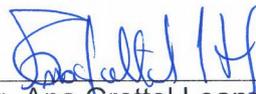


CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Ana Grettel Leandro Hernández, Ing. Miguel Artavia Alvarado, Ing. Sonia Vargas Calderón, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



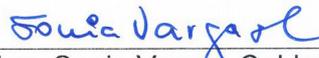
Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director



Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.
Profesor Guía



Ing. Miguel Artavia Alvarado.
Profesor Lector



Ing. Sonia Vargas Calderón.
Profesora Observadora

Aplicación de la filosofía LEAN en la construcción del centro comercial Zona Centro



Abstract

This project aims to optimize the use of financial, human, material and financial resources in the construction of Zona Centro Mall made by EDIFICAR company, applying the LEAN philosophy.

A review of information pertaining to the company on planning and productivity aspects was performed. Also, the tools used by the company for control of these aspects were applied during the execution of this construction project.

Last Planner tool is used for planning control and Activities Information System, work sampling and five minutes rating are used for productivity measurement and then a comparison between the results obtained through these techniques application is made.

Also, an interview was done and it was focused on workers productivity during job time, in order to identify improvements in this aspect.

Applying the techniques and tools mentioned in this work, in result, improvement opportunities were identified on construction processes.

This paper concludes that using techniques of productivity measuring and tools for planning control is possible to build projects based on LEAN philosophy of continuous process improvement and resources optimization.

Key words: LEAN philosophy Analysis, Productivity, Planning, Improvement Opportunities, Construction Processes.

Resumen

Este trabajo pretende optimizar el uso de los recursos económicos, humanos, materiales y financieros en la construcción del centro comercial Zona Centro realizado por la empresa Edificar, mediante la aplicación de la filosofía LEAN.

Para esto se realizó una revisión de la información perteneciente a la empresa en aspectos de planeación y productividad. Además, se identificaron las herramientas utilizadas por la empresa para el control de estos aspectos, que luego fueron aplicados durante la ejecución de la obra.

Se tiene el *Last Planner* utilizado para el control de la planeación, la técnica del Sistema de Información de Actividades (SINA), *work sampling* y *five minutes rating* para la medición de la productividad, a las cuales se les realizó una comparación en los resultados obtenidos mediante su aplicación.

Así mismo, se realizó una entrevista a los trabajadores enfocada a la productividad durante la construcción, con el objetivo de identificar mejoras en este aspecto.

Mediante la aplicación de las técnicas y herramientas mencionadas, se obtuvo como resultado la identificación de oportunidades de mejora de los procesos constructivos.

Con este trabajo se concluye que mediante la aplicación de técnicas de medición de productividad y herramientas para el control de la planeación es posible realizar proyectos de construcción con un enfoque basado en la filosofía LEAN de mejora continua de los procesos y las optimización de los recursos.

Palabras claves: Filosofía LEAN, Productividad, Planeación, Oportunidades de Mejora, Procesos Constructivos.

Aplicación de la filosofía LEAN en la construcción del centro comercial Zona Centro

LUIS FERNANDO PICADO MARCHENA

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Julio del 2015

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio	1	Entrevista.....	38
Resumen ejecutivo	2	Propuestas de mejora.....	41
Introducción	4	Análisis de resultados	43
Marco teórico	6	Conclusiones y recomendaciones	52
Filosofía LEAN.....	6	Conclusiones	52
Ventajas	6	Recomendaciones	54
Planeación	6	Apéndices	¡Error! Marcador no definido.
Software	9	Anexos	¡Error! Marcador no definido.
Last Planner.....	10	Referencias	¡Error! Marcador no definido.
Productividad.....	16		
Medida de productividad	16		
Factores que afectan la productividad	19		
Ventajas	19		
Oportunidades de mejora	20		
Metodología	21		
Estudio de la documentación.....	21		
Aplicación de la filosofía LEAN.....	21		
Medida de productividad	22		
Análisis y comparación	23		
Propuesta de mejora	23		
Resultados	24		
Filosofía LEAN.....	24		
Planeación	24		
Last Planner.....	24		
Gráfico del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC).....	25		
Gráfico de Causas de No Cumplimiento....	26		
Productividad.....	26		
Sistema de Información de Actividades	27		
Work Sampling	27		
Five Minutes Rating.....	31		

Prefacio

Las inversiones y consecuentemente el desarrollo del sector construcción en el país ha sufrido un descenso considerable durante los últimos años. A pesar de esto se da la aparición de nuevas empresas constructoras que han creado a través del tiempo un mercado más competitivo a la hora de participar por la adjudicación de un proyecto, esto ha generado que los conceptos de planeación y productividad tomen un grado de importancia dentro de la empresas de este sector.

A la hora de realizar un proyecto de construcción es importante tener en cuenta todas las variables y consideraciones del caso, tales como tiempo, costo, ambiente y seguridad para poder ejecutarlo de la mejor manera posible, aprovechando al máximo tanto los recursos internos como externos.

En la industria en general se considera que la construcción es uno de los campos donde la productividad de la mano de obra y el cumplimiento de la planeación alcanza los niveles más bajos, es por esto que la empresa EDIFICAR a través de los años ha ido incorporando herramientas que permitan un control adecuado de estos aspectos con el objetivo de ser una empresa competitiva dentro del mercado nacional e internacional.

Debido a esto el tema desarrollado es importante porque ayuda a conocer e identificar diferentes aspectos o factores que afectan directamente la planeación y productividad de la mano de obra durante la ejecución de un proyecto de construcción. Con esto se busca una solución eficaz con el objetivo de mejorar en estos aspectos, beneficiando así a la empresa constructora.

Dadas las consideraciones anteriormente planteadas, el objetivo de la práctica profesional es aplicar la filosofía LEAN en el control de la planeación y productividad de los procesos constructivos en la construcción del centro comercial Zona Centro, mediante la aplicación de herramientas que permitan identificar.

oportunidades de mejora para buscar la optimización de los recursos y de los procesos constructivos.

Agradezco a mis padres Wilson Picado y Heidy Marchena por todo el trabajo y esfuerzo que han realizado todos estos años para brindarme la oportunidad de estudiar y poder alcanzar mis metas académicas. A mi hermano y mi novia por todo el apoyo y ayuda que me han brindado desde el inicio de este proceso de formación como profesional. A mis amigos más cercanos que me acompañaron durante todos estos años de universidad y me brindaron su ayuda de manera incondicional.

Agradecimiento a la profesora guía Ing. Ana Grettel Leandro, por su disponibilidad y colaboración durante la elaboración de este proyecto.

Agradezco la ayuda y colaboración brindada para la elaboración de este proyecto al departamento de ingeniería encargado de la construcción del centro comercial Zona Centro por parte de la empresa EDIFICAR, a todos ellos mi aprecio y agradecimiento.

Ing. Randall Acuña.

Ing. Larry Mora Víquez.

Ing. Marcela Watson.

Ing. Beatriz Saenz.

Ing. Michael Carranza.

Arq. Vervy Alfaro.

A los maestros de obra que durante mi estadía en el proyecto nunca me negaron su ayuda y me brindaron parte de conocimiento y experiencia adquirida a través de los años.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera brindaron su ayuda para la elaboración de este proyecto.

Resumen ejecutivo

El proyecto realizado consistió en la aplicación de la filosofía LEAN en la construcción del centro comercial Zona Centro, por parte de la empresa constructora EDIFICAR.

Este proyecto se desarrolló ante la necesidad existente de optimizar los procesos constructivos y el uso de los recursos durante la ejecución de una obra de construcción. Para esto se realizó un estudio minucioso en lo que respecta al tema de la planeación de obra contemplando las actividades a ejecutar durante el proyecto y la medición de la productividad de la mano de obra de los procesos seleccionados.

La importancia del tema desarrollado es que mediante, la aplicación de técnicas establecidas en la teoría y otras herramientas desarrolladas por la empresa es posible identificar deficiencias durante la ejecución de una obra civil, las cuales se ven como oportunidades de mejora que benefician a la empresa constructora EDIFICAR en diferentes aspectos de la construcción.

Para cumplir con los objetivos del proyecto se realizó inicialmente un estudio de la documentación perteneciente a la empresa en los temas de planeación y productividad. Una vez estudiada la documentación se logró identificar que para el control y seguimiento de la planeación se utiliza la herramienta de “*Last Planner*” y también se aplica la técnica para la medición de la productividad denominada: Sistema de Información de Actividades (SINA), las cuales fueron aplicadas para aprender y analizar su funcionamiento.

En la realización del presente proyecto, se aplicaron ambas técnicas en el frente de trabajo de la plataforma de parqueos. Además, se aplicaron otras dos técnicas para la medición de la productividad, con el objetivo de comparar los resultados obtenidos de Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributivo (TC) y Trabajo No Contributivo (TNC) o Trabajo No Productivo.

(TNP), las cuales se denominan *work sampling* (muestreo de campo) y *five minutes rating*.

Durante las observaciones que requieren la aplicación de estas técnicas se lograron identificar los procesos constructivos, materiales y equipos necesarios para realizar las actividades de interés por parte de la empresa.

Por último, se realizó una entrevista con un enfoque en el tema de la productividad y factores que puedan afectarla durante la ejecución del proyecto, en la cual se entrevistaron diferentes trabajadores tanto de la empresa EDIFICAR como otros pertenecientes a empresas sub contratadas para la realización de actividades específicas.

El objetivo de esta entrevista es conocer la opinión de la mano de obra en lo que respecta al tema de productividad, con el objetivo de identificar mejoras que puedan beneficiar a la empresa en proyectos futuros.

Como resultado del proyecto realizado se lograron determinar Porcentajes de Actividades Completadas (PAC) semanalmente durante la ejecución de la obra, las cuales se compararon con el valor límite permitido por la empresa EDIFICAR del 70%, en lo que respecta a este valor que se considera “aceptable”.

A todas aquellas actividades que no se lograron completar, se les determinaron las causas de no cumplimiento (CNC) las cuales se discutían semanalmente en la reunión con los encargados de las actividades con el objetivo de evitar posibles retrasos en la planeación establecida.

Además, se obtuvieron diferentes resultados de productividad de la mano de obra durante la ejecución de los procesos constructivos de paredes externas, paredes internas, resane, formaleta y excavación, mediante las técnicas previamente mencionadas, con lo que se determinaron deficiencias como la distribución de obra y la supervisión por parte de los encargados de las actividades que pueden mejorarse con el objetivo de aumentar los porcentajes de trabajo productivo.

De lo realizado, se puede concluir que mediante la aplicación de técnicas y herramientas es posible realizar proyectos de construcción con un enfoque basado en la filosofía LEAN de mejora continua de los procesos y la optimización de los recursos. Esto permite reducir los costos de construcción correspondientes a la ejecución de un proyecto de construcción, generando así múltiples beneficios para la empresa.

Introducción

La optimización del uso de los recursos dentro de la construcción de una obra civil se ha considerado a través de los años uno de los principales problemas dentro de nuestra área de desempeño. Por esto, la empresa EDIFICAR se ha comprometido en incluir una ideología de mejora continua de los procesos y la disminución de los desperdicios durante la ejecución de sus proyectos.

Debido a esto el presente proyecto consistió en la aplicación de la filosofía LEAN en la construcción del centro comercial Zona Centro, mediante la aplicación de herramientas y técnicas que permiten tener un mejor control en temas importantes como la planeación y productividad dentro del proyecto.

Dentro de las herramientas aplicadas se tiene el “*Last Planner* o último planificador”, que tiene el objetivo llevar un control y seguimiento semanal de la planeación de las actividades a realizar durante la ejecución de la obra.

Además, se aplicaron tres diferentes técnicas para el estudio y medición de la productividad de la mano de obra en la ejecución de cinco procesos constructivos seleccionados, los cuales son: paredes externas, paredes internas, resane, formaleta y excavación.

Esto se realizó con el objetivo de comparar los resultados obtenidos y así determinar diferencias, a las cuales se les buscó las posibles causas para identificar oportunidades de mejora que optimicen el desempeño de la mano de obra y el uso de recursos.

Dentro de las técnicas utilizadas se encuentra el Sistema de Información de Actividades (SINA), la cual es la utilizada por la empresa EDIFICAR en la ejecución de sus proyectos, pero además se aplicaron las técnicas de *Five Minutes Rating* y *Work Sampling*.

La aplicación de estas técnicas implicó una observación minuciosa de las actividades en estudio lo que permitió identificar los procesos constructivos, materiales y equipos necesarios para ejecutar cada una de estas actividades.

La identificación de los mismos permite a la empresa EDIFICAR mantener en bodega a disposición de la mano obra los recursos necesarios para evitar que existan retrasos por falta de recursos en la ejecución de las actividades que afectan la planeación establecida.

Una de los aspectos de mayor importancia dentro de una empresa es su recurso humano, por lo que se realizó una entrevista a diferentes trabajadores tanto de la empresa EDIFICAR como a sub contratistas, con un enfoque en la productividad de la mano de obra y factores que puedan afectarla.

Con el desarrollo del trabajo se lograron prevenir con antelación situaciones que hubieran afectado la ejecución de las actividades permitiendo así un control adecuado de la planeación. También, se pudo identificar deficiencias durante la ejecución de las actividades, por lo que se realizaron propuestas de mejora con el objetivo de aumentar la productividad de la mano de obra y la optimización de los recursos.

Además, se conoció la opinión de la mano de obra en temas como la productividad. Esta es una técnica cualitativa permitida que da información directa de la percepción del recurso humano en aspectos relacionados con su entorno de trabajo, que permiten tomar acciones de mejoramiento para beneficio de la empresa.

El objetivo general planteado para este proyecto fue aplicar la filosofía LEAN en el control de la planeación y productividad de los procesos constructivos en la construcción del centro comercial Zona Centro.

Como objetivos específicos se establecieron los siguientes:

- Estudiar los procedimientos actuales en el control de la planeación y productividad en los proyectos realizados por la empresa.
- Identificar los mecanismos que utiliza la empresa para el control de la planeación

y productividad en los procesos constructivos en la construcción del centro comercial Zona Centro.

- Aplicar la filosofía LEAN al proyecto centro comercial Zona Centro.
- Identificar los procesos constructivos de interés de la empresa para el estudio de los mismos.
- Medir la productividad de los procesos constructivos seleccionados.
- Analizar y comparar la productividad mediante las diferentes técnicas aplicadas.
- Proponer mejoras en los procesos constructivos.

El presente trabajo está compuesto por las siguientes secciones:

Marco teórico: donde se explica conceptos importantes como la filosofía LEAN, *Last Planner* y el Sistema de Información de Actividades (SINA) con sus respectivas ventajas y su importancia dentro de una obra de construcción. Además, se detalla las técnicas *Work Sampling* y *Five Minutes Rating* para la medición de la productividad de la mano de obra. Así como los diferentes factores que afectan tanto la planeación como la productividad durante la construcción de una obra civil.

Metodología: se explica el procedimiento que se llevó a cabo para la realización de este proyecto, que van desde la identificación de los métodos utilizados por la empresa EDIFICAR para el control de la planeación y la productividad, la aplicación de las técnicas de medición de productividad de *five minutes rating* y *work sampling* y entrevistas realizadas a diferentes trabajadores dentro de la obra.

Resultados: se muestra los resultados obtenidos mediante la aplicación de las herramientas de *Last Planner* como el gráfico del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y el gráfico de Causas de No Cumplimiento (CNC). De igual manera, se presenta diferentes gráficos de productividad obtenidos mediante la aplicación de las técnicas del sistema de información de actividades (SINA), *five minutes rating* y *work sampling*. Además, de un listado de actividades con sus respectivos procesos constructivos, materiales y equipos necesarios para su ejecución. Por último, los gráficos obtenidos a partir de la entrevista realizada a la mano de obra.

Análisis de resultados: sección en donde se analiza los resultados obtenidos durante la realización de este proyecto y se determinan las ventajas que brindan las aplicaciones de las técnicas mencionadas en este proyecto.

Conclusiones: esta sección menciona las conclusiones a las que se llegó mediante la aplicación de la filosofía LEAN durante la construcción del centro comercial Zona Centro.

Recomendaciones: en esta sección se realiza recomendaciones que de ser implementadas, se considera podrían aumentar la productividad de la mano de obra, tener un mejor control de la planeación y la optimización de los procesos constructivos durante la ejecución de una obra de construcción por parte de la empresa EDIFICAR.

Apéndices: en este apartado se puede encontrar los resultados semanales de la herramienta *Last Planner* y el Sistema de Información de Actividades (SINA) obtenidos durante la construcción del centro comercial Zona Centro. Además, se presenta las hojas utilizadas durante la aplicación de las técnicas de medición de productividad de la mano de obra como *Work Sampling* y *Five Minutes Rating* con sus respectivos datos obtenidos mediante la observación en campo. Por último, se presenta la plantilla utilizada para la realización de la entrevista a los trabajadores.

Marco teórico

En el desarrollo de esta sección se establece algunas definiciones o términos que se consideran necesarios para la comprensión del tema en estudio por parte del lector.

Además, se muestra la investigación realizada acerca de los métodos de estudio que se utilizaron para la realización de este proyecto mediante los cuales se plantearon soluciones prácticas en temas de planeación y productividad en los procesos constructivos en la construcción del centro comercial Zona Centro.

Filosofía LEAN¹

La filosofía LEAN se define como una filosofía de trabajo y un sistema de producción que busca la excelencia de la empresa. Es un sistema de negocio desarrollado para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores en el cual se consuman la menor cantidad de recursos posibles (tiempo, espacio, capital, recurso humano) para fabricar un producto según los deseos precisos del cliente y además trata de minimizar todas aquellas actividades, gestiones y transacciones que no añaden valor.

Dentro de esta filosofía se contempla aspectos que a través de la historia no se les daba la importancia requerida, un ejemplo de esto son las personas dentro de la empresa. Dentro de la filosofía LEAN la mano de obra está mejor formada debido a que se realiza una contratación de personal de manera ordenada, sostenible y con una visión a largo alcance que se traduce en una mayor calidad laboral. Este sistema fomenta el trabajo en equipo, la comunicación y la mejora continua que conduce hacia una mayor autogestión.

¹ (Achell, 2014)

Ventajas

La aplicación de esta filosofía en una empresa genera ventajas dentro de las cuales están:

- Reducción de costos
- Incremento de la productividad
- Cumplimiento en los plazos de entrega
- Mayor calidad
- Incremento de la seguridad
- Mejor gestión del riesgo
- Mayor grado de satisfacción del cliente
- Identificación temprana de errores seguida de una resolución rápida y eficaz

Planeación²

Se puede definir como la determinación en forma anticipada de diferentes actividades que se deben realizar, en la cual se definen objetivos, métodos específicos, procedimientos, entre otros aspectos con el fin de proyectar a futuro un proyecto determinado y los recursos necesarios para lograrlo.

En la literatura definen la planeación como la coordinación de todos los recursos tanto humanos, materiales, equipo y financiero, en un programa, tiempo y costo determinado, para lograr alcanzar los objetivos planteados.

Se puede asegurar que la planeación es una de las herramientas de mayor ayuda para los ingenieros a la hora de realizar un proyecto de construcción, ya que permite hasta cierto punto coordinar, organizar y tener un control adecuado sobre las actividades a realizar y los recursos (material, humano, etc.) requeridos para ejecutarlo.

² (Cervantes, Productividad en la construcción, 2004)

Para conseguir una planeación adecuada se requiere tener un conocimiento avanzado sobre los proyectos de construcción, el cual generalmente es adquirido a través de los años mediante la experiencia. Esto significa que se debe tener una idea clara de los procedimientos o procesos constructivos con sus respectivos tiempos de ejecución de las diferentes actividades.

Debido a esto la planeación en los proyectos de construcción generalmente son realizadas por los rangos de gerencia, que son aquellas personas que dirigen y guían la empresa a cargo.

Con lo mencionado anteriormente, es necesario mencionar y explicar cada uno de estos recursos que son las bases para la ejecución de un proyecto. Dentro de los principales recursos se tiene³:

- **Materiales:** en todo proyecto de construcción se debe contar con una serie de proveedores, con los cuales se llega a un acuerdo para la compra de materiales necesarios para la realización de las diferentes actividades. Estos materiales deben ser de la mejor calidad posible, siempre y cuando se encuentren dentro del presupuesto establecido para así obtener el resultado esperado.
- **Equipo:** el equipo es toda herramienta utilizada por la mano de obra, necesaria para la ejecución de las actividades en un proyecto. Cuando se ejecuta un proyecto de construcción se debe analizar de manera correcta el equipo necesario para realizarlo y determinar en cuáles actividades es necesario la utilización de este. Es un recurso que si es bien controlado y se le da el mantenimiento adecuado ayuda a que las labores se realicen en los tiempos planeados, sino de manera contraria podría ocasionar atrasos en la ejecución de obra.
- **Recurso financiero:** es el recurso de mayor peso dado que permite la realización de un proyecto de construcción y es con el cual se realiza la planeación del mismo. Esto se debe a que siempre se tiene un límite de inversión por parte del cliente, con el cual

se debe ejecutar el proyecto. Por lo que se debe realizar una planeación acertada para permanecer dentro del presupuesto establecido y no recurrir a gastos extras que pueden disminuir la utilidad.

- **Recurso humano:** este es un recurso que durante mucho tiempo no se contemplaba como un recurso prioritario, pero en la actualidad sucede lo contrario. Las empresas de mayor importancia en el sector construcción en el país tienen presente que el recurso humano es la clave del éxito, al seleccionar mano de obra preparada y capacitada que sean capaces de colaborar en la ejecución de los proyectos. Con un recurso humano de calidad se obtiene resultados de calidad, los cuales son los que los clientes buscan cuando deciden realizar una inversión.

En la historia se ha aplicado la planeación desde los inicios de la construcción, desde la utilización de técnicas rudimentarias hasta los avanzados procedimientos aplicados en la actualidad, los cuales no hubiesen sido realidad sin una planeación previa aplicada de forma consciente o inconscientemente. Una buena planeación puede asegurar que se cumplan los objetivos o metas planteadas y puede garantizar el éxito de una empresa, la cual cada día se vuelve más difícil debido a la alta competitividad en el mercado nacional e internacional.

Cuando se habla de la planeación, en la literatura mencionan que existen tres variables importantes que se deben tomar en cuenta las cuales son tiempo, costo y calidad (planeación y control de obra). Al analizar estas variables, es importante reconocer que está relacionada directamente una con las otras a la hora de la ejecución de un proyecto de construcción.

Muchas de estas variables también dependen de la empresa que esté realizando dicho proyecto, esto se debe a que no todas las empresas tienen una misma forma de realizar sus labores. La relación o balance ideal de estas tres variables es poder realizar en el menor tiempo y costo un proyecto de construcción, pero con la mayor calidad posible en todos los aspectos que este conlleva. Esto es uno de los motivos por los cuales algunas empresas llegan a tener un mayor éxito que otras.

³ (Cervantes, Planeación y control de obra , 2004)

Un ejemplo claro del balance que debe existir entre estas variables es cuando existe una licitación pública en donde el tiempo es una de las variables de mayor peso cuando se persigue la adjudicación de un proyecto de construcción.

Debido a esto la mayoría de las empresas que participan en estas licitaciones proponen tiempos de ejecución relativamente cortos con el fin de adjudicarse el proyecto, que en ocasiones esto afecta directamente el costo y la calidad de la obra. Esto se debe a que muchas veces al realizar labores de forma apresurada debido a la fecha de entrega del proyecto, a las multas impuestas a la empresa por cada día de atraso, entre otros aspectos esto conlleva a la mala ejecución de las labores que se ve reflejado en una mala calidad de los trabajos realizados.

Así, también cuando una empresa trata de reducir los costos de la ejecución del proyecto con el fin de obtener una mayor utilidad, se utilizan materiales o materia prima de baja calidad que afectan directamente el desarrollo del proyecto.

Como en cualquier otro aspecto de la construcción siempre existen diferentes factores que pueden afectar directamente la buena aplicación de estos, la planeación no es una excepción y dentro de estos factores se encuentran los siguientes:

- **Órdenes de cambio:** como en todo proyecto de construcción siempre existen cambios o variantes que no estaban contempladas dentro de la planeación previa, las cuales pueden afectar directamente el plazo del proyecto e incluso su costo, por lo que una buena planeación no acaba a la hora de establecer el proyecto sino se debe tener la capacidad necesaria para adaptarse a dichos cambios sin que el proyecto se vea afectado de manera negativa.
- **Proveedores o disponibilidad de los materiales:** un tema de seria importancia en un proyecto de construcción son los proveedores con los cuales se va a trabajar para la compra de materiales necesarios para las labores diarias. Dentro de los principales problemas que pueden atrasar dichas labores, que afectan la planeación establecida, es la llegada tardía o la falta de materiales para continuar con las tareas diarias.
- **Imprevistos:** el día a día en un proyecto de construcción demuestra que siempre

existen altercados o imprevistos que de alguna u otra manera pueden afectar la planeación del proyecto, dentro de algunos de los imprevistos están los accidentes de personal, falla de un equipo o herramienta y hasta el clima. Ante este tipo de eventos lo único que se puede hacer para disminuir su impacto es estar preparado y tener una idea clara de lo que se tiene que hacer si se presenta alguna de estas situaciones para tener una solución rápida y eficaz.

- **Aspectos sociales:** un punto de suma importancia a la hora de realizar un proyecto de construcción es contemplar los aspectos legales y sociales durante toda la duración del proyecto. Muchas veces el proyecto se ve afectado en sus labores diarias debido a la falta de un permiso, aprobación o algún otro documento que no permita su realización, esto provoca un retraso en la ejecución de las actividades afectando la planeación previa. Así, también se debe velar por el impacto social que puede generar un proyecto de construcción de grandes magnitudes y tratar de generar el menor impacto posible, para que no haya ninguna clase de retraso debido a la queja o molestia por parte de los vecinos del sector.
- **Re trabajos:** esta variable está ligada a la supervisión y calidad de los trabajos realizados. La buena supervisión de las labores puede disminuir significativamente la necesidad de reparar o realizar una labor más de una vez, el cual es un aspecto que ocupa tiempo y mano de obra que no estaba en la planeación realizada, afectando económicamente al proyecto.
 - **Disponibilidad de equipo:** en un proyecto de construcción donde muchas de sus actividades son realizadas principalmente por un equipo (grúas, excavadores, etc.) deben tener un mantenimiento constante para que se encuentren en perfecto estado para realizar dichas actividades y que la planeación realizada no se vea afectada de manera negativa con retrasos en las labores.

Software

En la actualidad gracias al avance tecnológico existen herramientas que ayudan a realizar una planeación de manera más precisa y organizada, en la cual se puede llevar un control día a día de las diferentes actividades a realizar en un proyecto, con un seguimiento continuo durante toda la ejecución de la obra. Dentro de este documento principalmente se utilizan dos principales herramientas en este campo las cuales son:

- **Microsoft Project:** Es una de las herramientas de planeación y control de obra más utilizadas en la actualidad. Este es un programa reconocido a nivel mundial debido a su alta competitividad y utilidad que se le puede dar durante la ejecución de un proyecto. Dentro de la empresa EDIFICAR se utiliza este programa en el cual se realiza el plan maestro o plan de obra general, en el que son contempladas todas las actividades a realizar desde el inicio hasta el final del proyecto. Este software permite incluir las duraciones de cada una de estas actividades, tomando en cuentas sus respectivas tareas antecesoras y sucesoras, con las que se logra determinar la duración total de la obra. Esto como una vista general del programa, sin embargo existen una gran cantidad de funciones adicionales que son de gran ayuda a la hora de la planeación y ejecución de un proyecto.
- **Microsoft Excel:** esta herramienta es útil en cualquier sector empresarial y en la construcción no es la excepción. Este programa sirve como un complemento para cualquier otro software, en el cual se pueden realizar programaciones para cualquier tipo de actividad. En la empresa EDIFICAR se utiliza en diferentes áreas como la planeación de obra, el control de bodega (inventario de materiales), el control de la planilla o los trabajadores dependiendo su función y su frente de trabajo, alquiler de equipo o material y entre otros aspectos, en los que es de gran ayuda para mantener un control continuo y organizado dependiendo de las fechas.

Ventajas

La buena aplicación de la planeación en un determinado proyecto, ya sea de magnitudes pequeñas o grandes trae consigo ventajas a la empresa encargada. Dentro de las principales ventajas se encuentra:

- **Tiempo y presupuesto del proyecto:** con una planeación detallada y controlada a lo largo de la ejecución de la obra, se logra cumplir con todas las actividades en los tiempos establecidos. Con lo anterior, se logra culminar la obra antes o en la fecha de entrega del proyecto, evitando así algún tipo de multa por retraso y también se puede ver beneficiada ganando bonificaciones si en el contrato estaban establecidas, por lo que el presupuesto también se mantiene dentro de lo planificado.
- **Trabajos establecidos:** una vez establecida la programación del proyecto, cada integrante del equipo tiene tareas asignadas con anticipación lo que permite que se aproveche al máximo el recurso humano. Con esto se evitan trabajos imprevistos que pueden generar un gasto y un retraso en la ejecución de la obra.
- **Reducción de costos:** evitando retrasos en las actividades, trabajos imprevistos, los re-trabajos y con un control adecuado de la planeación se logra reducir los costos de construcción obteniendo así la utilidad esperada por parte de la empresa.
- **Satisfacción del cliente:** Con todos los beneficios mencionados, el resultado final obtenido es un cliente satisfecho con el producto entregado. Con esto la empresa se asegura una buena reputación y tiene todo para alcanzar sus metas. Además, esto genera dentro del recurso humano una cultura de planeación y ejecución de obra bajo estándares de calidad, concluyendo con un beneficio rotundo para la empresa constructora.

Last Planner⁴

Una vez mencionadas este tipo de herramientas, se puede decir que dentro de la empresa constructora EDIFICAR se utilizan algunas de estas herramientas para tener un control adecuado de la planeación de todas las actividades incluidas dentro de un proyecto de construcción, la cual se divide en diferentes partes las cuales son el programa maestro, programa intermedio, programa semanal previo y programa semanal de control. Estos programas tienen como objetivo principal llevar al día con día un control estricto sobre las actividades a realizar en periodos de diferentes duraciones las cuales van de una a hasta seis u ocho semanas.

Programa maestro⁵

El programa maestro es la planeación general de todas las actividades que se incluyen dentro del proyecto, con el cual es posible determinar la duración total (en semanas) de este. En el programa se detalla cada una de las actividades a realizar en forma global, con el fin de tener un seguimiento más sencillo y no de manera específica con cada una de las tareas. Además, en este programa no se realiza cambios o reprogramaciones durante la ejecución de la obra, es por eso que existe el programa intermedio.

El programa maestro debe ser realizado por una persona de experiencia, generalmente realizado por el gerente general del proyecto con el objetivo que la planeación sea lo más acertada posible para cumplir con lo establecido con el cliente en temas de duración y costos. La figura 1.0 se muestra un ejemplo de un programa maestro utilizado por la empresa EDIFICAR en el proyecto Hotel Crown. (EDIFICAR, 2015)

Programa intermedio⁶

El programa intermedio es un programa con un detalle más específico al programa maestro, este

⁴ (EDIFICAR, 2015)

⁵ (EDIFICAR, 2015)

⁶ (EDIFICAR, 2015)

contiene todas las actividades a realizar en el proyecto en un periodo de seis a ocho semanas.

Este programa no define las fechas de inicio de estas actividades, solo define en cual semana se debe realizar. Estas actividades algunas veces no se puede realizar por diferentes factores a los cuales se les llama restricciones, dentro de los cuales se tiene:

- Diseño, inspección y propietario
- *Submittals, RFI's (Request for Information)* y otros
- Mano de obra
- Materiales
- Equipos y herramientas
- Seguridad ocupacional y ambiente
- Pruebas
- Actividades precedentes
- Otros

Ahora bien, para que una actividad ubicada en el programa intermedio pueda ser realizada esta debe estar libre de cualquier tipo de restricción. Dentro de la plantilla programada en el software Excel existe una ventana en la cual se indica si la actividad está RESTRINGIDO o SIN RESTRICCIÓN, si dicha ventana se encuentra SIN RESTRICCIÓN quiere decir que se puede realizar por lo tanto se traslada al programa semanal previo. Además, se agrega una casetilla para observaciones en las cuales se detalla el porqué de las restricciones.

En este programa es permitido el cambio en la programación cuando una de estas restricciones impiden la ejecución de una actividad por un tiempo, el cual no se tenía contemplado en el programa maestro, el cual es utilizado como base en el programa intermedio. Un ejemplo del programa intermedio utilizado por la empresa durante la ejecución del proyecto Hotel Crown (véase figura 2).

Programa semanal previo⁷

Este programa contiene el detalle específico de todas las actividades a realizar en un periodo de una semana. Todas estas actividades tienen que estar libres de restricciones en el programa intermedio para poder ser ejecutadas y trasladadas al programa semanal previo, con esto

⁷ (EDIFICAR, 2015)

es posible indicar el día o los días de la semana en que se van a ejecutar cada una de ellas.

Además, en este programa es de suma importancia indicar el responsable de cada una de las actividades, con el fin de estudiar y analizar el cumplimiento de estas a lo largo de la semana. Así, también se debe indicar la meta de cada actividad, esta indica que porcentaje de la actividad según el encargado va poder ser realizado en la semana de ejecución. Esto se debe a que algunas actividades tienen duraciones mayores a una semana, por lo que no se puede completar el cien por ciento de la actividad sino un porcentaje menor. En la figura 3.0 se muestra un segmento de un programa semanal como ejemplificación del concepto mencionado.

*Programa semanal de control*⁸

Como su nombre lo dice, este programa es el programa semanal previo evaluado al final de la semana en ejecución. Se debe realizar una visita a campo el último día de la semana para determinar cuál fue el logro alcanzado en cada una de las actividades para ser comparado con la meta previamente establecida.

Las actividades que no cumplieron con su meta, deben ser reprogramadas para el programa semanal previo de la siguiente semana, además se debe explicar por qué dicha actividad no pudo ser realizada. Dentro de las posibles Causas de No Cumplimiento (CNC) en las actividades se tiene: falta de materiales, subcontratistas, herramientas y equipos, falta de personal, clima, actividades precedentes, inspección y propietario, cambio en el diseño, inadecuada planificación, *submittals*, *RFI's* (*Request for Information*) o solicitud de información y otros.

*Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)*⁹

Con la ayuda de los programas previamente mencionados, se debe conocer un término importante que sirve para interpretar resultados a

la hora de aplicar estas herramientas. El PAC por sus siglas en español es "Porcentaje de Actividades Cumplidas" que se obtiene semana a semana en el programa semanal de control.

Este número indica el porcentaje de actividades que lograron la meta establecida en la semana, que dentro de la empresa constructora EDIFICAR establecen como valor mínimo de PAC equivalente a un 70%. La figura 4 muestra la tabla utilizada para el control de los porcentajes de actividades completadas (PAC), que sirve como fuente del gráfico correspondiente.

*Gráfico del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)*¹⁰

El gráfico del porcentaje de actividades cumplidas es un gráfico obtenido de la tabla anteriormente mencionada, el cual muestra los valores del PAC obtenidos a lo largo de la ejecución del proyecto; en donde se establece los valores mínimos, el valor actual de cada una de las semanas y por último se tiene el promedio de todas estas.

