Piso4 | | J | J | J | J | | | | | X | CA | Retocado del acabado y reprogramar. |
| Piso9 | | | | | | | | | | | | |
| PINTADO 2 MANO TECHO Y COLOCACION DE MOLDURAS | | | | | | | | | | | | |
| Piso3 | | | | | B | B | B | | X | | | |

Fuente: Propia

En la figura N°20 muestra la evolución del PPC semana a semana a través de la fase de acabados en los departamentos, el PPC va aumentando, esto es un buen indicador ya que este resultado nos indica que la confiabilidad y eficiencia de la programación aumenta o se mantiene con el paso de las semanas.

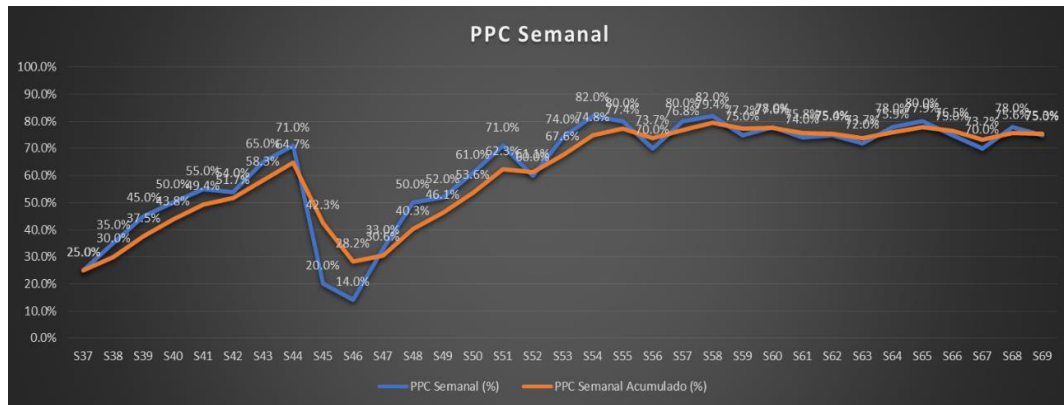


Figura N°20: PPC a través del tiempo de acabados

Fuente: Propia

5.6 TAREO DIARIO

El formato para el tareo diario que se realizó en la obra, indica las actividades o partidas que se van a realizar durante el día; se elabora y entrega un día antes a los responsables de la producción en obra.

En este tareo se registra las horas hombres que se va a usar durante el día, así mismo se registra el metrado que las cuadrillas logran avanzar al término de la jornada. Al final de la semana, estos datos diarios obtenidos se pasarán a otro formato llamado ISP, en donde se registrarán las horas hombres consumidas en la semana por cada partida y el metrado que se hizo.

El formato utilizado para el tareo diario se puede ver en la Tabla N°11.

Tabla N°11: Tareo diario

| PROGRAMACIÓN DIARIA | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|------------------|--------------------|----------|------------|---------|-----|--------------|---------|
| PROYECTO: MALECÓN GRAU 1 | | | | | | | | | |
| DÍA: LUNES 08 DE OCTUBRE DEL 2018 | | | | | | | | | |
| ITEM | ACTIVIDAD | AREA/ZONA | PERSONAL | CATEG. | Total Obr. | Metrado | Und | Horario | #hr/día |
| 1.0 | Instalación de piso laminado | | | | | | | | |
| | | Dpto 905 | Demetrio Suclupe | Operario | 2.0 | 42.0 | m2 | 7:30 am-5 pm | 17.0 |
| | | Dpto 905 | Wilder Guerrero | Peón | | | | | |
| | | Dpto 903 | Ismael Suclupe | Operario | 2.0 | 46.0 | m2 | 7:30 am-5 pm | 17.0 |
| | | Dpto 903 | Santacruz Guerrero | Peón | | | | | |
| | | Dpto 901 | Honorato Escudero | Operario | 2.0 | 39.0 | m2 | 7:30 am-5 pm | 17.0 |
| | | Dpto 901 | Villanueva Jorge | Peón | | | | | |
| 2.0 | Papel tapiz en muros | | | | | | | | |
| | | Dpto 701 | Juan Rivera | Operario | 2.0 | 50.0 | m2 | 7:30 am-5 pm | 17.0 |
| | | Dpto 701 | Christoper Romero | Peón | | | | | |
| | | Dpto 702 | Jon Peña Vera | Operario | 2.0 | 45.0 | m2 | 7:30 am-5 pm | 17.0 |
| | | Dpto 702 | Alexander Valdez | Peón | | | | | |
| | | Dpto 605 | Juanante Puerta | Operario | 2.0 | 52.0 | m2 | 7:30 am-5 pm | 17.0 |
| | | Dpto 605 | Segundo Castillo | Peón | | | | | |
| 3.0 | Contrazócalo de MDF | | | | | | | | |
| | | Dpto 201 | Kleiser Diaz | Operario | 1.0 | 45.0 | m | 7:30 am-5 pm | 8.5 |
| 4.0 | Molduras | | | | | | | | |
| | | Dpto 304 | Benedicto Mamani | Operario | 1.0 | 75.0 | m | 7:30 am-5 pm | 8.5 |
| 5.0 | Pintura Segunda mano | | | | | | | | |
| | | Dpto 401 | Eloy Santos | Operario | 1.0 | 80.0 | m2 | 7:30 am-5 pm | 8.5 |
| | | Dpto 402 | Victor Ramos | Operario | 1.0 | 75.0 | m2 | 7:30 am-5 pm | 8.5 |
| | | Dpto 403 | Ronald Inga | Operario | 1.0 | 86.0 | m2 | 7:30 am-5 pm | 8.5 |
| | | Dpto 401,402,403 | Ruesta Milla | Operario | 1.0 | | m2 | 7:30 am-5 pm | 8.5 |

Fuente: Propia

5.7 PRESUPUESTO DE OBRA

A continuación, se muestra el presupuesto de los acabados utilizados para los departamentos en la Tabla N°12. Luego se indica el análisis de las horas hombre presupuestadas por cada partida; las cuales se obtienen de la multiplicación del ratio de horas hombre unitario de cada partida con el metrado de cada una.

A partir de los APU's como el mostrado en la figura N°21, obtenemos los rendimientos y ratio de producción unitario de las diferentes cuadrillas. Con los rendimientos utilizados se puede proceder a realizar el dimensionamiento de las cuadrillas, dependiendo de en cuanto tiempo se requiere que se acabe la tarea.

| 01.12.01 | | Piso Laminado | | EQ. 40.0000 | | 41.34 | |
|---|---------|---------------|--------|---------------------------------|----------|------------|--------------|
| m2/DIA | | MO. 40.0000 | | Costo unitario directo por : m2 | | | |
| Descripción | Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Operario | | | hh | 1.0000 | 0.2000 | 14.67 | 2.93 |
| Peón | | | hh | 1.0000 | 0.2000 | 10.60 | 2.12 |
| | | | | | | | 5.05 |
| Materiales | | | | | | | |
| Piso laminado tono pumaquino con textura ranurada | | | m2 | | 1.0500 | 32.41 | 34.03 |
| Espuma para base de piso laminado | | | m2 | | 1.0500 | 2.00 | 2.10 |
| | | | | | | | 36.13 |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | | | %mo | | 3.0000 | 5.05 | 0.15 |
| | | | | | | | 0.15 |

Figura N°21: Análisis de Precios Unitario de Piso Laminado

Fuente: Propia

Por ejemplo, para el piso laminado, a partir de su APU obtenemos:

Piso Laminado

$$\text{Ratio de Producción} = \sum \text{Cantidad (Capataz, Operario, Oficial, Peón)}$$

$$\text{Ratio de Producción} = 0.2 + 0.2 = 0.4 \text{ HH/m}^2$$

Ahora en función de los metrados que tenemos en el presupuesto, en este caso para la partida de piso laminado el metrado total fue de 2611.69 m²; al multiplicar este metrado por el ratio de producción correspondiente para la partida, se obtiene la cantidad máxima de horas hombre (HH) que se pueden utilizar para esta actividad, ya que, si sobrepasamos esta cantidad, se estaría gastando más de lo que está presupuestado.

$$\text{HH máx} = \text{Metrado Presupuestado} * \text{Ratio de producción}$$

$$\text{HH máx} = 2611.69 * 0.4 = 1044.68 \text{ HH}$$

Tabla N°12: Presupuesto de Acabados para departamentos

| Item | Descripción Partida | Und. | Metrado | P.Unitario (S/.) | Parcial(S/.) |
|-------------|--|------|---------------------------|------------------|---------------------|
| 01 | ACABADOS PARA DEPARTAMENTOS | | | | |
| 01.01 | MUROS Y TABIQUES | | | | |
| 01.01.01 | Muro Ladrillo Sílico Calcáreo "Lacasa" Placa P-10 | m2 | 4,773.38 | 70.83 | 338,098.51 |
| 01.01.02 | Muro Ladrillo Sílico Calcáreo "Lacasa" Placa P-14 | m2 | 2,749.41 | 85.16 | 234,139.76 |
| 01.02 | REVOQUES O REVESTIMIENTOS | | | | |
| 01.02.01 | Solaqueo de elementos estructurales | m2 | 1,348.69 | 14.42 | 19,448.11 |
| 01.02.02 | Empastado de muros interiores para papel | m2 | 7,404.60 | 11.40 | 84,412.44 |
| 01.02.03 | Tarrajeo Exterior | m2 | 1,799.00 | 34.39 | 61,867.61 |
| 01.03 | ENCHAPES | | | | |
| 01.03.01 | Pisos | | | | |
| 01.03.01.01 | Piso en baño | m2 | 436.68 | 81.23 | 35,471.5164 |
| 01.03.01.02 | Piso en cocina | m2 | 267.63 | 75.98 | 20,334.53 |
| 01.03.01.03 | Piso en lavandería | m2 | 101.54 | 61.28 | 6,222.37 |
| 01.03.01.04 | Piso en termostanque | m2 | 15.40 | 61.28 | 943.71 |
| 01.03.02 | Contrazocalos | | | | |
| 01.03.02.01 | Contrazócalo en cocina, h=10cm | m | 413.33 | 13.62 | 5,629.55 |
| 01.03.02.02 | Contrazócalo en terraza, h=10 cm | m | 49.67 | 13.73 | 681.97 |
| 01.03.03 | Zócalos | | | | |
| 01.03.03.01 | Zócalo en baño | m2 | 1,443.63 | 77.10 | 111,303.87 |
| 01.03.03.02 | Zócalo en cocina | m2 | 149.54 | 79.41 | 11,874.9714 |
| 01.03.03.03 | Zócalo en lavandería | m2 | 535.17 | 71.64 | 38,339.5788 |
| 01.03.03.04 | Zócalo en termostanque | m2 | 181.20 | 71.64 | 12,981.17 |
| 01.04 | INSTALACIÓN DE VENTANAS Y MAMPARAS | | | | |
| 01.04.01 | Ventanas con vidrio templado y perfil de aluminio de 6mm | m2 | 561.56 | 412.00 | 231,362.72 |
| 01.04.02 | Mamparas con vidrio templado y enmarcada en PVC | m2 | 292.51 | 370.00 | 108,228.70 |
| 01.05 | DESHUMEDECIDO DE DEPARTAMENTOS | | | | |
| 01.05.01 | Deshumecido de departamentos | mes | 1.00 | 13,483.66 | 13,483.66 |
| 01.06 | PINTURA DE INTERIORES | | | | |
| 01.06.01 | Pintura látex en interiores para cielorraso | m2 | 3,776.33 | 14.30 | 54,001.52 |
| 01.06.02 | Pintura látex en interiores para muros | m2 | 1,339.34 | 14.30 | 19,152.56 |
| 01.06.03 | Pintura látex en interiores para vigas y dinteles | m2 | 368.34 | 16.28 | 5,996.58 |
| 01.06.04 | Pintura en exteriores | m2 | 1,799.00 | 24.43 | 43,949.57 |
| 01.07 | INSTALACIÓN DE MUEBLES DE COCINA | | | | |
| 01.07.01 | Mueble alto en cocina de melamine | m | 253.24 | 296.15 | 74,997.03 |
| 01.07.02 | Mueble bajo en cocina de melamine | m | 297.21 | 343.82 | 102,186.74 |
| 01.08 | INSTALACIÓN DE MUEBLES DE CLOSET | | | | |
| 01.08.01 | Closet en melamine | m | 164.44 | 452.61 | 74,427.19 |
| 01.08.02 | Walking closet en melamine | m | 81.30 | 226.30 | 18,398.19 |
| 01.09 | INSTALACIÓN DE MUEBLES DE BAÑO | | | | |
| 01.09.01 | Muebles de baño | m | 168.00 | 158.23 | 26,582.64 |
| 01.10 | PUERTAS | | | | |
| 01.10.01 | Instalación de puertas interiores de dptos. | und | 269.00 | 265.43 | 71,400.67 |
| 01.10.02 | Instalación de puertas principales de dptos. | und | 60.00 | 623.15 | 37,389.00 |
| 01.10.03 | Pintado de puertas interiores de dptos. | und | 269.00 | 125.80 | 33,840.20 |
| 01.10.04 | Pintado de puertas principales de dptos. | und | 60.00 | 223.71 | 13,422.60 |
| 01.11 | GRANITO Y MÁRMOL | | | | |
| 01.11.01 | Tablero de granito en cocina | m2 | 106.48 | 381.20 | 40,590.18 |
| 01.11.02 | Tablero de mármol en baño | m2 | 320.86 | 409.63 | 131,433.88 |
| 01.12 | PISOS | | | | |
| 01.12.01 | Piso laminado | m2 | 2,611.69 | 45.23 | 118,126.74 |
| 01.12.02 | Contrazócalo de MDF | m | 3,204.54 | 13.14 | 42,107.66 |
| 01.13 | PAPEL TAPIZ | | | | |
| 01.13.01 | Papel tapiz en muros y columnas | m2 | 7,404.60 | 23.46 | 173,711.92 |
| 01.13.02 | Papel tapiz en vigas y dinteles | m2 | 932.18 | 24.47 | 22,810.44 |
| 01.13 | MOLDURAS | | | | |
| 01.14.01 | Molduras en departamentos | m | 3,739.32 | 10.56 | 39,487.22 |
| 01.15 | INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y COMPLEMENTARIAS | | | | |
| 01.15.01 | Instalación de placas eléctricas | und | 980.00 | 12.09 | 11,848.20 |
| 01.16 | INSTALACIONES SANITARIAS | | | | |
| 01.16.01 | Instalación de aparatos sanitarios | und | | | |
| 01.16.01.01 | Instalación de griferías | und | 309.00 | 51.33 | 15,860.97 |
| 01.16.01.02 | Instalación de inodoros | und | 120.00 | 60.63 | 7,275.60 |
| 01.16.01.03 | Instalación de lavatorios y lavaderos | und | 209.00 | 55.48 | 11,595.32 |
| 01.16.02 | Aditamentos | | | | |
| 01.16.02.01 | Sumidero cromado de bronce 2" | und | 180.00 | 11.38 | 2,048.40 |
| 01.16.02.02 | Registro cromado de bronce 2" | und | 120.00 | 11.33 | 1,359.60 |
| 01.17 | LIMPIEZA | | | | |
| 01.17.01 | Limpieza fina de departamentos | mes | 2.00 | 6,980.00 | 13,960.00 |
| | | | Costo Directo(S/.) | | 2,542,785.35 |