La figura 5.0 presenta un ejemplo del gráfico del porcentaje de actividades completadas como los utilizados durante la ejecución de este proyecto

Gráfico de Causas de No Cumplimiento (CNC)

Este gráfico es producto del programa semanal de control, en el cual se estudia cuáles son las causas de no cumplimiento que están afectando la ejecución del proyecto (EDIFICAR, 2015). El cual es acumulativo, lo que quiere decir que cada semana estos porcentajes varían, ya que todas las semanas existe un programa de control diferente (Véase figura 6.0).¹¹

⁸ (EDIFICAR, 2015)

⁹ (EDIFICAR, 2015)

¹⁰ (EDIFICAR, 2015)

¹¹ (EDIFICAR, 2015)

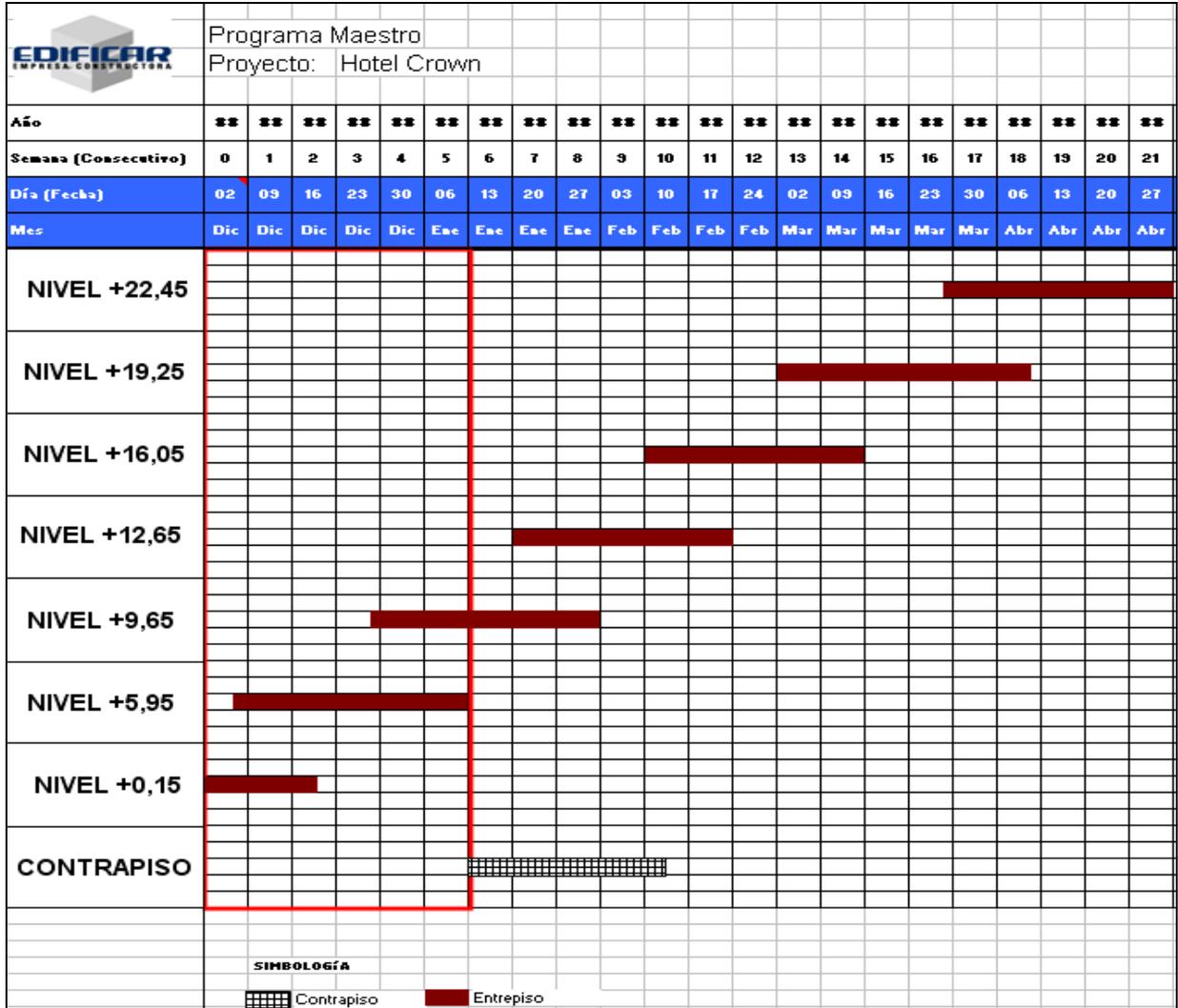


Figura 1. Plantilla Programa Maestro.



Programa Intermedio
 Proyecto: Hotel Crown

Nivel, sector	Empresa	Actividades	Restricciones													Condición	OBSERVACIONES		
			16-Dic	23-Dic	30-Dic	06-Ene	13-Ene	20-Ene	Diseño, inspección, propietario	Submittal, RFI's y otros	Mano de obra	Materiales	Equipos y herramientas	Seguridad Ocupacional y Ambiente	Pruebas			Act. Precedente	Otros
		Colado sobrelosa						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	
		Columnas y Muros						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Definir previstas electromecánicas, confirmar
3		SEGUNDO NIVEL 0+5,95																	
		Ejes 3-8																	
		Montaje de Vigas						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	
		Entrepiso						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Definir previstas electromecánicas
		Colado sobrelosa						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Confirmar dimensiones de losas en voladizo y
		Columnas y Muros						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Definir previstas electromecánicas
		Ejes 8-16																	
		Producción de vigas						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	
		Montaje de Vigas						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	
		Entrepiso						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Definir previstas electromecánicas
		Colado sobrelosa						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	p	ok	RESTRINGIDO	Definir previstas electromecánicas
		Columnas y Muros						p	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	RESTRINGIDO	Definir previstas electromecánicas
		Ejes 16-21																	
		Producción de vigas						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	
		Montaje de Vigas						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	
		Entrepiso						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Definir previstas electromecánicas
		Colado sobrelosa						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Definir previstas electromecánicas, pruebas
		Columnas y Muros						p	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	RESTRINGIDO	Definir previstas electromecánicas
4		TERCER NIVEL 0+9,65																	
		Ejes 3-8																	
		Vigas						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	
		Entrepiso						p	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	RESTRINGIDO	Definir previstas electromecánicas,
		Colado sobrelosa						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	p	ok	RESTRINGIDO	Pruebas de resistencia
		Columnas y Muros						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	
		Ejes 8-16																	
		Vigas						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	
		Entrepiso						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	

Figura 2 Plantilla Programa Intermedio



Programa Semanal

Proyecto: Casino Crown

ID	Actividad	Resp	Meta	Logro	Cal	V	S	D	L	K	M	J	Unid	Observaciones
NIVEL 0-6,15														
Placas de fundación														
1	Trazo para inicio de obra	Juan Luis	100%											
2	Excavación placas de fundación	Juan Luis	26%											
3	Sello y colocación armadura													
3.1	Placas eje 20-18/H-E	Juan Luis, Manuel	67%											
3.2	Placas eje H/20-18 (aisladas y corridas)	Juan Luis, Manuel	100%											
3.3	Placas eje H/12-7 (aisladas y corridas)	Juan Luis, Manuel	12%											
4	Formaleta													
4.1	Placas eje 20-18/H-E	Juan Luis	65%											
4.2	Placas eje H/20-18 (aisladas y corridas)	Juan Luis	18%											

PAC

Figura 3. Plantilla Programa Semanal Previo.

Semana	PAC	Promedio	Mínimo del PAC
2-Dec-13	82%	82%	70%
9-Dec-13	58%	70%	70%
16-Dec-13	100%	80%	70%
23-Dec-13	61%	75%	70%
30-Dec-13	60%	72%	70%
6-Jan-14	71%	72%	70%
13-Jan-14	71%	72%	70%
20-Jan-14	68%	72%	70%
27-Jan-14	53%	69%	70%
3-Feb-14	48%	67%	70%

Figura 4. Control Semanal del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC).

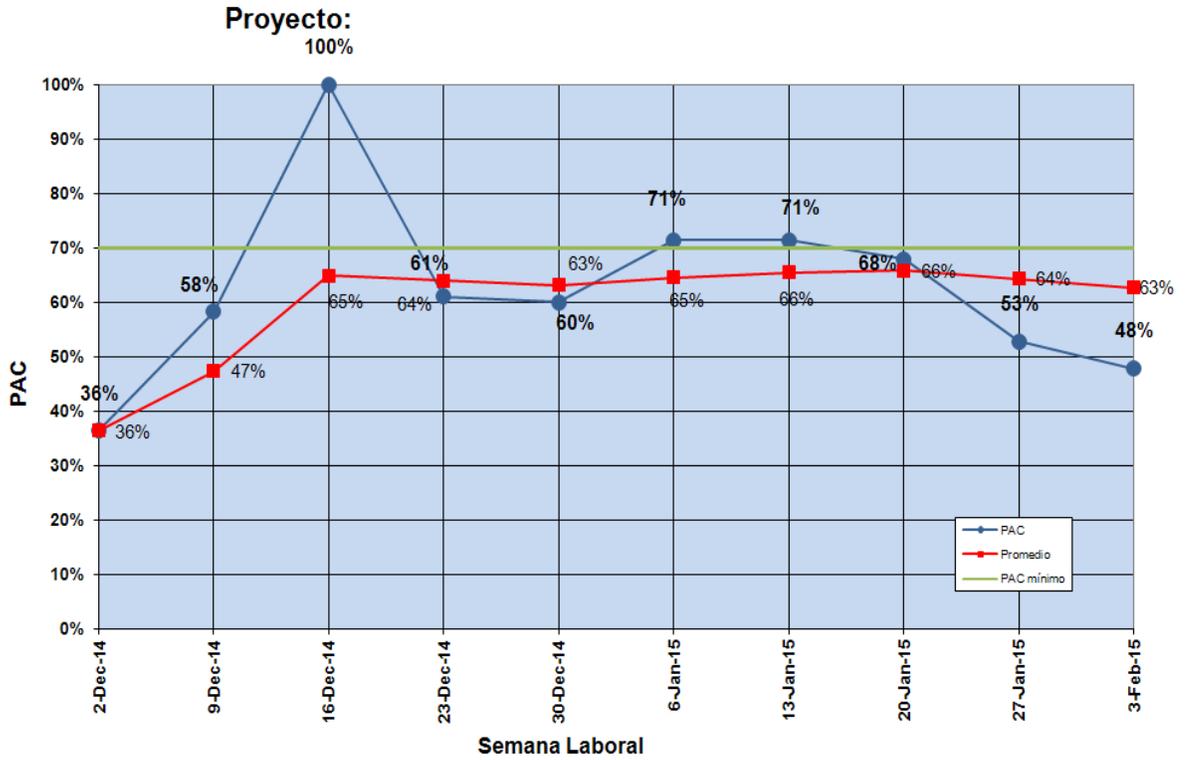


Figura 5. Ejemplo del gráfico del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

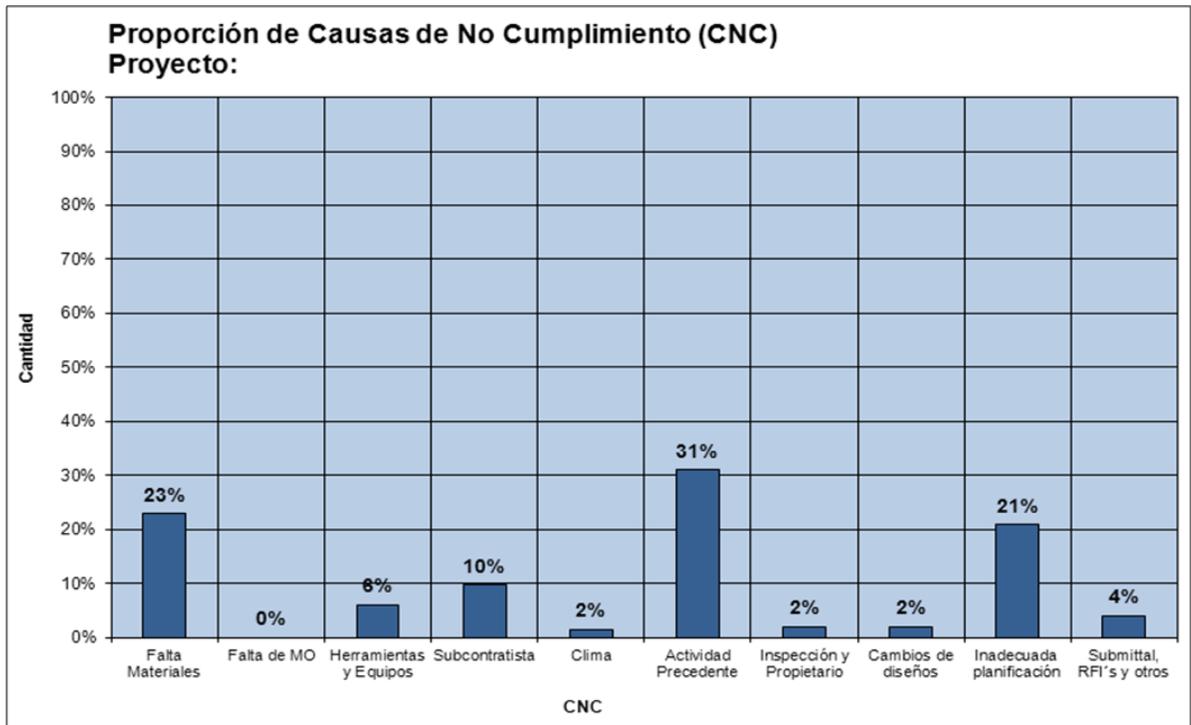


Figura 6. Ejemplo de Gráfico de Causas de No Cumplimiento.

Productividad

El tema de la productividad siempre ha sido uno de los aspectos de mayor deficiencia en el campo de la construcción, que conjunto a la aparición de nuevas empresas constructoras han causado una elevada competencia en el mercado, provocando que el tema de productividad haya tomado un grado de mayor importancia dentro de las empresas.

En general la productividad se puede definir como la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerlo. Estos recursos productivos, incluyen el factor trabajo, capital y otros insumos como la tierra, energía, materias primas e incluso información.¹²

Medida de productividad

Para la medición de la productividad de la mano de obra en la construcción se tiene diferentes técnicas establecidas en la teoría, dichas técnicas están basadas en el muestreo del trabajo con las cuales se obtienen datos reales de cada una de las actividades a estudiar. Dentro de las técnicas aplicadas dentro de este proyecto se encuentra:

Sistema de Información de Actividades (SINA).¹³

Dentro de la empresa constructora EDIFICAR se utiliza principalmente la técnica Sistema de Información de Actividad (SINA) para medir la productividad de los diferentes procesos constructivos.

Esta técnica lo que realiza es la clasificación de la actividad de la mano de obra en tres grupos: Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributivo (TC) y Trabajo No Contributivo (TNC). El trabajo productivo es aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción. Este trabajo agrega valor al producto analizado, por ejemplo: colocación de mampostería, colocación de armadura metálica, colocación de formaleta,

etc. El Trabajo Contributivo (TC) es aquel trabajo de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo, por ejemplo: transporte de materiales, orden y limpieza, mediciones, etc. Por último, se tiene el trabajo no contributivo (TNC) son aquellas actividades que no generan un avance o valor agregado a la obra, como por ejemplo: viajes, re trabajos, esperas, tiempos de ocio, entre otros.¹⁴

Ahora bien, la empresa constructora que aplique técnicas de medición de la productividad, que en este caso es el SINA, establecen valores meta para cada una de las categorías de trabajo, para cuando se obtenga los resultados poder determinar si están por debajo o por encima de los valores "aceptables". En la empresa EDIFICAR establecen los valores meta por recomendaciones de expertos, los cuales se encargan de asesorar a la empresa en el tema obteniendo los valores mostrados en el cuadro 1.

Además, se realiza una distribución de porcentajes del trabajo contributivo (TC) y del trabajo no contributivo (TNC) en subdivisiones de actividades (Véase cuadro 2).

¹² (Cervantes, Productividad en la construcción, 2004)

¹³ (EDIFICAR, 2015)

¹⁴ (Esquivel)

CUADRO 1. VALORES META DE CATEGORÍAS DE TRABAJO			
Clasificación	Trabajo Productivo (TP)	Trabajo Contributivo (TC)	Trabajo No Contributivo (TNC)
Valor Óptimo	60%	25%	15%

CUADRO 2. VALORES META DE SUB CATEGORÍA DE TRABAJO CONTRIBUTIVO							
Clasificación	Trans -5	Trans +5	Aseo	Instrucción	Medición	Otros	Global
Óptimos	10%		4%	4%	4%	3%	25%

Donde:

Trans-5: recorridos menores a 5 metros debido a materiales, equipo, etc.

Trans+5: recorridos mayores a cinco metros debido a materiales, equipo, etc.

Aseo: necesidades por parte de la mano de obra.

Instrucción: órdenes o correcciones por parte del encargado.

Medición: mediciones necesarias para realizar la actividad.

Otros: trabajos contributivos fuera de las categorías anteriores.

CUADRO 3. VALORES META DE SUB CATEGORÍA DE TRABAJO NO CONTRIBUTIVO								
Clasificación	Viajes	Descanso	Ocioso	Espera Método	Espera Grúa	Espera otros	Re trabajos	Global
Óptimos	8%	3%	0%	4%			0%	15%

Donde:

Viajes: recorridos innecesarios que no contribuyen con la ejecución de la actividad.

Descanso: tiempos de descanso fuera de los oficiales (desayuno, almuerzo o café).

Ocioso: tiempo de entretenimiento cuando realizan una actividad (celulares, charlas, etc.).

Esperas: esperas por equipos (grúa), por proceso constructivo, otros.

Re trabajos: trabajos que fueron mal realizados y se deben corregir o hacer de nuevo.

*Work Sampling*¹⁵

El *Work Sampling* o muestreo de trabajo traducido al español, es un método en el que un gran número de observaciones instantáneas se hacen a intervalos de tiempo aleatorios durante un período de tiempo o un grupo de máquinas, trabajadores, procesos u operaciones. Cada observación registra lo que está sucediendo en ese instante y el porcentaje de observaciones registradas para una actividad particular o retraso es una medida del porcentaje de tiempo durante el cual la actividad o el retraso se producen.

¹⁵ (Chand, 2015)

Estas mediciones u observaciones se realizan directamente del campo, con el objetivo de obtener información representativa y lo más real posible.

El *Work Sampling* puede ser utilizado principalmente para el estudio de la relación de trabajo realizado y tiempos de inactividad o tiempos no productivos, también puede ser utilizado para la determinación de rendimientos de la mano de obra al realizar una actividad en específico y por último como una técnica de medición de trabajo.

Esta técnica al tomar observaciones aleatorias de un proceso en específico existe un porcentaje de error asociado a estas observaciones y es aquí donde entra en juego la probabilidad. Dicho porcentaje de error es inversamente proporcional al número de observaciones, esto quiere decir que conforme se aumente el número de observaciones realizadas el porcentaje de error disminuye.

En la teoría establecen un mínimo del 95% de confianza y un 5% de error permitido. Por lo tanto, para lograr obtener este nivel de confianza se debe realizar al menos 284 observaciones del proceso. Además, estas observaciones deben ser lo más aleatorias posible, intercambiando los tiempos de recolección de datos ya sea una vez por las mañanas y otras veces por las tardes con el fin de obtener una mayor representatividad de los datos.

En la figura 7.0 se muestra un ejemplo de las tablas utilizadas para la recopilación de datos:

Muestra	Trabajando	No trabajando	Observación
1			
2			
3			
... n			
Σ			

Figura 7. Plantilla de muestreo *Work Sampling*.

*Five minutes rating*¹⁶

La técnica del *Five Minutes Rating* no es considerada como una medida estadística, sin embargo es un método efectivo para generar una evaluación general de trabajo y específicamente de la cuadrilla que se encuentra realizando una actividad determinada.

Esta técnica está basada en las observaciones obtenidas directamente de campo en la cual se identifica los miembros de la cuadrilla que se va a observar y analizar, estos son calificados como "trabajando" o "no trabajando". Las observaciones son realizadas de manera aleatoria y además se debe obtener en intervalos de igual duración, estos intervalos son establecidos por la persona que realiza el estudio y sus duraciones varían según la actividad siempre con el objetivo de que las observaciones realizadas sean lo más representativas posibles.

Al igual que la técnica anterior, se debe recopilar al menos 384 observaciones para lograr obtener el 95% de confianza y un error del 5% en los datos obtenidos.

Con la aplicación de esta técnica no se mide estrictamente la productividad, sin embargo determina cuales son los tiempos productivos y no productivos en un proceso constructivo determinado. La información obtenida en la aplicación del *Five Minute Ratings* es importante dado que al evaluarla se puede obtener oportunidades de mejora de los procesos, lo cual se traduce en un aumento de la productividad.

En la siguiente imagen, se muestra un ejemplo de la plantilla utilizada para la obtención de datos:

¹⁶ (Mahendra Sutar, 2009)

Muestra/Trabajador	1	2	3	4	5	6	Observación
07:30	+	+	-	-	+	-	
07:31	-	+	+	-	+	+	
07:32	-	-	+	+	+	-	
07:33	+	-	+	+	+	+	
07:34	+	-	+	+	+	+	
07:35	+	-	+	-	-	+	

Cuadrilla No: 2

Trabajando	+
No trabajando	-

Figura 8. Plantilla de muestreo *Five Minutes Rating*.

Factores que afectan la productividad¹⁷

Al igual que en cualquier aspecto de la construcción, la productividad se ve afectada en forma negativa por diversos factores entre los cuales se encuentra:

- **Accidentes:** los accidentes dentro de un proyecto de construcción siempre son eventos inesperados con los cuales puede verse afectada la productividad. Esto se debe a que la actividad en ejecución debe detenerse, también esto puede afectar de manera psicológica a los compañeros de trabajo, entre otros aspectos que disminuyen la productividad dentro de la mano de obra.
- **Falta de información:** esto afecta a la hora de realizar trabajos en los cuales la mano de obra no tiene la información necesaria para ejecutarla.
- **Falta de materiales:** actividades que no se pueden realizar debido a la falta de materiales para ejecutarla o retrasos en las entregas de estos por parte de los proveedores.
- **Supervisión:** cuadrillas que no poseen una supervisión adecuada por parte del encargado hacen que su ritmo de trabajo disminuya afectando así su productividad.
- **Mala organización:** la mala organización en la ejecución de actividades, mala distribución del uso de equipo o mala organización de la

mano de obra afectan de forma directa la productividad en el proyecto.

- **Hora:** la mano de obra generalmente posee una mayor productividad en horas tempranas y bajan su ritmo conforme avanza el día, por lo cual es un factor a tomar a cuenta a la hora de realizar mediciones de productividad.
- Otros.

Ventajas¹⁸

La buena aplicación de estrategias de mejora genera un aumento en la productividad de los procesos constructivos mejorando el desempeño de la empresa en general obteniendo ciertas ventajas como:

- Empresa de mayor competitividad.
- Satisfacción al cliente con los resultados obtenidos
- Confianza de clientes y proveedores.
- La empresa tiene la capacidad de permanecer en el mercado de mediano a largo plazo.
- Permite el cumplimiento de los plazos de entrega o hasta llegar a disminuirlos, provocando así la disminución de los costos.
- Reducción de desperdicios de materias primas.
- Eliminación de desplazamientos innecesarios de materiales y de trabajadores.

¹⁷ (Cervantes, Productividad en la construcción, 2004)

¹⁸ (Cervantes, Productividad en la construcción, 2004)

- Evitan atrasos o re trabajos dentro de la ejecución de la obra.
- Reducción de los tiempos muertos de las máquinas y equipos.
- Ahorro de energía.
- Disminución de la rotación del personal.
- Mejoramiento de relaciones laborales entre los trabajadores.
- Cumplimiento de la planeación realizada.

Oportunidades de mejora

Uno de los aspectos más importantes a la hora de la aplicación de las técnicas de medición de la productividad es que permite observar detalladamente cada una de las actividades que se están realizando y es posible determinar el desempeño de la mano de obra, permitiendo así introducir un concepto de la ingeniería en producción industrial denominado estrategias u oportunidades de mejora.

Las oportunidades de mejora es aquello con lo cual la empresa puede aprovechar al máximo los recursos disponibles y obtener mejores resultados en sus procesos.

Estas pueden ser desde un acto, una acción, un comportamiento o hasta la forma en que se realiza la actividad. Dentro de las principales estrategias aplicadas en la actualidad para mejorar la productividad dentro de cualquier empresa se tienen las siguientes:

- Asesoramiento a la mano de obra
- Identificar y aplicar soluciones de funcionales y de bajo costo
- Realizar mejoras de adaptadas a las situaciones reales totales
- Poner énfasis a la obtención de resultados concretos
- Vincular las condiciones de trabajo con los demás objetivos gerenciales
- Alentar el intercambio de experiencias
- Promover la participación de los trabajadores
- Diseñar y asignar correctamente los puestos de trabajo
- Tener servicios de bienestar en el trabajo (Baños, servicios, comedor, etc.)
- Mejorar las condiciones y el ambiente de trabajo
- Incentivos
- Mejorar la comunicación entre las partes

Metodología

En esta sección se presenta cada uno de los pasos realizados para llevar a cabo este trabajo, el cual fue realizado en el proyecto llamado Centro Comercial Zona Centro, ubicado en San Rafael Abajo de Desamparados construido por la empresa EDIFICAR.

Estudio de la documentación

El proyecto propuesto pretende aplicar la filosofía LEAN en el control de la planeación y productividad de los procesos constructivos de la construcción del centro comercial Zona Centro.

Esto se hará, mediante el estudio de documentación brindada por la empresa EDIFICAR y por medio de observación. La información se obtuvo a través de consultas a los ingenieros a cargo del proyecto, sobre la documentación correspondiente a los mecanismos utilizados por la empresa EDIFICAR en lo que respecta al control de la planeación y productividad de la mano de obra en ejecución de los procesos constructivos.

Una vez revisada la documentación se lograron identificar los métodos utilizados por la empresa EDIFICAR dentro de los cuales se encuentra los siguientes:

- ***Last Planner* o último planificador:** método utilizado para el control de la planeación, con el cual es posible llevar un seguimiento detallado semana a semana de cada una de las actividades a realizar durante la ejecución del proyecto.
- **Sistema de Información de Actividad (SINA):** método utilizado para la medición de la productividad de la mano de obra, dicha herramienta clasifica la actividad de la mano de obra en Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributivo (TC) y Trabajo No Contributivo.

Un aspecto importante de mencionar es que la empresa EDIFICAR al iniciar el proyecto, específicamente en la etapa de obra gris, dividió el proyecto en tres frentes de trabajo (Edificio A, B y C) esto con el objetivo de tener un mejor control de la planeación y la productividad, debido a la cantidad de actividades que se realizaban simultáneamente en la obra. También, se realizaron observaciones de los procesos constructivos en ejecución con la finalidad de obtener un listado de herramientas utilizadas por la empresa, las cuales se pueden relacionar con el diagrama de flujo de la logística del proyecto.

Una vez identificados los métodos utilizados por la empresa para el control de la productividad y planeación, se realizaron consultas a los ingenieros a cargo de la supervisión y aplicación de estas técnicas. Las consultas realizadas fueron respecto al funcionamiento y la buena aplicación de los métodos de control, con el fin de obtener los resultados esperados. Una vez comprendidos los conceptos y funcionamiento de las técnicas se procedió a la aplicación de las mismas en la construcción de la plataforma de parqueos del centro comercial Zona Centro.

Aplicación de la filosofía LEAN

Last Planner

Esta técnica de control de la planeación fue aplicada en los diferentes frentes de trabajo. En el caso de este proyecto se analizó la aplicación de esta técnica en la construcción de la plataforma de parqueos del centro comercial Zona Centro. Para esto inicialmente se realizó una revisión en la planeación general del proyecto o el programa maestro, el cual fue realizado por el gerente general del proyecto. Con esto fue posible aplicar las diferentes técnicas del *Last Planner* que se dividen en:

- Programa Intermedio
- Programa Semanal Previo
- Programa Semanal de Control

Estos programas tienen como objetivo llevar el control de la planeación y el cumplimiento de actividades por parte de la mano de obra y sub contratistas, los cuales se actualizan cada semana con las actividades que fueron realizadas en este periodo.

Una vez obtenidos los resultados del programa semanal de control estos se discutían en una reunión de productividad semanalmente, en donde se hacen presentes los maestros de obra y sub contratistas a cargo de la ejecución de las actividades, en donde se discuten los resultados obtenidos. En esta reunión se explican los procesos o acciones que se están realizando de mala manera y se expresan las posibles soluciones con el fin de mejorar y si es posible aumentar la productividad.

Sistema de Información de Actividades (SINA)

El sistema de información de actividades se aplicó igualmente en los diferentes frentes de trabajo, esta técnica permite calcular la productividad de la mano en diferentes actividades mediante la observación. Las cuales se realizaban de dos a tres veces durante el día de forma aleatoria y de dos a tres días por semana, esto con la finalidad de obtener datos representativos.

Al igual que en *Last Planner*, semanalmente se reportes SINA en los cuales se muestra el desempeño de la mano de obra durante la semana con sus respectivas actividades, además se incluyen los subcontratistas los cuales tienen la misma exigencia que el personal propio de la empresa. Estos resultados son expuestos en la reunión de productividad semanal para aclarar los problemas o situaciones que están perjudicando el buen desempeño en las labores.

Se realizaron entrevistas con los ingenieros a cargo del proyecto con el objetivo de obtener una lista de actividades de interés por parte de la empresa, a las cuales se les realizó una evaluación en temas de productividad. Dentro de los procesos constructivos se

encuentra: la colocación de las paredes internas o livianas, paredes externas o fachadas, resane de entrepisos, colocación de formaleta y excavación. Estos procesos tienen un peso significativo dentro del proyecto debido a su cantidad dentro de la obra en comparación a otras actividades.

Una vez seleccionados los procesos constructivos se realizó una observación continua con el fin de analizar diferentes características de cada uno de ellos en aspectos como tiempo de planeación, tiempo de ejecución, recursos consumidos, personal y equipo necesario para ejecutarlo. Además, se realizaron entrevistas sobre los procesos constructivos seleccionados para obtener un criterio e información con respecto al tema de costos, productividad y planeación que es requerido en dichos procesos.

Medida de productividad

Con los procesos constructivos seleccionados, se procedió a realizar grabaciones y observaciones en campo durante la ejecución de dichas actividades con el objetivo de estudiar y observar minuciosamente sus procesos constructivos para obtener datos y observaciones reales.

Una vez obtenidos los datos en campo, fueron aplicadas técnicas de medida de productividad de mano de obra establecidas en la teoría.

Work Sampling (muestreo de campo)

El muestreo de campo es una técnica de medición de productividad de la mano de obra durante la ejecución de una o varias actividades. Su aplicación es mediante la observación minuciosa en campo de los trabajadores durante la ejecución de la actividad en estudio, estas observaciones deben ser completamente aleatorias con el objetivo de que sean representativas. Esta técnica se aplicó para determinar los porcentajes de productividad de las cuadrillas a cargo de las siguientes actividades:

- Paredes internas o livianas
- Paredes externas o fachadas
- Resanes de entrepiso

- Colocación de formaleta
- Excavación

Five Minutes Rating

Igualmente es una técnica de medición de productividad de la mano de obra. A diferencia del muestreo de campo, es que se realiza un estudio individual de la cuadrilla y se obtiene productividades individuales y no globales. Además, sus observaciones son igualmente aleatorias, pero con la característica que se deben realizar durante periodos de tiempo iguales. Este método fue aplicado con el fin de estudiar el desempeño de los integrantes de diferentes cuadrillas de trabajo encargadas de las siguientes actividades:

- Paredes internas o livianas
- Paredes externas o fachadas
- Resanes de entepiso
- Colocación de formaleta
- Excavación

Análisis y comparación

Con los resultados de productividad obtenidos se realizó una comparación entre los métodos de *Work Sampling* y *Five Minutes Rating* con el Sistema de Información de Actividades (SINA) aplicado por la empresa, con la finalidad de determinar posibles diferencias entre los valores y buscar las causas que provocan estas diferencias.

Propuesta de mejora

Una vez obtenidos los resultados se realizaron propuestas de mejora en los procesos constructivos que permitirán aprovechar al máximo los recursos disponibles por la empresa EDIFICAR y que se espera que puedan generar un impacto positivo en temas de productividad, costos, materiales, mano de obra, entre otros aspectos.

Resultados

En este capítulo se presenta los resultados obtenidos durante la ejecución de este trabajo.

Filosofía LEAN

Con la identificación y el estudio de las técnicas utilizadas por la empresa EDIFICAR en aspectos del control de la planeación y productividad, fue posible aplicar la técnica del *Last Planner* y el análisis del Sistema de Información de actividades en el frente de trabajo de la plataforma de parqueos del centro comercial Zona Centro.

Planeación

Last Planner

La técnica del *Last Planner* se aplicó en los diferentes frentes de trabajo en la construcción del centro comercial Zona Centro; sin embargo, para efecto de este proyecto se analizó la aplicación de esta técnica en el frente de construcción de la plataforma de parqueos. Mediante la aplicación de este método se llevó un control de la planeación y el cumplimiento de las actividades en el tiempo de ejecución de la obra.

Cuando se aplica la técnica de *Last Planner* implica la utilización de diversos programas, cuales se detallan a continuación:

- **Programa maestro:** el programa maestro o la planeación general muestra cada una de las actividades a realizar y la semana en que se tiene que ejecutar cada una de estas actividades, dentro del tiempo de realización de la obra. Este programa se encuentra implícito dentro del programa intermedio siendo así la base del *Last*

Planner, ya que este guía el proceso de construcción de la obra.

- **Programa intermedio:** este programa es una ventana de seis a ocho semanas del programa maestro, el cual muestra las actividades a realizar en este periodo. Cada una de estas actividades pueden tener posibles restricciones que limiten su ejecución, las cuales para poder ser realizadas deben estar en la condición SIN RESTRICCIÓN y en este momento se pueden trasladar al programa semanal previo para ser realizadas en la semana que corresponda realizarlas.
- **Programa previo semanal:** el programa previo semanal muestra las actividades que están libre de restricciones y que deben ser ejecutadas en la semana correspondiente. Este también muestra las fechas exactas de realización de estas actividades, las cuales se planean con sus respectivos encargados de forma previa. Además, los encargados deben mencionar para cada una de las actividades, la meta que pueden alcanzar durante la semana.
- **Programa semanal de control:** el programa semanal de control es la evaluación del programa previo semanal. En este programa se determinan los logros alcanzados por los encargados en las diferentes actividades realizadas durante la semana y se comparan con las metas propuestas, además se justifican las actividades que no lograron la meta con el objetivo de encontrar las causas. Con la aplicación de este programa se obtienen los gráficos de Porcentajes de Actividad Cumplidas y el gráfico de Causas de No Cumplimiento.

A continuación se presenta un extracto de cada uno de los programas mencionados, los cuales se muestran en los puntos 1,2 y 3 de los

Apéndices. Este contiene los programas completos desarrollados durante la ejecución de la obra, los cuales por efecto de espacio no se presentan en esta sección del proyecto.

metas establecidas en el programa semanal previo, el promedio de estos porcentajes tomando en cuenta los resultados de todas las semanas previas al actual y muestra el valor de PAC mínimo aceptado dentro de la empresa EDIFICAR.

Gráfico del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

Este gráfico es resultado del programa semanal de control, el cual muestra: los porcentajes de actividades que lograron alcanzar sus respectivas

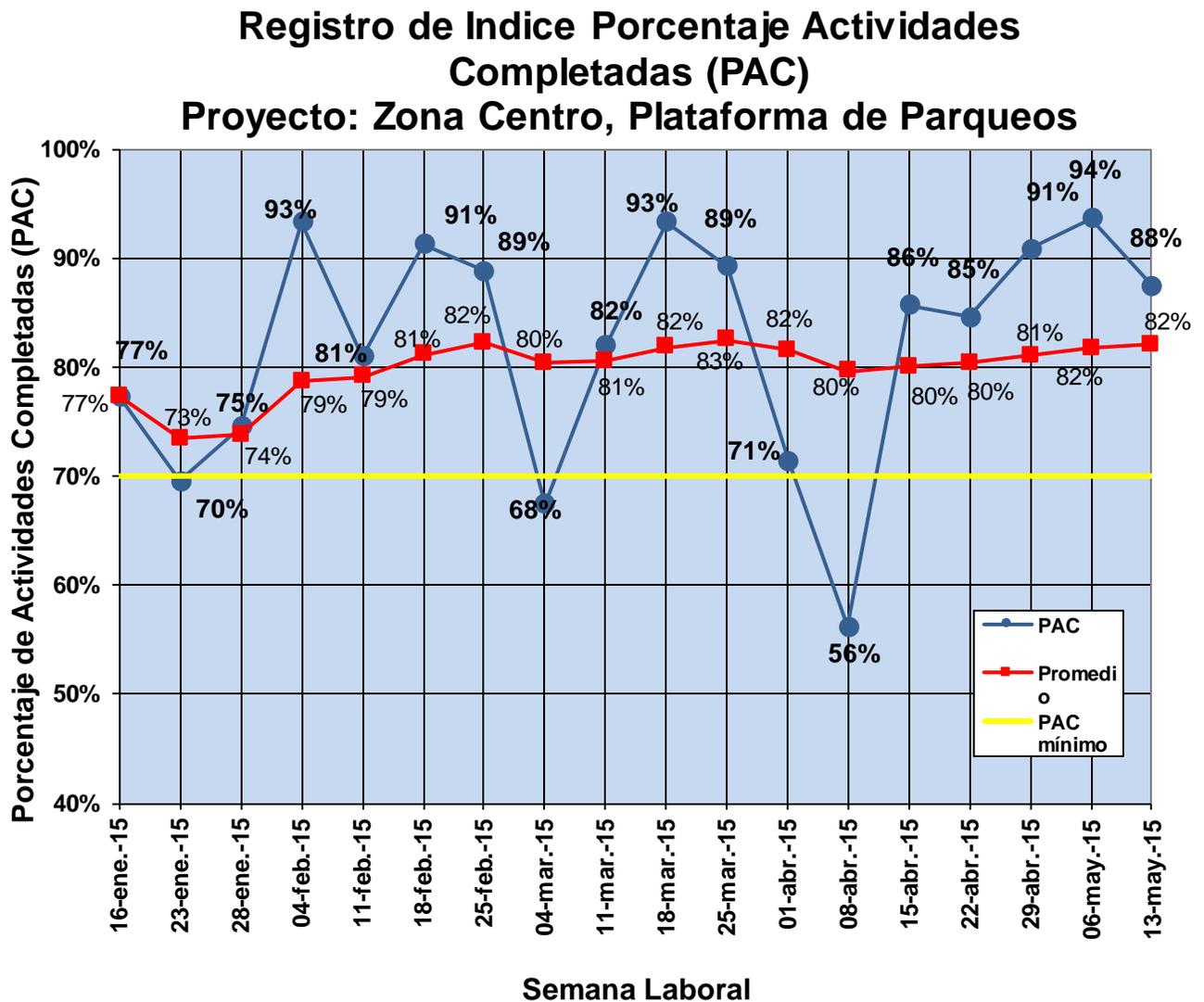


Figura 9. Gráfico del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

Gráfico de Causas de No Cumplimiento

El gráfico de Causas de No Cumplimiento es resultado del programa semanal de control, el cual muestra los porcentajes de las principales causas que impiden el cumplimiento de las

actividades a realizar durante la semana en ejecución. Un aspecto importante es que este gráfico es acumulativo, lo que indica que se actualiza semana a semana conforme avanza en la ejecución del proyecto.

A continuación, se presenta un gráfico obtenido durante la ejecución de la obra:

Proporción de Causas de No Cumplimiento (CNC) Proyecto: Zona Centro, Plataforma de parques

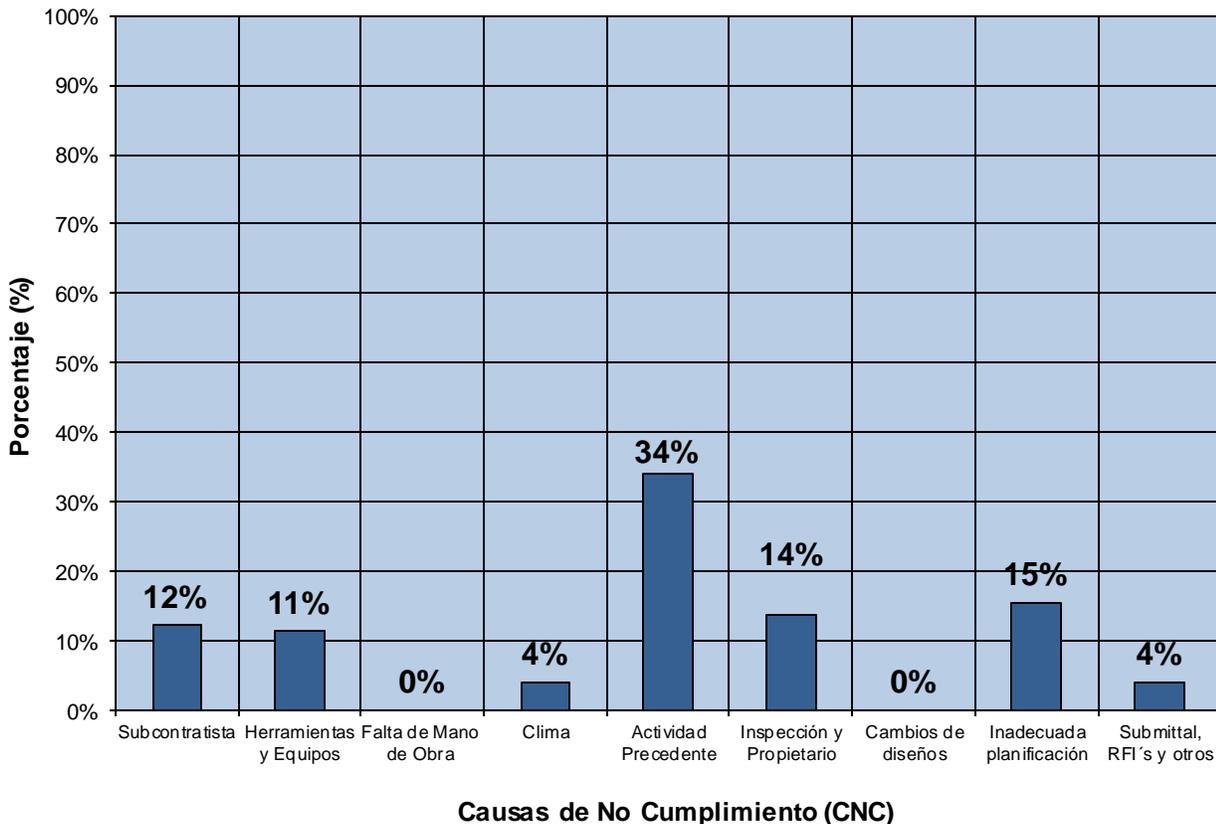


Figura 10. Gráfico de Causas de No Cumplimiento

Productividad

La productividad es la relación existente entre la producción obtenida y los recursos consumidos.

Este es un tema de importancia dentro de la empresa EDIFICAR, ya que se busca la optimización de los recursos y la mejora continua

de los procesos constructivos. La siguiente herramienta es utilizada por la empresa EDIFICAR para medir la productividad de la mano de obra.

Sistema de Información de Actividades

Semanalmente la empresa realiza estudios de productividad de diferentes procesos constructivos aplicando la técnica del Sistema de Información de Actividades. Para la aplicación de esta técnica, se debe realizar observaciones aleatorias de dos a tres días a la semana, por la mañana y por la tarde con el objetivo de obtener resultados representativos y reales. Con esto se clasifican las acciones de los trabajadores en Trabajo Productivo (TP) que corresponde al

trabajo que ayuda directamente al avance de una actividad, Trabajo Contributivo (TC) que son los trabajos que se deben realizar para poder ejecutar la actividad como el transporte de equipos o materiales, pero que no generan ningún avance directo y Trabajo No Contributivo (TNC) o Trabajo No Productivo (TNP) que es el tiempo utilizado para realizar acciones no corresponden al trabajo en ejecución. A continuación se presenta un ejemplo del resultado la aplicación de esta técnica, que se refleja en informes semanales:

1.- Resultados Generales Edificar

	% TP	% TC	% TNP
Obra Gris			
Semana Actual	58%	34%	8%
Semana Anterior	68%	20%	12%

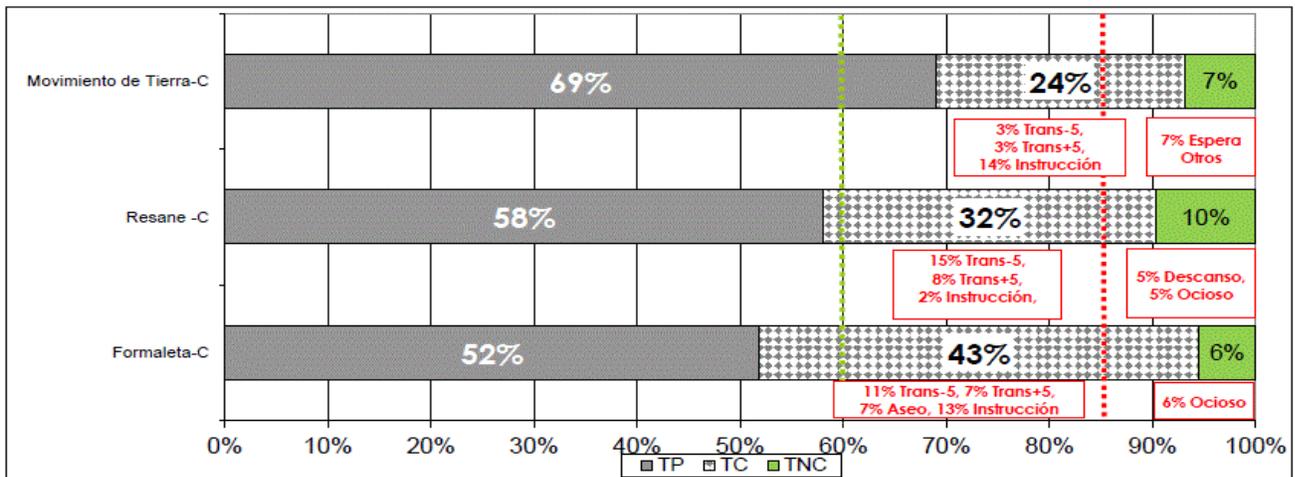


Figura 11. Ejemplo de reporte semanal (Sistema de Información de Actividades).

Además, se aplicaron las técnicas para la medición de productividad a cuadrillas que llevan a cabo diferentes procesos constructivos, dentro de las cuales se tiene:

Work Sampling

Esta técnica fue aplicada en diferentes actividades, tales como:

Paredes externas

En los siguientes gráficos, se muestra los resultados obtenidos producto de la medición de diferentes tareas del proceso constructivo de las paredes externas:

CUADRO 4. RESUMEN DE OBSERVACIONES REALIZADAS	
Paredes Externas – Estructura Metálica	
Cantidad de observaciones:	508
Trabajadores Observados:	2
Trabajo Productivo:	247
Trabajo No Productivo:	261

Paredes externas - Estructura metálica

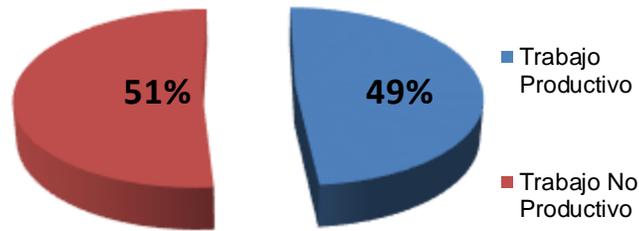


Figura 12. Gráfico obtenido mediante la aplicación de la técnica de *Work Sampling*.

CUADRO 5. RESUMEN DE OBSERVACIONES REALIZADAS	
Paredes externas – Colocación de Durock	
Cantidad de observaciones:	390
Trabajadores observados:	2
Trabajo Productivo:	300
Trabajo No Productivo:	90

Paredes externas - Colocación de Durock

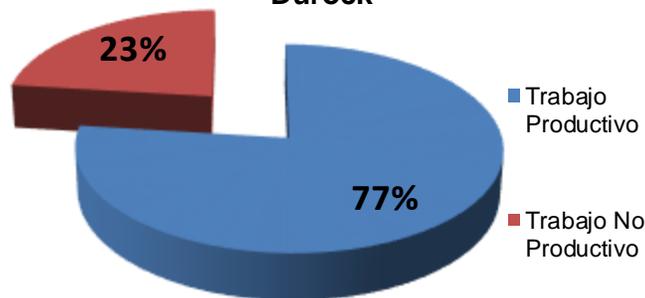


Figura 13. Gráfico obtenido mediante la aplicación de la técnica de *Work Sampling*.

Paredes internas

Se obtuvieron resultados de diferentes tareas de dicho proceso constructivo y se presentan en las siguientes tablas y gráficos:

CUADRO 6. RESUMEN DE OBSERVACIONES REALIZADAS	
Paredes internas – Estructura metálica	
Cantidad de observaciones:	452
Trabajadores Observados:	2
Trabajo Productivo:	295
Trabajo No Productivo:	157

Paredes internas - Estructura metálica

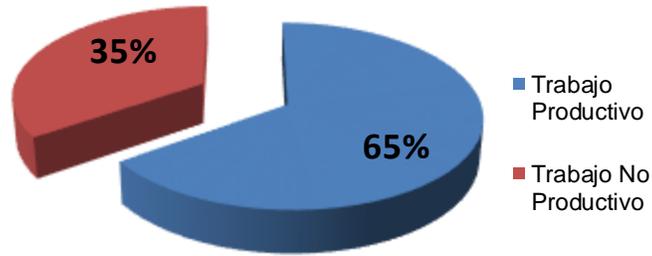


Figura 14. Gráfico obtenido mediante la aplicación de la técnica de Work Sampling.

CUADRO 7. RESUMEN DE OBSERVACIONES REALIZADAS	
Paredes internas – Colocación de Gypsum	
Cantidad de observaciones:	450
Trabajadores Observados:	2
Trabajo Productivo:	325
Trabajo No Productivo:	125

Paredes internas - Colocación de Gypsum

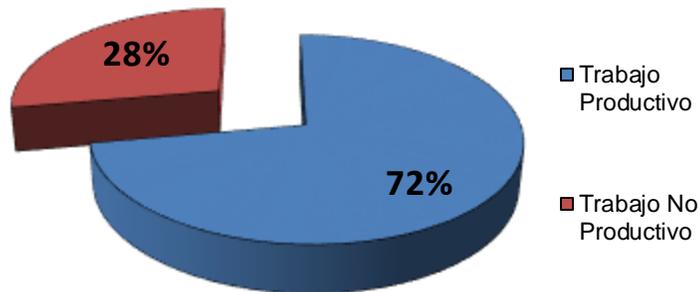


Figura 15. Gráfico obtenido mediante la aplicación de la técnica de Work Sampling.

Resane

CUADRO 8. RESUMEN DE OBSERVACIONES REALIZADAS	
Resane	
Cantidad de observaciones:	486
Trabajadores Observados:	6
Trabajo Productivo:	262
Trabajo No Productivo:	224

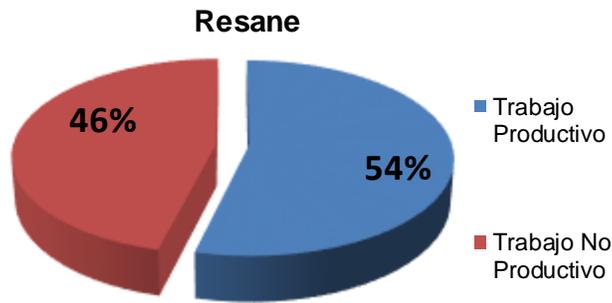


Figura 16. Gráfico obtenido mediante la aplicación de la técnica de *Work Sampling*.

Formaleta

CUADRO 9. RESUMEN DE OBSERVACIONES REALIZADAS	
Formaleta	
Cantidad de observaciones:	412
Trabajadores Observados:	4
Trabajo Productivo:	331
Trabajo No Productivo:	81

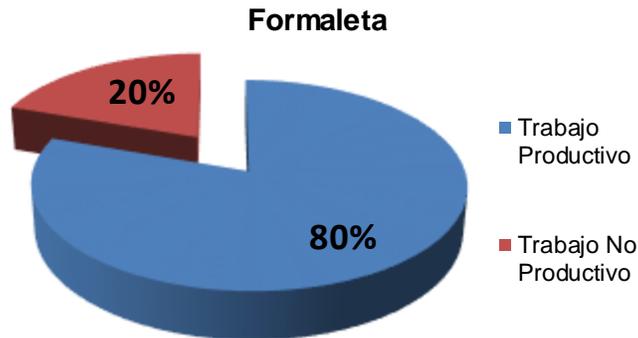


Figura 17. Gráfico obtenido mediante la aplicación de la técnica de *Work Sampling*.

Excavación

CUADRO 10. RESUMEN DE OBSERVACIONES REALIZADAS	
Excavación	
Cantidad de observaciones:	444
Trabajadores Observados:	4
Trabajo Productivo:	328
Trabajo No Productivo:	116

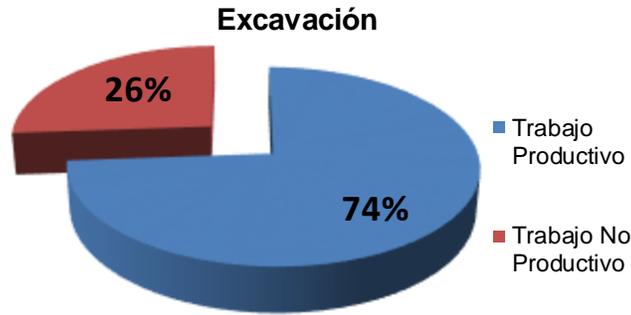


Figura 18. Gráfico obtenido mediante la aplicación de la técnica de *Work Sampling*.

Five Minutes Rating

Esta técnica fue aplicada con el objetivo de estudiar el desempeño de los integrantes de diferentes cuadrillas a cargo de diferentes actividades, mostradas a continuación:

Paredes externas

CUADRO 11. RESUMEN DE OBSERVACIONES REALIZADAS	
Paredes externas - Estructura metálica	
Cantidad de observaciones:	390
Trabajadores Observados:	3
Trabajo Productivo:	304
Trabajo No Productivo:	86

Paredes externas - Estructura metálica

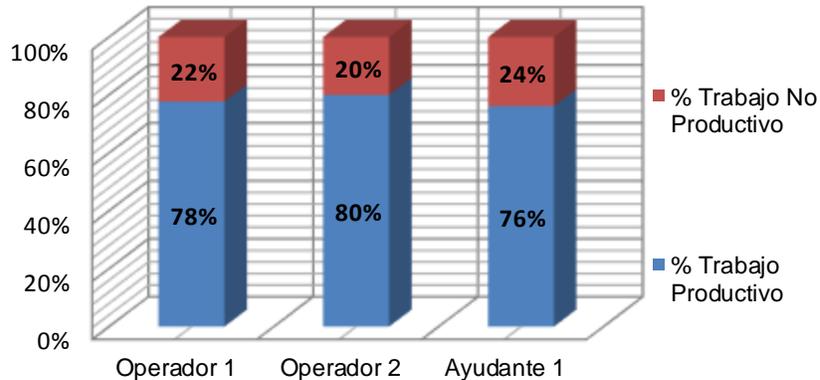


Figura 19. Gráfico obtenido mediante la aplicación de la técnica de *Five Minutes Rating*.

CUADRO 12. RESUMEN DE OBSERVACIONES REALIZADAS	
Paredes externas - Colocación Durock	
Cantidad de observaciones:	390
Trabajadores Observados:	3
Trabajo Productivo:	300
Trabajo No Productivo:	90

Paredes externas - Colocación de Durock

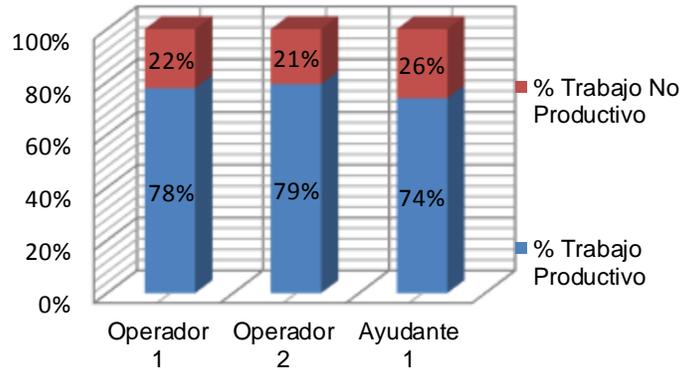


Figura 20. Gráfico obtenido mediante la aplicación de la técnica de *Five Minutes Rating*.

Paredes internas

Se obtuvieron resultados de dos de las tareas que componen el proceso constructivo del levantamiento de paredes internas o livianas.

CUADRO 13. RESUMEN DE OBSERVACIONES REALIZADAS

Paredes internas - Estructura metálica	
Cantidad de observaciones:	404
Trabajadores Observados:	4
Trabajo Productivo:	214
Trabajo No Productivo:	190

Paredes internas - Estructura metálica

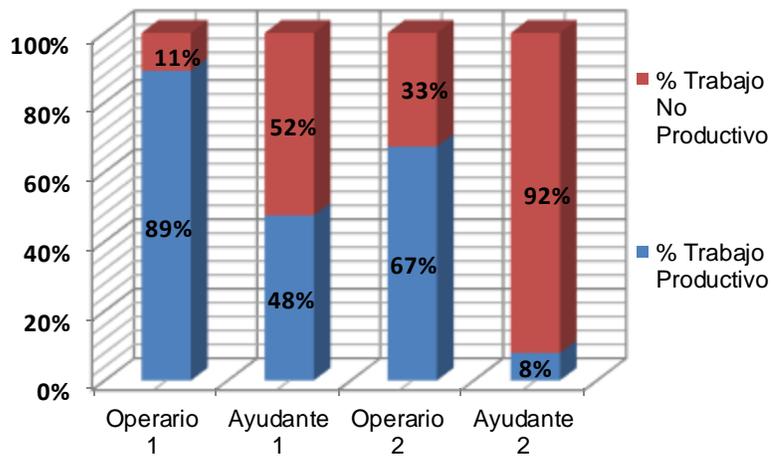


Figura 21. Gráfico obtenido mediante la aplicación de la técnica de *Five Minutes Rating*.

CUADRO 14. RESUMEN DE OBSERVACIONES REALIZADAS	
Paredes internas - Colocación de Gypsum	
Cantidad de observaciones:	406
Trabajadores Observados:	2
Trabajo Productivo::	278
Trabajo No Productivo:	128

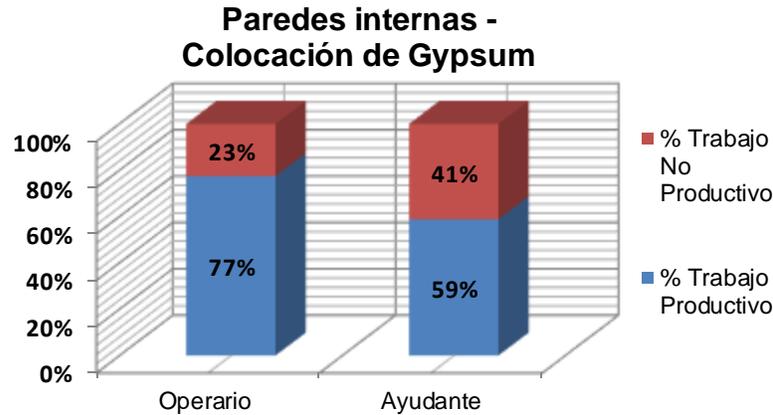


Figura 22. Gráfico obtenido mediante la aplicación de la técnica de *Five Minutes Rating* .

Resane

CUADRO 15. RESUMEN DE OBSERVACIONES REALIZADAS	
Resane	
Cantidad de observaciones:	492
Trabajadores Observados:	6
Trabajo Productivo:	403
Trabajo No Productivo:	89

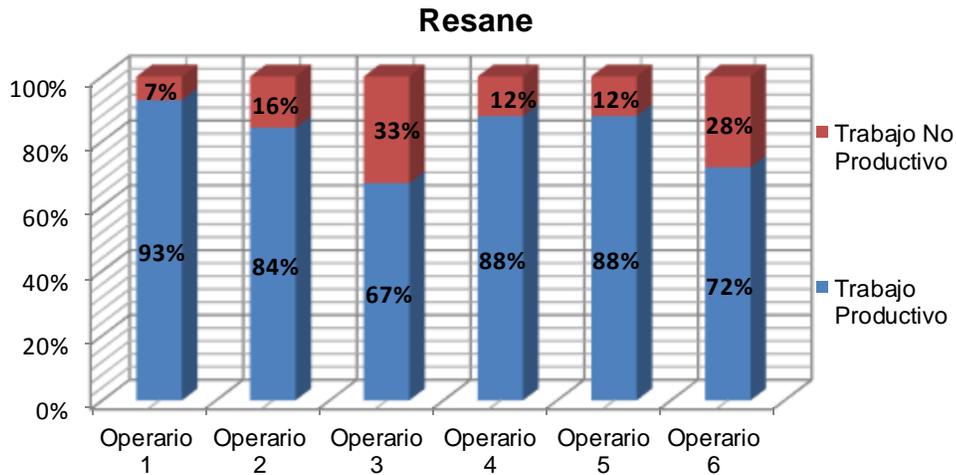


Figura 23. Gráfico obtenido mediante la aplicación de la técnica de *Five Minutes Rating* .

Formaleta

CUADRO 16. RESUMEN DE OBSERVACIONES REALIZADAS	
Formaleta	
Cantidad de observaciones:	416
Trabajadores Observados:	4
Trabajo Productivo:	325
Trabajo No Productivo:	91

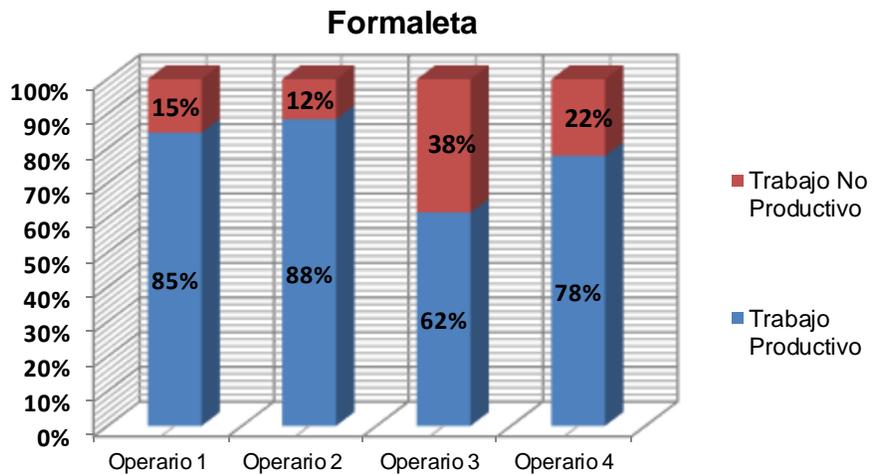


Figura 24. Gráfico obtenido mediante la aplicación de la técnica de *Five Minutes Rating*.

Excavación

CUADRO 17. RESUMEN DE OBSERVACIONES REALIZADAS	
Excavación	
Cantidad de observaciones:	400
Trabajadores Observados:	4
Trabajo Productivo:	279
Trabajo No Productivo:	121

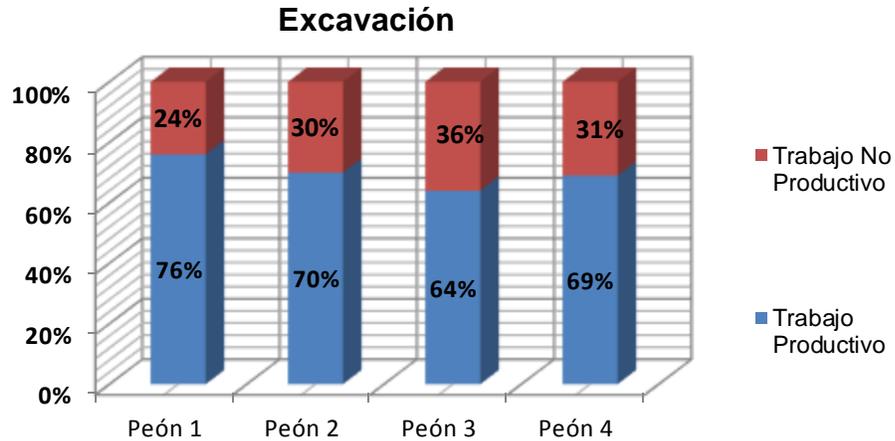


Figura 25. Gráfico obtenido mediante la aplicación de la técnica de *Five Minutes Rating*.

Mediante la aplicación de las diferentes técnicas para la medición de la productividad de la mano de obra se obtuvieron los resultados mostrados anteriormente, los cuales se resume en la siguiente tabla. Cabe mencionar que para realizar la comparación del método de *Five Minutes Rating* con los demás, se realizó un promedio de los porcentajes del trabajo productivo de cada uno de los miembros cada una de las cuadrillas que ejecutan las actividades.

En el cuadro 18, se muestra la comparación de porcentajes de trabajo productivo obtenidos mediante la aplicación de las técnicas de medición de productividad de la mano de obra llamadas: *Five Minutes Rating*, *Work Sampling* y Sistema de Información de Actividades (SINA).

CUADRO 18. COMPARACIÓN DE PORCENTAJES DE TRABAJO PRODUCTIVO OBTENIDOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES TÉCNICAS DE MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD			
Técnicas/Actividad	Excavación	Resane	Formaleta
<i>Five Minutes Rating</i> (promedio)	70%	82%	78%
<i>Work Sampling</i>	74%	54%	80%
Sistema de Información de Actividades (SINA)	69%	58%	52%

A continuación, se presenta una serie de tablas con cada una de las actividades seleccionadas con sus respectivos procesos constructivos, materiales y equipos necesarios para su ejecución, obtenida a partir de la observación continua durante la construcción de la obra.

CUADRO 19. MATERIALES, EQUIPO Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ACTIVIDAD DE PAREDES EXTERNAS		
Materiales	Equipo	Proceso constructivo
<i>Tracks</i> o canales (aluminio)	Taladro	1. Trazo de paredes
<i>Stoods</i> (aluminio)	Cuerpos de andamio	2. Colocación de <i>tracks</i> o canales (inferiores y superiores)
Tornillos	Láser	3. Colocación de <i>stoods</i> (verticales)
Láminas de Durock	Metabo	4. Colocación del <i>typer</i>
<i>Typer</i> (manta protectora)	Prensas metálicas	5. Colocación de láminas de Durock
Malla de refuerzo	Cuerda	6. Preparación para el acabado
Muro seco	Cinta métrica	6.1 Malla de refuerzo en juntas
Lija	Nivel	6.2 Malla de refuerzo general
Pintura	Pistola de presión	6.3 Colocación de muro seco
		6.4 Covaleado
		6.5 Lijado final
		7. Pintura

CUADRO 20. MATERIALES, EQUIPO Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ACTIVIDAD DE PAREDES INTERNAS		
Materiales	Equipo	Proceso constructivo
<i>Tracks</i> o canales (aluminio)	Taladro	1. Trazo de paredes
<i>Stoods</i> (aluminio)	Cuerpos de andamio	2. Colocación de <i>tracks</i> o canales (inferiores y superiores)
Tornillos	Láser	3. Colocación de <i>stoods</i> (verticales)
Láminas de Gypsum	Tijeras(para metal)	4. Colocación de láminas de Gypsum
Malla de refuerzo	Prensas metálicas	5. Colocación de canaletas.
Muro seco	Cuerda	6. Preparación para el acabado
Lija	Cinta métrica	6.1 Malla de refuerzo en juntas
Pintura	Nivel	6.2 Malla de refuerzo general
	Pistola de presión	6.3 Colocación de muro seco
		6.5 Lijado final
		6.5 Sellado
		7. Pintura

CUADRO 21. MATERIALES, EQUIPO Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ACTIVIDAD DE RESANE		
Materiales	Equipo	Proceso constructivo
Muro seco	Cuerpos de andamio	1. Picar el concreto
Cemento	Pica	2. Colocación del muro seco
Lija	Espátulas	3. Repello
	Carretillos	4. Lijado
	Metabo	

CUADRO 22. MATERIALES, EQUIPO Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ACTIVIDAD DE FORMALETA		
Materiales	Equipo	Proceso constructivo
Clavos	Nivel	1. Trazo
Tablones de madera	Cuerda	2. Aplicación del desmoldante en paneles
Paneles de formaleta	Martillo	3. Colocación de paneles
Cuerda	Metabo	4. Colocación de cuñas y <i>ties</i>
Cuñas y <i>ties</i>	Mazo	5. Apuntalamientos o soportes laterales
Desmoldante (diésel)	Plomo	6. Aplomo
	Cinta métrica	
	Láser	

CUADRO 23. MATERIALES, EQUIPO Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ACTIVIDAD DE EXCAVACIÓN		
Materiales	Equipo	Proceso constructivo
Cal	Pico	1. Trazo
Cuerda	Pala	2. Excavación
Niveletas	Macana	3. Movimiento de residuos
	Carretillo	
	Nivel	

Entrevista

Durante la ejecución del proyecto se realizaron entrevistas a la mano de obra, entre las cuales se encontraban miembros de la empresa EDIFICAR y miembros de empresas subcontratadas.

Se realizó con el objetivo de conocer la opinión de la mano de obra en lo que respecta al tema de productividad, con el objetivo de identificar mejoras que puedan beneficiar a la empresa en proyectos futuros. La entrevista fue realizada a diez trabajadores de la empresa EDIFICAR encargados de los procesos constructivos de resane, excavación y formaleta, además de otras empresas sub contratadas como Roswell Drywall encargada de las paredes internas y Contrugyp encargados de las paredes externas. Estos fueron escogidos debido al estudio de los procesos constructivos seleccionados en este proyecto.

Los resultados obtenidos son mostrados en los siguientes gráficos:

1. ¿Cómo es el ambiente laboral dentro de la construcción?

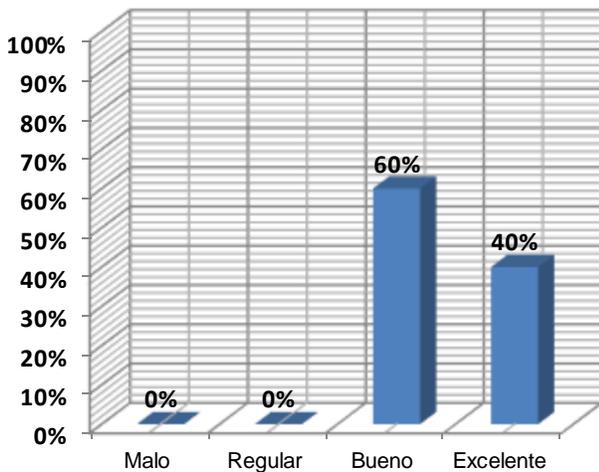


Figura 26. Gráfico de porcentajes de respuestas obtenidas en pregunta #1 de la entrevista.

2. ¿Cree que es importante un buen ambiente laboral favorece la productividad?

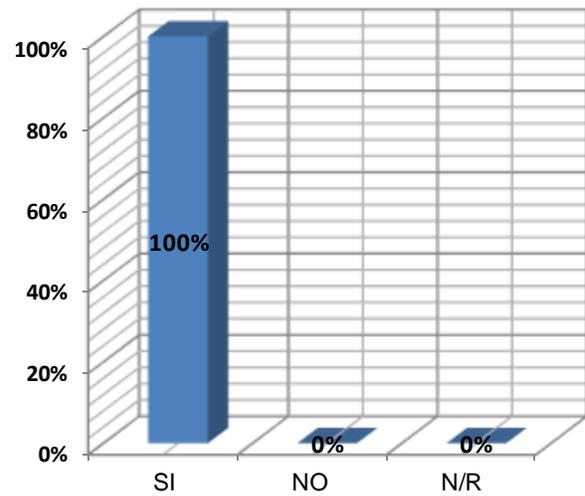


Figura 27. Gráfico de porcentajes de respuestas obtenidas en pregunta #2 de la entrevista.

3. ¿Existen incentivos o formas de motivación brindados por la empresa?

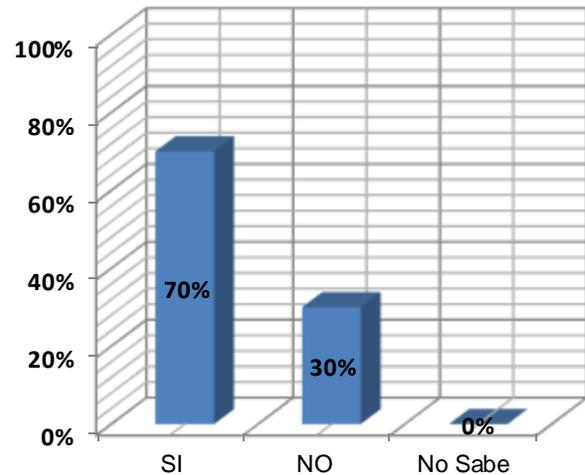


Figura 28. Gráfico de porcentajes de respuestas obtenidas en pregunta #3 de la entrevista.

4. ¿Le brindan los recursos necesarios para cumplir con sus labores adecuadamente?

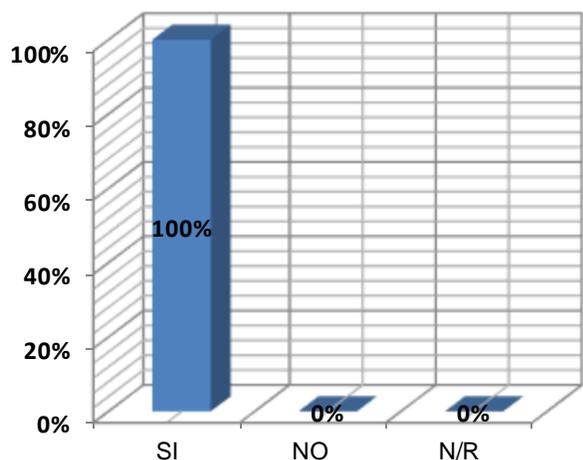


Figura 29. Gráfico de porcentajes de respuestas obtenidas en pregunta #4 de la entrevista.

6. ¿Manejan estándares de calidad dentro de la empresa?

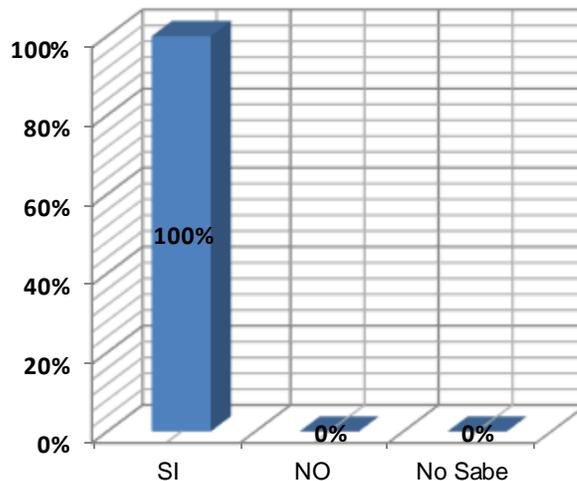


Figura 31. Gráfico de porcentajes de respuestas obtenidas en pregunta #6 de la entrevista.

5. ¿Cuál actividad se encuentra realizando en este momento?