Fuente: Propia

Tabla N°13: Costo de Mano de Obra de Acabados

| Item | Descripción Partida | Und. | Metrado | HH Total | Costo M.O.(S/.) |
|-----------------|--|------|------------------------|----------|-------------------|
| 01 | ACABADOS PARA DEPARTAMENTOS | | | | |
| 01.01 | MUROS Y TABIQUES | | | | |
| 01.01.01 | Muro Ladrillo Sílico Calcéreo "Lacasa" Placa P-10 | m2 | 4,773.38 | 7637.41 | 126303.63 |
| 01.01.02 | Muro Ladrillo Sílico Calcéreo "Lacasa" Placa P-14 | m2 | 2,749.41 | 4399.06 | 72749.39 |
| 01.02 | REVOQUES O REVESTIMIENTOS | | | | |
| 01.02.01 | Solaqueo de elementos estructurales | m2 | 1,348.69 | 940.17 | 16494.48 |
| 01.02.02 | Empastado de muros interiores para papel | m2 | 7,404.60 | 3159.54 | 59014.66 |
| 01.02.03 | Tarrajeo Exterior | m2 | 1,799.00 | 2302.72 | 43014.09 |
| 01.03 | ENCHAPES | | | | |
| 01.03.01 | Pisos | | | | |
| 01.03.01.01 | Piso en baño | m2 | 436.68 | 558.95 | 10441.02 |
| 01.03.01.02 | Piso en cocina | m2 | 267.63 | 342.57 | 6399.03 |
| 01.03.01.03 | Piso en lavandería | m2 | 101.54 | 129.97 | 2427.82 |
| 01.03.01.04 | Piso en termotanque | m2 | 15.40 | 19.71 | 368.21 |
| 01.03.02 | Contrazocalos | | | | |
| 01.03.02.01 | Contrazócalo en cocina, h=10cm | m | 413.33 | 176.37 | 3294.24 |
| 01.03.02.02 | Contrazócalo en terraza, h=10 cm | m | 49.67 | 21.19 | 395.87 |
| 01.03.03 | Zócalos | | | | |
| 01.03.03.01 | Zócalo en baño | m2 | 1,443.63 | 2309.81 | 43135.66 |
| 01.03.03.02 | Zócalo en cocina | m2 | 149.54 | 239.26 | 4468.26 |
| 01.03.03.03 | Zócalo en lavandería | m2 | 535.17 | 856.27 | 15990.88 |
| 01.03.03.04 | Zócalo en termotanque | m2 | 181.20 | 289.92 | 5414.26 |
| 01.04 | INSTALACIÓN DE VENTANAS Y MAMPARAS | | | | |
| 01.04.01 | Ventanas con vidrio templado y perfil de aluminio de 6mm | m2 | 561.56 | SC | SC |
| 01.04.02 | Mamparas con vidrio templado y enmarcada en PVC | m2 | 292.51 | SC | SC |
| 01.05 | DESHUMEDECIDO DE DEPARTAMENTOS | | | | |
| 01.05.01 | Deshumecido de departamentos | mes | 1.00 | 480.00 | 7108.80 |
| 01.06 | PINTURA DE INTERIORES | | | | |
| 01.06.01 | Pintura látex en interiores para cielorraso | m2 | 3,776.33 | 2064.52 | 36328.29 |
| 01.06.02 | Pintura látex en interiores para muros | m2 | 1,339.34 | 732.22 | 12884.45 |
| 01.06.03 | Pintura látex en interiores para vigas y dinteles | m2 | 368.34 | 241.63 | 4254.33 |
| 01.06.04 | Pintura en exteriores | m2 | 1,799.00 | 1007.44 | 17882.06 |
| 01.07 | INSTALACIÓN DE MUEBLES DE COCINA | | | | |
| 01.07.01 | Mueble alto en cocina de melamine | m | 253.24 | 850.89 | 16263.07 |
| 01.07.02 | Mueble bajo en cocina de melamine | m | 297.21 | 624.14 | 12646.29 |
| 01.08 | INSTALACIÓN DE MUEBLES DE CLOSET | | | | |
| 01.08.01 | Closet en melamine | m | 164.44 | 723.54 | 14784.80 |
| 01.08.02 | Walking closet en melamine | m | 81.30 | 178.86 | 3655.25 |
| 01.09 | INSTALACIÓN DE MUEBLES DE BAÑO | | | | |
| 01.09.01 | Muebles de baño | m | 168.00 | 105.60 | 2157.12 |
| 01.10 | PUERTAS | | | | |
| 01.10.01 | Instalación de puertas interiores de dptos. | und | 269.00 | 197.26 | 4032.31 |
| 01.10.02 | Instalación de puertas principales de dptos. | und | 60.00 | 66.00 | 1348.80 |
| 01.10.03 | Pintado de puertas interiores de dptos. | und | 269.00 | 1434.66 | 25019.69 |
| 01.10.04 | Pintado de puertas principales de dptos. | und | 60.00 | 480.00 | 8371.20 |
| 01.11 | GRANITO Y MÁRMOL | | | | |
| 01.11.01 | Tablero de granito en cocina | m2 | 106.48 | 298.14 | 4952.38 |
| 01.11.02 | Tablero de mármol en baño | m2 | 320.86 | 673.81 | 11191.60 |
| 01.12 | PISOS | | | | |
| 01.12.01 | Piso laminado | m2 | 2,611.69 | 1044.68 | 13189.03 |
| 01.12.02 | Contrazócalo de MDF | m | 3,204.54 | 640.91 | 9389.30 |
| 01.13 | PAPEL TAPIZ | | | | |
| 01.13.01 | Papel tapiz en muros y columnas | m2 | 7,404.60 | 2633.08 | 33246.65 |
| 01.13.02 | Papel tapiz en vigas y dinteles | m2 | 932.18 | 372.87 | 4707.51 |
| 01.13 | MOLDURAS | | | | |
| 01.14.01 | Molduras en departamentos | m | 3,739.32 | 747.86 | 9460.48 |
| 01.15 | INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y COMPLEMENTARIAS | | | | |
| 01.15.01 | Instalación de placas eléctricas | und | 980.00 | 862.40 | 11505.20 |
| 01.16 | INSTALACIONES SANITARIAS | | | | |
| 01.16.01 | Instalación de aparatos sanitarios | und | | | |
| 01.16.01.01 | Instalación de griferías | und | 309.00 | 618.00 | 9066.06 |
| 01.16.01.02 | Instalación de inodoros | und | 120.00 | 320.00 | 4694.40 |
| 01.16.01.03 | Instalación de lavatorios y lavaderos | und | 209.00 | 557.34 | 8176.08 |
| 01.16.02 | Aditamentos | | | | |
| 01.16.02.01 | Sumidero cromado de bronce 2" | und | 180.00 | 95.99 | 1407.60 |
| 01.16.02.02 | Registro cromado de bronce 2" | und | 120.00 | 64.00 | 938.40 |
| 01.17 | LIMPIEZA | | | | |
| 01.17.01 | Limpieza fina de departamentos | mes | 2.00 | 1920.00 | 12000.00 |
| | | | Costo M.O (S/.) | | 710,572.67 |

Fuente: Propia

En base al análisis anterior, obtenemos la cantidad de HH que podemos utilizar para cada partida, como se muestra en la tabla N°13.

Según la tabla N°13 a continuación se enumeran las partidas más incidentes (con mayor horas hombre presupuestadas).

Tabla N°14: Partidas de acabados de mayor incidencia en mano de obra

| Item | Descripción Partida | HH Total |
|-------------|---|----------|
| 01.01.01 | Muro Ladrillo Sílico Calcáreo "Lacasa" Placa P-10 | 7637.41 |
| 01.01.02 | Muro Ladrillo Sílico Calcáreo "Lacasa" Placa P-14 | 4399.06 |
| 01.02.02 | Empastado de muros interiores para papel | 3159.54 |
| 01.13.01 | Papel tapiz en muros y columnas | 2633.08 |
| 01.03.03.01 | Zócalo en baño | 2309.81 |
| 01.02.03 | Tarrajeo Exterior | 2302.72 |
| 01.06.01 | Pintura látex en interiores para cielorraso | 2064.52 |
| 01.17.01 | Limpieza fina de departamentos | 1920.00 |
| 01.10.03 | Pintado de puertas interiores de dptos. | 1434.66 |
| 01.12.01 | Piso laminado | 1044.68 |

Fuente: Propia

De acuerdo a la tabla N°14 donde se muestra las partidas más incidentes, y tomando en cuenta criterios como: complejidad, importancia, secuencia, metrado, etc. Se seleccionaron las siguientes partidas de control mostrados en la tabla N°15.

Tabla N°15: Partidas de control seleccionadas

| Item | Descripción Partida | HH Total |
|-------------|--|----------|
| 01.02.02 | Empastado de muros interiores para papel | 3159.54 |
| 01.13.01 | Papel tapiz en muros y columnas | 2633.08 |
| 01.03.03.01 | Zócalo en baño | 2309.81 |
| 01.12.01 | Piso laminado | 1044.68 |

Fuente: Propia

Adicionalmente a estas partidas seleccionadas en la tabla N°15, también se analizaron las siguientes partidas ya que son fáciles de analizar y no demanda el mucho tiempo hacerlo y demandan una cantidad considerable de horas hombre presupuestadas.

-01.12.02 Contrazócalo de MDF (640.91 HH)

-01.14.01 Molduras en departamentos (747.86 HH)

5.8 INFORME SEMANAL DE PRODUCTIVIDAD (ISP)

Debido a que el ISP es un poco extenso, se dividirá en 4 partes y solo se analizarán 5 partidas que se desarrollaron paralelamente en algún momento de la obra para ver la manera de cómo se lee e interpreta un ISP.

Tabla N°16: ISP (1ra parte)

| ITEM | PARTIDA DE CONTROL | UND | PREVISION PPTO META (1) | | |
|----------|---------------------------------|-----|-------------------------|---------|------|
| | | | METRADO | HH | REND |
| 01.12 | PISOS | | | | |
| 01.12.01 | Piso laminado | m2 | 2,611.69 | 1044.68 | 0.40 |
| 01.12.02 | Contrazócalo de MDF | m | 3,204.54 | 640.91 | 0.20 |
| 01.13 | PAPEL TAPIZ | | | | |
| 01.13.01 | Papel tapiz en muros y columnas | m2 | 7,404.60 | 2633.08 | 0.36 |
| 01.13.02 | Papel tapiz en vigas y dinteles | m2 | 932.18 | 372.87 | 0.40 |
| 01.14 | MOLDURAS | | | | |
| 01.14.01 | Molduras en departamentos | m | 3,739.32 | 747.86 | 0.20 |

Fuente: Propia

Tabla N°17: ISP (2da parte)

| ITEM | PARTIDA DE CONTROL | UND | SEMANA 58 | | |
|----------|---------------------------------|-----|------------------------|----------|------|
| | | | ACUMULADO ANTERIOR (2) | | |
| | | | METRADO | HH | REND |
| 01.12 | PISOS | | | | |
| 01.12.01 | Piso laminado | m2 | 1,896.00 | 768.00 | 0.41 |
| 01.12.02 | Contrazócalo de MDF | m | 890.00 | 192.00 | 0.22 |
| 01.13 | PAPEL TAPIZ | | | | |
| 01.13.01 | Papel tapiz en muros y columnas | m2 | 3,185.00 | 1,152.00 | 0.36 |
| 01.13.02 | Papel tapiz en vigas y dinteles | m2 | 350.00 | 120.00 | 0.34 |
| 01.14 | MOLDURAS | | | | |
| 01.14.01 | Molduras en departamentos | m | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Fuente: Propia

La primera parte del ISP, se saca del presupuesto original del proyecto, en donde se indica el metrado de cada partida, las horas hombre proyectadas en el presupuesto de acuerdo al análisis de precios unitarios, y el rendimiento que refleja la cantidad de HH unitario que se presupuestan por cada unidad de medida dependiendo del tipo de partida. Por ejemplo, para la partida de piso laminado, cuyo metrado es 2611.69 m2, presenta un rendimiento de 0.40 HH/m2 con el cual se obtienen 1044.68 HH (horas hombre) presupuestadas para esa partida.