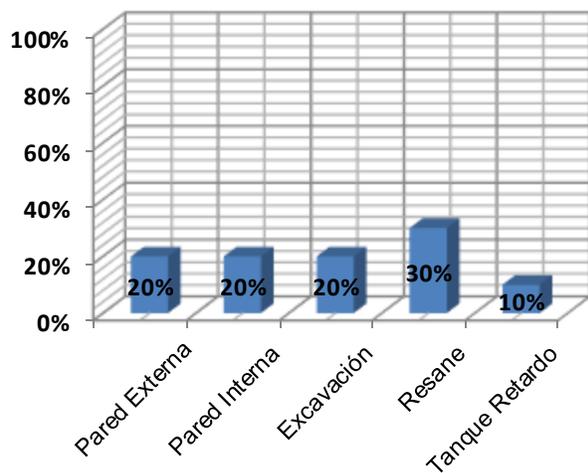


Figura 30. Gráfico de porcentajes de respuestas obtenidas en pregunta #5 de la entrevista.

7. ¿Reciben capacitaciones dentro del área que desempeña sus labores?

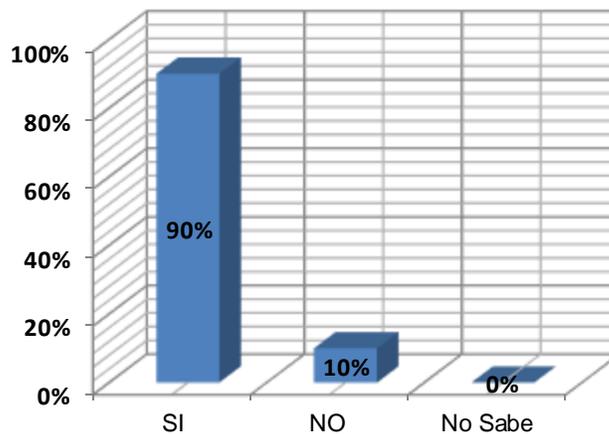


Figura 32. Gráfico de porcentajes de respuestas obtenidas en pregunta #7 de la entrevista.

8. Seleccione lo que usted considere que influye la productividad a la hora de trabajar.

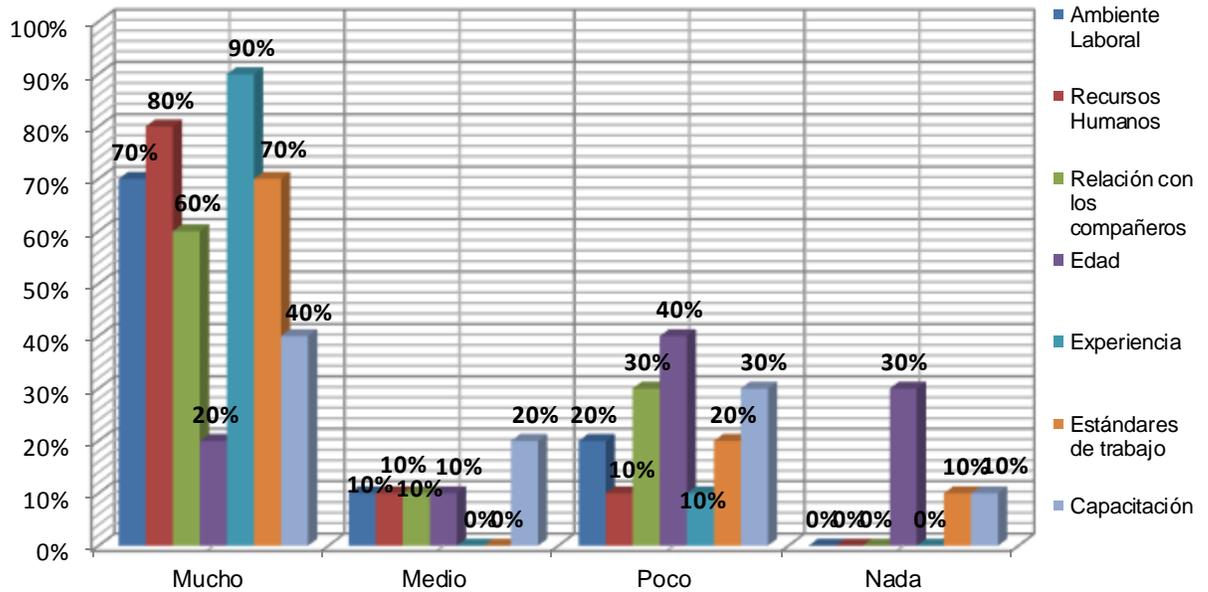


Figura 33. Gráfico de porcentajes de respuestas obtenidas en pregunta #8 de la entrevista.

9. ¿Cómo es su relación con la persona a cargo del proyecto?

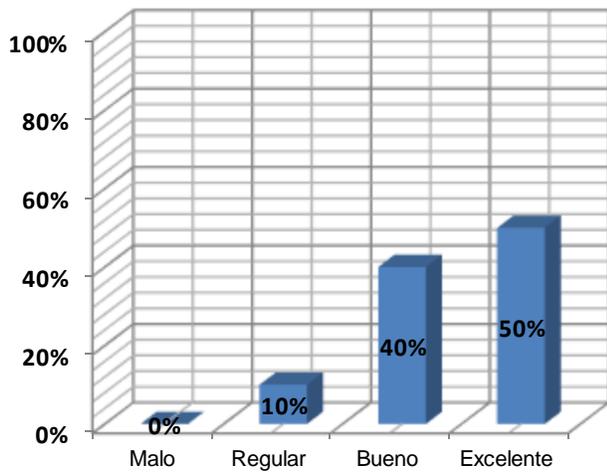


Figura 34. Gráfico de porcentajes de respuestas obtenidas en pregunta #9 de la entrevista.

10. ¿Le gustaría saber cómo podría mejorar el desarrollo de sus labores?

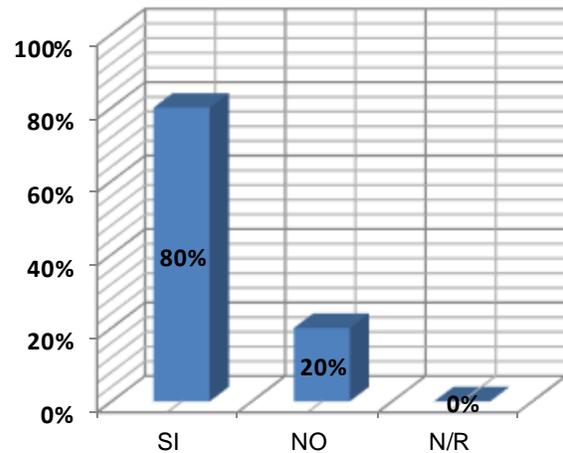


Figura 35. Gráfico de porcentajes de respuestas obtenidas en pregunta #10 de la entrevista.

11. ¿Opina que la actividad que desarrolla se hace de manera idónea?

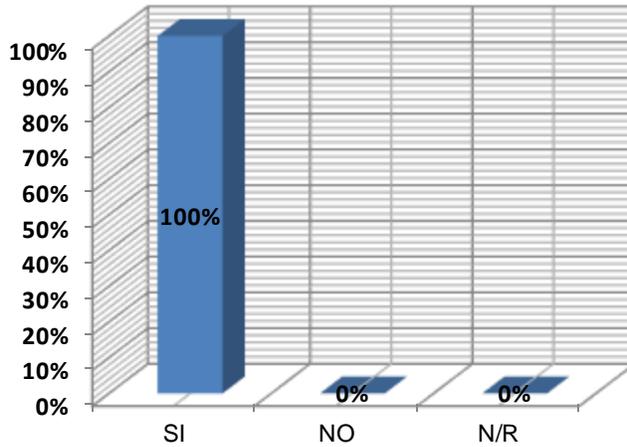


Figura 36. Gráfico de porcentajes de respuestas obtenidas en pregunta #11 de la entrevista.

13. ¿Cómo considera el grado de desempeño de liderazgo dentro de la empresa?

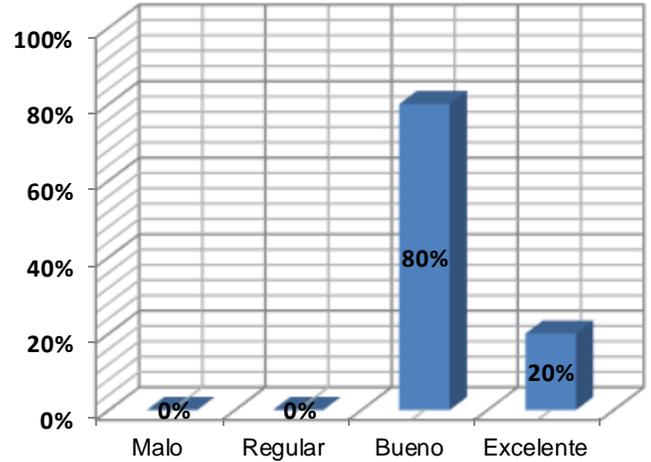


Figura 38. Gráfico de porcentajes de respuestas obtenidas en pregunta #13 de la entrevista.

12. ¿Se toman en cuenta sus ideas de mejoramiento?

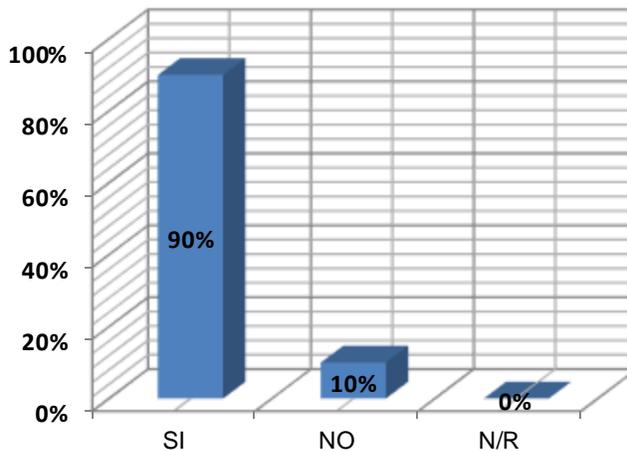


Figura 37. Gráfico de porcentajes de respuestas obtenidas en pregunta #12 de la entrevista.

Propuestas de mejora

Mediante la aplicación de técnicas de medición de productividad de mano de obra, la herramienta de control de la planeación *Last Planner* y la observación continua de los procesos constructivos permite identificar deficiencias o problemas durante la ejecución de los mismos, a las cuales se les puede buscar una solución eficaz con el objetivo de optimizar procesos en términos de los recursos utilizados por la empresa.

En el cuadro 24, se presenta algunos de los problemas identificados durante la ejecución de la obra en temas de planeación y productividad de la mano de obra con sus respectivas propuestas de mejora, que si se ponen en práctica podrían generar beneficios para la empresa.

CUADRO 24. PROPUESTAS DE MEJORA	
Problemas identificados	Propuesta de mejora
Falta de supervisión durante le ejecución de las actividades.	Control de avance diario mediante observaciones aleatorias por parte de los encargados de las actividades.
Ineficiente diseño en sitio.	Realizar un diseño en sitio que contemple las dimensiones de la obra, con el objetivo de disminuir los tiempos de transporte de materiales y equipos.
Control inadecuado de las órdenes de cambio.	Tener una tabla de control de órdenes de cambio, que una vez que sean aprobadas se pueda incluir dentro de la planeación de la obra.
Inadecuada asignación de cargas de trabajo.	Programa de control de planilla identificando las actividades que se encuentran realizando cada uno de los trabajadores, con la supervisión del ingeniero a cargo del frente de trabajo.
Mala administración del personal.	Realizar un balance de costos, en el cual se evalué si es más conveniente hacer recorte de personal o realizar las actividades pendientes con la planilla que se tenga en el momento.
Faltan de sincronización entre diferentes empresas dentro del proyecto durante la ejecución de las actividades.	Realizar una planeación en conjunto, donde se establezcan los tiempos de ejecución para cada una de las partes, siempre y cuando exista supervisión por parte de la empresa a cargo del proyecto.
Llegada tardía de materiales por parte de los proveedores	Generar una lista de proveedores, con los cuales se tenga una comunicación constante para evitar este tipo de problemas. Un cuadro de ofertas en donde se puedan identificar las mejores opciones, en las que se contemplen todas las variables.

Análisis de resultados

La culminación de este proyecto tiene como objetivo general elaborar una propuesta para mejorar los procesos constructivos en construcción del centro comercial Zona Centro.

La empresa constructora EDIFICAR es una de las principales empresas del país que tiene un gran interés en la mejora continua de los procesos constructivos y la optimización de los recursos disponibles mediante la aplicación de la filosofía LEAN y la implementación de diferentes herramientas en temas como la planeación y la productividad de la mano de obra. Dichas herramientas fueron aplicadas en la construcción del centro comercial zona centro, pero en este proyecto se presentan los resultados del frente de trabajo “C” el cual es identificado como la Plataforma de Parqueos.

Inicialmente se tienen los resultados obtenidos mediante la aplicación de la herramienta denominada *Last Planner* o último planificador, con la cual se le da un control a la planeación del proyecto. En el apartado 1 de los apéndices, se muestra un segmento del programa intermedio, en el cual se encuentran incluidas todas las actividades a realizar durante la ejecución de la obra y en la semana en que deben ser realizadas cada una de estas actividades.

En el apartado 2 de los apéndices, se muestra un segmento del programa intermedio, en el cual se observan diferentes actividades que se deben realizar durante la realización de la obra, que van desde la obra gris realizada por la empresa EDIFICAR hasta la excavación de placas de fundación realizadas por la empresa subcontratada MECO. Además, en este mismo programa se presentan columnas con las fechas de inicio de diferentes semanas, las cuales marcan la semana en que se debe realizar cada actividad según la planeación realizada. Dentro del programa intermedio como se mencionó anteriormente, se muestran solo las columnas que marcan un periodo de seis a ocho semanas a partir de la semana actual.

Las columnas con las fechas de ejecución de aquellas actividades que se deben realizar dentro de un tiempo mayor a las seis u ocho semanas permanecen ocultas hasta que se encuentren dentro del periodo mencionado. Otro aspecto importante dentro del programa intermedio son las columnas compuestas por las “restricciones”.

En la parte derecha del programa se pueden observar una serie de columnas con posibles restricciones que pueden limitar la ejecución de alguna actividad en específico dentro de las cuales se encuentran diseño e inspección, *submittal's*, *RFI's*, mano de obra, entre otros. También, se muestra una columna llamada “condición” la cual puede mostrar los siguientes dos estados: “restringido” en color rojo y “sin restricción” en color verde.

Para que una actividad pueda ser realizada se debe encontrar en la condición denominada “sin restricción”, la cual indica que dicha actividad no posee ninguna restricción que impida su ejecución y puede ser trasladada al programa previo semanal. Pero solo basta una restricción para que una actividad permanezca en condición “restringido” y no sea posible realizarla en la semana que corresponda.

El objetivo de esto es evitar que la planeación previa se vea afectada, ya que con una anticipación de seis a ocho semanas se pueden ir liberando estas restricciones, para cuando llegue la semana en que se debe realizar una actividad no existan problemas que causen retrasos o que no permitan la ejecución de esta. Por último, se muestra una columna llamada observaciones en donde se detalla la restricción o si se quiere agregar un comentario respectivo a la actividad para dejar una idea más clara de la situación.

Con el programa intermedio se pueden identificar las actividades que se deben realizar en una semana determinada. Una vez identificadas dichas actividades, se debe revisar que estén libres de restricciones para poder ser trasladadas al programa previo semanal. Esto se

muestra en cada uno de los programas mostrados en el apartado 3 de los apéndices, pero un ejemplo claro se presenta en el programa de control semanal del 22 al 28 de abril del 2015.

En esta figura se muestra el nombre de los responsables a cargo de cada una de las actividades a realizar, mostrado en la columna "Resp". Estos responsables pueden ser maestros de obra de la empresa EDIFICAR o sub contratistas. También, se observa una columna con el nombre de "Meta", la cual es establecida en conjunto con los encargados.

La meta indica el porcentaje de avance que se espera alcanzar en cada una de las actividades al final de la semana laboral. Esto se debe a que existen actividades que tienen duraciones mayores a una semana, por lo cual no se puede alcanzar el 100% de la actividad. Un ejemplo de esto son las actividades #10 y #11 realizadas por el sub contratista Estructuras Bermúdez denominada: "colocación de barandas entre los ejes 1A hasta 1H entre los ejes A1,A2,A3 y A4 (tercer y cuarto entepiso)", en donde se estableció una meta del 75% porque no se puede culminar en dicha semana.

Por último, se muestra columnas con los días de la semana, en las cuales se establecen las fechas exactas en que se deben realizar cada una de las actividades.

Para esto, se realiza una planeación semanal previa con cada uno de los encargados en donde se establece los valores meta según las condiciones actuales del proyecto y que días se tiene pensado ejecutarlas. Estas fechas se muestran con un relleno de color azul en las casillas correspondientes y en color amarillo se marca el día domingo que es el día libre de la semana.

Una vez transcurrida la semana laboral, se realiza el programa semanal de control el cual muestra los resultados obtenidos al final de la semana en estudio. Estos programas son los mostrados en el apartado 3 de los apéndices, los cuales tiene el mismo formato que el programa previo semanal, la única diferencia es que las columnas de logro y las de causas de no cumplimiento deben ser completadas para obtener los resultados finales de cada programa.

En la columna de logro se establece el porcentaje de avance alcanzado por la mano de obra al final de la semana laboral en cada una de las actividades. Este valor es comparado con la meta establecida previo a la semana en estudio,

en donde si tiene un valor igual o mayor a la meta su calificación es de "1" como sucede en todas las tareas correspondientes a la actividad de muro.

Caso contrario sucede cuando el valor del logro es menor que el de la meta, en este caso la calificación es de "0", esto sucede por ejemplo en el programa del 22 al 28 de abril en la actividad llamada "resane del muro MB-1 en ejes de 1A hasta 1D entre los ejes A2 y A3" ya que la meta era del 100% y el logro alcanzado fue de un 0%. En este caso dicha actividad debe ser reprogramada para la siguiente semana, ya que no hubo ningún avance. En la parte inferior de dicho programa, se observa un valor denominado Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), el cual es un promedio de las calificaciones obtenidas en cada una de las actividades realizadas durante la semana.

En este mismo programa se incluyen las columnas con las Causas de No Cumplimiento (CNC). Aquellas actividades calificadas con un valor de "0", que significa que no se cumplió con la meta establecida se debe justificar mediante dichas causas. Esto se demuestra en la actividad mencionada previamente "resane del muro MB-1 en ejes de 1A hasta 1D entre los ejes A2 y A3" la cual muestra que dicha actividad no se pudo cumplir ya que la mano de obra se encontraba realizando una actividad precedente. Con la aplicación de este programa se obtienen resultados semanalmente, los cuales se resumen en dos gráficos, el primero llamado Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y el gráfico de Causas de No Cumplimiento (CNC).

En la figura 9, se presenta el gráfico de porcentajes de actividades completadas, en donde se puede observar un registro de los resultados obtenidos en todas las semanas durante la construcción de la obra.

En dicho gráfico se muestra tres valores, el PAC obtenido en cada una de las semanas, el promedio de estos valores y el PAC mínimo aceptado por la empresa EDIFICAR, el cual tiene un valor del 70%. Se puede observar que los dos únicos valores que se encuentran por debajo de este límite son los obtenidos en las semanas del 04 de marzo y del 08 de abril del 2015 con valores de 68% y 56% respectivamente, los demás valores obtenidos son iguales o mayores al 70%. Se puede observar que durante todas las semanas el valor promedio se mantuvo alrededor del 80% mostrando un comportamiento

relativamente constante durante la ejecución de la obra. Esto se debe a que también existen resultados máximos que se tienen valores del 91% y 93% obtenidas en las semanas del 04 de febrero, 18 de febrero y 18 de marzo del 2015.

Este análisis muestra como la aplicación de la técnica de *Last Planner* permite controlar la planeación de la obra y prevenir problemas que imposibiliten la ejecución de las actividades.

Otro de los resultados del programa de control semanal se observa en la figura 10 donde se muestra el gráfico de Causas de No Cumplimiento (CNC). Este es un gráfico posee valores acumulativos, el cual se actualiza semana a semana de acuerdo a las actividades que no fueron completadas en cada uno de los programas semanales previos. A la semana del 22 de abril, la causa de no cumplimiento más común es la de actividad precedente con un 34%, seguida por una inadecuada planeación con un 15%. Existen dos causas que no han sido utilizadas hasta la fecha del 22 de abril las cuales son falta de mano de obra y cambios de diseño. El clima que es una causa que puede afectar muchas actividades de forma inesperada ha mantenido un valor bajo del 4% porque el proyecto se ha realizado en la época de verano donde las lluvias se han ausentado la mayor parte del tiempo, permitiendo así prácticamente la realización de todas las actividades. El estudio de este gráfico permite a la empresa, observar cuales son los principales problemas que dificultan o imposibilitan la ejecución de las actividades planeadas, las cuales se discuten en la reunión semanal de productividad para evitar futuros problemas con el objetivo de optimizar el proceso de ejecución de las labores diarias.

Otra de las técnicas aplicadas por la empresa EDIFICAR, pero en este caso para el control de la productividad de la mano de obra durante la ejecución de diversos procesos constructivos es el Sistema de Información de Actividades (SINA). Este clasifica el desempeño de los trabajadores en Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributivo (TC) y Trabajo no Contributivo o No Productivo (TNC o TNP). Dicha técnica es aplicada semanalmente mediante observaciones continuas en campo, las cuales son representadas mediante informes semanales como el mostrado en la figura 11, en la cual se observan tres actividades estudiadas: movimiento de tierras, resane y formaleta. Para la clasificación de estos resultados la empresa ha

establecido valores límite que son porcentajes considerados como “aceptables”, los cuales fueron recomendados por expertos que asesoraron a la empresa en este tema.

Los resultados obtenidos muestran que la colocación de formaleta posee el menor tiempo productivo con un 52%, seguido del resane con 58% y por último el movimiento de tierras con un 69%. La razón principal es que la formaleta y el resane utilizan una mayor variedad de materiales y equipo en los cuales se pierde mucho tiempo en el movimiento de estos. Esto se ve reflejado en el porcentaje obtenido de trabajo contributivo que alcanza un 43% en la formaleta y un 32% en el resane, el cual corresponde a todas esas tareas que se deben realizar para poder ejecutar la actividad, pero no aportan avance en la actividad.

El valor mínimo de trabajo productivo es de un 60%, en donde la única actividad que cumple con este valor es el movimiento de tierras. Esto mismo sucede con el trabajo contributivo en donde el valor máximo permitido es de un 25% en donde la formaleta y el resane lo exceden, esto muestra que utiliza mucho del tiempo laboral en el transporte de materiales y equipos necesarios para la ejecución de las actividades.

Por último, los únicos valores que cumplen con los límites permitidos son el trabajo no productivo o trabajo no contributivo, en donde todos tienen una magnitud menor al 15%. Estos porcentajes principalmente se obtienen del tiempo en que la mano de obra realiza esperas o dedican tiempo al ocio.

La aplicación de dicha técnica permite identificar tiempos y oportunidades de mejora tanto en productividad de la mano de obra como en la optimización de los procesos constructivos de las actividades.

Una vez identificados los procesos constructivos, se aplicaron las técnicas del muestreo de campo (*Work Sampling*) y *Five Minutes Rating* para medir la productividad de la mano de obra encargada de realizar dichas actividades.

En la figura 12 se muestra los resultados obtenidos mediante la aplicación de la técnica de muestreo de *Work Sampling* en la actividad de paredes externas durante la colocación de la estructura metálica. Se observa que los porcentajes de trabajo productivo y no productivo poseen valores muy cercanos con un 51% de

trabajo productivo y un 49% de trabajo no productivo. Esto se debe a que gran parte del tiempo los trabajadores se dedican al corte y preparación de los elementos metálicos, que debido a su espesor debían ser cortados uno a uno mediante un esmeril, haciendo que el operario a cargo de la colocación se mantuviera mucho tiempo en espera.

Caso contrario se muestra en la figura 13, en la cual se presenta los resultados de la misma actividad, pero en la colocación de las láminas de Durock. Se puede observar una diferencia notables ya que el trabajo productivo alcanza un valor del 77% contra un 22% de trabajo no productivo. Esto principalmente se debe a que la colocación de las láminas de Durock es una tarea más sencilla que la colocación de la estructura metálica, ya que son pocas las veces en las que se tiene que realizar cortes, por lo general se colocan completas de manera modulada para evitar al máximo los desperdicios de material el cual se aproxima a un 5%, según el encargado de esta actividad.

De igual manera, en la actividad de paredes internas durante la colocación de la estructura metálica se obtuvo un 65% de trabajo productivo y un 35% de trabajo no productivo como se muestra en la figura 14. A diferencia de las paredes externas, la estructura metálica de las paredes internas posee un espesor menor haciendo posible los cortes mediante el uso de una tijera especial haciendo más rápida la ejecución de esta labor. En la colocación de las láminas de Gypsum en la actividad de paredes internas se obtuvo un trabajo productivo del 72% contra un 28% de trabajo no productivo, tal como se muestra en la figura 15. Al igual que en las paredes externas, el trabajo productivo varía durante el proceso constructivo. Esto se debe a que en un proceso existen diferentes tareas, que unas implican una mayor dificultad que otras.

La colocación de láminas de Gypsum se podría considerar más sencilla a la colocación de la estructura metálica, debido al equipo que se debe utilizar y con los materiales que deben trabajar.

En la figura 16 se puede observar como en la actividad del resane se tiene un trabajo productivo del 54% contra un 46% de trabajo no productivo.

Mediante la observación continua se pudo determinar que durante la ejecución de dicha actividad amerita el uso de cuerpos de

andamio debido a que se realiza a diferentes alturas, por lo que se mucho del tiempo laboral se desempeña en temas de armar el equipo y transporte de materiales.

Otra razón importante, es que la posición en que se realiza esta actividad algunas veces se puede considerar incómoda y agotadora, ya que se trabaja por encima del nivel de la cabeza, haciendo que los trabajadores necesiten tiempos de descanso de manera constante durante su ejecución.

Caso contrario sucede con la colocación de formaleta, en donde se consiguió un 80% de trabajo productivo el cual muestra un buen desempeño de la mano de obra mostrado en la figura 17. La principal razón es que en la obra la formaleta fue utilizada principalmente en muros, los cuales se encuentran a nivel de suelo lo cual facilita el transporte de los paneles y herramientas necesarias para la realización de esta actividad. También, se debe a que la cuadrilla encargada de la formaleta posee mucha experiencia en este tipo de actividades facilitando así su ejecución.

En lo que respecta al proceso de excavación, fue realizado por cuatro trabajadores. En la figura 18 se muestra un porcentaje del 74% de trabajo productivo, el cual se encuentra por arriba del 60% considerado como aceptable para la empresa. Principalmente se debe a que en este proceso se realiza pocas movilizaciones en lo que respecta a equipo o materiales. Considerando todos los aspectos de esta actividad, se puede decir que es considerada como desgastadora, ya que la mayor parte del tiempo se realiza a la intemperie, en donde el clima afecta directamente a los trabajadores, por lo que el tiempo no productivo se debe a descansos, ocio o necesidades personales.

De igual manera, a todos los procesos constructivos mencionados se les aplicó otra técnica de medición de productividad llamada *Five Minutes Rating* en la cual se logró obtener un estudio más detallado ya que se observa cada uno de los integrantes de las cuadrillas que se encuentran realizando una actividad específica.

Se inició con la actividad de paredes externas tanto en el proceso de colocación de la estructura metálica como en la colocación de las láminas de Durock. Se puede observar en las figuras 19 y 20 que los porcentajes de trabajo productivo en ambos casos tienen valores similares. Además, se aprecia como el integrante

de la cuadrilla que posee un menor trabajo productivo en ambas tareas es el ayudante, esto se debe a el ayudante tiene tiempos de espera mientras los operarios hacen sus respectivas labores.

A pesar de esto, dichos valores se mantienen dentro de un rango aceptable dentro de la empresa, los cuales van de un 74% al 80%. Caso contrario sucede en el levantamiento de las paredes internas durante la colocación de la estructura metálica, mostrado en la figura 21 donde se puede observar como el exceso de trabajadores en una cuadrilla puede generar que la productividad disminuya de manera significativa. El ayudante 1 y 2 mostrados en dicha figura, poseen un trabajo productivo del 48% y 8% respectivamente, los cuales se encuentran por debajo del trabajo productivo mostrado por ambos operarios los cuales poseen un 87% y 67%. Por lo tanto, es de suma importancia identificar la cantidad de trabajadores necesaria para realizar una actividad en específica, ya que así se podría optimizar el desempeño de la mano de obra.

Este argumento lo respalda la figura 22, la cual corresponde a la colocación de las láminas de Gypsum de las paredes internas realizada únicamente por dos trabajadores. Esto permite obtener un trabajo productivo mayor y más equilibrado entre los trabajadores de la cuadrilla, principalmente el ayudante que alcanza un 59% de trabajo productivo que se encuentra ligeramente por debajo del 60% considerado "aceptable" por la empresa. A pesar de esto, se da un comportamiento similar al de la estructura metálica, ya que el ayudante posee un porcentaje de trabajo productivo menor que el operario a cargo de esta labor con un 77%.

Con respecto al resane, fue realizado por seis operarios debido a la gran cantidad de trabajo y al tiempo disponible para realizarlo se consideró relativamente corto. En la figura 23 se muestra los valores de trabajo productivo obtenidos, los cuales varían del 67% al 93%, estos se pueden considerar aceptables ya que se encuentran por encima del 60%. Un comportamiento similar se da en la colocación de formaleta en donde el valor de trabajo productivo mínimo es de 62% que corresponde al operario tres y un valor máximo del 88%.

Una de las razones por las cuales en la colocación de formaleta tiene trabajos productivos por arriba del 60%, es porque

normalmente la realización de esta actividad viene procedida por el colado del elemento, al cual se le realiza un pedido previo del concreto premezclado a la empresa MECO por lo que se puede considerar una actividad urgente, con un tiempo limitado para realizarse. También, se realizó un estudio de la cuadrilla encargada de la excavación, la cual es realizada por cuatro trabajadores.

Dicha actividad puede verse afectada por muchos factores, incluso el clima puede afectar la productividad de la cuadrilla. En este caso los valores de trabajo productivo no muestran una variación significativa manteniéndose entre 64% y 76% como valores límite. Mediante la aplicación de las diferentes técnicas tanto en el tema de la planeación como la productividad permite estudiar de una forma minuciosa cada uno de los procesos y esto hace posible realizar propuestas de mejora, generando así un impacto económico dentro de la empresa ya que se pueden reducir tiempos de ejecución, materiales, mano de obra, etc.

En el cuadro 18 se muestra en resumen los porcentajes de trabajo productivo obtenidos por las técnicas de *Five Minutes Rating*, *Work Sampling* y Sistema de Información de Actividades (SINA). Esto con el objetivo de poder realizar una comparación de estos valores y analizar sus diferencias. En lo que respecta al porcentaje de trabajo productivo de la técnica de *Five Minutes Rating*, lo que se muestra es un valor promedio de los trabajos productivos obtenidos en cada uno de los trabajadores realizando cada actividad.

Comparando estos valores se puede determinar que para la actividad de excavación posee valores muy cercanos en cada uno de las técnicas mostrando valores entre los 69% y 74%. Caso contrario sucede en la actividad de resane, en donde las técnicas del sistema de información de actividades y *Work Sampling* poseen valores cercano con un 58% y 54% respectivamente, pero en la técnica de *Five Minutes Rating* se tiene un 82% que supera considerablemente los valores anteriores. Algo similar sucede con la actividad de la colocación de la formaleta, solo que en este caso los valores que tienen un porcentaje más cercano son los obtenidos por las técnicas de *Five Minutes Rating* y *Work Sampling* con un 78% y 80% respectivamente, mientras que por medio del SINA se obtuvo un 52% que se aleja significativamente de los otros valores.

Las posibles causas de estas diferencias se encuentran principalmente en la obtención de los datos mediante la observación, ya que existen diferentes factores que pueden alterar los resultados obtenidos. Uno de estos factores es la hora del día en que se realizan las observaciones, ya que se ha notado que existe una variación en la productividad, en donde se presentan mayores tiempos productivos por la mañana que por la tarde. Esto podría asociarse al cansancio acumulado durante el día y el acercamiento a la hora de salida.

También, algunas veces se realizan cambios en la cuadrilla que se encuentra realizando una actividad en específico y existen trabajadores que son más productivos que otros generando así una variación en la productividad. Otro factor de importancia que genera variaciones en el trabajo productivo de una cuadrilla es la poca supervisión por parte de los encargados, que genera que la cuadrilla pueda utilizar el tiempo de trabajo para conversar, utilizar el celular o cualquier acción que perjudique la productividad.

Las actividades de paredes externas e internas son realizadas por trabajadores de empresas subcontratadas a diferencia de la excavación, resane y formaleta que son realizadas por la empresa a cargo del proyecto.

Mediante el estudio minucioso y la observación realizada en la toma de datos, se logró identificar y realizar una lista con las actividades estudiadas y sus respectivos procesos constructivos, materiales y equipo necesario para ejecutarlas. Se puede observar que la actividad de paredes internas y externas posee características similares en todos sus aspectos, los cuales se muestran en los cuadros 19 y 20.

La diferencia es que en las paredes externas, por estar en contacto directo con el ambiente necesitan una mayor protección contra agentes externos (humedad, temperatura, viento, etc.) que las paredes internas. Es por eso que en las paredes externas se utilizan láminas de Durock que poseen un espesor mayor en comparación a las láminas de Gypsum colocadas en las paredes internas. Además, que en las paredes externas se les coloca una manta llamada *typer* para evitar el paso de la humedad de la cara externa a la parte interna de la estructura, la cual no se coloca en las paredes internas.

Por último, la estructura metálica de las paredes externas posee un mayor espesor que la utilizada en las paredes internas debido a las fuerzas que experimentan debido al viento. Las actividades como resane, formaleta y movimiento de tierra poseen procesos constructivos más cortos en comparación al de paredes internas o externas.

También, se puede observar como muchos de los equipos utilizados se repiten en algunos de las actividades estudiadas, por ejemplo el nivel es una herramienta de mucha utilidad por lo que es importante tener un equipo de calidad, que posea un buen mantenimiento y una calibración adecuada para evitar re trabajos que afecten la planeación de la obra.

La identificación precisa de estos aspectos permite a la empresa EDIFICAR y a los sub contratistas mantener en bodega los materiales y equipos necesarios para la realización de las actividades y tratar de disminuir los problemas que imposibilitan su ejecución que afecten la planeación de la obra.

Con el objetivo de buscar oportunidades de mejora se realizó una entrevista a diferentes trabajadores respecto al tema de la productividad y posibles factores que la afecten durante la ejecución de la obra. En la figura 26 se muestra que el 60% de los entrevistados considera que el ambiente laboral en la obra es bueno y un 40% cree que es excelente.

Esto se debe principalmente a que la empresa EDIFICAR trata en lo posible de mantener una base de mano de obra en los proyectos que realiza, ya que muchos de estos trabajadores se conocen de proyectos realizados en el pasado, haciendo que exista confianza y compañerismo entre ellos.

En la figura 27 se observa como el 100% de los trabajadores piensa que un buen ambiente laboral es importante en temas de productividad. La tercera pregunta realizada se muestra en la figura 28 donde al 70% de los trabajadores se les ha brindado alguna clase de incentivo y a un 30% no ha recibido ningún tipo de motivación. Este tipo de incentivos genera una actitud positiva dentro de la mano de obra al ver que la empresa los tiene presente y les da de una u otra manera un signo de agradecimiento, ya que ellos son los encargados de levantar una obra de construcción y sin ellos no fuera posible realizarlo.

Un ejemplo de esto es la costumbre particular de la empresa EDIFICAR con la llamada "Fiesta de Techo", donde se presentan

los dueños, sus familias, los ingenieros y trabajadores tanto de la empresa como de los sub contratistas a celebrar el techado de la obra, como signo de protección a los trabajadores y que se marca el comienzo de la fase de acabados en el proyecto.

Se procedió con la cuarta pregunta mostrada en la imagen 29, en donde el 100% de los trabajadores se les brindan los recursos necesarios para cumplir con sus labores, esto se debe a que la empresa posee una amplia variedad de equipos y herramientas para realizar las actividades. Además, se tiene una buena relación con los proveedores a los cuales se les realizan los pedidos de los materiales necesarios para ejecutar las labores diarias.

Dentro los entrevistados un 20% se encontraban en la colocación de paredes externas, 20% en paredes internas, 20% en excavación, 30% en resanes de entepiso y el 10% restante en el tanque de retardo, esto se muestra en la imagen 30 que son principalmente las actividades a las cuales se les realizó la medición de productividad. Dentro de los entrevistados, se encuentra trabajadores de otras empresas sub contratadas y se puede observar que manejan estándares de calidad dentro de la empresa como se observa en la figura 31.

Un aspecto utilizado por las empresas constructoras para mejorar la calidad y productividad de los procesos constructivos es mediante la capacitación del personal. En este caso el 90% de los entrevistados han recibido algún tipo de capacitación contra un 10% que no ha recibido, este gráfico se muestra en la figura 32. Un ejemplo de esto es que cuatro maestros de obra durante la ejecución del proyecto se encontraban en un curso dado en la Universidad de Costa Rica, el cual es pagado por la empresa EDIFICAR para que sus trabajadores adquieran un conocimiento teórico que complementen la experiencia adquirida a través de los años. A la hora de analizar el gráfico mostrado en la figura 33, se puede identificar como los trabajadores consideran que el ambiente laboral, el recurso humano, la relación con los compañeros, la experiencia y los estándares de trabajo son los factores que más afectan la productividad.

Algo interesante es que el factor edad es el que muestra los mayores porcentajes en la calificación de poco y nada, además es el que tiene menor porcentaje en la clasificación de mucho. La entrevista se realizó a personas de

edades entre los 20 hasta los 50 años. Analizando este resultado específico, existen actividades que requieren un mayor desempeño físico que otras, en donde la edad puede afectar directamente la productividad debido al desgaste causado, pero es fácil de identificar que ningún trabajador dará una respuesta en la cual puedan verse afectados compañeros de trabajo que tengan edades superiores.

La edad es un factor que puede relacionarse directamente con la experiencia, la cual el 90% de los entrevistados considera que es el factor que más afecta la productividad. Se debe principalmente a que con la experiencia adquirida a través de los años permite realizar las actividades de una manera más eficaz ya que han podido observar errores a través de los años.

En lo que respecta a la capacitación, los entrevistados consideran que este es un factor importante, pero que no afecta la productividad de la mano de obra. Esto no es cierto del todo, ya que las capacitaciones en temas de seguridad laboral evitan posibles accidentes que se traducen en tiempos no productivos, además de la afectación psicológica que un accidente provoca a los trabajadores.

La novena pregunta se muestra en la figura 34, en donde se muestra que la relación de los encargados del proyecto con los trabajadores es buena o excelente obteniendo 40% y 50% respectivamente. Esto se debe principalmente a la ideología de la empresa EDIFICAR en mantener una base de la mano de obra, ya que en su mayoría han estado presentes en diferentes proyectos a través de los años dándoles trabajo y sustento a sus familias. Otro aspecto importante es que los trabajadores tienen expectativas de superación en las labores que realizan, como se muestra en la figura 35, donde se observa como el 80% de los entrevistados les gustaría saber cómo mejorar en el desempeño de sus labores.

Dentro de los maestros de obra de la empresa EDIFICAR, muchos de ellos comenzaron con tareas de peones, los cuales fueron adquiriendo conocimiento hasta convertirse en maestros de obra. Esto genera un sentimiento de competitividad que trae beneficios a la empresa.

En la figura 36 se observa como el 100% de los trabajadores consideran que las actividades que se encuentran realizando se ejecutan de la mejor manera; sin embargo, el

90% de los entrevistados mencionó que en las ocasiones en que ellos identifican opciones de mejora son escuchados por parte de los encargados. Lo dicho anteriormente tiene una gran importancia, ya que la empresa tiene una ideología de mejora continua de sus procesos y cada idea de mejoramiento independientemente de su fuente debe ser bienvenida y si su estudio lo permite ser implementada.

La última pregunta se relaciona con el desempeño del liderazgo dentro de la empresa, en donde se muestran resultados agradables para la empresa ya que el 80% de los entrevistados lo considera bueno y un 20% lo considera excelente. Estos resultados son frutos de la empresa EDIFICAR al incluir a sus maestros de obra en cursos o clases, con el objetivo de mejorar el recurso humano e incrementar su conocimiento, tanto en temas directos de la construcción como en el aspecto humano.

Por último, durante la ejecución de la obra fue posible identificar problemas y deficiencias que generan un impacto negativo para la empresa. Con esto se buscó una solución eficaz a cada uno de estos problemas, que si la empresa los implementa podrían optimizar el uso de los recursos y la ejecución de las actividades (Véase el cuadro 24).

Uno de los principales problemas es la supervisión de las actividades durante y después de su ejecución. Esto se debe principalmente a dos razones, la primera es que logró observar que durante la ausencia de los encargados por tiempos prolongados genera un cierto grado de libertad en los trabajadores que hace que se disminuya su productividad, ya que pueden utilizar su tiempo en otras actividades que no sean del aspecto laboral. La segunda razón, es que durante la obra se realizaron muchos re trabajos por el hecho que no se revisaron de manera correcta los trabajos realizados, esto afecta de manera directa la planeación de la obra ya que el tiempo requerido para los re trabajos no fueron contemplados para la misma y también genera un gasto extra para la empresa, el cual no fue contemplado en el presupuesto de la obra.

Una solución para este problema sería que los encargados por parte de la empresa constructora realicen observaciones diarias y aleatorias a las diferentes actividades que estén en ejecución y que lleven un control de avance diario que puedan discutirse en la reunión

semanal de productividad para evitar futuros problemas.

Otro de los problemas observados fue un deficiente diseño en sitio, ya que durante la ejecución de las actividades se utilizaba mucho del tiempo laboral en el transporte de equipos y materiales de las bodegas al lugar de trabajo haciendo que la productividad de la mano de obra disminuya. Por lo que un diseño en sitio que contemple la magnitud de la obra y considere que se realizan trabajos a diferentes niveles podría generar un aumento en el trabajo productivo, alcanzo mayores rendimientos y un avance más acelerado en las actividades. Por ejemplo, mediante la colocación de un mayor número de bodegas temporales que contengan los materiales y equipos necesarios para la ejecución de las actividades que son realizadas en diferentes niveles o frentes de trabajo y que además se realizan de manera simultánea.

Otro detalle observado fue la mala administración del personal en obra en conjunto a un control inadecuado de las órdenes de cambio que provocó el incumplimiento o retraso en la realización de diferentes actividades durante la ejecución de la obra.

En ocasiones se realizaron recortes de personal con el objetivo de disminuir los gastos, pero se aprobaban órdenes de cambio repentinas que generaban un exceso de trabajo para la cantidad de trabajadores presentes en la obra, por lo que había que recontractar personal para poder finalizar dichas actividades en el tiempo establecido lo cual afecta directamente la planeación de la obra. Por lo que un control adecuado de la planilla contemplando los posibles cambios que se pueden aprobar en los días por venir puede prevenir este tipo de problemas dentro de la ejecución de la obra. Además se puede realizar un estudio de factibilidad en donde se evalúe que es más factible financieramente para la empresa EDIFICAR, si mantener el personal para realizar las actividades de momento que podrían ejecutarse de manera más rápida o si es mejor realizar un recorte de personal aunque los tiempos de ejecución de los mismos se extiendan.

Otro problema que involucra al personal, es la inadecuada asignación de cargas de trabajo. Algunas veces que exceso de trabajo para una sola cuadrilla y como lo muestra la figura 21, también existe el exceso de

trabajadores en una sola actividad que genera una disminución en la productividad de la mano de obra. Por lo que una distribución adecuada de las cargas de trabajo puede generar una mayor productividad, haciendo que las actividades planeadas se cumplan. De igual manera, podría implementarse un control diario con cada uno de los trabajadores en los diferentes frentes de trabajo, a los cuales se les asigne las actividades que se encuentran realizando para que los ingenieros a cargo del proyecto determinen si es necesario un cambio en las labores.

Dentro de la construcción de la obra, se encuentra trabajadores tanto de la empresa EDIFICAR como de otras empresas sub contratadas para la realización de actividades específicas. Muchas de estas actividades requieren la cooperación de las diferentes partes, por lo que la sincronización y el cumplimiento de las responsabilidades de cada una de ellas son primordiales para el cumplimiento de la planeación establecida.

Un ejemplo de esto, es que en el proceso constructivo de las paredes externas e internas lo primero que se debe realizar es el trazo de las mismas, el cual es realizado por la empresa a cargo del proyecto y luego las empresas sub contratadas para estas actividades continúan con el proceso. Algunas veces ocurrió que habían confusiones o falta de información para realizar el trazo, por lo existían retrasos importantes y los trabajadores de las otras empresas permanecían sin labores durante gran parte del día lo que afecta la planeación de obra. Una solución es que exista una cuadrilla de trabajadores que se dedique al trazo de los elementos y que estos se realicen con al menos dos días de anticipación con el objetivo de que las empresas sub contratadas siempre tengan labores que realizar aunque existan retrasos en el trazo.

Por último, la llegada tardía o ausencia de los materiales en la obra por parte de los proveedores afectó el cumplimiento de algunas de las actividades por lo que se debe tener un contacto cercano con estos, para que se planifiquen de manera adecuada las llegadas de material o equipos necesarios para la realización de las actividades. Además se podría realizar un proceso de selección de proveedores donde se contemplen factores como la distancia al proyecto, donde el tiempo de traslado de los materiales no sea relativamente largo y se puedan cumplir con las horas y fechas

establecidas para la llegada de los materiales y equipos. Un claro ejemplo fue durante la chorrea de elementos como vigas o cimentaciones de la plataforma de parqueos, en donde las llegadas tardías del concreto premezclado generaba que la productividad de la mano de obra disminuyera debido a la espera que se existía entre la llegada de las chompipas. Uno de los principales problemas fue que la planta de concreto de la empresa MECO se encontraba a una distancia considerable, que sumado al tráfico denso de vehículos por la zona dificultaba la llegada del mismo. Este mismo problema no solo disminuye la productividad de la mano de obra sino también causa que los trabajos sean mal ejecutados ya que en ocasiones se ejecutaban de manera rápida generando re trabajos, los cuales afectan la planeación de la obra, por los tiempos requeridos para su reparación y aumentando el costo de la obra al necesitar mano de obra para su realización.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La empresa EDIFICAR durante los últimos años ha obtenido mejores resultados durante la ejecución de sus proyectos desde que empezó con la implementación de técnicas y herramientas que permitan un adecuado control de planeación y productividad de la mano de obra. Dentro de las cuales se tiene la herramienta de “*Last Planner*” o el Último Planificador para el control de la planeación de obra y la técnica del Sistema de Información de Actividades (SINA) para la medición y clasificación de la productividad de la mano de obra.
- Se logró la correcta aplicación de las técnicas y herramientas utilizadas por la empresa EDIFICAR en los aspectos productividad y planeación de obra, esto gracias a la ayuda de los ingenieros encargados de dar capacitaciones a los trabajadores que las aplican en campo. Como respaldo existen guías de usuario en donde se explican cada uno de sus componentes y su funcionamiento.
- Mediante la aplicación de la herramienta de planeación “*Last Planner*” se logró llevar un control adecuado de las actividades a realizar durante la ejecución del proyecto, donde se pudo prever con antelación posibles retrasos en la ejecución de la obra evitando una afectación de la planeación establecida. Además, se identificaron las principales Causas de No Cumplimiento (CNC) que afectaron la ejecución de las actividades durante la construcción de la obra.
- La implementación de las técnicas de medición de productividad de la mano de obra como *Five Minutes Rating*, *Work Sampling* y el Sistema de Información de Actividades (SINA) permitieron el estudio minucioso de los procesos constructivos en los cuales se identificaron oportunidades de mejora con el objetivo de aumentar la productividad y la optimización del uso de recursos a disposición por parte de la empresa.
- La aplicación de la filosofía LEAN en la ejecución del centro comercial Zona Centro generó la posibilidad de optimizar la ejecución de los procesos constructivos, tener un mejor control en la ejecución de la obra y promover la mejora continua en todos los aspectos que se contemplan en un proyecto de esta magnitud.
- La observación constante de los procesos constructivos seleccionados por parte de la empresa EDIFICAR como las paredes externas e internas, excavación, colocación de formaleta y resane hizo posible la identificación de los materiales y equipos necesarios para su ejecución, lo cual permitió mantener en bodega los materiales, herramientas y equipos necesarios evitando retrasos en la ejecución de las actividades que afecten la planeación de la obra.
- La comparación de los resultados de productividad de la mano de obra obtenidos mediante la aplicación de diferentes técnicas permiten identificar diferencias en estos resultados, a las cuales se les busca posibles factores o causas que puedan generen estas diferencias con el objetivo de obtener

resultados más reales y confiables para la empresa. Mostrado en el cuadro 18, donde la técnica del *Work Sampling* tiene la mayor variación en el porcentaje de trabajo productivo con un 74% en excavación, 54% en resane y 80% en la formaleta, caso contrario sucede con la técnica de *Five Minutes Rating* donde los valores van de los 70% al 82%.

- La mejora continua de los procesos constructivos permite a la empresa constructora EDIFICAR optimizar el consumo de recursos necesarios para la ejecución de actividades, que se traducen en una reducción en los costos de construcción generando así múltiples beneficios para la empresa.
- Mediante la entrevista realizada a los trabajadores se logró conocer los pensamientos e interés acerca de los temas de productividad. Además permitió estudiar el comportamiento de sus respuestas generando un resultado positivo para la empresa EDIFICAR.
- Mediante la identificación de problemas o deficiencias en las actividades o procesos productivos durante la ejecución de la obra fue posible realizar propuestas de mejora, las cuales si son puestas en práctica por parte de la empresa EDIFICAR se pueden ver beneficiados tanto en temas financieros como en tiempos productivos y planeación de obra.

Recomendaciones

- La empresa EDIFICAR encargada de la construcción del proyecto deberá tener un control adecuado de la planilla con que se ejecuta la obra, previniendo la falta de mano de obra para las actividades a realizar en el futuro. Esto se debe a que en ocasiones se realizaron recortes de personal en campo, que luego afectaron el cumplimiento de las actividades por falta de mano de obra en el momento, afectando directamente la planeación del proyecto.
- La empresa EDIFICAR deberá realizar un estudio de los proveedores en conjunto a un proceso de selección en los cuales estos se comprometan a cumplir con los tiempos de entrega de los materiales y equipos planeados por la empresa. Esto con el objetivo de evitar los retrasos o la no ejecución de actividades que puedan afectar la planeación establecida.
- Contemplar y estudiar el impacto social provocado por la construcción de un proyecto de esta magnitud, con el objetivo de tener una buena relación con los vecinos o habitantes en los alrededores de la obra, esto para que no exista alguna clase de oposición o conflicto durante la ejecución de la obra.
- Mantener una constante comunicación con los encargados de las actividades subcontratadas para que las actividades se ejecuten según lo planeado y que no se generen conflictos entre las partes involucradas que retrasen la realización del proyecto.
- Aumentar la supervisión de las actividades en ejecución genera que los trabajadores desempeñen su labor de manera adecuada y genera un mayor ritmo de trabajo que se traduce en el aumento de la productividad de la mano de obra, además que se evitan los tiempos de ocio de los trabajadores mediante el uso del celular o hablar con los compañeros de cuadrilla.
- Tener un diseño obra que se adapte a las dimensiones del proyecto para disminuir el tiempo requerido para los trabajos contributivos como el desplazamiento o traslado de los materiales o equipos necesarios para realizar una determinada actividad con el objetivo de aumentar la productividad.
- Tener los equipos y herramientas en aspectos de seguridad laboral en bodega necesarios para la realización de las actividades para no generar retrasos en la ejecución de las actividades.
- Revisar de manera constante por parte de los ingenieros a cargo del proyecto los trabajos realizados en aspectos como obra gris (columnas, vigas, muros, entresijos), esto para evitar re trabajos debido a errores o equivocaciones por parte de los trabajadores o maestros de obra, ya que esto afecta de manera directa la planeación de la obra al tener que extender los tiempos de realización de una actividad específica debido a que se tienen que solucionar estos problemas.
- Evitar en lo posible el cambio o relevo de los trabajadores o maestros de obra, ya que esto genera un descontrol debido al tiempo de adaptación necesario para conocer y acoplarse al ritmo de la obra.
- Durante la construcción de la obra los días sábados se trabajaba hasta la hora de almuerzo haciendo que el día laboral sea muy corto y consecuentemente poco productivo. Dentro de las opciones propuestas es que un día sábado se trabaje como un día normal y al siguiente sábado los trabajadores tengan el día libre, esto con el objetivo de aumentar la productividad.

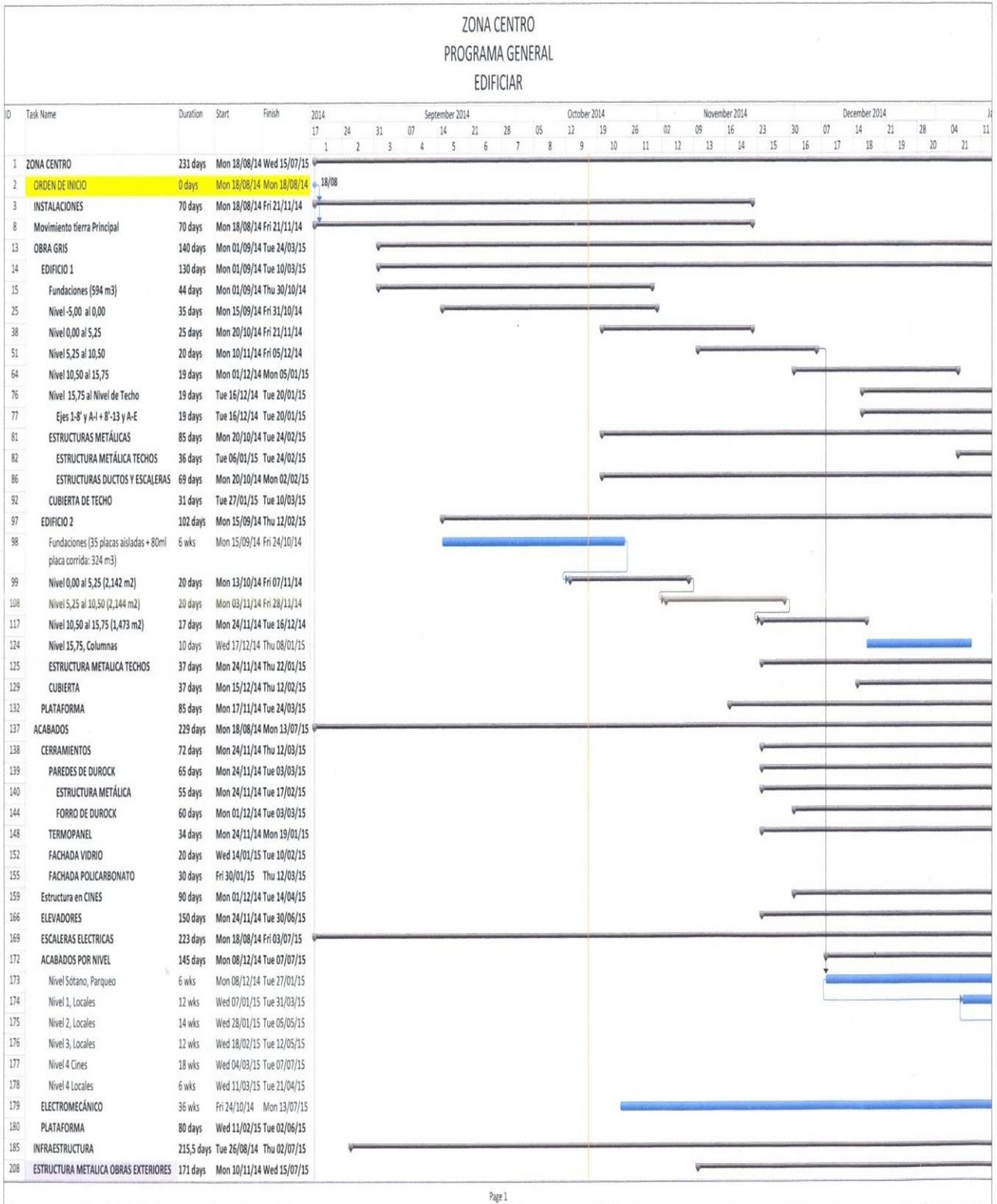
- Realizar giras de campo en el aspecto de seguridad laboral de manera constante en conjunto a los ingenieros a cargo de la obra para disminuir los riesgos de trabajo con el objetivo de evitar la detención de actividades en ejecución debido al incumplimiento de las normas de seguridad.

Apéndices

A continuación se presenta material que fue utilizado para la realización de este proyecto. Dentro de los cuales se tienen:

- **Apéndice 1.** Programa maestro del proyecto Centro Comercial Zona Centro.
- **Apéndice 2.** Programa intermedio utilizado en la construcción de la plataforma de parqueos.
- **Apéndice 3.** Resultados semanales obtenidos mediante la aplicación de la técnica de control de planeación llamada *Last Planner*, los cuales son programas previos semanales con sus resultados que lo convierten en el programa de control semanal.
- **Apéndice 4.** Tablas utilizadas para la medición de productividad con la técnica de *Work Sampling* y *Five Minutes Rating*.
- **Apéndice 5.** Informes Semanales resultado del Sistema de Información de Actividades.
- **Apéndice 6.** Entrevista realizada a mano de obra.
- **Apéndice 7.** Fotografías obtenidas en campo durante la ejecución del proyecto que se pueden relacionar a este documento.

Apéndice 1. Programa Maestro



Apéndice 2. A continuación se presenta un segmento del programa intermedio utilizado para le ejecución de la plataforma de parques, este posee implícito el programa maestro el cual está compuesto por cada una de las actividades a realizar durante la obra.

PROGRAMA INTERMEDIO

Proyecto: Zona Centro, Plataforma de Parques																													
Nivel, sector	Empresa	Actividades	23-ene	28-ene	04-feb	11-feb	18-feb	25-feb	04-mar	11-mar	18-mar	25-mar	01-abr	08-abr	15-abr	22-abr	29-abr	06-may	Diseño, inspección, probietario	Submittal, RFI's y otros	Mano de obra	Materiales	Equipos y herramientas	Seguridad Ocupacional y Ambiente	Pruebas	Act. Precedente	Otros	Condición	
PLATAFORMA DE PARQUEOS																													
ACTIVIDADES DE OBRA GRIS																													
EXCAVACIÓN DE PLACAS																													
0	EDIFICAR	Excavación de placa del muro MB-2 entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	EDIFICAR	1F A2																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	EDIFICAR	1G,1H A1																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	EDIFICAR	1G,1H A2																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	EDIFICAR	FUNDACIONES ESCALERA EJE H A1																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	EDIFICAR	MURO SOBRE 1H ENTRE A3-VECINO																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	MECO	1F A2																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	MECO	1G,1H A1																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	MECO	1G,1H A2																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	MECO	FUNDACIONES ESCALERA EJE H A1																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	MECO	MURO SOBRE 1H ENTRE A3-VECINO																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
ACTIVIDAD DE ARMADURA DE PLACAS DE COLUMNA Y MUROS																													
0	A-ELCOH	Armadura de placa del muro MB-2 entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	A-ELCOH	ARMADURA MURO DESDE 1A-1D (SEGUNDA PARTE) ENTRE A2 Y A3																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	A-ELCOH	1F A2																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	A-ELCOH	1G,1H A1																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	A-ELCOH	1G,1H A2																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	A-ELCOH	MURO SOBRE 1H ENTRE A3-VECINO																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	A-ELCOH	ARMADURA MURO SOBRE 1H (SEGUNDA ETAPA) ENTRE A3-VECINO																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
COLADO PLACAS DE FUNDACIÓN																													
0	MECO	Colado de la placa del muro MB-2 entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	MECO	1F A2																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	MECO	1G,1H A1																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	MECO	1G,1H A2																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION
0	MECO	MURO SOBRE 1H ENTRE A3-VECINO																		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION

N7 MONTAJE VIGAS 1 Y 2 NIVELES																				
16	1A,1B (1 VIGAS DE AMARRE)	A1/A2	ROLANDO	100%	100%	1														
17	1C (1 VIGA DE AMARRE)	A3/A4	ROLANDO	100%	100%	1														
18	1C,1D (2 VIGAS DE CARGA)	A3/A4	ROLANDO	100%	100%	1														
19	1D (VIGA VOLADIZO)	A3/A4	ROLANDO	100%	100%	1														
20	1B,1C (2 VIGAS DE AMARRE)	A1/A2	ROLANDO	100%	50%	0														1
21	1E (2 VIGAS VOLADIZO)	A3/A4	ROLANDO	100%	100%	1														
22	1F (2 VIGAS VOLADIZO)	A3/A4	ROLANDO	100%	0%	0														1
23	1D, 1E (2 VIGAS DE CARGA)	A3/A4	ROLANDO	100%	50%	0														1
N8 MONTAJE LOSALEX + PUNTALES																				
24	1A - 1B (S-9)	A1 / A2	ROLANDO	100%	100%	1														
25	1A - 1B (S-8)	A2 / A3	ROLANDO	100%	100%	1														
26	1B - 1C (S-2)	A3 / A4	ROLANDO	100%	100%	1														
27	1B - 1C (S-10)	A1 / A2	ROLANDO	100%	100%	1														
N9 FORMALETA PERIMETRAL, NUDOS Y FONDOS																				
28	1A - 1B (S-1)	A3 / A4	JUAN LUIS	100%	50%	0														1
29	1A - 1B (S-9)	A1 / A2	JUAN LUIS	100%	50%	0														1
N10 COLOCACION ARMADURA ENTREPISO																				
30	1A - 1B (S-1)	A3 / A4	MARCHENA	67%	67%	1														

70%

Programa de Control Semana del 28/01 al 03/02

Proyecto: Zona Centro, Plataforma de Parqueos

ID	Actividad	Resp	Meta	Logro	Cal	M 28	J 29	V 30	S 31	D 01	L 02	K 03	Unid	Falta Materiales	Subcontratista	Herramientas y Equipos	Falta de Mano de Obra	Clima	Actividad Precedente	Inspección y Propietario	Cambios de diseños	Inadecuada planificación	Submital, RFI's y otros	
N1 EXCAVACIÓN DE PLACAS																								
1	MURO SOBRE 1H	ENTRE A3-VECINO	JAVIER	100%	100%	100%																		
2	1F	A2	JAVIER	100%	0%	0%														1				
3	1G,1H	A2	JAVIER	100%	0%	0%														1				
N2 SELLO FONDO DE PLACA																								
4	MURO SOBRE 1H	ENTRE A3-VECINO	JUAN LUIS	100%	100%	100%																		
5	1F	A2	JUAN LUIS	100%	0%	0%														1				
6	1G,1H	A2	JUAN LUIS	100%	0%	0%														1				
N3 ARMADURA PLACA																								
7	1G,1H	A1	MARCHENA	100%	100%	100%																		
8	MURO SOBRE 1H	ENTRE A3-VECINO	MARCHENA	100%	100%	100%																		
9	ARMADURA MURO SOBRE 1H (SEGUNDA ETAPA)	ENTRE A3-VECINO	MARCHENA	100%	100%	100%																		
10	1F	A2	MARCHENA	100%	0%	0%														1				
N4 COLADO PLACAS FUNDACIÓN																								
11	1G,1H	A1	JUAN LUIS	100%	100%	100%																		
12	MURO SOBRE 1H	ENTRE A3-VECINO	JUAN LUIS	100%	100%	100%																		
N5 FORMALETA MUROS Y COLUMNAS (NIVEL 0.5)																								
13	1G,1H (PRIMERA ALTURA)	A1	JAVIER	100%	100%	100%																		
14	1G,1H (SEGUNDA ALTURA)	A1	JAVIER	100%	100%	100%																		
15	MURO SOBRE 1H (NIVEL 0)	ENTRE A3-VECINO	JAVIER	33%	33%	100%																		
16	1E, 1F (SEGUNDA ALTURA)	A1	JAVIER	100%	100%	100%																		
N6 COLADO COLUMNAS Y MUROS (NIVEL 0.5)																								
18	1E, 1F (SEGUNDA ALTURA)	A1	JAVIER	100%	100%	100%																		
19	1D (SEGUNDA ALTURA)	A1/A2	JAVIER	100%	100%	100%																		
20	1G,1H (PRIMERA ALTURA)	A1	JAVIER	100%	100%	100%																		
21	1G,1H (SEGUNDA ALTURA)	A1	JAVIER	100%	100%	100%																		
N7 COLADO MÉNSULAS DE COLUMNAS (NIVEL 0.5)																								
22	1E, 1F	A1	JAVIER	100%	50%	0%																		
23	1E	A2	JAVIER	100%	100%	100%																		
24	1D	A1/A2	JAVIER	100%	100%	100%																		
N8 RELLENO DE FUNDACIONES																								
25	1E,1F,1G,1H	A4	JAVIER	100%	50%	0%											1							
26	MURO DESDE 1E - 1H	ENTRE A2 Y A3	PATO	100%	25%	0%								1										
27	1E, 1F	A1	JAVIER	100%	0%	0%											1							

18	Armadura de entrepiso entre los ejes 1E-1F y los ejes A1 v A2	MARCHEN	100%	100%	1	■														
19	Armadura de entrepiso entre los ejes 1D-1E y los ejes A2 v A3	MARCHEN	100%	0%	0	■														1
20	Armadura de entrepiso entre los ejes 1C-1D y los ejes A3 v A4	MARCHEN	100%	100%	1	■														
21	Desencofrado de entrepiso entre los ejes 1G-1H entre los ejes A1-A2-A3-A4	JAVIER	100%	100%	1		■													
22	Desencofrado de entrepiso entre los ejes 1F-1G y los ejes A3-A4	JAVIER	100%	100%	1		■													
23	Colado de entrepiso entre los ejes desde tercio 1C hasta tercio antes de 1F entre los ejes A3 v A4	JUAN LUIS	100%	100%	1		■													
24	Desencofrado de entrepiso entre los ejes desde tercio 1C hasta tercio antes de 1F entre los ejes A3 v A4	JAVIER	100%	0%	0															1
CUARTO ENTREPISO																				
N7 ACTIVIDAD DE COLUMNAS																				
25	Encofrado de columnas en los ejes 1G-1H y los ejes A1-A2	JAVIER	100%	100%	1	■														
26	Colado de columnas en los ejes 1G-1H y los ejes A1-A2	JUAN LUIS	100%	100%	1	■														
27	Colado de ménsulas de columnas en los ejes 1G-1H y los ejes A1-A2	JUAN LUIS	100%	100%	1		■													
N8 ACTIVIDAD DE MONTAJE VIGAS PREFABRICADAS																				
28	Montaje de vigas voladizas 148,149,153 y 154 en los ejes 1G y 1H con los ejes A1 v A2	ROLANDO	100%	100%	1		■													
29	Montaje de vigas de carga 145 y 146, sobre los ejes 1F y 1G, en los ejes A1 v A2	ROLANDO	100%	100%	1		■													
30	Montaje de vigas de carga 150 y 151, sobre los ejes 1G y 1H, en los ejes A1 v A2	ROLANDO	100%	100%	1		■													
31	Montaje de vigas de amarre 142,147 y 152, sobre los ejes 1F,1G y 1H, entre los ejes A1 v A2	ROLANDO	100%	100%	1		■													
N9 ACTIVIDAD DE ENTREPISO																				
32	Montaje de losa S-27 entre los ejes 1D y 1E y los ejes A1-A2	ROLANDO	100%	100%	1	■														
33	Montaje de losa S-28 entre los ejes 1E y 1F y los ejes A1-A2	ROLANDO	100%	100%	1		■													
34	Montaje de losas S-29 y S-30 entre los ejes 1F y 1H y los ejes A1-A2	ROLANDO	100%	100%	1			■												
35	Encofrado de losas entre los ejes desde tercio 1B hasta tercio después de 1E entre los ejes A1 v A2	JAVIER	100%	100%	1			■		■										
36	Armadura de entrepiso entre los ejes desde tercio 1B hasta tercio después de 1E entre los ejes A1 v A2	MARCHEN	100%	100%	1			■		■										
37	Colado de entrepiso entre los ejes desde tercio 1B hasta tercio después de 1E entre los ejes A1 v A2	JUAN LUIS	100%	0%	0															1
ACTIVIDADES TANQUE DE RETARDO																				
38	Colocación de formaleta perimetral de placa de fundación	JONATHAN	100%	100%	1	■	■													
39	Sello de placa de fundación	JONATHAN	100%	100%	1		■													
40	Armadura de placa de fundación	MARCHEN	100%	40%	0			■		■	■									1

Programa de Control Semana 11/03 al 17/03

Proyecto: Zona Centro, Plataforma de Parqueos

ID	Actividad	Resp	Meta	Logro	Cal	M	J	V	S	D	L	K	Unid	Falta Materiales	Subcontratista	Herramientas y Equipos	Falta de Mano de Obra	Clima	Actividad Precedente	Inspección y Propietario	Cambios de diseños	Inadecuada planificación	Submittal, RFI's y otros
						11	12	13	14	15	16	17											
ACTIVIDADES PLATAFORMA DE PARQUEOS																							
NIVEL 0+00																							
N1 ACTIVIDAD DE ELIMINACIÓN DE PUNTALES																							
1	Eliminación total de los puntales desde el eje A hasta un tercio después del eje C entre los ejes A1-A2-A3-A4	JAVIER	100%	100%	1																		
2	Eliminación de la mitad de los puntales desde eje un tercio despues de 1C hasta 1H, entre los ejes A1-A2-A3-A4	JAVIER	100%	100%	1																		
N2 ACTIVIDAD DE RESANE																							
3	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes 1A y 1H entre los ejes A3 y A4	JAVIER	25%	10%	0														1				
PRIMER NIVEL																							
PRIMER ENTREPISO																							
N3 ACTIVIDAD DE ENTREPISO																							
4	Montaje de losas entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	JUAN LUIS	100%	100%	1																		
5	Armadura de entrepiso entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	MARCHENA	100%	0%	0														1				
6	Encofrado de losa entre los ejes 1D-1E y los ejes A2-A3	JAVIER	100%	0%	0														1				
7	Colado de losa entre los ejes 1D-1E y los ejes A2-A3	JUAN LUIS	100%	0%	0														1				
N4 ACTIVIDAD DE ELIMINACIÓN DE PUNTALES																							
8	Eliminación de la mitad de los puntales desde eje 1A hasta un tercio del eje 1C entre los ejes A3-A4	JAVIER	100%	100%	1																		
SEGUNDO ENTREPISO																							
N5 ACTIVIDAD DE ENTREPISO																							
9	Colocación de obra falsa y fondos para losas entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	JAVIER	100%	100%	1																		
10	Montaje de losas entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	JUAN LUIS	100%	100%	1																		
11	Armadura de entrepiso entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	MARCHENA	100%	0%	0														1				
12	Encofrado de losa entre los ejes 1D-1E y los ejes A2-A3	JAVIER	100%	0%	0														1				
13	Colado de losa entre los ejes 1D-1E y los ejes A2-A3	JUAN LUIS	100%	0%	0														1				

Programa de Control Semanal del 18/03 al 24/03

Proyecto: Zona Centro, Plataforma de Parquesos

ID	Actividad	Resp	Meta	Logro	Cal	M	J	V	S	D	L	K	Unid	Falta Materiales	Subcontratista	Herramientas y Equipos	Falta de Mano de Obra	Clima	Actividad Precedente	Inspección y Propietario	Cambios de diseños	Inadecuada planificación	Submittal, RFI's y otros
						18	19	20	21	22	23	24											
ACTIVIDADES PLATAFORMA DE PARQUEOS																							
NIVEL 0+00																							
N1 ACTIVIDAD DE MURO MB-1																							
1	Encofrado del Muro MB-1 entre los ejes 1A hasta 1D y entre los ejes A2-A3	JAVIER	100%	100%	1																		
N1 ACTIVIDAD DE RELLENO																							
2	Relleno de Muro MB-5 entre los ejes 1A hasta 1H, sobre colindancia con vecino	JUAN LUIS	100%	0%	0											1							
N1 ACTIVIDAD DE ELIMINACION DE PUNTALES																							
3	Eliminación total de los puntales de un tercio antes de 1F hasta 1H entre los ejes A3-A4 (Suelo)	JAVIER	100%	100%	1																		
N1 ACTIVIDAD DE RESANE																							
4	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes 1A hasta 1H entre los ejes A3 y A4 (Suelo - Primer Entrepiso)	JAVIER	50%	50%	1																		
5	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes 1A hasta 1H entre los ejes A3 y A4 (Primer - Tercer Entrepiso)	JAVIER	50%	50%	1																		
PRIMER NIVEL																							
PRIMER ENTREPISO																							
N2 ACTIVIDAD DE ENTREPISO																							
6	Armadura de entrepiso entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	MARCHEN	100%	100%	1																		
7	Encofrado de losa entre los ejes 1D-1E y los ejes A2-A3	JAVIER	100%	100%	1																		
N3 ACTIVIDAD DE ELIMINACION DE PUNTALES																							
8	Eliminación de la mitad de los puntales de un tercio antes de 1F hasta 1H entre los ejes A3-A4	JAVIER	100%	100%	1																		
9	Eliminación total de puntales entre los ejes 1A hasta un tercio después de 1B entre los ejes A1-A2-A3-A4	JAVIER	100%	100%	1																		
SEGUNDO ENTREPISO																							
N4 ACTIVIDAD DE ENTREPISO																							
10	Armadura de entrepiso entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	MARCHEN	100%	100%	1																		
11	Encofrado de losa entre los ejes 1D-1E y los ejes A2-A3	JAVIER	100%	100%	1																		
N3 ACTIVIDAD DE ELIMINACION DE PUNTALES																							
12	Eliminación total de puntales entre los ejes 1A hasta un tercio después de 1B entre los ejes A1-A2-A3-A4	JAVIER	100%	100%	1																		
ACTIVIDADES TANQUE DE RETARDO																							
13	Armadura de muros y columnas	MARCHEN	100%	100%	1																		
14	Formaleta de Muros y Columnas	JONATHAN	100%	100%	1																		
15	Armadura de Vigas	MARCHEN	90%	90%	1																		