Tabla N°18: ISP (3ra parte)

| | | | SEMANA 59 | | | | | | | | | | | | |
|----------|---------------------------------|-----|-----------|-------|------|---------|-------|------|-----------|-------|------|---------|-------|------|--|
| ITEM | PARTIDA DE CONTROL | UND | LUNES | | | MARTES | | | MIERCOLES | | | JUEVES | | | |
| | | | METRADO | HH | REND | METRADO | HH | REND | METRADO | HH | REND | METRADO | HH | REND | |
| 01.12 | PISOS | | | | | | | | | | | | | | |
| 01.12.01 | Piso laminado | m2 | 95.00 | 34.00 | 0.36 | 90.00 | 34.00 | 0.38 | 85.00 | 34.00 | 0.40 | 80.00 | 34.00 | 0.43 | |
| 01.12.02 | Contrazócalo de MDF | m | 185.00 | 34.00 | 0.18 | 149.00 | 34.00 | 0.23 | 180.00 | 34.00 | 0.19 | 189.00 | 34.00 | 0.18 | |
| 01.13 | PAPEL TAPIZ | | | | | | | | | | | | | | |
| 01.13.01 | Papel tapiz en muros y columnas | m2 | 198.00 | 17.00 | 0.09 | 196.00 | 51.00 | 0.26 | 191.00 | 51.00 | 0.27 | 198.00 | 51.00 | 0.26 | |
| 01.13.02 | Papel tapiz en vigas y dinteles | m2 | 42.50 | 17.00 | 0.40 | 45.00 | 17.00 | 0.38 | 48.00 | 17.00 | 0.35 | 44.00 | 17.00 | 0.39 | |
| 01.14 | MOLDURAS | | | | | | | | | | | | | | |
| 01.14.01 | Molduras en departamentos | m | 234.00 | 34.00 | 0.00 | 223.00 | 34.00 | 0.00 | 239.00 | 34.00 | 0.14 | 228.00 | 34.00 | 0.15 | |

| | | | SEMANA 59 | | | | | | | | | | | | |
|----------|---------------------------------|-----|-----------|-------|------|---------|-------|------|---------------------|-----|------|--|--|--|--|
| ITEM | PARTIDA DE CONTROL | UND | VIERNES | | | SABADO | | | PRESENTE SEMANA (3) | | | | | | |
| | | | METRADO | HH | REND | METRADO | HH | REND | METRADO | HH | REND | | | | |
| 01.12 | PISOS | | | | | | | | | | | | | | |
| 01.12.01 | Piso laminado | m2 | 79.00 | 34.00 | 0.43 | 62.00 | 22.00 | 0.35 | 491 | 192 | 0.39 | | | | |
| 01.12.02 | Contrazócalo de MDF | m | 185.00 | 34.00 | 0.18 | 120.00 | 22.00 | 0.18 | 1008 | 192 | 0.19 | | | | |
| 01.13 | PAPEL TAPIZ | | | | | | | | | | | | | | |
| 01.13.01 | Papel tapiz en muros y columnas | m2 | 196.00 | 51.00 | 0.26 | 124.00 | 33.00 | 0.27 | 1103 | 254 | 0.23 | | | | |
| 01.13.02 | Papel tapiz en vigas y dinteles | m2 | 38.00 | 17.00 | 0.45 | 30.00 | 11.00 | 0.37 | 247.5 | 96 | 0.39 | | | | |
| 01.14 | MOLDURAS | | | | | | | | | | | | | | |
| 01.14.01 | Molduras en departamentos | m | 255.00 | 34.00 | 0.13 | 172.00 | 22.00 | 0.13 | 1351 | 192 | 0.14 | | | | |

Fuente: Propia

La tercera parte del ISP, se completa día a día en toda la semana con el tareo diario que se realiza. Es decir se anota el metrado ejecutado en la partida correspondiente y las Horas hombre gastadas ese día para cada partida, es el caso de para el piso laminado el día lunes de la semana 28 se colocó 34 horas hombre consumidas, esto se debe a que ese día trabajaron 2 cuadrillas de piso laminado, conformadas cada una por un operario y un peón; la jornada de lunes a viernes son de 8.5 horas, y los sábados son de 5.5 horas; haciendo un total de 48 horas semanales. Estas 2 cuadrillas de piso laminado ejecutaron 74 m² de la partida ese día. Luego al final de la semana se obtiene un metrado acumulado de toda la semana, sumando los metrados diarios de cada partida, de igual manera se procede con la sumatorio de las horas hombre consumidas por cada partida ejecutada en la semana; y con estos datos se obtiene el rendimiento de cada partida en esa semana.

Tabla N°19: ISP (4ta parte)

| ITEM | PARTIDA DE CONTROL | UND | SEMANA 59 | | |
|----------|---------------------------------|----------------|--------------------------|------|------|
| | | | ACUMULADO ACTUAL (4=2+3) | | |
| | | | METRADO | HH | REND |
| 01.12 | PISOS | | | | |
| 01.12.01 | Piso laminado | m ² | 2387 | 960 | 0.40 |
| 01.12.02 | Contrazócalo de MDF | m | 1898 | 384 | 0.20 |
| 01.13 | PAPEL TAPIZ | | | | |
| 01.13.01 | Papel tapiz en muros y columnas | m ² | 4288 | 1406 | 0.33 |
| 01.13.02 | Papel tapiz en vigas y dinteles | m ² | 598 | 216 | 0.36 |
| 01.14 | MOLDURAS | | | | |
| 01.14.01 | Molduras en departamentos | m | 1351 | 192 | 0.14 |

Fuente: Propia

La 4ta parte representa el acumulado actual que se obtiene de sumar el metrado y horas hombre consumidas de la semana con el acumulado anterior (2da parte).

El acumulado actual representa el rendimiento global de la partida desde el primer día que empezó esta actividad, es un rendimiento más confiable al que se halla diario ya que por diferentes motivos puede variar, como el caso del día viernes de la semana 28 en la cual 2 cuadrillas de piso laminado hicieron un metrado de 40 m² en una jornada de 8.5 horas, ya que ese día hubo un problema en el cual se rompió una tubería de agua perforada por el taladro de un operario que colocaba planchas de melamine, como resultado el piso estuvo mojado lo que imposibilitó que se colocará piso laminado en gran parte del área del departamento hasta el

día siguiente, queda claro que el costo que acarreó este problema lo asumió el contratista responsable.

Para poder tener un avance confiable dependerá de la adecuada programación que se realice semana a semana, y de la identificación de las posibles restricciones que se pueda tener para no cumplir con la programación.

5.9 CURVAS DE PRODUCTIVIDAD

Para poder analizar los resultados obtenidos del ISP de una manera más clara y fácil, se muestra en un solo gráfico los rendimientos diarios y acumulados (que son datos obtenidos en campo) y una recta que indica el valor del rendimiento base o presupuestado. En el eje de las ordenadas del gráfico se colocan los valores correspondientes a los rendimientos base, diario y acumulado; y en el eje de las abscisas del gráfico se colocan los días en los cuales se ha desarrollado la partida.

Curva de productividad de Empastado de muros

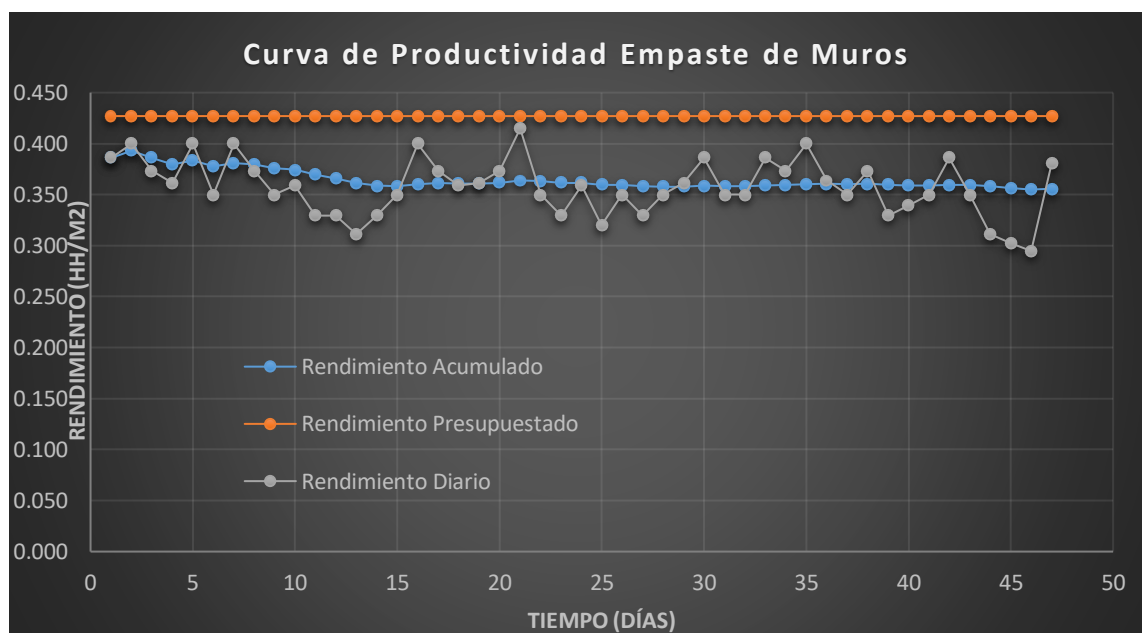


Figura N°22: Curva de productividad de Empastado de muros

Fuente: Propia

De la figura N° 22 en la partida de empastado de muros para papel podemos ver que lo que muestra la gráfica es que la curva azul (rendimiento acumulado) se encuentra siempre debajo de la curva anaranjada (rendimiento del presupuesto)

y va descendiendo hasta el término de la partida. Ya que la curva azul siempre está por debajo de la anaranjada, esto quiere decir que se gastan menos horas de las consideradas en el presupuesto, es decir se estarían ganando horas hombre en esta partida. Considerando que el precio de la hh para esta actividad es s/.17.44 ya que intervienen un operario y un peón en la cuadrilla, se han gastado 529.5 horas hombre menos de lo que estaba presupuestado, entonces este ahorro en horas hombre sería de s/.9234.62.

Del gráfico se puede observar, que a medida que el tiempo avanza, la productividad de los obreros aumenta ya que la curva azul (rendimiento acumulado) decrece. Esto sucede debido a que la cuadrilla logra especializarse en el trabajo de la partida mientras más tiempo pase.

Curva de productividad de Papel Mural

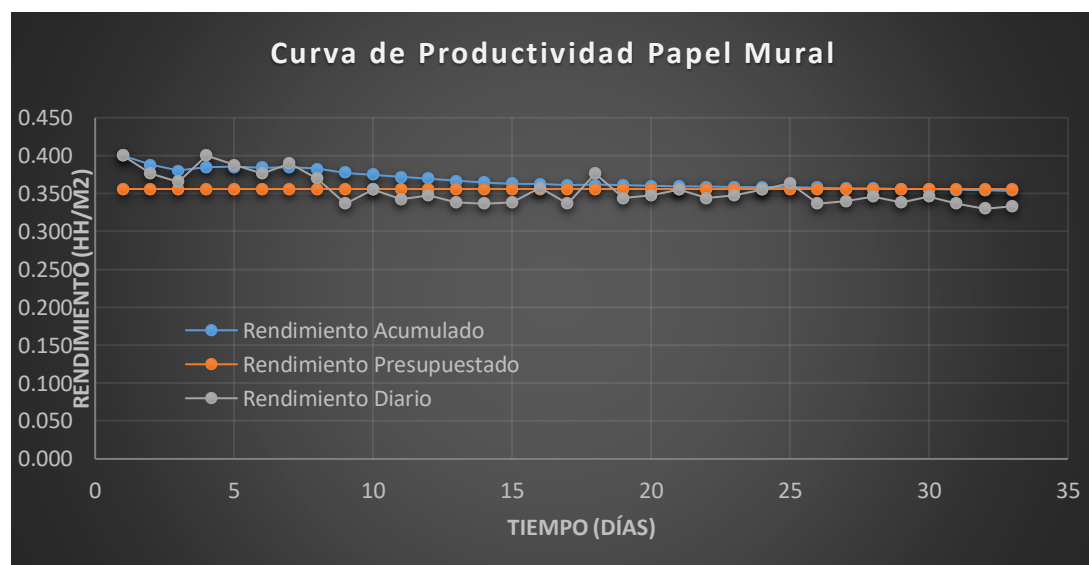


Figura N°23: Curva de productividad de papel mural

Fuente: Propia

De la figura N° 23 en la partida de papel mural podemos ver que lo que muestra que, al inicio, la gráfica es que la curva azul (rendimiento acumulado) se encuentra por arriba de la curva anaranjada (rendimiento del presupuesto) y va decreciendo hasta llegar a un valor cercano por debajo de 0.36 hh/m2 (rendimiento presupuestado), esto quiere decir que al final se ha tenido una ganancia de hh en esta partida. Considerando que el precio de la hh para esta actividad es s/.17.44 ya que intervienen un operario y un peón en la cuadrilla, se han ahorrado 35.36

horas hombre sobre lo que estaba presupuestado, entonces esta ganancia sería de s/.616.68.

Este monto es muy pequeño en comparación con la magnitud del presupuesto, eso refleja que aparte de ganar dinero, también se realizó un buen control de la productividad de esta partida.

Del gráfico se puede observar, que a medida que el tiempo avanza, la productividad de los obreros aumenta ya que la curva azul (rendimiento acumulado) decrece. Esto sucede debido a que la cuadrilla logra especializarse en el trabajo de la partida mientras más tiempo pase.

Curva de productividad de Zócalo en Baño

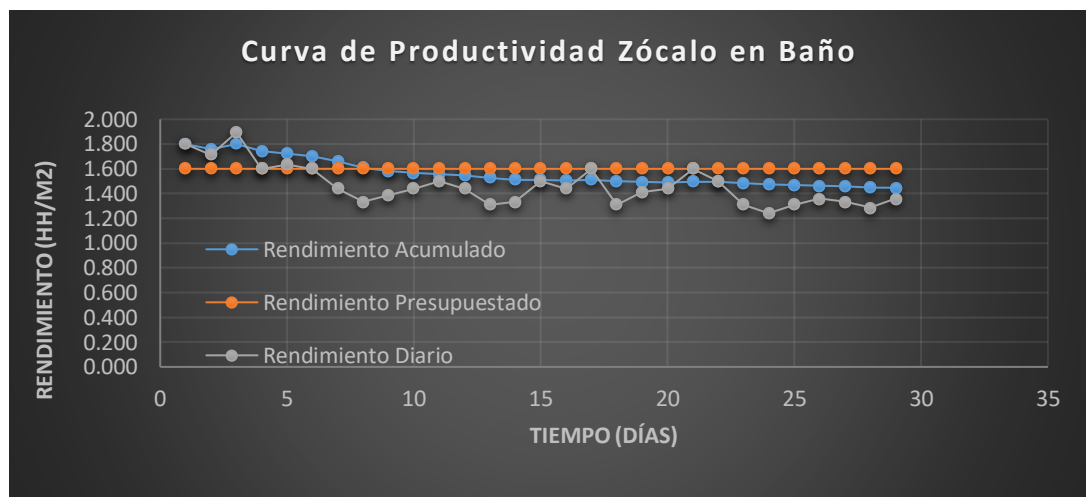


Figura N°24: Curva de productividad de Zócalo en Baño

Fuente: Propia

De la figura N° 24 en la partida de zócalo en baño podemos ver que, al inicio, la gráfica es que la curva azul (rendimiento acumulado) se encuentra por arriba de la curva anaranjada (rendimiento del presupuesto) y va decreciendo hasta el término de la partida. Como se observa al inicio hay una pérdida de horas hombre hasta un cierto punto, luego se empiezan a ganar horas hombre hasta el término de la partida, ya que a partir de ese punto la curva azul está por debajo de la anaranjada. Considerando que el precio de la hh para esta actividad es s/.17.44 ya que intervienen un operario y un peón en la cuadrilla, se han gastado 220.8 horas hombre menos de lo que estaba presupuestado, entonces este ahorro en horas hombre sería de s/.4339.46.