93%

Programa de Control Semanal del 25/03 al 31/03

Proyecto: Zona Centro, Plataforma de Parqueos																								
ID	Actividad	Resp	Meta	Logro	Cal	M	J	V	S	D	L	K	Unid	Falta Materiales	Subcontratista	Herramientas y Equipos	Falta de Mano de Obra	Clima	Actividad Precedente	Inspeccion y Propietario	Cambios de diseños	Inadecuada planeacion	Suboptimal RTTs y costos	
						25	26	27	28	29	30	31												
ACTIVIDADES PLATAFORMA DE PARQUEOS																								
NIVEL 0+00																								
N1 ACTIVIDAD DE MURO MB-1																								
1	Colado del muro MB-1 entre los ejes 1A hasta 1D, entre los ejes A2 y A3	JUAN LUIS	100%	100%	1																			
2	Desencofrado del Muro MB-1 entre los ejes 1A hasta 1D y entre los ejes A2-A3	JAVIER	100%	100%	1																			
N1 ACTIVIDAD DE RELLENO DE FUNDACIONES Y MUROS																								
3	Relleno de Muro MB-5 entre los ejes 1A hasta 1H, sobre colindancia con vecino	JUAN LUIS	100%	100%	1																			
4	Relleno de Muro MB-4 sobre el eje 1H entre los ejes A3 y A4	JUAN LUIS	100%	100%	1																			
5	Relleno de placas del eje 1G hasta 1H entre los ejes A3-A4	JUAN LUIS	100%	100%	1																			
6	Relleno de Muros MB-3; MB-4 entre los ejes 1E hasta 1H y entre el muro y el eje A3	JUAN LUIS	100%	100%	1																			
7	Relleno de Muros MB-3; MB-4 entre los ejes 1E hasta 1H y entre el muro y el eje A2	JUAN LUIS	50%	50%	1																			
8	Relleno de Placas entre los ejes 1E hasta 1H entre los ejes A1-A2	JUAN LUIS	50%	50%	1																			
N1 ACTIVIDAD DE ELIMINACION DE PUNTALES																								
9	Eliminación total de los puntales desde un tercio después 1B hasta un tercio antes de 1F entre los ejes A3-A4 (Suelo)	JAVIER	100%	100%	1																			
10	Eliminación total de los puntales desde un tercio después de 1B hasta un tercio después de 1E entre los ejes A1-A2 (Suelo)	JAVIER	100%	100%	1																			
11	Eliminación total de los puntales de un tercio después de 1E hasta 1H entre los ejes A1-A2 (Suelo)	JAVIER	100%	100%	1																			
N1 ACTIVIDAD DE RESANE																								
12	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes 1A hasta 1H entre los ejes A3 y A4 (Primer Entrepiso)	JAVIER	75%	75%	1																			
13	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes 1A hasta 1H entre los ejes A3 y A4 (Tercer Entrepiso)	JAVIER	75%	75%	1																			
14	Resane de muro MB-5 en colindancia con vecino	JAVIER	100%	100%	1																			
15	Resane de muro MB-4 sobre eje H y colindancia	JAVIER	100%	0%	0																			
16	Resane de muros MB-3; MB-4 en ejes desde 1E hasta 1H entre ejes A2 y A3	JAVIER	100%	0%	0																			
17	Resane de muro MB-1 en ejes desde 1A hasta 1D entre ejes A2 y A3	JAVIER	100%	0%	0																			
PRIMER NIVEL																								
PRIMER ENTREPISO																								
N2 ACTIVIDAD DE ENTREPISO																								
18	Colado de losas de ejes 1D-1E entre ejes A2-A3	JUAN LUIS	100%	100%	1																			
N1 ACTIVIDAD DE ELIMINACION DE PUNTALES																								
19	Eliminación de la mitad de los puntales desde un tercio después de 1B hasta un tercio antes de 1F entre los ejes A3-A4 (Primer Entrepiso)	JAVIER	100%	100%	1																			
20	Eliminación total de los puntales desde un tercio antes del eje 1F hasta 1H entre los ejes A3-A4 (Primer Entrepiso)	JAVIER	100%	100%	1																			
SEGUNDO ENTREPISO																								
N4 ACTIVIDAD DE ENTREPISO																								
21	Colado de losas de ejes 1D-1E entre ejes A2-A3	JUAN LUIS	100%	100%	1																			
N1 ACTIVIDAD DE ELIMINACION DE PUNTALES																								
22	Eliminación de la mitad de los puntales desde un tercio después 1B hasta un tercio después de 1E entre los ejes A1-A2 (Segundo	JAVIER	100%	100%	1																			
23	Eliminación de la mitad de los puntales de un tercio después de 1E hasta 1H entre los ejes A1-A2 (Segundo Entrepiso)	JAVIER	100%	100%	1																			
ACTIVIDADES TANQUE DE RETARDO																								
24	Colado de muros y columnas	JONATHAN	100%	100%	1																			
25	Desencofrado de muros y columnas	JONATHAN	100%	100%	1																			
26	Fomaleta de fondos de vigas	JONATHAN	100%	100%	1																			
27	Encofrado de vigas	JONATHAN	50%	50%	1																			
28	Obra falsa losa de techo	JONATHAN	100%	100%	1																			

Programa de Control Semanal del 01/04 al 07/04

Proyecto: Zona Centro, Plataforma de Parqueos																									
ID	Actividad	Resp	Meta	Logro	Cal	M	J	V	S	D	L	K	Unid	Falta Materiales	Subcontratista	Herramientas y Equipos	Falta de Mano de Obra	Clima	Actividad Precedente	Inspección y Propietario	Cambios de diseños	Inadecuada planificación	Submittal, RFI's y otros		
						01	02	03	04	05	06	07													
ACTIVIDADES PLATAFORMA DE PARQUEOS																									
NIVEL 0+00																									
N1	ACTIVIDAD DE ESCALERA																								
1	Conformación del terreno de escalera en el eje 1H y en el eje 1A	ALBERTH	100%	100%	1																				
N1	ACTIVIDAD DE RELLENO																								
2	Relleno de Muros MB-3; MB-4 entre los ejes 1E hasta 1H y entre el muro y el eje A2	ALBERTH	100%	100%	1																				
3	Relleno de placas entre los ejes 1E hasta 1H entre los ejes A1 y A2	ALBERTH	100%	100%	1																				
4	Relleno de Muro MB-1 entre los ejes 1A hasta 1D y entre los ejes A2 y A3	ALBERTH	100%	100%	1																				
N1	ACTIVIDAD DE RESANE																								
5	Resane de muro MB-4 sobre el eje H y colindancia	ALBERTH	50%	25%	0									1											
6	Resane de muros MB-3; MB-4 en ejes desde 1E hasta 1H entre los ejes A2 y A3	ALBERTH	100%	0%	0														1						
7	Resane de muro MB-1 en ejes desde 1A hasta 1D entre ejes A2 y A3	ALBERTH	100%	0%	0														1						
PRIMER NIVEL																									
PRIMER ENTREPISO																									
N1	ACTIVIDAD DE RESANE																								
8	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes 1A hasta 1H entre los ejes A3 y A4 (Primer Entrepiso).	ALBERTH	95%	95%	1																				
SEGUNDO NIVEL																									
TERCER ENTREPISO																									
N1	ACTIVIDAD DE RESANE																								
9	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes 1A hasta 1H entre los ejes A3 y A4 (Tercer Entrepiso).	ALBERTH	95%	100%	1																				
N1	ACTIVIDAD DE PUNTALES																								
10	Eliminación total de los puntales desde un tercio despues de 1B hasta un tercio antes de 1F entre los ejes A3-A4	ALBERTH	100%	100%	1																				
ACTIVIDADES TANQUE DE RETARDO																									
11	Enfrado de vigas	JONATHAN	100%	100%	1																				
12	Montaje de losas de techo	ALBERTH	100%	100%	1																				
13	Armadura de losa de techo	ALBERTH	100%	0%	0															1					
14	Formaleta entrepiso (perimetral).	JONATHAN	100%	100%	1																				

71%

Programa de Control Semanal del 08/04 al 14/04

Proyecto: Zona Centro, Plataforma de Parqueos																								
ID	Actividad	Resp	Meta	Logro	Cal	M 08	J 09	V 10	S 11	D 12	L 13	K 14	Unid	Falta Materiales	Subcontratista	Herramientas y Equipos	Falta de Mano de Obra	Clima	Actividad Precedente	Inspección y Propietario	Cambios de diseños	Inadecuada planificación	Submittal, RFI's y otros	
ACTIVIDADES PLATAFORMA DE PARQUEOS																								
NIVEL 0+00																								
N1	ACTIVIDAD ESCALERA																							
1	Armadura de placa de escalera en el eje 1H y el eje 1A	MARCHENA	100%	100%	1																			
2	Formaleta de placa de escalera en el eje 1H y el eje 1A	ALBERTH	100%	100%	1																			
3	Colado de placa de escalera en el eje 1H y el eje 1A	ALBERTH	100%	100%	1																			
4	Desencofrado de placa de escalera en el eje 1H y el eje 1A	ALBERTH	100%	100%	1																			
N1	ACTIVIDAD DE RESANE																							
5	Resane de muro MB-4 sobre el eje H y colindancia	ALBERTH	100%	75%	0									1										
6	Resane de muros MB-3; MB-4 en ejes desde 1E hasta 1H entre los ejes A2 y A3	ALBERTH	100%	0%	0															1				
7	Resane de muro MB-1 en ejes desde 1A hasta 1D entre ejes A2 y A3	ALBERTH	100%	0%	0															1				
PRIMER NIVEL																								
PRIMER ENTREPISO																								
N1	ACTIVIDAD DE RESANE																							
8	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes 1A hasta 1H entre los ejes A3 y A4 (Primer Entrepiso).	ALBERTH	100%	100%	1																			
SEGUNDO ENTREPISO																								
N1	ACTIVIDAD DE RESANE																							
9	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes 1A y 1H entre los ejes A1 y A2 (Segundo Entrepiso)	ALBERTH	50%	0%	0															1	1			
SEGUNDO NIVEL																								
CUARTO ENTREPISO																								
N1	ACTIVIDAD DE RESANE																							
10	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes 1A hasta 1H entre los ejes A1 y A2	ALBERTH	50%	50%	1																			
N1	ACTIVIDAD DE ELIMINACIÓN DE PUNTALES																							
11	Eliminación total de los puntales desde un tercio de 1B hasta un tercio después de 1E entre los ejes A1-A2	ALBERTH	100%	0%	0																			1
12	Eliminación total de los puntales desde un tercio después de 1E hasta 1H entre los ejes A1-A2	ALBERTH	100%	0%	0																			1
ACTIVIDADES TANQUE DE RETARDO																								
13	Armadura de losa de techo	MARCHENA	100%	100%	1																			
14	Armadura de vigas	MARCHENA	100%	100%	1																			
15	Colado de vigas y losa de techo	JONATHAN	100%	100%	1																			
16	Resane Interno	JONATHAN	25%	10%	0																			1

56%

Programa de Control Semanal del 15/04 al 21/04

Proyecto: Zona Centro, Plataforma de Parques																								
ID	Actividad	Resp	Meta	Logro	Cal	M	J	V	S	D	L	K	Unid	Falta Materiales	Subcontratista	Herramientas y Equipos	Falta de Mano de Obra	Clima	Actividad Precedente	Inspección y Propietario	Cambios de diseños	Inadecuada planificación	Submittal, RFI's y otros	
						18	19	20	21	22	23	24												
ACTIVIDADES PLATAFORMA DE PARQUEOS																								
NIVEL 0+00																								
N1 ACTIVIDAD DE MURO																								
1	Demolición de muro de retención	ALBERTH	100%	100%	1																			
2	Armadura Muro	ALBERTH	100%	100%	1																			
N1 ACTIVIDAD DE RESANE																								
3	Resane de muro MB-4 sobre el eje H y colindancia	ALBERTH	100%	100%	1																			
4	Resane de muros MB-3; MB-4 en ejes desde 1E hasta 1H entre los ejes A2 y A3	ALBERTH	100%	100%	1																			
5	Resane de muro MB-1 en ejes desde 1A hasta 1D entre ejes A2 y A3	ALBERTH	100%	0%	0														1				1	
6	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes 1A y 1H entre los ejes A1 y A2 (Suelo)	ALBERTH	25%	0%	0																		1	
SEGUNDO NIVEL																								
TERCER ENTREPISO																								
N1 ACTIVIDAD DE BARANDAS																								
7	Colocación de barandas entre ejes desde 1A hasta 1H y entre los ejes A1,A2,A3 y A4	Estructuras Bermudez	50%	50%	1																			
CUARTO ENTREPISO																								
N1 ACTIVIDAD DE RESANE																								
8	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes 1A hasta 1H entre los ejes A1 y A2	ALBERTH	100%	100%	1																			
N1 ACTIVIDAD DE BARANDAS																								
9	Colocación de barandas entre ejes desde 1A hasta 1H y entre los ejes A1,A2,A3 y A4	Estructuras Bermudez	50%	50%	1																			
N1 ACTIVIDAD DE ELIMINACION DE PUNTALES																								
10	Eliminación total de los puntales desde un tercio de 1B hasta un tercio después de 1E entre los ejes A1-A2	ALBERTH	100%	100%	1																			
11	Eliminación total de los puntales desde un tercio después de 1E hasta 1H entre los ejes A1-A2	ALBERTH	100%	100%	1																			
ACTIVIDADES TANQUE DE RETARDO																								
12	Resane Interno	JONATHAN	50%	50%	1																			
13	Desencofrado formaleta perimetral	JONATHAN	100%	100%	1																			
14	Relleno de tanque	JONATHAN	50%	50%	1																			

86%

Programa de Control Semanal del 22/04 al 28/04

Proyecto: Zona Centro, Plataforma de Parqueos																								
ID	Actividad	Resp	Meta	Logro	Cal	M 22	J 23	V 24	S 25	D 26	L 28	K 29	Unid	Falta Materiales	Subcontratista	Herramientas y Equipos	Falta de Mano de Obra	Clima	Actividad Precedente	Inspección y Propietario	Cambios de diseños	Inadecuada planificación	Submittal, RFI's y otros	
ACTIVIDADES PLATAFORMA DE PARQUEOS																								
NIVEL 0+00																								
N1	ACTIVIDAD DE CONFORMACIÓN DE PAVIMENTO ALFÁLTICO																							
1	Conformación del terreno entre los ejes desde 1A hasta 1H entre ejes A1-A2-A3-A4	MECO	100%	100%	1																			
N1	ACTIVIDAD DE MURO																							
2	Excavación de placa del muro MB-2 entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	ALBERTH	100%	100%	1																			
3	Armadura de placa del muro MB-2 entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	ALBERTH	100%	100%	1																			
4	Colado de la placa del muro MB-2 entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	ALBERTH	100%	100%	1																			
5	Armadura del muro MB-2 entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	ALBERTH	100%	100%	1																			
6	Encofrado del muro MB-2 entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	ALBERTH	100%	100%	1																			
N1	ACTIVIDAD DE RESANE																							
7	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes desde 1A hasta 1H entre los ejes A1 y A2 (Suelo)	ALBERTH	50%	25%	0																			1
8	Resane de muro MB-1 en ejes desde 1A hasta 1D entre ejes A2 y A3	ALBERTH	100%	50%	0															1				1
PRIMER NIVEL																								
SEGUNDO ENTREPISO																								
N1	ACTIVIDAD DE RESANE																							
9	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes desde 1A hasta 1H entre los ejes A1 y A2 (Segundo Entrepiso)	ALBERTH	100%	100%	1																			
SEGUNDO NIVEL																								
TERCER ENTREPISO																								
N1	ACTIVIDAD DE BARANDAS																							
10	Colocación de barandas entre ejes desde 1A hasta 1H y entre los ejes A1,A2,A3 y A4 (Tercer y Cuarto Entrepiso)	Estructuras Bermudez	75%	75%	1																			
CUARTO ENTREPISO																								
N1	ACTIVIDAD DE BARANDAS																							
11	Colocación de barandas entre ejes desde 1A hasta 1H y entre los ejes A1,A2,A3 y A4 (Tercer y Cuarto Entrepiso)	Estructuras Bermudez	75%	75%	1																			
ACTIVIDADES TANQUE DE RETARDO																								
12	Relleno de Tanque	JONATHAN	100%	100%	1																			
13	Resane Interno	JONATHAN	75%	75%	1																			

85%

Programa de Control Semanal del 29/04 al 05/05

Proyecto: Zona Centro, Plataforma de Parques																								
ID	Actividad	Resp	Meta	Logro	Cal	M 29	J 30	V 01	S 02	D 03	L 04	K 05	Unid	Falta Materiales	Subcontratista	Herramientas y Equipos	Falta de Mano de Obra	Clima	Actividad Precedente	Inspección y Propietario	Cambios de diseños	Inadecuada planificación	Submittal, RFIs y otros	
ACTIVIDADES PLATAFORMA DE PARQUEOS																								
NIVEL 0+00																								
N1 ACTIVIDAD DE CONFORMACIÓN DE PAVIMENTO ALFÁLTICO																								
1	Colocación de base granular del pavimento asfáltico entre ejes de 1A hasta 1H entre ejes A1-A2-A3-A4	MECO	100%	100%	1																			
N1 ACTIVIDAD DE MURO DE RETENCIÓN																								
2	Formaleta de Muro	ALBERTH	100%	100%	1																			
3	Colocado de muro de retención	ALBERTH	100%	100%	1																			
N1 ACTIVIDAD DE MURO																								
4	Colado del muro MB-2 entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	ALBERTH	100%	100%	1																			
5	Desencofrado del Muro MB-2 entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	ALBERTH	100%	100%	1																			
N1 ACTIVIDAD DE RESANE																								
6	Resane de columnas, nudos y vigas de los ejes desde 1A hasta 1H entre los ejes A1 y A2 (Suelo)	ALBERTH	75%	75%	1																			
7	Resane de muro MB-1 en ejes desde 1A hasta 1D entre ejes A2 y A3	ALBERTH	100%	0%	0															1				
SEGUNDO NIVEL																								
TERCER ENTREPISO																								
N1 ACTIVIDAD DE BARANDAS																								
8	Colocación de barandas entre ejes desde 1A hasta 1H y entre los ejes A1,A2,A3 y A4	Estructuras Bermudez	100%	100%	1																			
CUARTO ENTREPISO																								
N1 ACTIVIDAD DE BARANDAS																								
9	Colocación de barandas entre ejes desde 1A hasta 1H y entre los ejes A1,A2,A3 y A4	Estructuras Bermudez	100%	100%	1																			
ACTIVIDADES TANQUE DE RETARDO																								
10	Resane Interno	JONATHAN	100%	100%	1																			
11	Eliminación de la mitad de los puntales de entrepiso	JONATHAN	100%	100%	1																			

91%

Programa Control Semanal del 13/05 al 19/05

Proyecto: Zona Centro, Plataforma de Parqueos																								
ID	Actividad	Resp	Meta	Logro	Cal	M 13	J 14	V 15	S 16	D 17	L 18	K 19	Unid	Falta Materiales	Subcontratista	Herramientas y Equipos	Falta de Mano de Obra	Clima	Actividad Precedente	Inspección y Propietario	Cambios de diseños	Inadecuada planificación	Submittal, RFI's y otros	
ACTIVIDADES PLATAFORMA DE PARQUEOS																								
NIVEL 0+00																								
N1	ACTIVIDAD DE RESANE																							
1	Resane de muro MB-1 en ejes desde 1A hasta 1D entre ejes A2 y A3	ALBERTH	100%	50%	0	■	■													1				
N1	ACTIVIDAD DE RELLENO																							
2	Relleno de Muro MB-2 entre los ejes 1D-1E y entre los ejes A2-A3	ALBERTH	100%	100%	1			■	■															
PRIMER NIVEL																								
PRIMER ENTREPISO																								
N1	ACTIVIDAD DE BARANDAS																							
3	Colocación de barandas entre ejes desde 1A hasta 1H y entre los ejes A1,A2,A3 y A4	Estructuras Bermudez	100%	80%	0	■	■	■	■		■	■		1	1									
SEGUNDO ENTREPISO																								
N1	ACTIVIDAD DE BARANDAS																							
4	Colocación de barandas entre ejes desde 1A hasta 1H y entre los ejes A1,A2,A3 y A4	Estructuras Bermudez	100%	100%	1	■	■	■	■		■	■												
ACTIVIDADES TANQUE DE RETARDO																								
5	Eliminación del total de los puntales de entepiso	JONATHAN	100%	100%	1				■															
ACTIVIDADES OBRAS EXTERIORES																								
NIVEL 0+00																								
N1	ACTIVIDAD DE FUNDACIÓN DUCTO DE ELEVADOR																							
6	Reverstimiento de muros	ALBERTH	100%	100%	1	■																		
7	Colocación de formaleta de muros	ALBERTH	100%	100%	1	■	■																	
8	Colado de muros	ALBERTH	100%	100%	1		■																	
9	Desencofrado de muros	ALBERTH	100%	100%	1			■																
N1	ACTIVIDAD MURO DE RETENCION																							
10	Colocación de formaleta de muros	ALBERTH	100%	100%	1	■																		
11	Colado de muros	ALBERTH	100%	100%	1		■																	
12	Desencofrado de muros	ALBERTH	100%	100%	1			■																
N1	PASO CUBIERTO																							
13	Armadura de placa de fundación, vigas de amarre y pedestales.	ALBERTH	100%	100%	1	■																		
14	Colado de placa de fundación y vigas de amarre.	ALBERTH	100%	100%	1		■																	
15	Encofrado de pedestales.	ALBERTH	100%	100%	1			■																
16	Colado de pedestales.	ALBERTH	100%	100%	1				■															

Apéndice 4.

Técnica: Work Sampling o Muestreo de Campo.

A continuación se presentan las observaciones realizadas durante la ejecución de la obra en la aplicación de la técnica de muestreo de campo o work sampling en cada una de las actividades estudiadas.

Actividad: Paredes Externas – Estructura metálica.

Observaciones	Mano de Obra Total	Trabajo Productivo	Trabajo No Productivo
1	2	2	0
2	2	2	0
3	2	2	0
4	2	2	0
5	2	0	2
6	2	2	0
7	2	2	0
8	2	1	1
9	2	1	1
10	2	1	1
11	2	1	1
12	2	1	1
13	2	1	1
14	2	1	1
15	2	0	2
16	2	0	2
17	2	0	2
18	2	0	2
19	2	0	2
20	2	2	0
21	2	1	1
22	2	2	0
23	2	2	0
24	2	1	1
25	2	0	2
26	2	0	2
27	2	2	0
28	2	2	0
29	2	2	0

30	2	2	0
31	2	2	0
32	2	1	1
33	2	1	1
34	2	1	1
35	2	2	0
36	2	2	0
37	2	0	2
38	2	0	2
39	2	0	2
40	2	0	2
41	2	0	2
42	2	0	2
43	2	0	2
44	2	0	2
45	2	2	0
46	2	2	0
47	2	2	0
48	2	2	0
49	2	2	0
50	2	2	0
51	2	2	0
52	2	2	0
53	2	2	0
54	2	2	0
55	2	0	2
56	2	0	2
57	2	0	2
58	2	2	0
59	2	1	1
60	2	1	1
61	2	1	1
62	2	1	1
63	2	1	1
64	2	1	1
65	2	1	1
66	2	1	1
67	2	1	1
68	2	1	1

69	2	1	1
70	2	1	1
71	2	1	1
72	2	2	0
73	2	2	0
74	2	2	0
75	2	2	0
76	2	2	0
77	2	2	0
78	2	1	1
79	2	1	1
80	2	2	0
81	2	2	0
82	2	2	0
83	2	2	0
84	2	2	0
85	2	2	0
86	2	1	1
87	2	0	2
88	2	0	2
89	2	0	2
90	2	1	1
91	2	2	0
92	2	1	1
93	2	2	0
94	2	1	1
95	2	2	0
96	2	2	0
97	2	2	0
98	2	2	0
99	2	2	0
100	2	0	2
101	2	0	2
102	2	1	1
103	2	1	1
104	2	2	0
105	2	1	1
106	2	1	1
107	2	2	0

108	2	2	0
109	2	1	1
110	2	2	0
111	2	2	0
112	2	2	0
113	2	1	1
114	2	0	2
115	2	1	1
116	2	1	1
117	2	0	2
118	2	0	2
119	2	2	0
120	2	1	1
121	2	0	2
122	2	1	1
123	2	1	1
124	2	1	1
125	2	0	2
126	2	2	0
127	2	1	1
128	2	1	1
129	2	0	2
130	2	2	0
131	2	1	1
132	2	2	0
133	2	1	1
134	2	1	1
135	2	2	0
136	2	0	2
137	2	2	0
138	2	1	1
139	2	2	0
140	2	1	1
141	2	2	0
142	2	1	1
143	2	0	2
144	2	1	1
145	2	0	2
146	2	0	2

147	2	0	2
148	2	0	2
149	2	0	2
150	2	0	2
151	2	0	2
152	2	0	2
153	2	0	2
154	2	0	2
155	2	0	2
156	2	0	2
157	2	0	2
158	2	0	2
159	2	1	1
160	2	2	0
161	2	2	0
162	2	1	1
163	2	2	0
164	2	1	1
165	2	1	1
166	2	0	2
167	2	0	2
168	2	0	2
169	2	0	2
170	2	0	2
171	2	0	2
172	2	0	2
173	2	0	2
174	2	0	2
175	2	0	2
176	2	0	2
177	2	0	2
178	2	0	2
179	2	2	0
180	2	2	0
181	2	2	0
182	2	2	0
183	2	2	0
184	2	1	1
185	2	1	1

186	2	1	1
187	2	1	1
188	2	0	2
189	2	0	2
190	2	1	1
191	2	0	2
192	2	0	2
193	2	1	1
194	2	1	1
195	2	2	0
196	2	1	1
197	2	1	1
198	2	1	1
199	2	2	0
200	2	2	0
201	2	2	0
202	2	1	1
203	2	1	1
204	2	0	2
205	2	2	0
206	2	1	1
207	2	1	1
208	2	1	1
209	2	1	1
210	2	1	1
211	2	1	1
212	2	1	1
213	2	1	1
214	2	1	1
215	2	1	1
216	2	1	1
217	2	1	1
218	2	0	2
219	2	0	2
220	2	0	2
221	2	0	2
222	2	0	2
223	2	0	2
224	2	0	2

225	2	1	1
226	2	1	1
227	2	2	0
228	2	1	1
229	2	1	1
230	2	0	2
231	2	1	1
232	2	1	1
233	2	1	1
234	2	1	1
235	2	1	1
236	2	1	1
237	2	1	1
238	2	0	2
239	2	0	2
240	2	0	2
241	2	0	2
242	2	0	2
243	2	0	2
244	2	0	2
245	2	0	2
246	2	0	2
247	2	0	2
248	2	0	2
249	2	0	2
250	2	0	2
251	2	2	0
252	2	2	0
253	2	2	0
254	2	2	0
Sumatoria Σ	508	247	261
Porcentaje	100%	49%	51%

Actividad: Paredes Externas – Colocación Durock.

Observaciones	Mano de Obra Total	Trabajo Productivo	Trabajo No Productivo
1	2	1	1
2	2	2	0
3	2	2	0
4	2	2	0
5	2	1	1
6	2	2	0
7	2	2	0
8	2	2	0
9	2	0	2
10	2	0	2
11	2	1	1
12	2	2	0
13	2	2	0
14	2	2	0
15	2	2	0
16	2	2	0
17	2	2	0
18	2	1	1
19	2	1	1
20	2	2	0
21	2	2	0
22	2	1	1
23	2	2	0
24	2	2	0
25	2	1	1
26	2	1	1
27	2	1	1
28	2	2	0
29	2	2	0
30	2	2	0
31	2	1	1
32	2	1	1
33	2	1	1
34	2	2	0
35	2	2	0
36	2	1	1

37	2	2	0
38	2	2	0
39	2	1	1
40	2	0	2
41	2	0	2
42	2	1	1
43	2	1	1
44	2	2	0
45	2	1	1
46	2	2	0
47	2	1	1
48	2	2	0
49	2	2	0
50	2	2	0
51	2	2	0
52	2	2	0
53	2	2	0
54	2	1	1
55	2	1	1
56	2	2	0
57	2	1	1
58	2	1	1
59	2	1	1
60	2	1	1
61	2	2	0
62	2	2	0
63	2	1	1
64	2	2	0
65	2	2	0
66	2	2	0
67	2	2	0
68	2	2	0
69	2	2	0
70	2	2	0
71	2	2	0
72	2	2	0
73	2	1	1
74	2	1	1
75	2	2	0
76	2	2	0
77	2	1	1

78	2	2	0
79	2	1	1
80	2	2	0
81	2	2	0
82	2	1	1
83	2	1	1
84	2	1	1
85	2	2	0
86	2	2	0
87	2	1	1
88	2	2	0
89	2	1	1
90	2	2	0
91	2	1	1
92	2	2	0
93	2	2	0
94	2	2	0
95	2	2	0
96	2	2	0
97	2	2	0
98	2	1	1
99	2	1	1
100	2	2	0
101	2	1	1
102	2	2	0
103	2	2	0
104	2	2	0
105	2	2	0
106	2	0	2
107	2	2	0
108	2	2	0
109	2	2	0
110	2	1	1
111	2	2	0
112	2	2	0
113	2	2	0
114	2	2	0
115	2	2	0
116	2	1	1
117	2	1	1
118	2	1	1

119	2	0	2
120	2	2	0
121	2	2	0
122	2	1	1
123	2	2	0
124	2	1	1
125	2	2	0
126	2	2	0
127	2	2	0
128	2	1	1
129	2	2	0
130	2	2	0
131	2	1	1
132	2	2	0
133	2	2	0
134	2	2	0
135	2	2	0
136	2	0	2
137	2	0	2
138	2	2	0
139	2	2	0
140	2	2	0
141	2	2	0
142	2	2	0
143	2	1	1
144	2	1	1
145	2	2	0
146	2	2	0
147	2	1	1
148	2	2	0
149	2	2	0
150	2	1	1
151	2	0	2
152	2	0	2
153	2	0	2
154	2	1	1
155	2	1	1
156	2	2	0
157	2	2	0
158	2	2	0
159	2	1	1

160	2	2	0
161	2	2	0
162	2	2	0
163	2	1	1
164	2	1	1
165	2	2	0
166	2	2	0
167	2	2	0
168	2	0	2
169	2	1	1
170	2	1	1
171	2	1	1
172	2	2	0
173	2	2	0
174	2	2	0
175	2	2	0
176	2	2	0
177	2	1	1
178	2	2	0
179	2	1	1
180	2	2	0
181	2	1	1
182	2	1	1
183	2	2	0
184	2	2	0
185	2	2	0
186	2	2	0
187	2	2	0
188	2	1	1
189	2	1	1
190	2	2	0
191	2	2	0
192	2	1	1
193	2	1	1
194	2	2	0
195	2	2	0
Sumatoria Σ	390	300	90
Porcentaje	100%	77%	23%

Actividad: Paredes Internas – Estructura Metálica

Observaciones	Mano de Obra Total	Trabajo Productivo	Trabajo No Productivo
1	2	1	1
2	2	1	1
3	2	1	1
4	2	1	1
5	2	1	1
6	2	1	1
7	2	1	1
8	2	1	1
9	2	0	2
10	2	0	2
11	2	0	2
12	2	0	2
13	2	1	1
14	2	2	0
15	2	2	0
16	2	2	0
17	2	1	1
18	2	2	0
19	2	2	0
20	2	2	0
21	2	2	0
22	2	2	0
23	2	2	0
24	2	2	0
25	2	0	2
26	2	2	0
27	2	1	1
28	2	2	0
29	2	1	1
30	2	1	1
31	2	1	1
32	2	1	1
33	2	2	0
34	2	2	0
35	2	1	1
36	2	2	0
37	2	0	2
38	2	2	0
39	2	2	0
40	2	0	2
41	2	0	2
42	2	0	2
43	2	0	2

44	2	0	2
45	2	0	2
46	2	0	2
47	2	0	2
48	2	0	2
49	2	0	2
50	2	0	2
51	2	0	2
52	2	0	2
53	2	2	0
54	2	2	0
55	2	0	2
56	2	1	1
57	2	1	1
58	2	2	0
59	2	2	0
60	2	2	0
61	2	1	1
62	2	0	2
63	2	0	2
64	2	0	2
65	2	0	2
66	2	0	2
67	2	0	2
68	2	0	2
69	2	0	2
70	2	0	2
71	2	0	2
72	2	2	0
73	2	2	0
74	2	0	2
75	2	2	0
76	2	2	0
77	2	2	0
78	2	2	0
79	2	2	0
80	2	2	0
81	2	2	0
82	2	2	0
83	2	2	0
84	2	2	0
85	2	2	0
86	2	2	0
87	2	2	0
88	2	2	0
89	2	2	0
90	2	2	0

91	2	2	0
92	2	2	0
93	2	1	1
94	2	1	1
95	2	2	0
96	2	2	0
97	2	2	0
98	2	2	0
99	2	1	1
100	2	2	0
101	2	2	0
102	2	2	0
103	2	1	1
104	2	2	0
105	2	0	2
106	2	1	1
107	2	1	1
108	2	1	1
109	2	1	1
110	2	1	1
111	2	0	2
112	2	0	2
113	2	1	1
114	2	1	1
115	2	1	1
116	2	1	1
117	2	1	1
118	2	1	1
119	2	1	1
120	2	1	1
121	2	1	1
122	2	2	0
123	2	2	0
124	2	2	0
125	2	1	1
126	2	2	0
127	2	2	0
128	2	1	1
129	2	2	0
130	2	2	0
131	2	2	0
132	2	1	1
133	2	1	1
134	2	1	1
135	2	2	0
136	2	2	0
137	2	2	0

138	2	2	0
139	2	1	1
140	2	2	0
141	2	2	0
142	2	2	0
143	2	2	0
144	2	2	0
145	2	1	1
146	2	2	0
147	2	2	0
148	2	2	0
149	2	2	0
150	2	2	0
151	2	1	1
152	2	2	0
153	2	2	0
154	2	2	0
155	2	2	0
156	2	2	0
157	2	1	1
158	2	1	1
159	2	2	0
160	2	2	0
161	2	2	0
162	2	2	0
163	2	2	0
164	2	2	0
165	2	2	0
166	2	1	1
167	2	2	0
168	2	0	2
169	2	0	2
170	2	2	0
171	2	1	1
172	2	0	2
173	2	1	1
174	2	2	0
175	2	2	0
176	2	2	0
177	2	2	0
178	2	2	0
179	2	2	0
180	2	2	0
181	2	2	0
182	2	2	0
183	2	1	1
184	2	1	1

185	2	1	1
186	2	2	0
187	2	1	1
188	2	2	0
189	2	1	1
190	2	2	0
191	2	2	0
192	2	2	0
193	2	2	0
194	2	2	0
195	2	2	0
196	2	2	0
197	2	2	0
198	2	2	0
199	2	2	0
200	2	2	0
201	2	2	0
202	2	1	1
203	2	1	1
204	2	1	1
205	2	1	1
206	2	1	1
207	2	1	1
208	2	1	1
209	2	1	1
210	2	1	1
211	2	1	1
212	2	1	1
213	2	0	2
214	2	0	2
215	2	1	1
216	2	1	1
217	2	1	1
218	2	1	1
219	2	2	0
220	2	0	2
221	2	0	2
222	2	1	1
223	2	1	1
224	2	0	2
225	2	1	1
226	2	2	0
Sumatoria Σ	452	295	157
Porcentaje	100%	65%	35%

Actividad: Paredes Internas – Colocación de gypsum.