Del gráfico se puede observar, que a medida que el tiempo avanza, la productividad de los obreros aumenta ya que la curva azul (rendimiento acumulado) decrece. Esto sucede debido a que la cuadrilla logra especializarse en el trabajo de la partida mientras más tiempo pase.

Curva de productividad de Piso Laminado

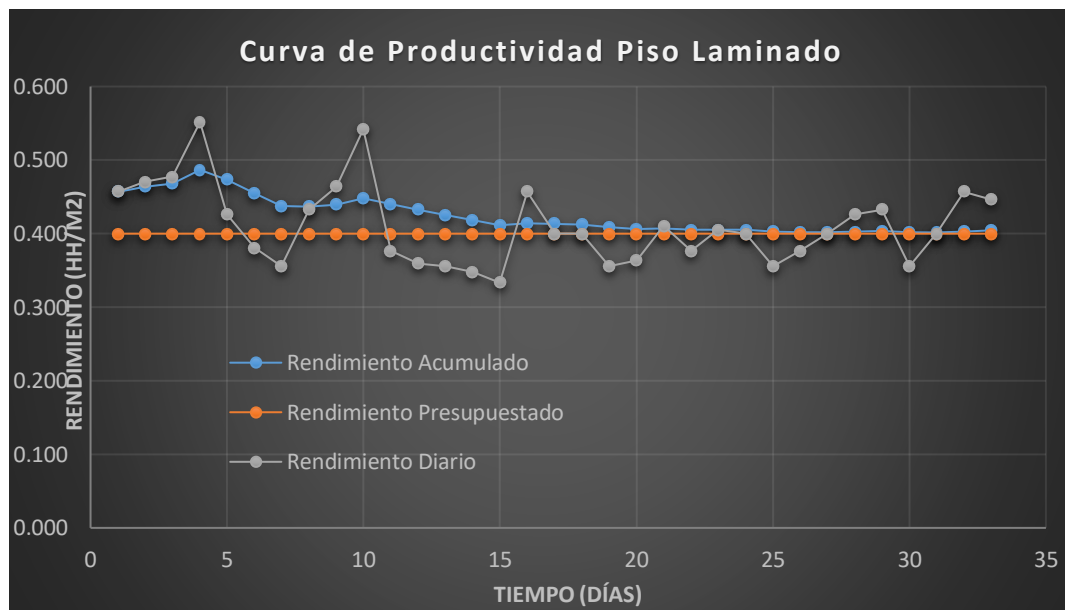


Figura N°25: Curva de productividad de Piso Laminado

Fuente: Propia

De la figura N° 25 en la partida de piso laminado podemos ver que lo que muestra la gráfica es que la curva azul (rendimiento acumulado) se encuentra por encima de la curva anaranjada (rendimiento del presupuesto) y va descendiendo hasta llegar a un valor cercano por encima al de 0.4 hh/m² (rendimiento presupuestado), esto quiere decir que al final se ha tenido una pérdida pequeña de hh en esta partida. Considerando que el precio de la hh para esta actividad es s/.17.44 ya que intervienen un operario y un peón en la cuadrilla, se han gastado 11.32 horas hombre más de lo que estaba presupuestado, entonces este sobrecosto sería de s/.197.49.

Del gráfico se puede observar, que en un punto la curva azul es ascendente, esto debido a que no se llevó un buen control a los obreros, a causa de este resultado el control se volvió más estricto en las cuadrillas de esta partida, y como resultado la curva azul empezó a descender a medida que avanza el tiempo, esto quiere decir que la productividad de los obreros aumentó.

Curva de productividad de Contrazócalo de MDF

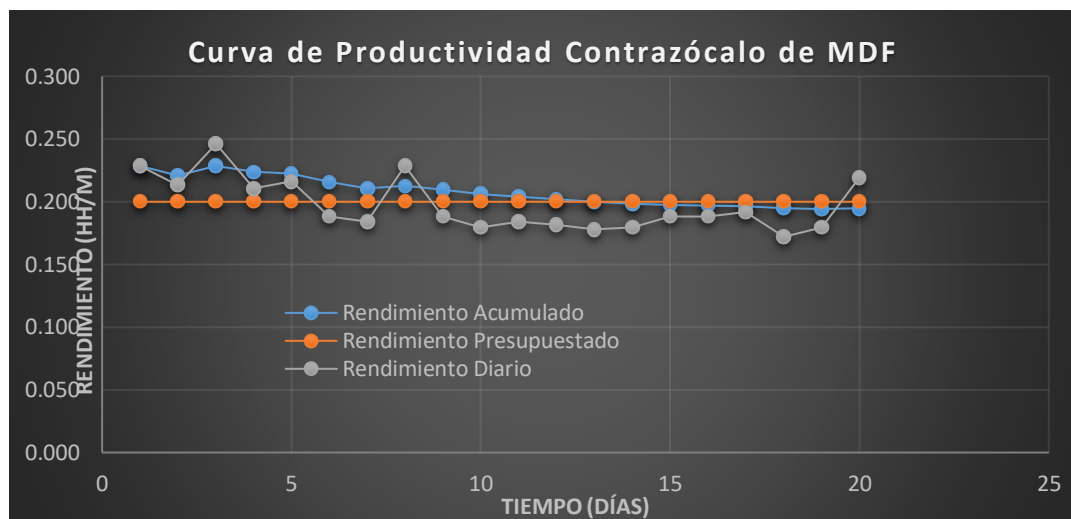


Figura N°26: Curva de productividad de Contrazócalo de MDF

Fuente: Propia

De la figura N° 26 en la partida de zócalo en baño podemos ver que, al inicio, la gráfica es que la curva azul (rendimiento acumulado) se encuentra por arriba de la curva anaranjada (rendimiento del presupuesto) y va decreciendo hasta el término de la partida. Como se observa al inicio hay una pérdida de horas hombre hasta un cierto punto, luego se empiezan a ganar horas hombre hasta el término de la partida, ya que a partir de ese punto la curva azul está por debajo de la anaranjada, ya que al final de la partida la curva azul se encuentra por debajo de la curva naranja se concluye que se ha tenido una ganancia de horas hombre en esta partida. Considerando que el precio de la hh para esta actividad es s/.20.07 ya que solo interviene un operario en la cuadrilla, se han ahorrado 16.80 horas hombre sobre lo que estaba presupuestado, entonces esta ganancia sería de s/.337.18.

Este monto es muy pequeño en comparación con la magnitud del presupuesto, eso refleja que aparte de ahorrar algo de dinero, también se realizó un buen control de la productividad de esta partida.

Del gráfico se puede observar, que a medida que el tiempo avanza, la productividad de los obreros aumenta ya que la curva azul (rendimiento acumulado) decrece. Esto sucede debido a que la cuadrilla logra especializarse en el trabajo de la partida mientras más tiempo pase.

Curva de productividad de Molduras

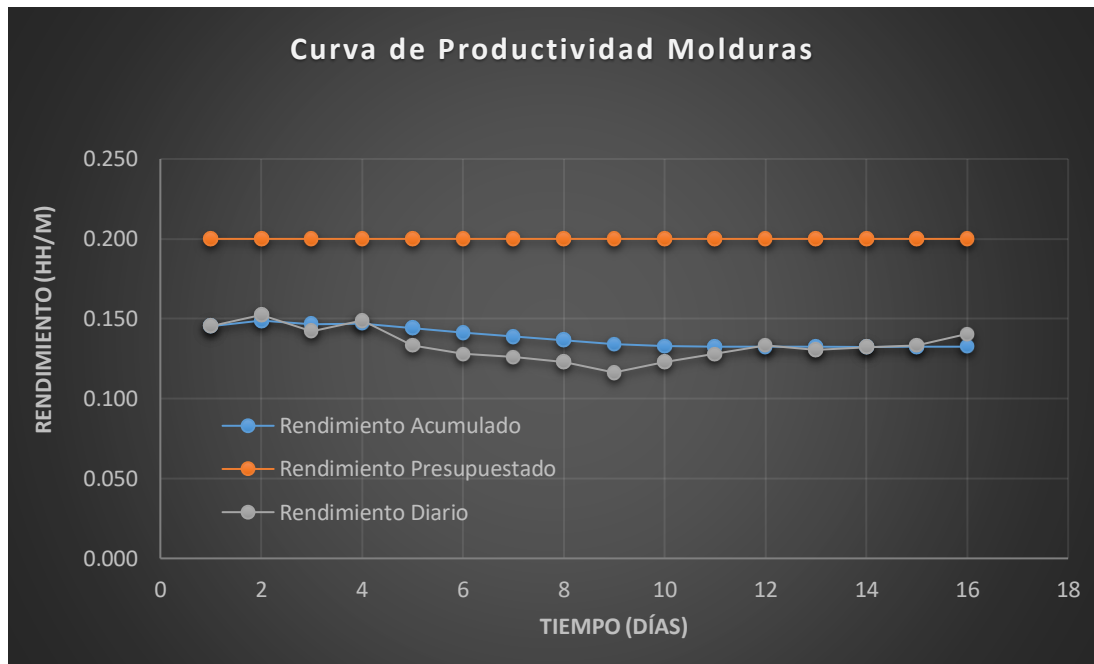


Figura N°27: Curva de productividad de molduras

Fuente: Propia

De la figura N° 27 en la partida molduras podemos ver que lo que muestra la gráfica es que la curva azul (rendimiento acumulado) se encuentra muy por debajo de la curva anaranjada (rendimiento del presupuesto) hasta llegar al final de la partida. Lo que sucede en esta partida es que en el Análisis de precio unitario del presupuesto de moldura se considera un operario y un peón como se observa en la figura N°28 en la partida que hacen un total de 0.20 hh/m (rendimiento presupuestado), pero al momento de empezar la partida solo se utilizó un operario que tenía un avance promedio de 60 metros diarios, cuyo rendimiento sería el de 0.133 hh/m promedio, esto quiere decir que se gastó menos horas hombre de lo presupuestado. Considerando que el precio de la hh para esta actividad es s/.12.64 ya que solo interviene un operario en la cuadrilla, se han ahorrado 252 horas hombre sobre lo que estaba presupuestado, entonces esta ganancia sería de s/.3184.02.

Este monto es significativo en comparación con la magnitud del presupuesto, eso refleja que a parte que se ahorró dinero en esta partida, se realizó un buen control de la productividad de esta partida.

Del gráfico se puede observar, que a medida que el tiempo avanza, la productividad de los obreros aumenta ya que la curva azul (rendimiento acumulado) decrece. Esto sucede debido a que la cuadrilla logra especializarse en el trabajo de la partida mientras más tiempo pase.

| 01.14.01 | | Molduras en departamentos | | Costo unitario directo por : m | | 10.56 | |
|------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|--------------------------------|----------|------------|-------------|
| m/DIA | MO. 80.0000 | | EQ. 80.0000 | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Descripción Recurso | | Unidad | | | | | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| Operario | | hh | | 1.0000 | 0.1000 | 24.08 | 2.41 |
| Peón | | hh | | 1.0000 | 0.1000 | 20.07 | 2.01 |
| | | | | | | | 4.42 |
| Materiales | | | | | | | |
| Moldura de poliestireno | | m | | | 1.0500 | 5.51 | 5.78 |
| Adhesivo para moldura 300 ml | | und | | | 0.0080 | 8.47 | 0.07 |
| Pintura Látex Blanca | | gal | | | 0.0050 | 33.05 | 0.17 |
| | | | | | | | 6.02 |
| Equipos | | | | | | | |
| Herramientas manuales | | %mo | | | 3.0000 | 4.42 | 0.13 |
| | | | | | | | 0.13 |

Figura N°28: Análisis de Precios Unitario Moldura

Fuente: Propia

5.10 CARTAS BALANCE

A continuación, se presentan cartas balance de 3 partidas que fueron incidentes dentro del costo del proyecto para la etapa de acabados, las cuales fueron: piso laminado, papel mural y enchapes. La toma de datos de la carta balance se incluirán en el Anexo 1 debido a su extensión.

Carta Balance de Enchapes

La cuadrilla analizada estaba conformada por dos operarios y un peón, el tiempo que se analizó fue de 180 minutos, y la frecuencia de los datos tomados fue de un minuto.

Tabla N°20: Datos de Cuadrilla de Zócalo en baño

| | ACTIVIDAD | TIPO DE RECURSO | NOMBRE |
|------------|----------------|-----------------|---------------|
| RECUSO I | ZÓCALO EN BAÑO | OP | Henry Sanchez |
| RECUSO II | ZÓCALO EN BAÑO | OP | Luis Franco |
| RECUSO III | ZÓCALO EN BAÑO | PE | Luis Sanchez |

Fuente: Propia

Tabla N°21: Clasificación de trabajo para zócalo en baño

| CLASIFICACIÓN DE TRABAJO | | |
|--------------------------|---------------------------|------------|
| A | Conversar o tiempo ocio | TNC |
| B | Esperar | |
| C | Ir al SSHH | |
| D | Descansar | |
| E | Rehacer Trabajo | |
| F | Otros | |
| G | Colocar pieza | TP |
| H | Colocar pegamento | |
| I | Fraguado | |
| J | Nivelación con regla | |
| K | Cruzetas | |
| M | Cortar Piezas | TC |
| N | Transporte materiales | |
| O | Limpiar el piso | |
| P | Medir | |
| Q | Preparación del pegamento | |
| R | Instrucciones | |

Fuente: Propia

Tabla N°22: Resultado de toma de datos de zócalo en baño

| | I | II | III | Total |
|-------|-----|-----|-----|-------|
| A | 9 | 11 | 12 | 32 |
| B | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C | 5 | 6 | 6 | 17 |
| D | 21 | 22 | 24 | 67 |
| E | 11 | 13 | 0 | 24 |
| F | 3 | 0 | 1 | 4 |
| G | 46 | 58 | 0 | 104 |
| H | 18 | 12 | 0 | 30 |
| I | 0 | 0 | 0 | 0 |
| J | 17 | 18 | 0 | 35 |
| K | 14 | 17 | 0 | 31 |
| M | 15 | 6 | 7 | 28 |
| N | 0 | 0 | 90 | 90 |
| O | 3 | 1 | 15 | 19 |
| P | 6 | 5 | 3 | 14 |
| Q | 8 | 9 | 12 | 29 |
| R | 4 | 2 | 10 | 16 |
| Total | 180 | 180 | 180 | 540 |

Fuente: Propia

Tabla N°23: Cuadro de resumen por cuadrilla de zócalo en baño

| | I | II | III |
|-------|-----|-----|-----|
| TP | 95 | 105 | 0 |
| TC | 36 | 23 | 137 |
| TNC | 49 | 52 | 43 |
| Total | 180 | 180 | 180 |

Fuente: Propia

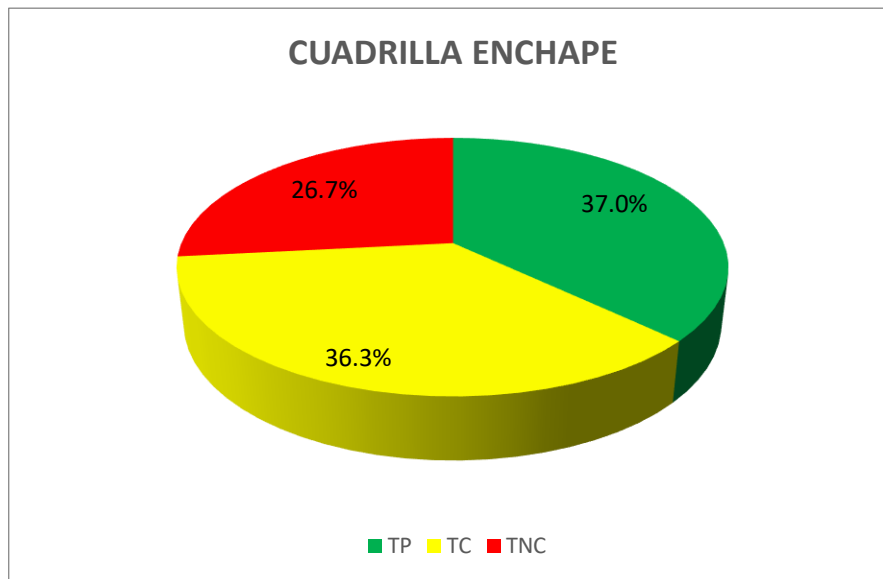


Figura N°29: Gráfico de distribución de tiempo de zócalo en baño

Fuente: Propia

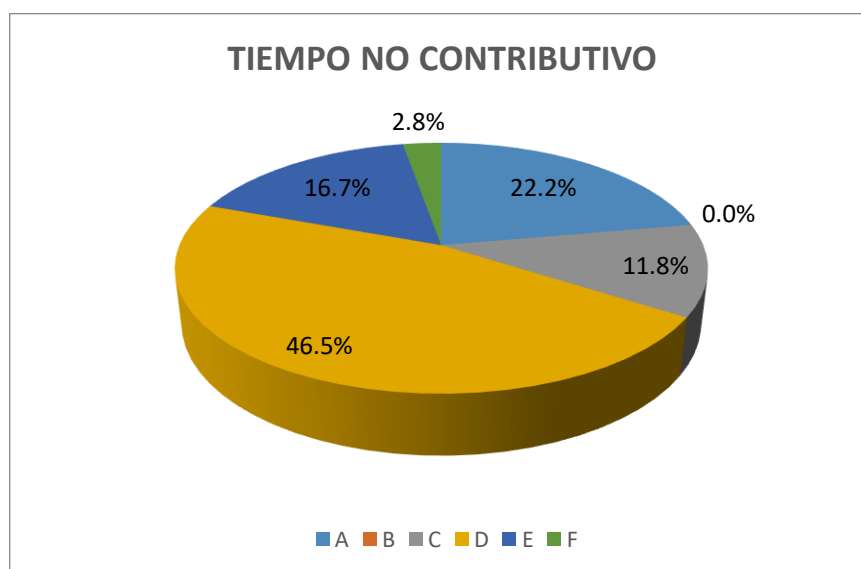


Figura N°30: Gráfico de distribución de tiempo no contributivo de zócalo en baño

Fuente: Propia

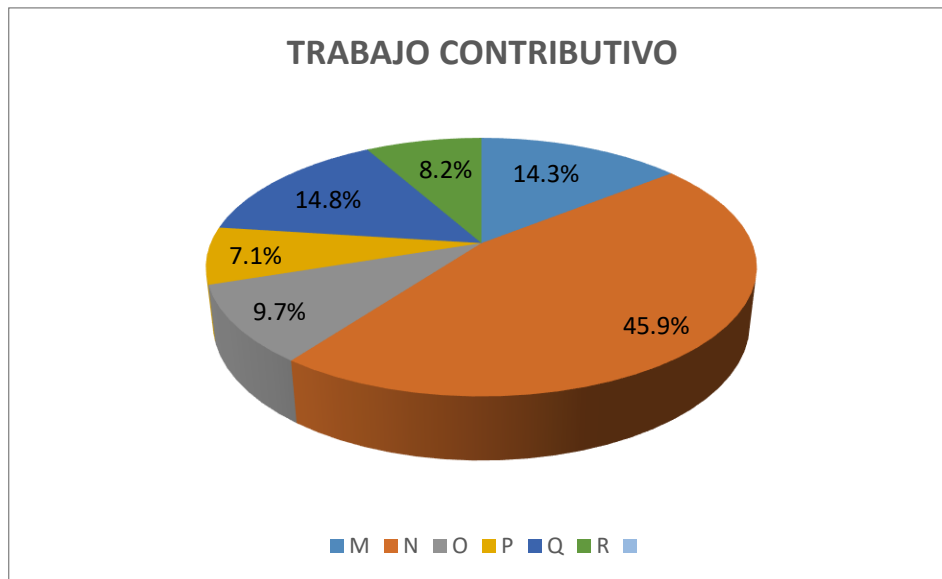


Figura N°31: Gráfico de distribución de tiempo contributivo de zócalo en baño

Fuente: Propia

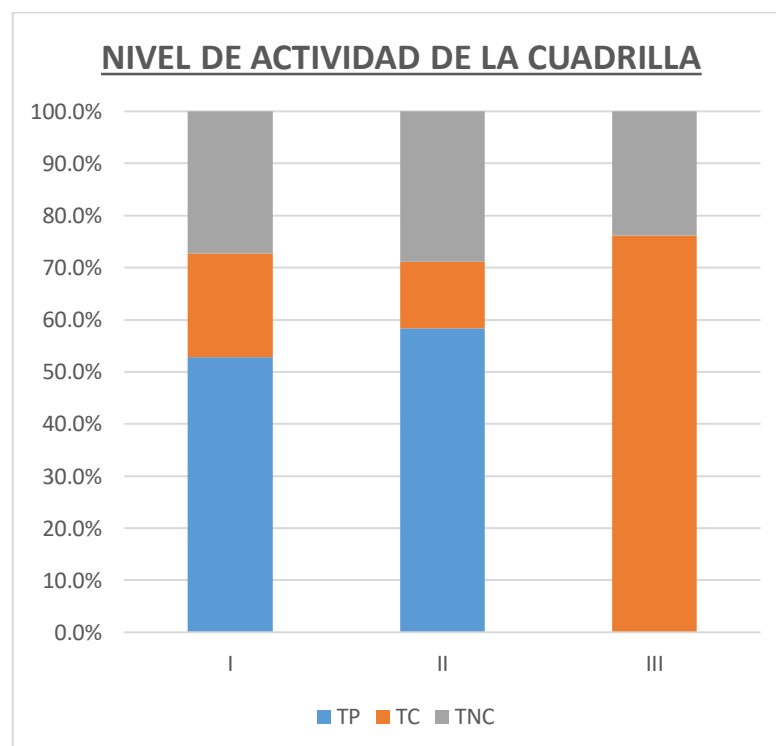


Figura N°32: Distribución de tiempo por obrero en partida de zócalo en baño

Fuente: Propia

Observaciones y análisis:

- La cuadrilla analizada muestra que se emplea un 37.0% en labores productivas (tiempo productivo), 36.3% en labores de apoyo (tiempo contributivo).
- Respecto del tiempo contributivo, se emplea 45.9% para el transporte de materiales, ya que los datos se tomaron cuando se encontraban en el 8vo piso el porcelanato se encontraba en el almacén principal que estaba ubicado en el primer sótano, se utilizaba el monomástil que se tenía para que el transporte de materiales al sitio de trabajo sea más eficiente, además que el peón tenía que traer agua del piso 13 para mezclar el pegamento ya que era el punto de agua disponible más cercano al sitio de trabajo en ese momento.
- Para optimizar el tiempo en transporte de materiales, primero se habilitó un punto de agua en un departamento del piso 10, y luego se utilizó más peones para la repartición de cajas de porcelanato en cada piso según el total de metrado en cada piso.
- Sobre el tiempo no contributivo de la cuadrilla, según la figura N°29 el mayor porcentaje es el descanso (46.5% del tiempo no contributivo), por lo cual se realizó un control más estricto y se exigió más a los obreros para lograr mayor eficiencia.

Carta Balance de Papel Mural

La cuadrilla analizada estaba conformada por un operario y un peón, el tiempo que se analizó fue de 180 minutos, y la frecuencia de los datos tomados fue de un minuto.

Tabla N°24: Datos de Cuadrilla de Papel mural

| | ACTIVIDAD | TIPO DE RECURSO | NOMBRE |
|------------|------------|-----------------|-------------------|
| RECUSO I | PAPELMURAL | OP | Juan Rivera |
| RECURSO II | PAPELMURAL | PE | Cristopher Romero |

Fuente: Propia

Tabla N°25: Clasificación de trabajo para papel mural

| CLASIFICACIÓN DE TRABAJO | | |
|--------------------------|------------------------------|------------|
| A | Conversar o tiempo ocio | TNC |
| B | Esperar | |
| C | Ir al SSHH | |
| D | Descansar | |
| E | Rehacer Trabajo | |
| F | Otros | |
| G | Colocar papel | TP |
| H | Brocheo de pegamento | |
| M | Cortar papel | TC |
| N | Transporte materiales | |
| O | Preparación de la superficie | |
| P | Medir | |
| Q | Preparación del pegamento | |
| R | Instrucciones | |

Fuente: Propia

Tabla N°26: Resultado de toma de datos de papel mural

| | I | II | Total |
|-------|-----|-----|-------|
| A | 14 | 13 | 27 |
| B | 3 | 4 | 7 |
| C | 6 | 5 | 11 |
| D | 10 | 19 | 29 |
| E | 16 | 3 | 19 |
| F | 4 | 1 | 5 |
| G | 74 | 0 | 74 |
| H | 10 | 33 | 43 |
| I | 0 | 0 | 0 |
| J | 0 | 0 | 0 |
| K | 0 | 0 | 0 |
| L | 0 | 0 | 0 |
| M | 19 | 49 | 68 |
| N | 0 | 11 | 11 |
| O | 5 | 14 | 19 |
| P | 0 | 9 | 9 |
| Q | 13 | 13 | 26 |
| R | 6 | 6 | 12 |
| Total | 180 | 180 | 360 |

Fuente: Propia

Tabla N°27: Cuadro de resumen por cuadrilla de papel mural

| | I | II |
|-------|-----|-----|
| TP | 84 | 33 |
| TC | 43 | 102 |
| TNC | 53 | 45 |
| Total | 180 | 180 |