Observaciones	Mano de Obra Total	Trabajo Productivo	Trabajo No Productivo
1	2	2	0
2	2	2	0
3	2	1	1
4	2	1	1
5	2	0	2
6	2	2	0
7	2	2	0
8	2	2	0
9	2	2	0
10	2	2	0
11	2	1	1
12	2	2	0
13	2	0	2
14	2	0	2
15	2	0	2
16	2	1	1
17	2	2	0
18	2	2	0
19	2	1	1
20	2	2	0
21	2	2	0
22	2	1	1
23	2	2	0
24	2	1	1
25	2	2	0
26	2	1	1
27	2	1	1
28	2	2	0
29	2	2	0
30	2	2	0
31	2	2	0
32	2	1	1
33	2	0	2
34	2	2	0
35	2	2	0
36	2	2	0
37	2	2	0
38	2	2	0
39	2	0	2
40	2	1	1
41	2	2	0
42	2	2	0

43	2	2	0
44	2	0	2
45	2	0	2
46	2	1	1
47	2	0	2
48	2	1	1
49	2	1	1
50	2	1	1
51	2	1	1
52	2	1	1
53	2	0	2
54	2	1	1
55	2	2	0
56	2	2	0
57	2	2	0
58	2	2	0
59	2	2	0
60	2	2	0
61	2	1	1
62	2	2	0
63	2	2	0
64	2	2	0
65	2	2	0
66	2	2	0
67	2	2	0
68	2	2	0
69	2	2	0
70	2	2	0
71	2	2	0
72	2	1	1
73	2	2	0
74	2	2	0
75	2	2	0
76	2	2	0
77	2	2	0
78	2	2	0
79	2	2	0
80	2	2	0
81	2	2	0
82	2	2	0
83	2	1	1
84	2	2	0
85	2	2	0
86	2	2	0
87	2	1	1
88	2	1	1
89	2	2	0

90	2	2	0
91	2	1	1
92	2	1	1
93	2	1	1
94	2	1	1
95	2	2	0
96	2	1	1
97	2	1	1
98	2	1	1
99	2	2	0
100	2	2	0
101	2	1	1
102	2	2	0
103	2	2	0
104	2	2	0
105	2	2	0
106	2	2	0
107	2	1	1
108	2	2	0
109	2	2	0
110	2	2	0
111	2	2	0
112	2	2	0
113	2	2	0
114	2	2	0
115	2	2	0
116	2	1	1
117	2	1	1
118	2	0	2
119	2	0	2
120	2	0	2
121	2	2	0
122	2	2	0
123	2	2	0
124	2	2	0
125	2	0	2
126	2	1	1
127	2	1	1
128	2	2	0
129	2	2	0
130	2	0	2
131	2	1	1
132	2	0	2
133	2	1	1
134	2	2	0
135	2	2	0
136	2	2	0

137	2	1	1
138	2	1	1
139	2	1	1
140	2	2	0
141	2	1	1
142	2	1	1
143	2	0	2
144	2	0	2
145	2	0	2
146	2	0	2
147	2	0	2
148	2	2	0
149	2	0	2
150	2	0	2
151	2	1	1
152	2	2	0
153	2	2	0
154	2	2	0
155	2	2	0
156	2	2	0
157	2	2	0
158	2	2	0
159	2	2	0
160	2	2	0
161	2	2	0
162	2	2	0
163	2	2	0
164	2	2	0
165	2	2	0
166	2	1	1
167	2	2	0
168	2	2	0
169	2	2	0
170	2	2	0
171	2	2	0
172	2	2	0
173	2	1	1
174	2	0	2
175	2	1	1
176	2	2	0
177	2	2	0
178	2	2	0
179	2	2	0
180	2	2	0
181	2	2	0
182	2	1	1
183	2	1	1

184	2	2	0
185	2	2	0
186	2	1	1
187	2	1	1
188	2	1	1
189	2	2	0
190	2	2	0
191	2	2	0
192	2	1	1
193	2	1	1
194	2	2	0
195	2	2	0
196	2	1	1
197	2	1	1
198	2	1	1
199	2	2	0
200	2	2	0
201	2	0	2
202	2	1	1
203	2	1	1
204	2	1	1
205	2	1	1
206	2	1	1
207	2	1	1
208	2	1	1
209	2	1	1
210	2	1	1
211	2	1	1
212	2	1	1
213	2	1	1
214	2	1	1
215	2	2	0
216	2	2	0
217	2	2	0
218	2	2	0
219	2	2	0
220	2	1	1
221	2	1	1
222	2	1	1
223	2	0	2
224	2	2	0
225	2	2	0
Sumatoria Σ	450	325	125
Porcentaje	100%	72%	28%

Actividad: Resane.

Observaciones	Mano de Obra Total	Trabajo Productivo	Trabajo No Productivo
1	6	4	2
2	6	4	2
3	6	2	4
4	6	5	1
5	6	3	3
6	6	4	2
7	6	5	1
8	6	5	1
9	6	4	2
10	6	4	2
11	6	3	3
12	6	2	4
13	6	3	3
14	6	4	2
15	6	3	3
16	6	2	4
17	6	2	4
18	6	2	4
19	6	3	3
20	6	5	1
21	6	2	4
22	6	3	3
23	6	4	2
24	6	3	3
25	6	3	3
26	6	3	3
27	6	2	4
28	6	2	4
29	6	2	4
30	6	3	3
31	6	3	3
32	6	4	2
33	6	3	3
34	6	2	4
35	6	4	2
36	6	3	3
37	6	2	4
38	6	3	3
39	6	4	2
40	6	3	3

41	6	4	2
42	6	2	4
43	6	2	4
44	6	5	1
45	6	6	0
46	6	5	1
47	6	4	2
48	6	2	4
49	6	5	1
50	6	4	2
51	6	3	3
52	6	2	4
53	6	3	3
54	6	2	4
55	6	2	4
56	6	3	3
57	6	4	2
58	6	2	4
59	6	2	4
60	6	1	5
61	6	2	4
62	6	2	4
63	6	0	6
64	6	2	4
65	6	4	2
66	6	3	3
67	6	5	1
68	6	4	2
69	6	3	3
70	6	4	2
71	6	5	1
72	6	3	3
73	6	4	2
74	6	5	1
75	6	3	3
76	6	3	3
77	6	5	1
78	6	4	2
79	6	4	2
80	6	4	2
81	6	3	3
Sumatoria Σ	486	262	224
Porcentaje	100%	54%	46%

Actividad: Formaleta.

Observaciones	Mano de Obra Total	Trabajo Productivo	Trabajo No Productivo
1	4	3	1
2	4	3	1
3	4	3	1
4	4	3	1
5	4	3	1
6	4	3	1
7	4	3	1
8	4	3	1
9	4	3	1
10	4	4	0
11	4	4	0
12	4	3	1
13	4	3	1
14	4	4	0
15	4	4	0
16	4	4	0
17	4	3	1
18	4	4	0
19	4	4	0
20	4	4	0
21	4	4	0
22	4	3	1
23	4	4	0
24	4	4	0
25	4	4	0
26	4	4	0
27	4	4	0
28	4	4	0
29	4	4	0
30	4	4	0
31	4	3	1
32	4	4	0
33	4	4	0
34	4	4	0
35	4	2	2

36	4	4	0
37	4	3	1
38	4	4	0
39	4	2	2
40	4	3	1
41	4	4	0
42	4	4	0
43	4	4	0
44	4	4	0
45	4	3	1
46	4	3	1
47	4	3	1
48	4	4	0
49	4	3	1
50	4	2	2
51	4	4	0
52	4	2	2
53	4	4	0
54	4	3	1
55	4	4	0
56	4	4	0
57	4	3	1
58	4	4	0
59	4	3	1
60	4	4	0
61	4	4	0
62	4	3	1
63	4	4	0
64	4	4	0
65	4	4	0
66	4	2	2
67	4	2	2
68	4	2	2
69	4	4	0
70	4	4	0
71	4	2	2
72	4	4	0
73	4	3	1
74	4	2	2

75	4	4	0
76	4	2	2
77	4	1	3
78	4	3	1
79	4	2	2
80	4	3	1
81	4	2	2
82	4	3	1
83	4	2	2
84	4	3	1
85	4	2	2
86	4	3	1
87	4	3	1
88	4	4	0
89	4	4	0
90	4	4	0
91	4	2	2
92	4	3	1
93	4	4	0
94	4	2	2
95	4	2	2
96	4	3	1
97	4	3	1
98	4	3	1
99	4	1	3
100	4	2	2
101	4	2	2
102	4	3	1
103	4	3	1
Sumatoria Σ	412	331	81
Porcentaje	100%	80%	20%

Actividad: Excavación.

Observaciones	Mano de Obra Total	Trabajo Productivo	Trabajo No Productivo
1	4	4	0
2	4	4	0
3	4	2	2
4	4	4	0
5	4	3	1
6	4	3	1
7	4	3	1
8	4	3	1
9	4	3	1
10	4	2	2
11	4	4	0
12	4	2	2
13	4	2	2
14	4	4	0
15	4	2	2
16	4	4	0
17	4	3	1
18	4	4	0
19	4	2	2
20	4	4	0
21	4	3	1
22	4	1	3
23	4	4	0
24	4	4	0
25	4	4	0
26	4	3	1
27	4	4	0
28	4	4	0
29	4	3	1
30	4	2	2
31	4	2	2
32	4	3	1
33	4	4	0
34	4	1	3
35	4	4	0

36	4	4	0
37	4	4	0
38	4	3	1
39	4	3	1
40	4	4	0
41	4	4	0
42	4	3	1
43	4	4	0
44	4	3	1
45	4	4	0
46	4	4	0
47	4	4	0
48	4	3	1
49	4	3	1
50	4	2	2
51	4	3	1
52	4	3	1
53	4	1	3
54	4	4	0
55	4	4	0
56	4	3	1
57	4	2	2
58	4	2	2
59	4	3	1
60	4	4	0
61	4	4	0
62	4	4	0
63	4	1	3
64	4	4	0
65	4	2	2
66	4	4	0
67	4	4	0
68	4	3	1
69	4	3	1
70	4	1	3
71	4	1	3
72	4	3	1
73	4	1	3
74	4	2	2

75	4	2	2
76	4	2	2
77	4	2	2
78	4	4	0
79	4	4	0
80	4	3	1
81	4	1	3
82	4	2	2
83	4	2	2
84	4	2	2
85	4	4	0
86	4	4	0
87	4	3	1
88	4	4	0
89	4	3	1
90	4	4	0
91	4	2	2
92	4	4	0
93	4	2	2
94	4	3	1
95	4	4	0
96	4	2	2
97	4	2	2
98	4	2	2
99	4	4	0
100	4	4	0
101	4	1	3
102	4	1	3
103	4	3	1
104	4	4	0
105	4	4	0
106	4	4	0
107	4	1	3
108	4	1	3
109	4	4	0
110	4	1	3
111	4	3	1
Sumatoria Σ	444	328	116
Porcentaje	100%	74%	26%

Técnica: Five Minutes Rating.

A continuación se presentan las observaciones realizadas durante la ejecución de la obra en la aplicación de la técnica de five minutes rating en cada una de las actividades estudiadas.

Actividad: Paredes Externas – Estructura metálica.

Observaciones	Tiempo	Operador 1	Operador 2	Ayudante 1
1	00:00:00	1	1	1
2	00:00:30	1	1	1
3	00:01:00	1	1	1
4	00:01:30	0	1	0
5	00:02:00	1	0	0
6	00:02:30	0	1	1
7	00:03:00	0	1	1
8	00:03:30	1	1	1
9	00:04:00	1	1	0
10	00:04:30	1	1	0
11	00:05:00	1	0	1
12	00:05:30	1	1	0
13	00:06:00	0	1	1
14	00:06:30	1	1	0
15	00:07:00	1	1	1
16	00:07:30	1	1	1
17	00:08:00	1	0	1
18	00:08:30	0	0	1
19	00:09:00	1	1	1
20	00:09:30	1	1	1
21	00:10:00	1	1	1
22	00:10:30	1	1	1
23	00:11:00	0	1	1
24	00:11:30	0	0	0
25	00:12:00	1	1	1
26	00:12:30	1	0	0
27	00:13:00	1	1	0
28	00:13:30	1	1	1

29	00:14:00	1	1	1
30	00:14:30	0	0	0
31	00:15:00	0	1	1
32	00:15:30	1	1	1
33	00:16:00	0	0	0
34	00:16:30	0	0	1
35	00:17:00	1	0	1
36	00:17:30	1	1	1
37	00:18:00	1	1	0
38	00:18:30	1	1	1
39	00:19:00	1	1	1
40	00:19:30	1	1	1
41	00:20:00	1	1	1
42	00:20:30	1	1	0
43	00:21:00	1	0	1
44	00:21:30	1	1	1
45	00:22:00	1	0	1
46	00:22:30	1	1	0
47	00:23:00	1	0	0
48	00:23:30	1	0	1
49	00:24:00	1	1	1
50	00:24:30	1	1	0
51	00:25:00	1	1	10
52	00:25:30	1	1	1
53	00:26:00	0	1	0
54	00:26:30	1	1	1
55	00:27:00	1	1	0
56	00:27:30	0	1	0
57	00:28:00	1	1	1
58	00:28:30	1	0	0
59	00:29:00	1	1	1
60	00:29:30	1	0	0
61	00:30:00	1	0	1
62	00:30:30	1	1	0
63	00:31:00	0	1	1
64	00:31:30	1	0	1

65	00:32:00	1	1	1
66	00:32:30	0	1	0
67	00:33:00	1	1	1
68	00:33:30	1	1	1
69	00:34:00	0	1	1
70	00:34:30	0	1	0
71	00:35:00	1	1	1
72	00:35:30	1	1	1
73	00:36:00	1	1	1
74	00:36:30	1	1	0
75	00:37:00	1	1	1
76	00:37:30	1	1	1
77	00:38:00	0	1	1
78	00:38:30	0	1	0
79	00:39:00	1	1	0
80	00:39:30	1	0	0
81	00:40:00	1	0	1
82	00:40:30	1	1	1
83	00:41:00	1	1	1
84	00:41:30	1	1	1
85	00:42:00	0	0	1
86	00:42:30	1	1	1
87	00:43:00	1	1	1
88	00:43:30	1	1	1
89	00:44:00	0	1	1
90	00:44:30	0	1	1
91	00:45:00	0	1	0
92	00:45:30	1	1	1
93	00:46:00	1	1	1
94	00:46:30	1	1	1
95	00:47:00	1	1	0
96	00:47:30	1	0	0
97	00:48:00	1	1	1
98	00:48:30	1	1	0
99	00:49:00	0	1	1
100	00:49:30	1	1	1

101	00:50:00	1	1	1
102	00:50:30	1	1	1
103	00:51:00	1	0	1
104	00:51:30	1	1	1
105	00:52:00	0	1	1
106	00:52:30	1	1	1
107	00:53:00	1	1	1
108	00:53:30	1	1	1
109	00:54:00	1	1	1
110	00:54:30	1	1	0
111	00:55:00	1	1	1
112	00:55:30	1	1	1
113	00:56:00	1	0	0
114	00:56:30	1	1	1
115	00:57:00	1	1	0
116	00:57:30	1	1	1
117	00:58:00	1	1	1
118	00:58:30	1	1	1
119	00:59:00	1	1	0
120	00:59:30	0	1	1
121	01:00:00	0	0	1
122	01:00:30	1	1	1
123	01:01:00	1	1	0
124	01:01:30	1	0	0
125	01:02:00	0	1	1
126	01:02:30	1	1	0
127	01:03:00	0	1	1
128	01:03:30	1	1	1
129	01:04:00	1	1	0
130	01:04:30	1	1	1
Sumatoria Σ		101	104	99
% Trabajo Productivo		78%	80%	76%
% Trabajo No Productivo		22%	20%	24%

Actividad: Paredes Externas – Colocación de durock.

Observaciones	Tiempo	Operador 1	Operador 2	Ayudante 1
1	0:00:00	1	1	0
2	0:00:30	1	1	0
3	0:01:00	1	1	1
4	0:01:30	0	0	1
5	0:02:00	1	1	1
6	0:02:30	1	1	1
7	0:03:00	1	1	1
8	0:03:30	1	0	1
9	0:04:00	0	1	0
10	0:04:30	0	1	1
11	0:05:00	1	1	1
12	0:05:30	0	1	0
13	0:06:00	1	1	0
14	0:06:30	1	1	1
15	0:07:00	1	1	1
16	0:07:30	1	1	1
17	0:08:00	1	1	0
18	0:08:30	0	1	1
19	0:09:00	0	1	1
20	0:09:30	1	1	1
21	0:10:00	1	1	1
22	0:10:30	1	1	0
23	0:11:00	1	1	1
24	0:11:30	0	1	0
25	0:12:00	1	1	1
26	0:12:30	1	1	0
27	0:13:00	1	1	1
28	0:13:30	1	1	1
29	0:14:00	1	1	1
30	0:14:30	1	1	1
31	0:15:00	1	1	1
32	0:15:30	1	1	0
33	0:16:00	1	1	0
34	0:16:30	1	1	1
35	0:17:00	0	1	1
36	0:17:30	0	1	1
37	0:18:00	0	0	1
38	0:18:30	1	1	1
39	0:19:00	1	0	1
40	0:19:30	1	0	0
41	0:20:00	1	1	0
42	0:20:30	1	1	1
43	0:21:00	0	1	1
44	0:21:30	1	0	1

45	0:22:00	1	1	0
46	0:22:30	1	0	1
47	0:23:00	1	1	1
48	0:23:30	1	1	1
49	0:24:00	0	1	1
50	0:24:30	1	1	1
51	0:25:00	1	1	1
52	0:25:30	1	1	1
53	0:26:00	1	1	1
54	0:26:30	1	1	1
55	0:27:00	1	1	1
56	0:27:30	1	1	1
57	0:28:00	1	1	1
58	0:28:30	1	1	1
59	0:29:00	1	1	1
60	0:29:30	0	1	1
61	0:30:00	1	1	1
62	0:30:30	0	1	1
63	0:31:00	1	0	0
64	0:31:30	1	0	1
65	0:32:00	1	1	1
66	0:32:30	1	0	1
67	0:33:00	1	1	1
68	0:33:30	1	1	0
69	0:34:00	1	1	1
70	0:34:30	0	1	1
71	0:35:00	1	1	1
72	0:35:30	1	1	0
73	0:36:00	0	1	1
74	0:36:30	0	1	1
75	0:37:00	0	1	1
76	0:37:30	1	0	1
77	0:38:00	0	0	1
78	0:38:30	1	1	0
79	0:39:00	0	1	1
80	0:39:30	1	1	0
81	0:40:00	1	1	1
82	0:40:30	1	1	1
83	0:41:00	1	1	0
84	0:41:30	1	1	1
85	0:42:00	1	0	1
86	0:42:30	1	1	1
87	0:43:00	0	1	1
88	0:43:30	1	1	0
89	0:44:00	1	1	0
90	0:44:30	0	1	1
91	0:45:00	0	1	1
92	0:45:30	1	0	1

93	0:46:00	1	1	1
94	0:46:30	1	1	0
95	0:47:00	1	1	1
96	0:47:30	1	1	1
97	0:48:00	1	1	1
98	0:48:30	1	1	1
99	0:49:00	1	1	0
100	0:49:30	1	0	1
101	0:50:00	1	0	1
102	0:50:30	1	0	1
103	0:51:00	1	0	1
104	0:51:30	1	0	1
105	0:52:00	1	0	0
106	0:52:30	0	1	0
107	0:53:00	1	0	0
108	0:53:30	1	1	0
109	0:54:00	1	0	1
110	0:54:30	0	1	1
111	0:55:00	1	1	1
112	0:55:30	1	0	1
113	0:56:00	0	1	1
114	0:56:30	0	1	1
115	0:57:00	0	1	1
116	0:57:30	1	0	1
117	0:58:00	1	1	1
118	0:58:30	1	1	1
119	0:59:00	1	0	0
120	0:59:30	1	1	1
121	1:00:00	1	1	0
122	1:00:30	1	1	1
123	1:01:00	1	0	0
124	1:01:30	1	0	0
125	1:02:00	1	1	0
126	1:02:30	1	1	0
127	1:03:00	1	1	1
128	1:03:30	1	1	1
129	1:04:00	0	1	1
130	1:04:30	1	1	1
Sumatoria Σ		101	103	96
% Trabajo Productivo		78%	79%	74%
% Trabajo No Productivo		22%	21%	26%

Actividad: Paredes Internas – Estructura metálica.

Observaciones	Tiempo	Operario 1	Ayudante 1	Operario 2	Ayudante 2
1	0:01:00	1	1	1	0
2	0:02:00	1	1	1	0
3	0:03:00	1	1	1	0
4	0:04:00	1	1	1	1
5	0:05:00	1	1	1	0
6	0:06:00	1	1	1	0
7	0:07:00	1	1	1	0
8	0:08:00	1	1	1	0
9	0:09:00	1	1	0	1
10	0:10:00	1	1	0	0
11	0:11:00	1	1	1	0
12	0:12:00	1	1	1	0
13	0:13:00	1	1	1	0
14	0:14:00	1	1	1	0
15	0:15:00	1	1	0	0
16	0:16:00	1	1	0	0
17	0:17:00	1	1	0	0
18	0:18:00	1	1	0	0
19	0:19:00	1	1	0	0
20	0:20:00	1	1	0	0
21	0:21:00	1	1	0	0
22	0:22:00	1	0	0	0
23	0:23:00	1	1	0	0
24	0:24:00	1	1	0	0
25	0:25:00	1	0	0	0
26	0:26:00	1	0	0	0
27	0:27:00	0	0	0	0
28	0:28:00	0	0	0	0
29	0:29:00	0	0	0	0
30	0:30:00	0	0	0	0
31	0:31:00	0	0	0	0
32	0:32:00	1	1	0	0
33	0:33:00	1	0	0	0
34	0:34:00	0	0	0	0

35	0:35:00	0	0	0	0
36	0:36:00	1	1	0	0
37	0:37:00	1	1	0	0
38	0:38:00	1	0	0	0
39	0:39:00	1	0	0	0
40	0:40:00	1	1	1	0
41	0:41:00	1	1	0	0
42	0:42:00	1	1	1	1
43	0:43:00	1	1	1	1
44	0:44:00	1	1	1	0
45	0:45:00	1	0	1	0
46	0:46:00	1	1	1	1
47	0:47:00	1	1	1	0
48	0:48:00	1	1	1	0
49	0:49:00	1	0	1	0
50	0:50:00	1	0	1	0
51	0:51:00	1	0	1	0
52	0:52:00	1	1	1	0
53	0:53:00	1	0	1	0
54	0:54:00	1	0	1	0
55	0:55:00	1	0	1	0
56	0:56:00	1	0	1	0
57	0:57:00	1	0	1	0
58	0:58:00	1	0	1	0
59	0:59:00	1	0	1	0
60	1:00:00	1	0	1	0
61	1:01:00	1	0	1	0
62	1:02:00	1	0	1	0
63	1:03:00	1	0	1	0
64	1:04:00	1	0	1	0
65	1:05:00	1	0	1	0
66	1:06:00	1	0	1	0
67	1:07:00	1	0	1	0
68	1:08:00	1	0	1	0
69	1:09:00	1	0	1	0
70	1:10:00	1	0	0	0
71	1:11:00	1	0	0	0

72	1:12:00	1	0	1	0
73	1:13:00	1	0	1	0
74	1:14:00	1	0	1	0
75	1:15:00	1	0	1	0
76	1:16:00	1	0	1	0
77	1:17:00	1	0	1	0
78	1:18:00	0	0	1	0
79	1:19:00	1	1	1	0
80	1:20:00	1	0	1	0
81	1:21:00	1	0	1	0
82	1:22:00	1	0	1	0
83	1:23:00	0	0	1	0
84	1:24:00	0	0	1	0
85	1:25:00	1	0	1	0
86	1:26:00	1	0	1	0
87	1:27:00	1	0	1	0
88	1:28:00	1	0	1	0
89	1:29:00	1	1	0	0
90	1:30:00	1	0	0	0
91	1:31:00	1	1	1	0
92	1:32:00	1	1	1	1
93	1:33:00	1	1	1	0
94	1:34:00	1	1	0	0
95	1:35:00	0	1	1	1
96	1:36:00	1	1	1	1
97	1:37:00	1	1	1	0
98	1:38:00	1	1	1	0
99	1:39:00	1	1	1	0
100	1:40:00	1	1	1	0
101	1:41:00	1	1	1	0
Sumatoria Σ		90	48	68	8
% Trabajo Productivo		89%	48%	67%	8%
% Trabajo No Productivo		11%	52%	33%	92%

Actividad: Paredes Internas – Colocación de gypsum.

Observaciones	Tiempo	Operario	Ayudante
1	0:00:00	1	1
2	0:00:30	1	0
3	0:01:00	0	1
4	0:01:30	0	0
5	0:02:00	1	1
6	0:02:30	1	1
7	0:03:00	1	1
8	0:03:30	1	0
9	0:04:00	1	0
10	0:04:30	0	1
11	0:05:00	0	0
12	0:05:30	1	0
13	0:06:00	1	1
14	0:06:30	1	0
15	0:07:00	1	1
16	0:07:30	1	0
17	0:08:00	1	0
18	0:08:30	1	1
19	0:09:00	1	0
20	0:09:30	1	0
21	0:10:00	1	1
22	0:10:30	1	0
23	0:11:00	1	0
24	0:11:30	1	0
25	0:12:00	1	1
26	0:12:30	1	0
27	0:13:00	0	1
28	0:13:30	1	0
29	0:14:00	1	0
30	0:14:30	1	1
31	0:15:00	1	1
32	0:15:30	1	1
33	0:16:00	1	1
34	0:16:30	1	0
35	0:17:00	1	0

36	0:17:30	0	1
37	0:18:00	0	1
38	0:18:30	1	0
39	0:19:00	1	1
40	0:19:30	1	1
41	0:20:00	1	0
42	0:20:30	1	0
43	0:21:00	1	0
44	0:21:30	1	1
45	0:22:00	0	1
46	0:22:30	1	1
47	0:23:00	1	0
48	0:23:30	1	0
49	0:24:00	1	0
50	0:24:30	1	0
51	0:25:00	1	0
52	0:25:30	1	0
53	0:26:00	0	0
54	0:26:30	0	0
55	0:27:00	0	0
56	0:27:30	1	0
57	0:28:00	0	0
58	0:28:30	1	1
59	0:29:00	1	0
60	0:29:30	1	0
61	0:30:00	1	0
62	0:30:30	1	0
63	0:31:00	1	0
64	0:31:30	0	1
65	0:32:00	0	1
66	0:32:30	0	1
67	0:33:00	1	1
68	0:33:30	1	0
69	0:34:00	1	0
70	0:34:30	1	0
71	0:35:00	1	0
72	0:35:30	1	1
73	0:36:00	1	1
74	0:36:30	1	0

75	0:37:00	1	0
76	0:37:30	1	0
77	0:38:00	0	0
78	0:38:30	0	0
79	0:39:00	0	0
80	0:39:30	0	0
81	0:40:00	0	0
82	0:40:30	0	0
83	0:41:00	0	0
84	0:41:30	0	0
85	0:42:00	1	1
86	0:42:30	1	1
87	0:43:00	1	1
88	0:43:30	0	1
89	0:44:00	1	1
90	0:44:30	1	0
91	0:45:00	0	0
92	0:45:30	0	0
93	0:46:00	1	0
94	0:46:30	1	0
95	0:47:00	1	0
96	0:47:30	1	0
97	0:48:00	1	0
98	0:48:30	1	0
99	0:49:00	1	0
100	0:49:30	1	0
101	0:50:00	0	1
102	0:50:30	1	1
103	0:51:00	1	0
104	0:51:30	1	0
105	0:52:00	1	0
106	0:52:30	1	0
107	0:53:00	0	0
108	0:53:30	1	1
109	0:54:00	0	1
110	0:54:30	0	1
111	0:55:00	0	1
112	0:55:30	1	1
113	0:56:00	1	1

114	0:56:30	1	0
115	0:57:00	1	0
116	0:57:30	1	0
117	0:58:00	1	1
118	0:58:30	1	1
119	0:59:00	1	1
120	0:59:30	1	1
121	1:00:00	1	1
122	1:00:30	1	1
123	1:01:00	1	1
124	1:01:30	1	1
125	1:02:00	1	1
126	1:02:30	1	1
127	1:03:00	1	1
128	1:03:30	1	1
129	1:04:00	1	1
130	1:04:30	1	1
131	1:05:00	1	1
132	1:05:30	1	0
133	1:06:00	1	1
134	1:06:30	1	0
135	1:07:00	1	1
136	1:07:30	0	0
137	1:08:00	1	1
138	1:08:30	1	1
139	1:09:00	1	1
140	1:09:30	1	1
141	1:10:00	1	0
142	1:10:30	1	1
143	1:11:00	1	1
144	1:11:30	1	1
145	1:12:00	1	1
146	1:12:30	1	1
147	1:13:00	1	1
148	1:13:30	1	0
149	1:14:00	1	1
150	1:14:30	1	1
151	1:15:00	1	1
152	1:15:30	0	1

153	1:16:00	1	1
154	1:16:30	1	1
155	1:17:00	1	0
156	1:17:30	1	1
157	1:18:00	1	1
158	1:18:30	1	1
159	1:19:00	1	1
160	1:19:30	1	1
161	1:20:00	1	1
162	1:20:30	1	1
163	1:21:00	1	1
164	1:21:30	1	1
165	1:22:00	1	1
166	1:22:30	1	1
167	1:23:00	0	1
168	1:23:30	0	1
169	1:24:00	0	1
170	1:24:30	0	1
171	1:25:00	1	1
172	1:25:30	1	1
173	1:26:00	1	1
174	1:26:30	1	1
175	1:27:00	0	1
176	1:27:30	1	1
177	1:28:00	1	1
178	1:28:30	1	1
179	1:29:00	1	0
180	1:29:30	1	0
181	1:30:00	1	1
182	1:30:30	1	1
183	1:31:00	1	1
184	1:31:30	0	1
185	1:32:00	0	1
186	1:32:30	0	1
187	1:33:00	0	1
188	1:33:30	0	1
189	1:34:00	1	1
190	1:34:30	1	1
191	1:35:00	1	1

192	1:35:30	1	1
193	1:36:00	1	1
194	1:36:30	1	1
195	1:37:00	0	0
196	1:37:30	0	0
197	1:38:00	0	0
198	1:38:30	1	1
199	1:39:00	1	1
200	1:39:30	1	1
201	1:40:00	1	1
202	1:40:30	1	1
203	1:41:00	1	1
204	1:41:30	1	1
Sumatoria Σ		158	120
% Trabajo Productivo		77%	59%
% Trabajo No Productivo		23%	41%

Actividad: Resane.

Observaciones	Tiempo	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5	Operario 6
1	0:00:00	1	1	1	1	1	1
2	0:00:30	1	1	1	1	1	0
3	0:01:00	1	1	1	1	1	1
4	0:01:30	1	1	1	1	1	1
5	0:02:00	1	1	1	1	1	1
6	0:02:30	1	1	1	1	1	0
7	0:03:00	1	1	0	1	1	1
8	0:03:30	1	1	0	1	1	1
9	0:04:00	1	1	0	1	1	0
10	0:04:30	1	1	0	1	1	0
11	0:05:00	1	1	0	1	1	1
12	0:05:30	1	1	0	0	1	1
13	0:06:00	1	1	0	1	1	1
14	0:06:30	1	1	0	1	1	1
15	0:07:00	1	1	0	1	1	1
16	0:07:30	1	1	0	1	1	1
17	0:08:00	1	1	0	1	1	1
18	0:08:30	1	1	0	1	1	0
19	0:09:00	1	1	0	1	1	1
20	0:09:30	1	1	0	1	1	0
21	0:10:00	1	1	0	1	1	1
22	0:10:30	1	1	0	1	1	1
23	0:11:00	1	1	0	1	1	1
24	0:11:30	1	0	0	1	1	0
25	0:12:00	1	1	0	1	1	1
26	0:12:30	1	1	1	1	1	1
27	0:13:00	1	1	1	1	1	1
28	0:13:30	1	1	1	1	1	1
29	0:14:00	1	0	0	1	1	1
30	0:14:30	1	0	0	1	1	1
31	0:15:00	1	0	1	1	1	0
32	0:15:30	1	0	1	1	1	1
33	0:16:00	1	1	1	0	1	1
34	0:16:30	1	1	1	1	1	1
35	0:17:00	1	1	1	1	1	1
36	0:17:30	1	1	1	0	1	1
37	0:18:00	0	0	1	0	1	0
38	0:18:30	0	0	1	0	1	0

39	0:19:00	1	1	1	1	1	0
40	0:19:30	1	1	1	1	1	0
41	0:20:00	1	1	1	1	1	0
42	0:20:30	1	1	0	1	1	0
43	0:21:00	1	1	0	1	1	0
44	0:21:30	0	0	1	1	1	0
45	0:22:00	0	0	1	1	1	0
46	0:22:30	1	1	1	1	1	0
47	0:23:00	1	1	1	1	1	1
48	0:23:30	1	1	1	1	1	0
49	0:24:00	1	1	1	0	1	1
50	0:24:30	1	1	1	1	1	1
51	0:25:00	1	1	1	1	1	1
52	0:25:30	1	1	1	1	1	1
53	0:26:00	1	0	0	1	1	1
54	0:26:30	1	0	0	1	1	1
55	0:27:00	1	1	1	1	1	1
56	0:27:30	1	1	1	1	1	1
57	0:28:00	1	1	1	1	1	1
58	0:28:30	1	1	1	1	1	1
59	0:29:00	1	1	1	1	1	1
60	0:29:30	1	1	1	1	1	1
61	0:30:00	1	1	1	1	1	1
62	0:30:30	1	1	1	1	1	1
63	0:31:00	1	1	1	1	1	1
64	0:31:30	1	1	1	1	0	1
65	0:32:00	1	1	1	1	0	1
66	0:32:30	1	1	1	1	0	1
67	0:33:00	1	1	1	1	1	1
68	0:33:30	1	1	1	1	1	1
69	0:34:00	1	1	1	1	1	1
70	0:34:30	1	1	1	1	1	1
71	0:35:00	1	1	1	0	0	0
72	0:35:30	1	1	1	0	0	0
73	0:36:00	1	1	1	1	1	1
74	0:36:30	1	1	1	1	0	0
75	0:37:00	1	1	1	1	0	0
76	0:37:30	0	0	1	1	0	1
77	0:38:00	0	0	1	1	1	1
78	0:38:30	1	1	1	1	1	1
79	0:39:00	1	1	1	1	1	1
80	0:39:30	1	1	0	1	1	1

81	0:40:00	1	1	1	0	0	1
82	0:40:30	1	1	0	0	0	1
Sumatoria Σ		76	69	55	72	72	59
% Trabajo Productivo		93%	84%	67%	88%	88%	72%
% Trabajo No Productivo		7%	16%	33%	12%	12%	28%

Actividad: Formaleta

Observaciones	Tiempo	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4
1	0:00:00	1	1	0	0
2	0:00:30	1	1	0	0
3	0:01:00	1	1	0	1
4	0:01:30	1	1	0	1
5	0:02:00	1	1	0	1
6	0:02:30	1	0	0	1
7	0:03:00	1	1	0	0
8	0:03:30	1	1	1	1
9	0:04:00	1	1	1	0
10	0:04:30	1	1	0	0
11	0:05:00	0	1	0	1
12	0:05:30	0	1	0	1
13	0:06:00	0	0	0	1
14	0:06:30	1	0	1	1
15	0:07:00	1	1	1	0
16	0:07:30	1	1	1	1
17	0:08:00	1	1	1	1
18	0:08:30	1	1	1	0
19	0:09:00	1	1	1	0
20	0:09:30	1	1	1	1
21	0:10:00	1	1	1	1
22	0:10:30	1	1	1	1
23	0:11:00	1	1	1	1
24	0:11:30	1	1	1	1
25	0:12:00	1	0	1	1
26	0:12:30	1	0	1	1
27	0:13:00	1	0	1	0
28	0:13:30	1	0	1	1
29	0:14:00	1	0	1	1
30	0:14:30	1	0	1	1
31	0:15:00	1	1	1	0
32	0:15:30	1	1	1	0
33	0:16:00	1	1	1	1
34	0:16:30	1	1	1	1
35	0:17:00	1	1	1	1
36	0:17:30	1	1	1	0
37	0:18:00	1	1	0	1
38	0:18:30	1	1	0	1
39	0:19:00	1	1	0	1
40	0:19:30	1	1	0	1
41	0:20:00	1	1	0	1
42	0:20:30	1	1	0	1
43	0:21:00	0	0	0	1
44	0:21:30	0	0	0	1
45	0:22:00	0	0	0	1
46	0:22:30	1	1	1	0

47	0:23:00	1	1	1	1
48	0:23:30	0	1	1	1
49	0:24:00	1	1	1	1
50	0:24:30	1	1	1	1
51	0:25:00	1	1	1	1
52	0:25:30	1	1	1	1
53	0:26:00	1	1	1	1
54	0:26:30	1	1	1	1
55	0:27:00	1	1	1	1
56	0:27:30	1	1	1	0
57	0:28:00	1	1	0	1
58	0:28:30	0	1	1	0
59	0:29:00	1	1	0	1
60	0:29:30	1	1	0	1
61	0:30:00	1	1	0	1
62	0:30:30	1	1	0	1
63	0:31:00	1	1	1	1
64	0:31:30	1	1	0	1
65	0:32:00	1	1	0	1
66	0:32:30	1	1	0	1
67	0:33:00	1	1	0	1
68	0:33:30	1	1	1	1
69	0:34:00	1	1	1	1
70	0:34:30	1	1	1	1
71	0:35:00	1	1	1	1
72	0:35:30	1	1	0	1
73	0:36:00	1	1	1	1
74	0:36:30	1	1	1	1
75	0:37:00	1	1	1	1
76	0:37:30	1	1	1	1
77	0:38:00	1	1	1	1
78	0:38:30	1	1	1	1
79	0:39:00	1	1	1	1
80	0:39:30	0	1	1	1
81	0:40:00	0	1	1	1
82	0:40:30	1	1	1	1
83	0:41:00	0	1	1	1
84	0:41:30	1	1	1	1
85	0:42:00	1	1	0	1
86	0:42:30	1	1	1	1
87	0:43:00	1	1	1	1
88	0:43:30	0	1	1	1
89	0:44:00	0	1	1	1
90	0:44:30	1	1	1	1
91	0:45:00	1	1	0	1
92	0:45:30	1	1	0	1
93	0:46:00	0	1	1	0
94	0:46:30	0	1	1	0
95	0:47:00	0	1	1	1
96	0:47:30	1	1	0	0
97	0:48:00	1	1	0	0

98	0:48:30	1	1	0	0
99	0:49:00	1	1	0	0
100	0:49:30	1	1	1	0
101	0:50:00	1	1	1	0
102	0:50:30	1	1	0	1
103	0:51:00	1	1	0	1
104	0:51:30	1	1	0	1
Sumatoria Σ		88	92	64	81
% Trabajo Productivo		85%	88%	62%	78%
% Trabajo No Productivo		15%	12%	38%	22%

Actividad: Excavación.