Fuente: Propia

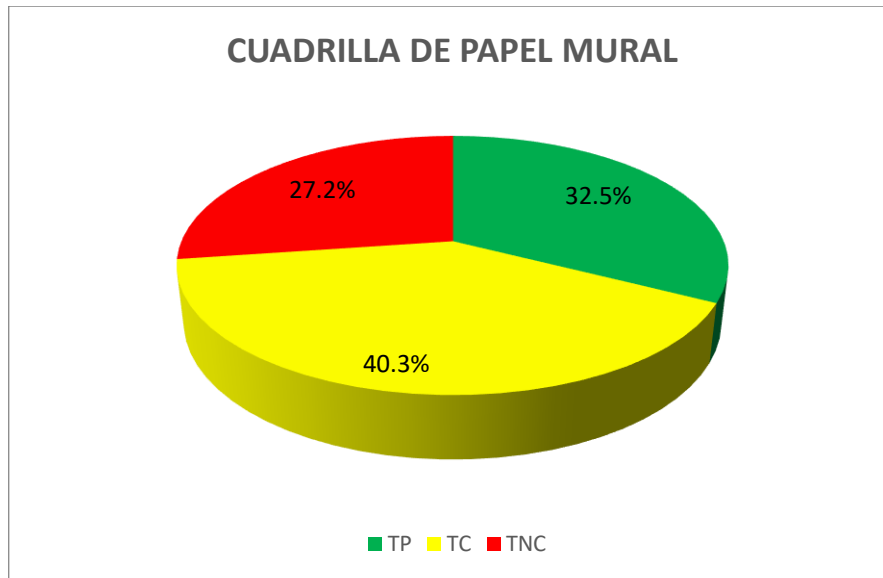


Figura N°33: Gráfico de distribución de tiempo de papel mural

Fuente: Propia

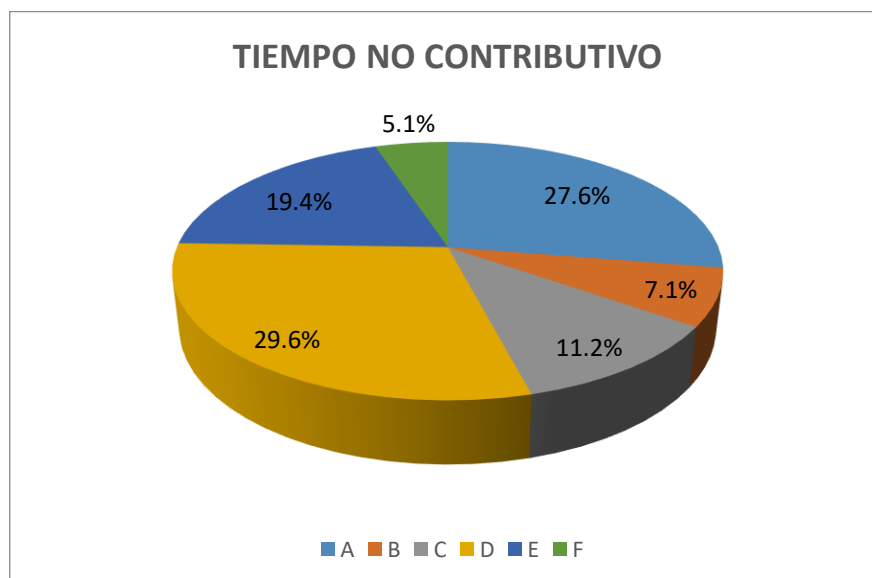


Figura N°34: Gráfico de distribución de tiempo no contributivo de papel mural

Fuente: Propia

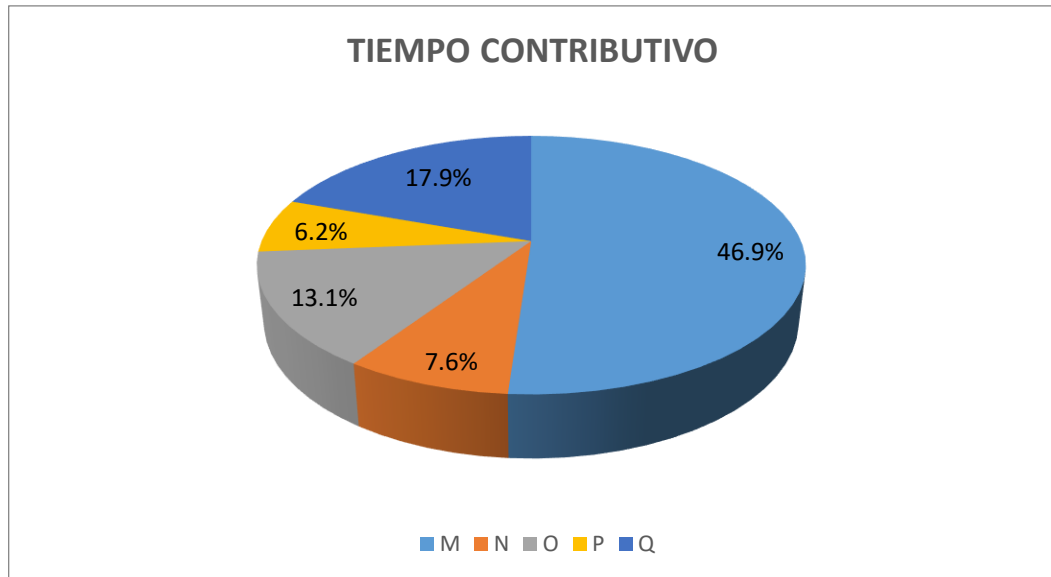


Figura N°35: Gráfico de distribución de tiempo contributivo de papel mural

Fuente: Propia

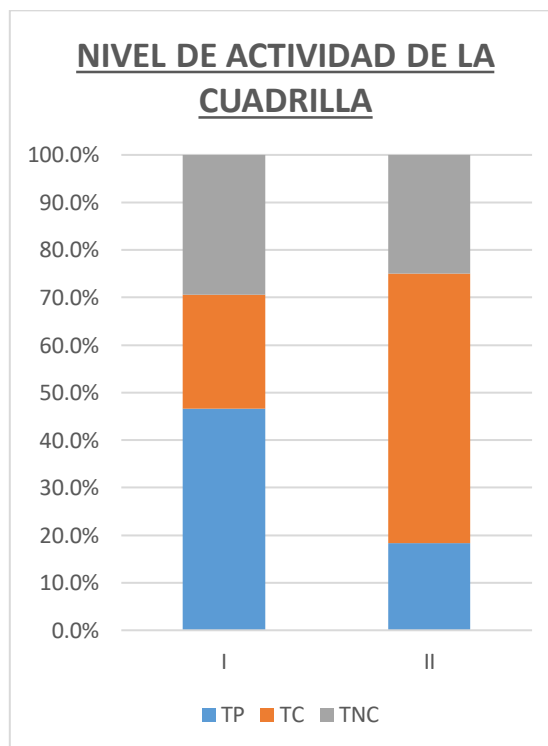


Figura N° 36: Distribución de tiempo por obrero en papel mural

Fuente: Propia

Observaciones y análisis:

- La cuadrilla analizada muestra que se emplea un 32.5% en labores productivas (tiempo productivo), 40.3% en labores de apoyo (tiempo contributivo).
- Respecto del tiempo contributivo, se emplea 46.9% para cortar el papel mural. Para optimizar el tiempo, y ya que las medidas de que cortaban eran típicas como de 2.45 metros (altura entrepiso), 2.15 metros (altura desde piso a parte inferior de vigas) y 0.45 m (altura de viga+ ancho de viga cubierta con papel); en la mesa que medía 3 metros de largo que se utilizaba para los cortes, se hicieron marcas de las medidas típicas que se utilizaron, así resultaba más sencillo y se optimizó el tiempo usado en cortar el papel.
- Ya que el tiempo no contributivo representa el 27.2%, este tiempo es en gran parte aportado por el peón (descanso y tiempo ocio), esto quiere decir que el peón desperdicia gran cantidad del tiempo que trabaja, para optimizar este proceso se necesita que el peón ocupe la mayor cantidad de su tiempo en actividades contributivas, debido a esto se asignó 1 peón a 2 operarios.
- Sobre el tiempo no contributivo de la cuadrilla, según la figura N°33 el mayor porcentaje es el descanso (29.6% del tiempo no contributivo), por lo cual se realizó un control más estricto y se exigió más a los obreros para lograr mayor eficiencia.

Carta Balance de Piso Laminado

La cuadrilla analizada estaba conformada por dos operarios y un peón, el tiempo que se analizó fue de 180 minutos, y la frecuencia de los datos tomados fue de un minuto.

Tabla N°28: Datos de cuadrilla de piso laminado

| | ACTIVIDAD | TIPO DE RECURSO | NOMBRE |
|------------|---------------|-----------------|------------------|
| RECUSO I | PISO LAMINADO | OP | Demetrio Suclupe |
| RECUSO II | PISO LAMINADO | OP | Ismael Suclupe |
| RECUSO III | PISO LAMINADO | PE | Wilder Guerrero |

Fuente: Propia

Tabla N°29: Clasificación de trabajo para piso laminado

| v | | |
|---|-------------------------|------------|
| A | Conversar o tiempo ocio | TNC |
| B | Esperar | |
| C | Ir al SSHH | |
| D | Descansar | |
| E | Rehacer Trabajo | |
| F | Otros | |
| G | Colocación pieza | TP |
| H | Colocación espuma | |
| I | Nivelación | |
| M | Corte de pieza | TC |
| N | Transporte materiales | |
| O | Limpieza del área | |
| P | Medir | |
| Q | Instrucciones | |

Fuente: Propia

Tabla N°30: Resultado de toma de datos de piso laminado

| | I | II | III | Total |
|-------|-----|-----|-----|-------|
| A | 6 | 3 | 7 | 16 |
| B | 1 | 1 | 3 | 5 |
| C | 7 | 8 | 10 | 25 |
| D | 23 | 19 | 20 | 62 |
| E | 12 | 9 | 4 | 25 |
| F | 0 | 4 | 1 | 5 |
| G | 53 | 56 | 6 | 115 |
| H | 15 | 14 | 15 | 44 |
| I | 9 | 9 | 2 | 20 |
| M | 30 | 31 | 23 | 84 |
| N | 1 | 0 | 65 | 66 |
| O | 3 | 5 | 13 | 21 |
| P | 13 | 15 | 11 | 39 |
| Q | 7 | 6 | 0 | 13 |
| Total | 180 | 180 | 180 | 540 |

Fuente: Propia

Tabla N°31: Cuadro de resumen por cuadrilla de piso laminado

| | I | II | III |
|-------|-----|-----|-----|
| TP | 77 | 79 | 23 |
| TC | 54 | 57 | 112 |
| TNC | 49 | 44 | 45 |
| Total | 180 | 180 | 180 |

Fuente: Propia

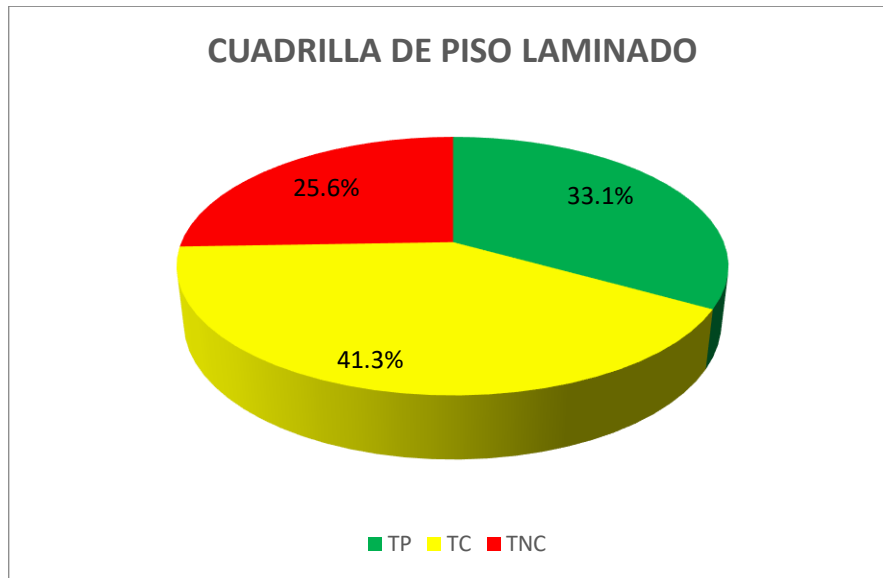


Figura N°37: Gráfico de distribución de tiempo de piso laminado

Fuente: Propia

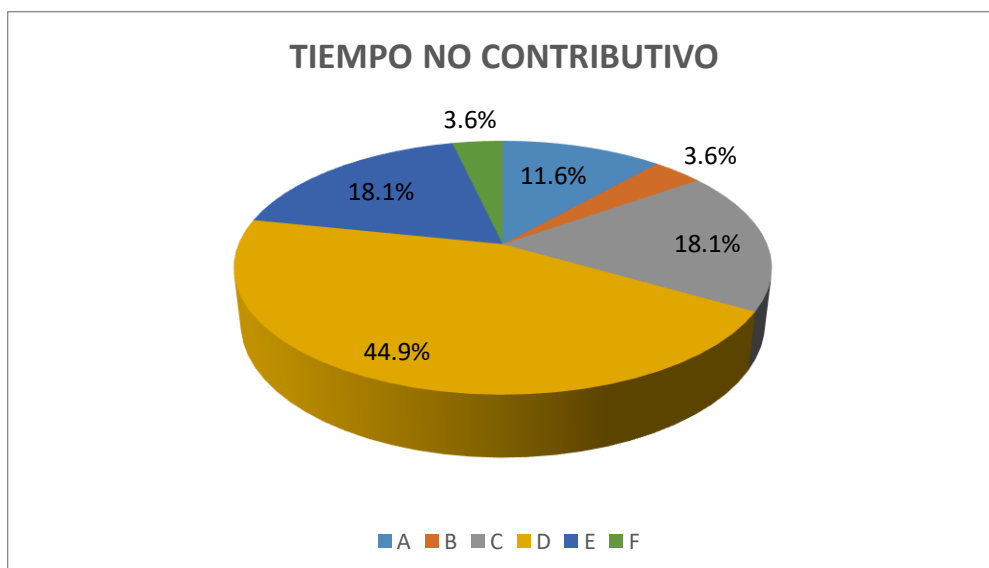


Figura N°38: Gráfico de distribución de tiempo no contributivo de piso laminado

Fuente: Propia

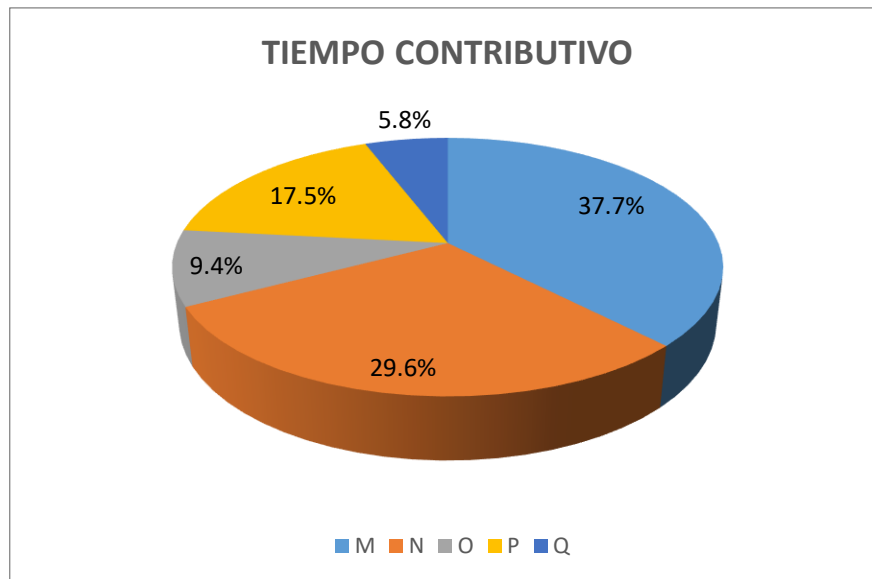


Figura N°39: Gráfico de distribución de tiempo contributivo de piso laminado

Fuente: Propia

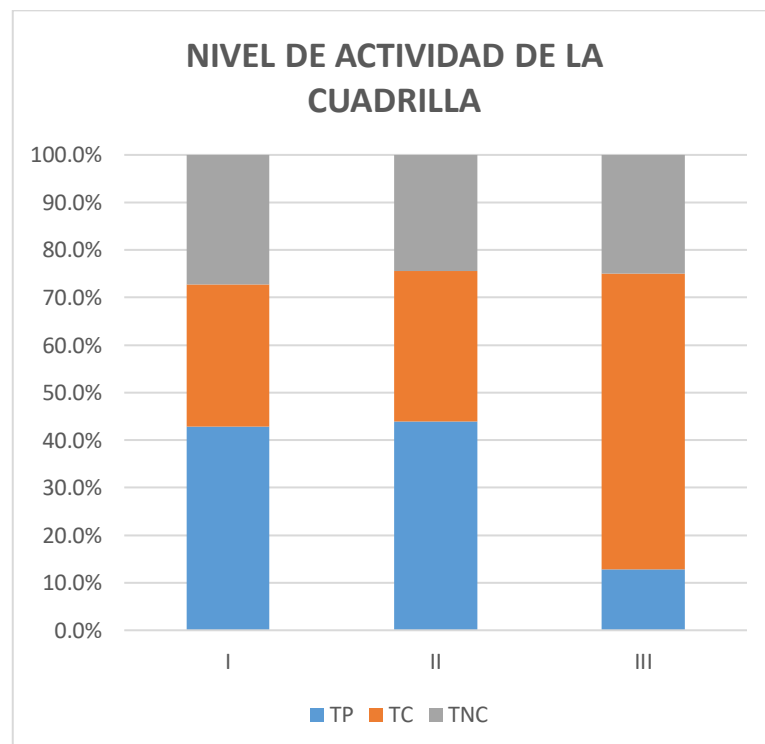


Figura N°40: Distribución de tiempo por obrero en piso laminado

Fuente: Propia

Observaciones y análisis:

- La cuadrilla analizada muestra que se emplea un 33.1% en labores productivas (tiempo productivo), 41.3% en labores de apoyo (tiempo contributivo).
- Respecto del tiempo contributivo, se emplea 29.6% para el transporte de materiales, ya que los datos se tomaron cuando se encontraban en el 4to piso el piso laminado se encontraba en el almacén principal que estaba ubicado en el primer sótano, el material tenía que llevarse por las escaleras ya que el monomástil que se tenía para el transporte de materiales no estaba disponible debido a una falla eléctrica, y el ascensor todavía no se encontraba operativo.
- Para optimizar el tiempo en transporte de materiales, primero se reparó el monomástil y luego se utilizó más peones para la repartición de cajas de piso laminado en cada piso según el total de metrado de cada piso. Adicionalmente a eso se utilizó la torre grúa del proyecto vecino que también era construido por la misma empresa, en los momentos que no estaba siendo utilizada para el transporte de las cajas de piso laminado.
- Sobre el tiempo no contributivo de la cuadrilla, según la figura N°37 el mayor porcentaje es el descanso (44.9% del tiempo no contributivo), por lo cual se realizó un control más estricto y se exigió más a los obreros para lograr mayor eficiencia.

CONCLUSIONES

- Se demostró que la aplicación de herramientas Lean Construction ayudan a la mejora de la productividad en partidas de la etapa de acabados para en un proyecto inmobiliario.
- La aplicación del Last Planner System mejoró el cumplimiento de la programación y ejecución de las partidas, ya que gracias a la metodología que propone y a las reuniones semanales donde se elabora el análisis de restricciones y se propone soluciones para el levantamiento de dichas restricciones; el PPC aumentó hasta un máximo de 82% y luego se mantuvo cerca de ese valor.
- Las cuadrillas se especializan con el paso del tiempo, como se puede apreciar en las gráficas de las curvas de productividad, a medida que transcurre el tiempo la productividad de las cuadrillas aumenta, ya que la curva azul va decreciendo (menor gasto de horas hombre).
- La aplicación de las cartas balance, ha permitido identificar algunas pérdidas que se generan en los procesos constructivos, como por ejemplo el transporte de los materiales a un piso alto cuando no se contaba con mono mástil demandó muchas horas hombre, o también como el transporte de agua para la mezcla de pegamento para enchapes.
- Se pudo identificar y levantar las restricciones que se generaban a lo largo de la obra, que aunque no todas las restricciones se levantaban en el plazo establecido ayudaron a la mejora de la programación.
- Es necesario realizar la medición de la productividad de los obreros diariamente, ya que así se puede analizar e identificar las causas de aquellos obreros cuyo rendimiento está por debajo del promedio, minimizando pérdidas.

RECOMENDACIONES

- Los rendimientos de las cuadrillas obtenidas del campo, sirven para tener en cuenta para elaborar el presupuesto de otro proyecto, ya que son datos más confiables.
- Se recomienda que para la mejora de la programación se pueda tener completa la mayor parte de documentación (planos, especificaciones técnicas, memorias descriptivas, etc), ya que a veces la ausencia de estos documentos causa retrasos en obra.
- En el tareo diario, se podría agregar una columna más al formato en el cual indique el ambiente específico (baño, sala, dormitorios, etc) en donde se desarrolla la actividad, ya que así tendremos un reporte en el cual nos indique en qué ambientes en específicos la productividad es menor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chávez Espinoza, Jhonny. De la Cruz Aquije, Christian. “Aplicación de la Filosofía Lean Construction en una obra de edificación”. Tesis para Optar al Título Profesional de Ingeniero Civil; Universidad San Martín de Porres; Lima, 2014.
- Cisneros Vela, Liliana. “Metodología para la reducción de pérdidas en la etapa de la ejecución de un proyecto de construcción”. Tesis; Universidad Nacional Autónoma de México; Mexico, 2011.
- Figueroa Pacheco, Renzo. Tolmos Nehme, Marcos. “Aplicación de herramientas lean construcción para mejorar los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en el sector económico A/B en Lima”. Tesis para Optar al Título Profesional de Ingeniero Civil; Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; Lima, 2014.
- Ghio Castillo, Virgilio. “Productividad en obras de construcción”. Fondo Editorial; PUCP; Lima, 2001.
- Guzmán Tejada, Abner. “Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos”. Tesis; PUCP; Lima, 2014.
- Koskela, Lauri. “Application of the new production philosophy to construction”. Thesis; Stanford University; California, 1992.
- Picchi, Flavio. “Sistemas de calidad: Uso en empresas constructoras de edificios”. Tesis; Sao Paulo, 1993.
- Rojas Orellana, Iván. “Construcción de las Nuevas unidades de atención del Hospital San José de Chíncha enfocado al estudio de Lean Construction”. Tesis para Optar al Título Profesional de Ingeniero Civil; Universidad Nacional de Ingeniería; Lima, 2008.
- Serpell, Alfredo. “Administración de operaciones de construcción”. Alfa Omega Grupo Editor; México, 2002.
- Serpell, Alfredo. “Administración de operaciones de construcción”. Alfa Omega Grupo Editor; México, 2002.
- Skoyles, Edward. “Waste and the estimator. Chartered Institute of Building”. England, 1982.

ANEXOS

ANEXO 1

Toma de datos: Carta Balance Datos Zócalo de Baño

| | I | II | III | IV | V | VI |
|----|---|----|-----|----|---|----|
| 1 | O | Q | N | | | |
| 2 | O | Q | N | | | |
| 3 | Q | Q | N | | | |
| 4 | Q | Q | N | | | |
| 5 | Q | O | N | | | |
| 6 | Q | H | N | | | |
| 7 | J | H | D | | | |
| 8 | J | A | Q | | | |
| 9 | H | G | Q | | | |
| 10 | H | G | O | | | |
| 11 | G | D | O | | | |
| 12 | G | K | A | | | |
| 13 | A | G | N | | | |
| 14 | G | G | N | | | |
| 15 | G | D | N | | | |
| 16 | D | E | N | | | |
| 17 | E | G | D | | | |
| 18 | H | J | N | | | |
| 19 | H | G | N | | | |
| 20 | H | D | N | | | |
| 21 | D | K | N | | | |
| 22 | J | J | N | | | |
| 23 | H | G | N | | | |
| 24 | M | G | D | | | |
| 25 | M | A | O | | | |
| 26 | K | J | C | | | |
| 27 | O | H | C | | | |
| 28 | D | H | C | | | |
| 29 | H | G | C | | | |
| 30 | H | G | O | | | |
| 31 | A | D | O | | | |
| 32 | G | K | O | | | |
| 33 | E | J | D | | | |
| 34 | G | G | N | | | |
| 35 | G | D | N | | | |
| 36 | D | G | N | | | |
| 37 | K | G | N | | | |

| | I | II | III | IV | V | VI |
|----|---|----|-----|----|---|----|
| 38 | G | E | N | | | |
| 39 | G | D | N | | | |
| 40 | D | K | N | | | |
| 41 | K | J | R | | | |
| 42 | G | G | R | | | |
| 43 | G | G | D | | | |
| 44 | D | E | A | | | |
| 45 | E | A | A | | | |
| 46 | G | K | N | | | |
| 47 | J | J | N | | | |
| 48 | G | G | N | | | |
| 49 | R | G | N | | | |
| 50 | R | E | N | | | |
| 51 | G | D | N | | | |
| 52 | G | K | N | | | |
| 53 | D | J | N | | | |
| 54 | A | P | D | | | |
| 55 | J | P | A | | | |
| 56 | H | M | Q | | | |
| 57 | H | M | Q | | | |
| 58 | A | G | Q | | | |
| 59 | G | G | Q | | | |
| 60 | G | G | D | | | |
| 61 | D | E | N | | | |
| 62 | K | D | N | | | |
| 63 | G | K | N | | | |
| 64 | G | J | N | | | |
| 65 | D | H | N | | | |
| 66 | E | H | N | | | |
| 67 | G | C | R | | | |
| 68 | J | C | R | | | |
| 69 | G | C | D | | | |
| 70 | D | C | A | | | |
| 71 | K | C | F | | | |
| 72 | J | C | N | | | |
| 73 | G | G | N | | | |
| 74 | G | E | N | | | |
| 75 | A | G | N | | | |
| 76 | J | G | N | | | |
| 77 | H | D | D | | | |
| 78 | H | K | D | | | |
| 79 | A | G | O | | | |

| | I | II | III | IV | V | VI |
|-----|---|----|-----|----|---|----|
| 80 | C | G | O | | | |
| 81 | C | D | O | | | |
| 82 | C | K | O | | | |
| 83 | C | G | O | | | |
| 84 | C | G | D | | | |
| 85 | G | D | A | | | |
| 86 | G | E | N | | | |
| 87 | P | G | N | | | |
| 88 | M | J | N | | | |
| 89 | M | G | N | | | |
| 90 | M | R | D | | | |
| 91 | G | R | Q | | | |
| 92 | G | G | Q | | | |
| 93 | R | G | O | | | |
| 94 | R | D | O | | | |
| 95 | E | A | A | | | |
| 96 | K | J | N | | | |
| 97 | J | H | N | | | |
| 98 | Q | H | N | | | |
| 99 | Q | A | N | | | |
| 100 | Q | G | D | | | |
| 101 | Q | G | N | | | |
| 102 | D | D | N | | | |
| 103 | A | K | N | | | |
| 104 | H | G | N | | | |
| 105 | H | G | N | | | |
| 106 | F | G | N | | | |
| 107 | F | G | D | | | |
| 108 | F | D | R | | | |
| 109 | G | K | R | | | |
| 110 | G | G | A | | | |
| 111 | D | G | Q | | | |
| 112 | K | D | Q | | | |
| 113 | J | K | Q | | | |
| 114 | G | G | Q | | | |
| 115 | D | G | D | | | |
| 116 | G | D | N | | | |
| 117 | G | E | N | | | |
| 118 | E | G | N | | | |
| 119 | D | J | N | | | |
| 120 | K | G | N | | | |
| 121 | J | Q | D | | | |

| | I | II | III | IV | V | VI |
|-----|---|----|-----|----|---|----|
| 122 | P | Q | A | | | |
| 123 | M | Q | R | | | |
| 124 | M | Q | P | | | |
| 125 | M | Q | M | | | |
| 126 | G | A | M | | | |
| 127 | G | A | M | | | |
| 128 | E | D | M | | | |
| 129 | A | P | D | | | |
| 130 | K | P | A | | | |
| 131 | J | M | N | | | |
| 132 | G | M | N | | | |
| 133 | G | G | N | | | |
| 134 | E | G | N | | | |
| 135 | D | G | N | | | |
| 136 | K | E | N | | | |
| 137 | J | E | N | | | |
| 138 | P | D | N | | | |
| 139 | P | K | D | | | |
| 140 | M | J | A | | | |
| 141 | M | H | R | | | |
| 142 | G | H | N | | | |
| 143 | G | A | N | | | |
| 144 | G | G | N | | | |
| 145 | E | G | N | | | |
| 146 | D | E | N | | | |
| 147 | K | K | N | | | |
| 148 | J | J | N | | | |
| 149 | H | G | N | | | |
| 150 | H | G | N | | | |
| 151 | A | D | D | | | |
| 152 | G | D | R | | | |
| 153 | G | K | N | | | |
| 154 | E | J | N | | | |
| 155 | K | G | N | | | |
| 156 | J | G | N | | | |
| 157 | D | A | N | | | |
| 158 | P | J | N | | | |
| 159 | M | H | D | | | |
| 160 | M | H | D | | | |
| 161 | D | D | P | | | |
| 162 | G | G | M | | | |
| 163 | G | G | M | | | |

| | I | II | III | IV | V | VI |
|-----|---|----|-----|----|---|----|
| 164 | G | G | M | | | |
| 165 | D | E | D | | | |
| 166 | K | E | O | | | |
| 167 | J | K | O | | | |
| 168 | P | J | D | | | |
| 169 | M | J | N | | | |
| 170 | M | G | N | | | |
| 171 | M | D | N | | | |
| 172 | D | K | N | | | |
| 173 | G | J | N | | | |
| 174 | G | G | N | | | |
| 175 | E | G | D | | | |
| 176 | K | A | A | | | |
| 177 | J | A | C | | | |
| 178 | H | P | C | | | |
| 179 | H | M | R | | | |
| 180 | D | M | P | | | |

Toma de datos: Carta Balance Datos de Papel Mural

| | I | II | III | IV | V | VI |
|----|---|----|-----|----|---|----|
| 1 | Q | Q | | | | |
| 2 | Q | Q | | | | |
| 3 | Q | Q | | | | |
| 4 | M | Q | | | | |
| 5 | M | Q | | | | |
| 6 | Q | Q | | | | |
| 7 | Q | Q | | | | |
| 8 | A | A | | | | |
| 9 | Q | M | | | | |
| 10 | Q | C | | | | |
| 11 | M | C | | | | |
| 12 | M | C | | | | |
| 13 | M | C | | | | |
| 14 | M | C | | | | |
| 15 | A | N | | | | |
| 16 | M | N | | | | |
| 17 | A | O | | | | |
| 18 | M | O | | | | |
| 19 | H | O | | | | |
| 20 | H | O | | | | |
| 21 | H | D | | | | |

| | I | II | III | IV | V | VI |
|----|---|----|-----|----|---|----|
| 22 | H | O | | | | |
| 23 | H | O | | | | |
| 24 | D | O | | | | |
| 25 | M | M | | | | |
| 26 | M | M | | | | |
| 27 | M | M | | | | |
| 28 | M | M | | | | |
| 29 | A | M | | | | |
| 30 | M | M | | | | |
| 31 | M | D | | | | |
| 32 | M | M | | | | |
| 33 | M | P | | | | |
| 34 | D | M | | | | |
| 35 | H | M | | | | |
| 36 | H | M | | | | |
| 37 | E | D | | | | |
| 38 | H | M | | | | |
| 39 | H | P | | | | |
| 40 | H | M | | | | |
| 41 | O | M | | | | |
| 42 | O | D | | | | |
| 43 | D | D | | | | |
| 44 | G | M | | | | |
| 45 | G | M | | | | |
| 46 | G | M | | | | |
| 47 | G | H | | | | |
| 48 | E | H | | | | |
| 49 | G | E | | | | |
| 50 | D | H | | | | |
| 51 | A | B | | | | |
| 52 | R | R | | | | |
| 53 | R | R | | | | |
| 54 | R | R | | | | |
| 55 | A | A | | | | |
| 56 | G | H | | | | |
| 57 | G | H | | | | |
| 58 | G | H | | | | |
| 59 | G | M | | | | |
| 60 | B | M | | | | |
| 61 | G | M | | | | |
| 62 | G | D | | | | |
| 63 | G | M | | | | |

| | I | II | III | IV | V | VI |
|-----|---|----|-----|----|---|----|
| 64 | E | P | | | | |
| 65 | D | M | | | | |
| 66 | G | M | | | | |
| 67 | G | D | | | | |
| 68 | G | H | | | | |
| 69 | G | H | | | | |
| 70 | E | H | | | | |
| 71 | G | P | | | | |
| 72 | G | M | | | | |
| 73 | G | M | | | | |
| 74 | A | A | | | | |
| 75 | D | A | | | | |
| 76 | G | A | | | | |
| 77 | G | H | | | | |
| 78 | G | H | | | | |
| 79 | C | H | | | | |
| 80 | C | H | | | | |
| 81 | C | E | | | | |
| 82 | C | D | | | | |
| 83 | C | H | | | | |
| 84 | C | H | | | | |
| 85 | G | H | | | | |
| 86 | G | O | | | | |
| 87 | G | O | | | | |
| 88 | E | O | | | | |
| 89 | G | O | | | | |
| 90 | G | D | | | | |
| 91 | A | A | | | | |
| 92 | G | M | | | | |
| 93 | G | M | | | | |
| 94 | G | M | | | | |
| 95 | E | E | | | | |
| 96 | G | M | | | | |
| 97 | G | P | | | | |
| 98 | D | M | | | | |
| 99 | G | F | | | | |
| 100 | G | N | | | | |
| 101 | G | N | | | | |
| 102 | E | N | | | | |
| 103 | G | N | | | | |
| 104 | F | N | | | | |
| 105 | G | A | | | | |

| | I | II | III | IV | V | VI |
|-----|---|----|-----|----|---|----|
| 106 | G | H | | | | |
| 107 | G | H | | | | |
| 108 | E | H | | | | |
| 109 | G | D | | | | |
| 110 | G | H | | | | |
| 111 | G | H | | | | |
| 112 | E | D | | | | |
| 113 | D | M | | | | |
| 114 | G | M | | | | |
| 115 | G | A | | | | |
| 116 | G | M | | | | |
| 117 | E | M | | | | |
| 118 | G | D | | | | |
| 119 | A | O | | | | |
| 120 | G | O | | | | |
| 121 | G | O | | | | |
| 122 | F | H | | | | |
| 123 | G | H | | | | |
| 124 | E | H | | | | |
| 125 | G | D | | | | |
| 126 | G | N | | | | |
| 127 | E | N | | | | |
| 128 | A | A | | | | |
| 129 | Q | Q | | | | |
| 130 | Q | Q | | | | |
| 131 | Q | Q | | | | |
| 132 | Q | Q | | | | |
| 133 | F | D | | | | |
| 134 | Q | Q | | | | |
| 135 | Q | Q | | | | |
| 136 | A | A | | | | |
| 137 | M | N | | | | |
| 138 | M | N | | | | |
| 139 | M | D | | | | |
| 140 | G | M | | | | |
| 141 | G | P | | | | |
| 142 | G | M | | | | |
| 143 | A | D | | | | |
| 144 | R | R | | | | |
| 145 | R | R | | | | |
| 146 | R | R | | | | |
| 147 | A | H | | | | |

| | I | II | III | IV | V | VI |
|-----|---|----|-----|----|---|----|
| 148 | G | H | | | | |
| 149 | G | A | | | | |
| 150 | G | H | | | | |
| 151 | G | H | | | | |
| 152 | G | M | | | | |
| 153 | E | P | | | | |
| 154 | A | M | | | | |
| 155 | G | B | | | | |
| 156 | G | M | | | | |
| 157 | G | P | | | | |
| 158 | G | M | | | | |
| 159 | E | D | | | | |
| 160 | B | M | | | | |
| 161 | F | M | | | | |
| 162 | G | M | | | | |
| 163 | G | D | | | | |
| 164 | G | M | | | | |
| 165 | G | B | | | | |
| 166 | E | M | | | | |
| 167 | G | A | | | | |
| 168 | G | H | | | | |
| 169 | G | P | | | | |
| 170 | E | H | | | | |
| 171 | B | H | | | | |
| 172 | G | B | | | | |
| 173 | G | M | | | | |
| 174 | G | M | | | | |
| 175 | G | M | | | | |
| 176 | D | A | | | | |
| 177 | O | D | | | | |
| 178 | O | M | | | | |
| 179 | O | H | | | | |
| 180 | D | H | | | | |

Toma de datos: Carta Balance Datos de Piso Laminado

| | I | II | III | IV | V | VI |
|---|---|----|-----|----|---|----|
| 1 | P | G | N | | | |
| 2 | G | G | N | | | |
| 3 | G | D | N | | | |
| 4 | M | G | C | | | |
| 5 | M | F | C | | | |

| | I | II | III | IV | V | VI |
|----|---|----|-----|----|---|----|
| 6 | C | P | C | | | |
| 7 | C | M | C | | | |
| 8 | C | G | C | | | |
| 9 | C | O | N | | | |
| 10 | M | O | N | | | |
| 11 | G | G | O | | | |
| 12 | G | G | O | | | |
| 13 | M | D | O | | | |
| 14 | A | G | O | | | |
| 15 | D | G | O | | | |
| 16 | G | G | O | | | |
| 17 | P | P | A | | | |
| 18 | A | M | N | | | |
| 19 | N | M | N | | | |
| 20 | P | M | N | | | |
| 21 | M | M | N | | | |
| 22 | H | D | H | | | |
| 23 | H | H | H | | | |
| 24 | H | F | E | | | |
| 25 | D | H | H | | | |
| 26 | H | H | H | | | |
| 27 | H | H | D | | | |
| 28 | H | E | H | | | |
| 29 | A | H | H | | | |
| 30 | H | H | H | | | |
| 31 | H | H | H | | | |
| 32 | H | H | H | | | |
| 33 | H | D | H | | | |
| 34 | E | H | H | | | |
| 35 | H | H | H | | | |
| 36 | H | H | D | | | |
| 37 | H | H | H | | | |
| 38 | H | H | H | | | |
| 39 | H | H | H | | | |
| 40 | A | A | A | | | |
| 41 | O | O | N | | | |
| 42 | O | O | N | | | |
| 43 | O | O | N | | | |
| 44 | D | D | N | | | |
| 45 | D | D | N | | | |
| 46 | D | M | D | | | |
| 47 | Q | Q | N | | | |

| | I | II | III | IV | V | VI |
|----|---|----|-----|----|---|----|
| 48 | Q | Q | N | | | |
| 49 | Q | Q | N | | | |
| 50 | Q | F | N | | | |
| 51 | Q | Q | N | | | |
| 52 | P | P | N | | | |
| 53 | M | M | D | | | |
| 54 | G | G | N | | | |
| 55 | G | G | N | | | |
| 56 | I | P | N | | | |
| 57 | D | D | N | | | |
| 58 | D | D | N | | | |
| 59 | G | M | N | | | |
| 60 | G | M | N | | | |
| 61 | G | C | A | | | |
| 62 | M | C | D | | | |
| 63 | M | C | N | | | |
| 64 | M | C | N | | | |
| 65 | D | C | N | | | |
| 66 | G | M | N | | | |
| 67 | E | M | N | | | |
| 68 | G | I | N | | | |
| 69 | A | A | N | | | |
| 70 | P | G | N | | | |
| 71 | M | G | D | | | |
| 72 | M | G | A | | | |
| 73 | M | D | N | | | |
| 74 | D | P | N | | | |
| 75 | G | M | N | | | |
| 76 | G | M | N | | | |
| 77 | E | M | N | | | |
| 78 | G | I | N | | | |
| 79 | G | E | N | | | |
| 80 | I | G | D | | | |
| 81 | D | G | B | | | |
| 82 | Q | Q | N | | | |
| 83 | Q | Q | N | | | |
| 84 | E | G | N | | | |
| 85 | G | G | N | | | |
| 86 | G | G | N | | | |
| 87 | G | E | N | | | |
| 88 | G | I | D | | | |
| 89 | D | G | N | | | |

| | I | II | III | IV | V | VI |
|-----|---|----|-----|----|---|----|
| 90 | M | G | N | | | |
| 91 | M | G | N | | | |
| 92 | G | G | N | | | |
| 93 | I | P | N | | | |
| 94 | G | P | B | | | |
| 95 | P | M | N | | | |
| 96 | D | M | N | | | |
| 97 | M | M | N | | | |
| 98 | M | E | N | | | |
| 99 | G | G | N | | | |
| 100 | G | G | B | | | |
| 101 | E | I | P | | | |
| 102 | G | G | P | | | |
| 103 | E | G | P | | | |
| 104 | G | D | M | | | |
| 105 | D | M | M | | | |
| 106 | B | M | D | | | |
| 107 | I | G | M | | | |
| 108 | G | G | E | | | |
| 109 | G | G | M | | | |
| 110 | E | P | D | | | |
| 111 | D | D | F | | | |
| 112 | P | M | N | | | |
| 113 | P | I | N | | | |
| 114 | M | G | N | | | |
| 115 | M | G | N | | | |
| 116 | M | E | N | | | |
| 117 | M | G | N | | | |
| 118 | E | G | N | | | |
| 119 | D | G | D | | | |
| 120 | G | D | D | | | |
| 121 | G | B | A | | | |
| 122 | G | G | P | | | |
| 123 | G | G | P | | | |
| 124 | D | G | P | | | |
| 125 | I | D | M | | | |
| 126 | G | D | M | | | |
| 127 | G | P | E | | | |
| 128 | G | P | M | | | |
| 129 | D | F | M | | | |
| 130 | D | M | C | | | |
| 131 | D | M | C | | | |

| | I | II | III | IV | V | VI |
|-----|---|----|-----|----|---|----|
| 132 | G | M | C | | | |
| 133 | G | A | C | | | |
| 134 | E | D | C | | | |
| 135 | G | I | O | | | |
| 136 | G | G | O | | | |
| 137 | E | G | O | | | |
| 138 | P | G | O | | | |
| 139 | M | D | O | | | |
| 140 | M | G | O | | | |
| 141 | M | G | O | | | |
| 142 | D | P | D | | | |
| 143 | G | P | P | | | |
| 144 | G | C | M | | | |
| 145 | I | C | E | | | |
| 146 | G | C | M | | | |
| 147 | G | M | M | | | |
| 148 | D | D | A | | | |
| 149 | P | M | M | | | |
| 150 | M | M | M | | | |
| 151 | M | G | M | | | |
| 152 | M | I | D | | | |
| 153 | G | G | D | | | |
| 154 | I | G | P | | | |
| 155 | G | E | P | | | |
| 156 | G | G | D | | | |
| 157 | D | G | M | | | |
| 158 | C | P | M | | | |
| 159 | C | P | M | | | |
| 160 | C | M | A | | | |
| 161 | G | M | G | | | |
| 162 | G | M | G | | | |
| 163 | I | G | G | | | |
| 164 | P | G | I | | | |
| 165 | P | I | D | | | |
| 166 | M | G | P | | | |
| 167 | M | E | M | | | |
| 168 | M | D | M | | | |
| 169 | A | G | M | | | |
| 170 | G | G | D | | | |
| 171 | E | G | G | | | |
| 172 | G | P | G | | | |
| 173 | G | M | I | | | |

| | I | II | III | IV | V | VI |
|-----|---|----|-----|----|---|----|
| 174 | I | E | G | | | |
| 175 | D | M | D | | | |
| 176 | E | G | D | | | |
| 177 | G | G | P | | | |
| 178 | G | I | M | | | |
| 179 | P | E | M | | | |
| 180 | M | D | M | | | |