Observaciones	Tiempo	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4
1	0:00:00	1	1	0	1
2	0:00:30	1	0	0	1
3	0:01:00	1	1	1	1
4	0:01:30	1	1	0	1
5	0:02:00	0	0	0	1
6	0:02:30	1	1	0	0
7	0:03:00	0	0	1	1
8	0:03:30	0	1	1	1
9	0:04:00	1	1	1	0
10	0:04:30	0	1	0	1
11	0:05:00	1	0	1	1
12	0:05:30	0	0	1	1
13	0:06:00	1	1	1	0
14	0:06:30	1	1	1	0
15	0:07:00	1	0	0	0
16	0:07:30	1	1	1	1
17	0:08:00	1	1	1	1
18	0:08:30	0	1	0	1
19	0:09:00	1	1	1	0
20	0:09:30	1	0	1	0
21	0:10:00	1	1	1	1
22	0:10:30	1	0	0	0
23	0:11:00	1	0	1	1
24	0:11:30	0	0	1	1
25	0:12:00	1	1	1	1
26	0:12:30	1	1	1	0
27	0:13:00	1	0	1	0
28	0:13:30	1	1	1	1
29	0:14:00	1	1	1	1
30	0:14:30	1	1	1	0
31	0:15:00	1	1	1	1
32	0:15:30	1	1	1	1
33	0:16:00	1	1	0	1
34	0:16:30	1	1	1	1
35	0:17:00	1	0	1	0

36	0:17:30	1	0	0	1
37	0:18:00	0	1	1	0
38	0:18:30	1	1	0	1
39	0:19:00	1	1	1	1
40	0:19:30	0	1	1	1
41	0:20:00	1	0	1	0
42	0:20:30	0	1	1	1
43	0:21:00	1	1	1	1
44	0:21:30	0	1	1	0
45	0:22:00	0	1	0	1
46	0:22:30	0	1	1	1
47	0:23:00	1	1	0	0
48	0:23:30	1	0	1	1
49	0:24:00	1	0	1	0
50	0:24:30	1	1	1	1
51	0:25:00	1	1	1	1
52	0:25:30	1	1	1	1
53	0:26:00	1	1	1	0
54	0:26:30	1	1	1	1
55	0:27:00	1	1	0	0
56	0:27:30	1	0	1	1
57	0:28:00	1	0	0	1
58	0:28:30	0	1	0	1
59	0:29:00	1	1	0	1
60	0:29:30	1	0	0	0
61	0:30:00	1	1	0	0
62	0:30:30	1	1	1	1
63	0:31:00	1	1	1	1
64	0:31:30	1	1	1	0
65	0:32:00	1	0	1	1
66	0:32:30	1	1	0	1
67	0:33:00	1	1	1	1
68	0:33:30	1	1	0	1
69	0:34:00	1	0	0	1
70	0:34:30	1	1	0	0
71	0:35:00	0	0	1	1
72	0:35:30	0	1	0	1
73	0:36:00	1	1	1	1
74	0:36:30	1	1	0	0

75	0:37:00	1	1	1	1
76	0:37:30	0	1	0	1
77	0:38:00	0	1	0	0
78	0:38:30	0	0	1	0
79	0:39:00	0	1	1	1
80	0:39:30	1	0	1	1
81	0:40:00	1	1	1	1
82	0:40:30	1	0	1	1
83	0:41:00	1	1	1	1
84	0:41:30	1	1	0	0
85	0:42:00	1	1	1	1
86	0:42:30	1	1	0	0
87	0:43:00	1	1	1	1
88	0:43:30	1	1	0	1
89	0:44:00	1	0	1	1
90	0:44:30	0	1	1	1
91	0:45:00	1	0	1	1
92	0:45:30	1	0	1	1
93	0:46:00	1	1	0	1
94	0:46:30	0	1	0	1
95	0:47:00	0	0	1	0
96	0:47:30	1	0	1	1
97	0:48:00	1	1	0	0
98	0:48:30	1	1	1	0
99	0:49:00	1	1	0	1
100	0:49:30	0	1	0	1
Sumatoria Σ		76	70	64	69
% Trabajo Productivo		76%	70%	64%	69%
% Trabajo No Productivo		24%	30%	36%	31%

Apéndice 5. Resultados obtenidos mediante el Sistema de Información de Actividades (SINA).

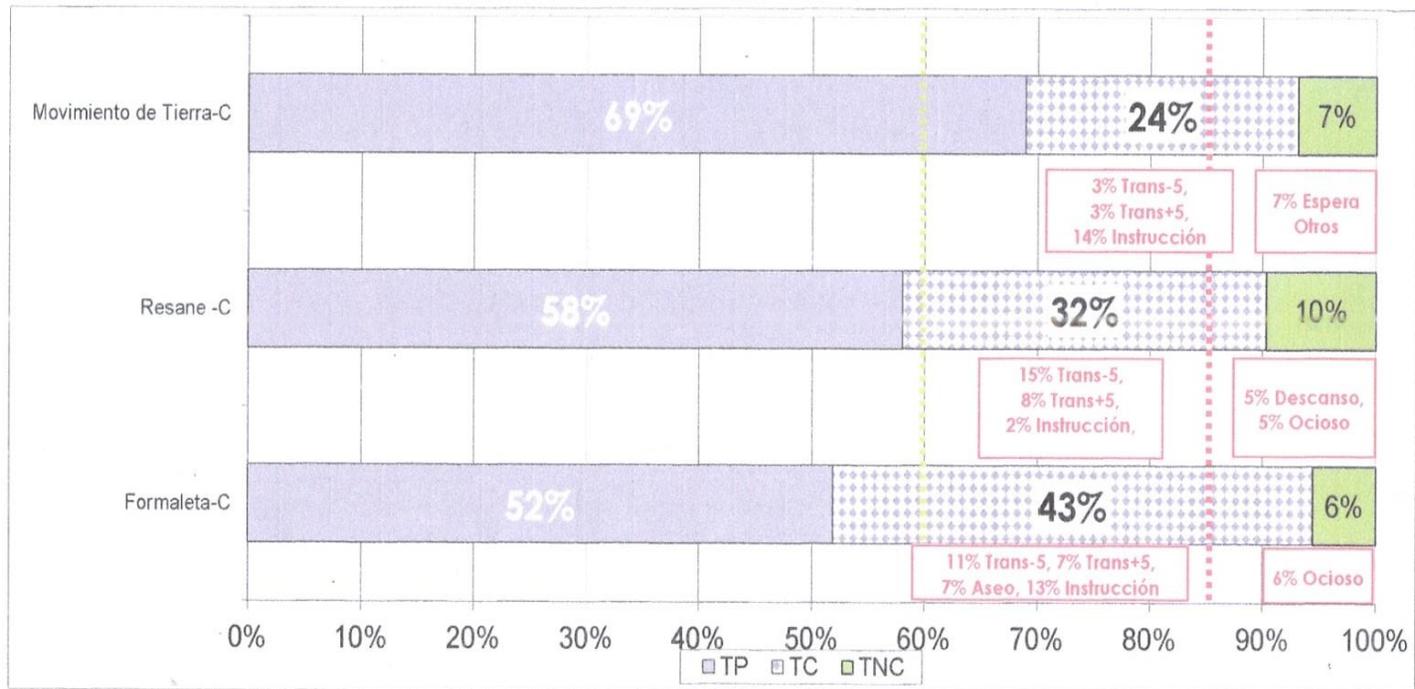


1.- Resultados Generales Edificar

	% TP	% TC	% TNP
--	------	------	-------

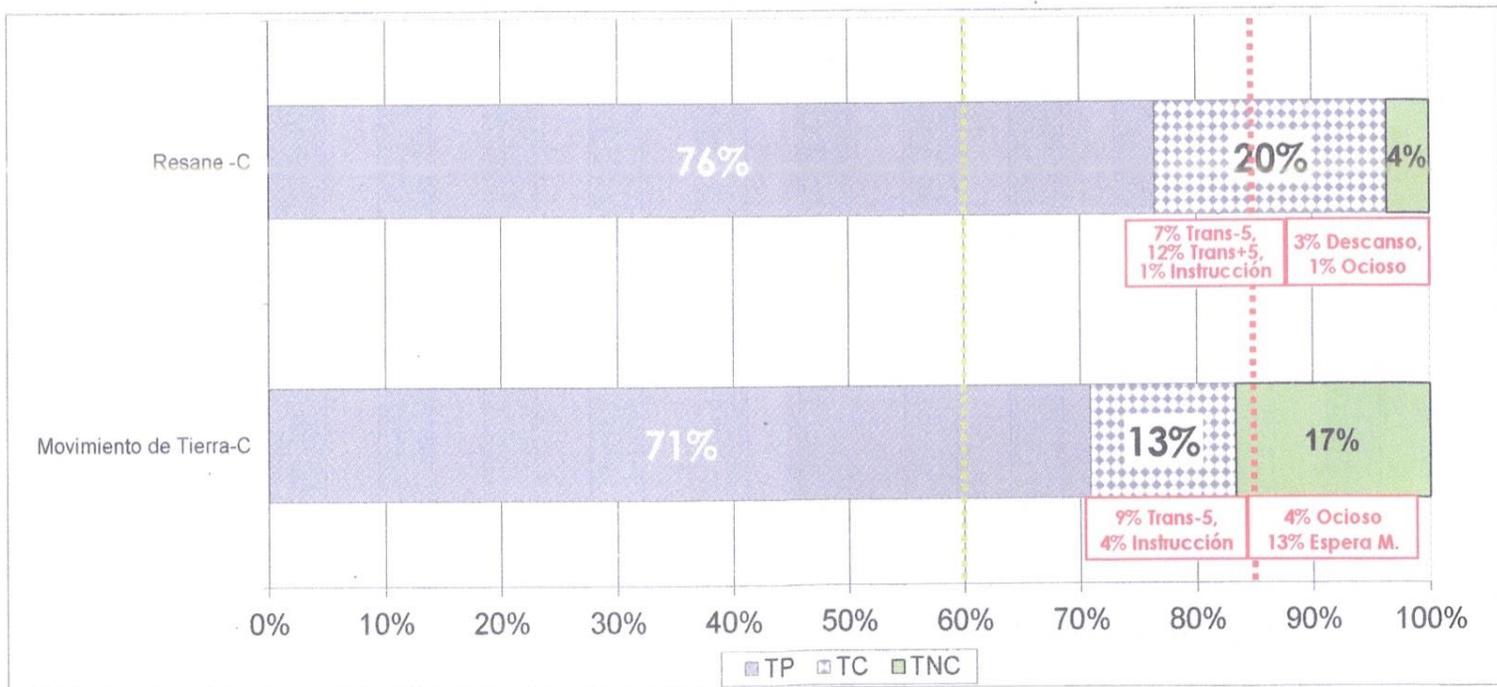
Obra Gris

Semana Actual	58%	34%	8%
Semana Anterior	68%	20%	12%



1.- Resultados Generales Edificar

	% TP	% TC	% TNP
Obra Gris			
Semana Actual	76%	19%	5%
Semana Anterior	76%	19%	5%

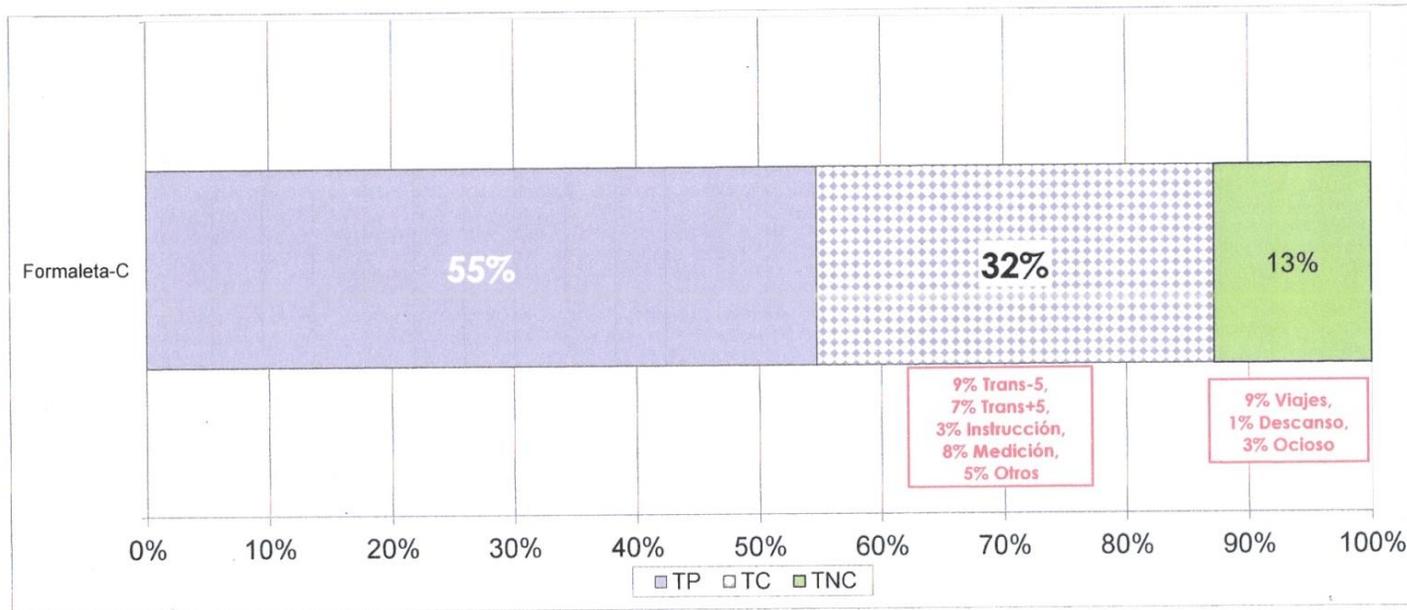


1.- Resultados Generales Edificar

% TP	% TC	% TNP
------	------	-------

Obra Gris

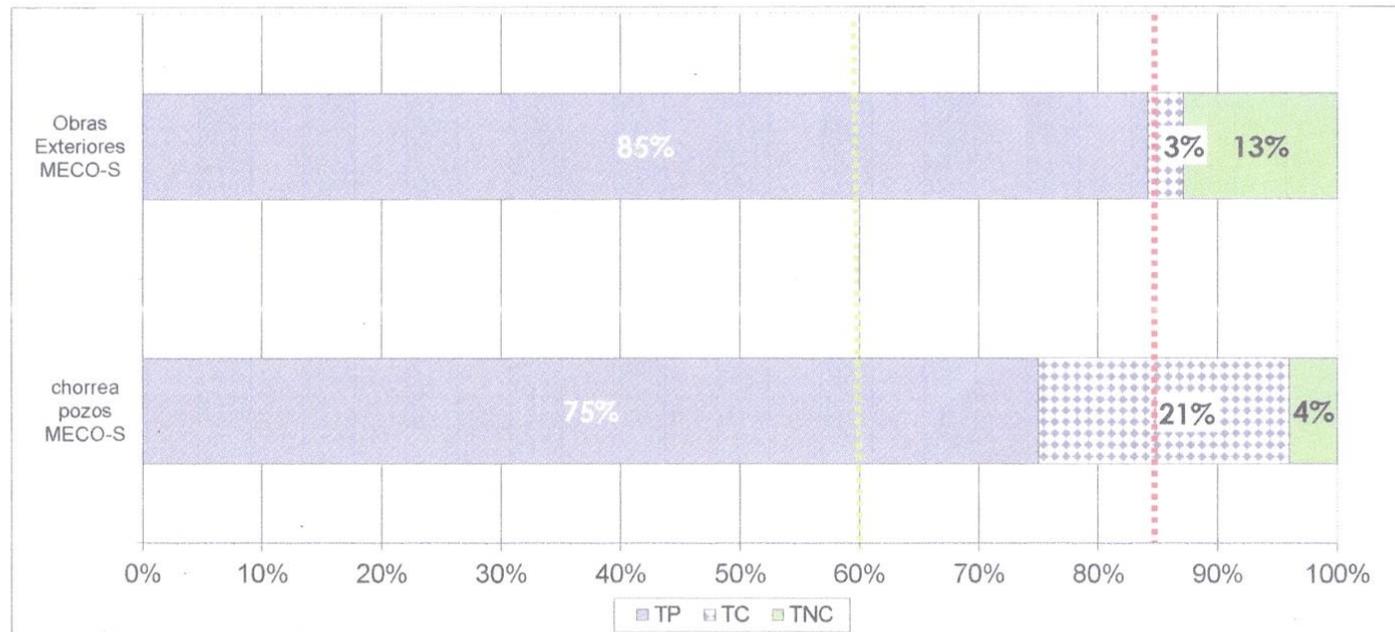
Semana Actual	53%	32%	15%
Semana Anterior	55%	32%	13%



3- Resultados Personal de Subcontratos

% TP	% TC	% TNP
------	------	-------

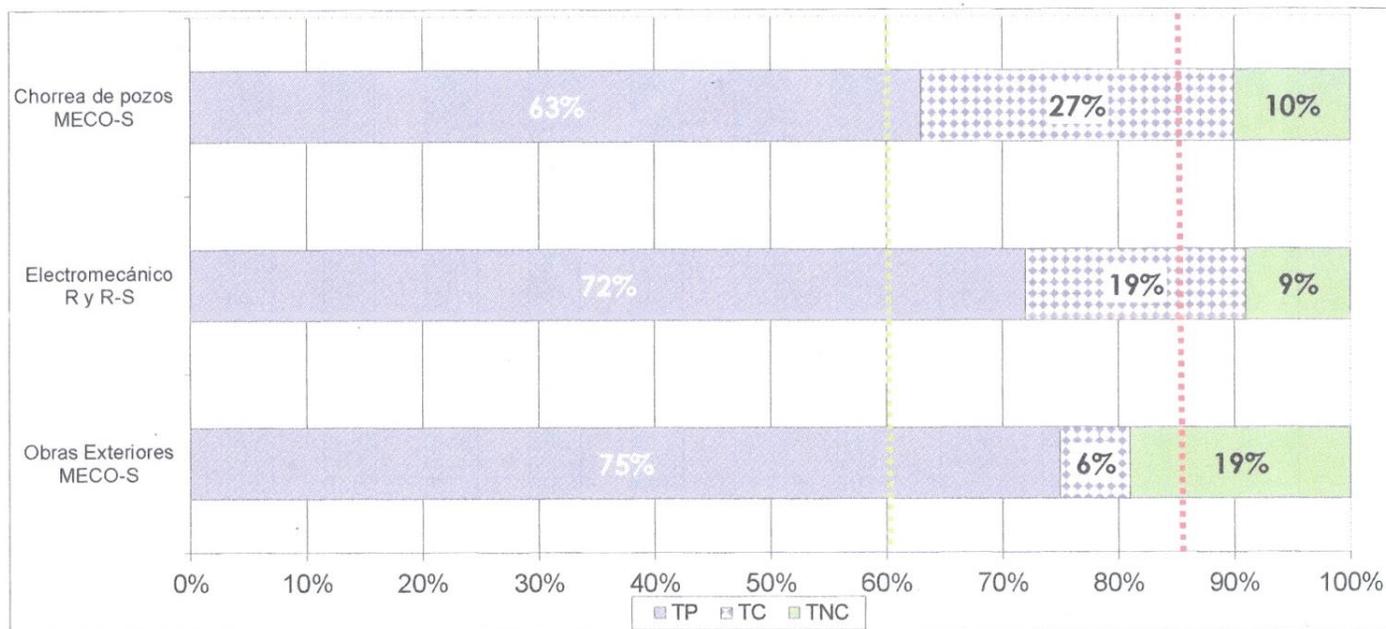
Semana Actual	82%	7%	10%
Semana Anterior	79%	4%	16%



3- Resultados Personal de Subcontratos

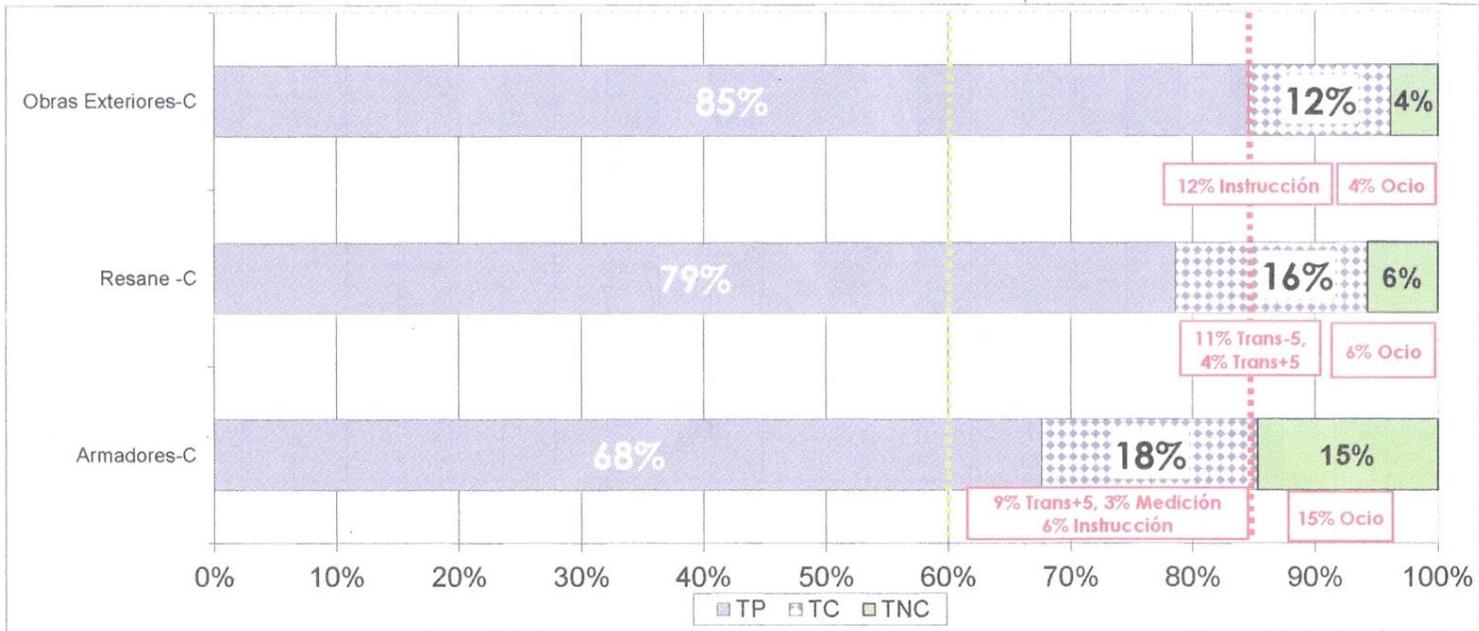
	% TP	% TC	% TNP
--	------	------	-------

Semana Actual	71%	15%	14%
Semana Anterior	82%	7%	10%



1.- Resultados Generales Edificar

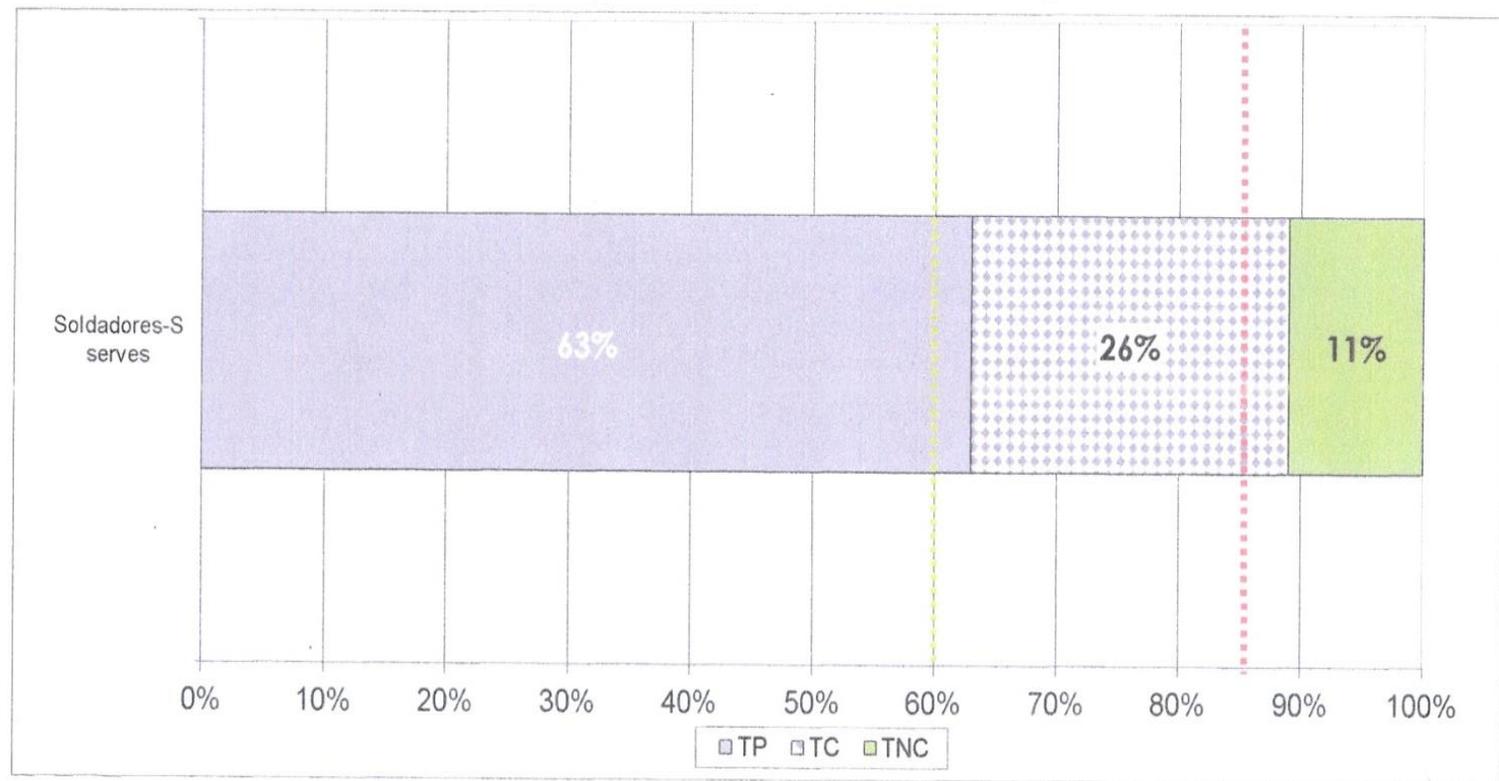
	% TP	% TC	% TNP
Obra Gris			
Semana Actual	77%	15%	8%
Semana Anterior	76%	19%	5%



3- Resultados Personal de Subcontratos

% TP	% TC	% TNP
------	------	-------

Semana Actual	63%	26%	11%
Semana Anterior	64%	27%	9%



Apéndice 6. ENTREVISTA

Dentro de la aplicación de la filosofía Lean es de suma importancia conocer la opinión de los que hacen posible la ejecución de cualquier proyecto que es la mano de obra, desde el peón hasta el maestro de obras. La siguiente entrevista se realiza en busca de este objetivo y obtener resultados que permitan encontrar oportunidades de mejora con respecto a la productividad de la mano de obra.

Productividad dentro de la construcción.

Edad: _____

Ocupación: _____

1. ¿Cómo es el ambiente laboral dentro de la construcción?

Malo	Regular	Bueno	Excelente

2. ¿Cree que un buen ambiente laboral favorece la productividad?

SI	NO	N/R

3. ¿Existen incentivos o formas de motivación brindados por la empresa?

SI	NO	No sabe

4. ¿Le brindan los medios y recursos necesarios para cumplir con sus labores adecuadamente?

SI	NO	N/R

5. ¿Cuál actividad se encuentra actualmente desarrollando?

6. ¿Manejan estándares de calidad dentro de la empresa?

SI	NO	No sabe

7. ¿Reciben capacitaciones o charlas dentro del área que desempeña sus laborales?

SI	NO	No sabe

8. Seleccione lo que usted considere influye en la productividad a la hora de trabajar

	Mucho	Medio	Poco	Nada
Ambiente Laboral				
Recursos de trabajo				
Relación con los compañeros				
Edad				
Experiencia				
Estándares de Trabajo				
Capacitación				

9. ¿Cómo es su relación con la persona a cargo del proyecto?

Malo	Regular	Bueno	Excelente

10. ¿Le gustaría saber cómo podría mejorar el desarrollo de sus labores?

SI	NO	No sabe	N/R

11. ¿Opina que la actividad que desarrolla se hace de manera idónea? Si considera que no, ¿por qué? Sea breve.

SI	NO	N/R

¿Por qué?

12. ¿Se toman en cuenta sus ideas de mejoramiento?

SI	NO	No sabe	N/R

13. ¿Cómo considera el grado de desempeño de liderazgo dentro de la empresa?

Malo	Regular	Bueno	Excelente

Apéndice 7.
Fotografías



Fotografía 1. Edificio principal del proyecto Centro Comercial Zona Centro.



Fotografía 2. Frente de trabajo "C" conocido como Plataforma de Parqueos.



Fotografía 3. Pizarra utilizada para la reunión semanal de productividad para el frente de trabajo denominado Plataforma de Parqueos.



Fotografía 4. Trabajador realizando en la demolición de un muro de retención por un error estructural en su construcción.



Fotografía 5. Sección del muro que se picó, ya que debe tener una junta de construcción entre el muro de retención y el nudo de la columna cercana a este, para que tengan un comportamiento estructural por separado.



Fotografía 6. Resultado final del retrabajo realizado en el muro de retención



Fotografía 7. Retrabajo realizado en muro del nivel 0+00 de Plataforma de Parqueos.



Fotografía 8. Se observa como los trabajos realizados afectan directamente a los vecinos del proyecto en ejecución.

Anexos

En este apartado se incluye los siguientes documentos:

- **Anexo 1.** Guía utilizada por la empresa EDIFICAR para la aplicación de la herramienta de *Last Planner*, donde se explican cada uno de sus componentes y los pasos a seguir para su correcta aplicación.

Anexo 1

Guía para definir el Programa Maestro

1. Definir los sectores, áreas o niveles en los cuales se va a subdividir la obra para su ejecución.
2. El plazo total de la obra se debe dividir en semanas de trabajo, de forma que el día de inicio sea 1.5 días previo a la reunión de obra del proyecto.
3. En este formato se incluye solamente el día de inicio de la semana de trabajo en la primer casilla y automáticamente el sistema ajusta todas la demás fechas.
4. Se deben definir las actividades de forma global, sin detallarlo a fin de hacer simple y fácil su seguimiento.
5. La secuencia de las actividades debe responder a la estrategia de avance que permita el flujo de trabajo, de recursos y evitar los desperdicios.
6. Incluir dentro de la estrategia de planificación de la obra, la competencia sana entre los diferentes encargados o cuadrillas.
7. Para establecer un balance de recursos, debemos procurar el traslape de la misma cuadrilla entre los diferentes sectores.
8. Las holguras deben ser las mínimas posibles.
9. Las actividades dentro del Programa Maestro se identifican con barras de colores, esta simbología se asigna utilizando los colores que aparecen al pie del programa.
10. Este Programa Maestro no debe tener ninguna reprogramación durante la ejecución del proyecto, los ajustes se deben hacer en la Programación intermedia.
11. En caso de requerirse ajustes en la Programación se debe hacer mediante inclusión de recursos (mano de obra, equipos, etc.)

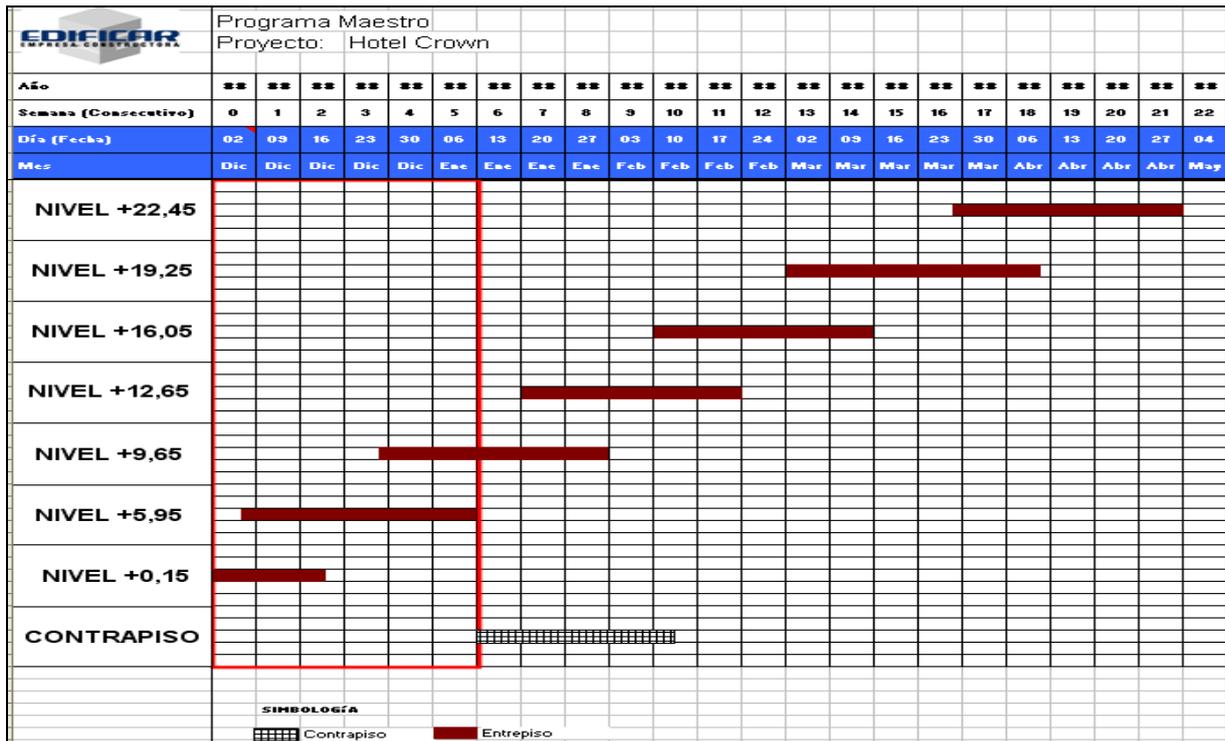


Figura 1. Ejemplo de Programa Maestro

Guía para el Programa Intermedio

1. Para definir las subactividades de esta programación, se utilizará como base el Programa de obra, los programas de cada subcontratista, el programa de compras y otros.
2. Los grupos de subactividades de cada subcontratista o responsable deben identificarse con colores y código de empresa.
3. Las subactividades se clasifican por área o sector según lo definido en el Programa Maestro.
4. Este programa solo incluye las actividades comprendidas en el periodo de 6-8 semanas.
5. El periodo de 6-8 semanas debe ajustarse cada semana, con el fin de incorporar las nuevas actividades dentro de esta planificación.
6. Para cada actividad se debe realizar un análisis de las restricciones definidas en este formato.
7. En esta Programación se permiten los ajustes al programa.
8. Para marcar las semanas durante las cuales se trabaja en la actividad se digita un "1" en la casilla.
9. Cuando el periodo no sea una semana completa se indica como un comentario en la casilla de color.
10. La condición de la actividad como Restringido o Sin Restricción es automático, a partir de la digitación de "ok", "na" o "p". (ok: Restricción solucionada, p: Restricción pendiente de solucionar y na: No aplica)
11. En las columnas finales a la derecha, automáticamente se muestra de forma visual las restricciones que tiene cada actividad.

		Programa Intermedio												Restricciones												OBSERVACIONES
Programa Intermedio Proyecto: Hotel Crown																										
Nivel, sector	Empresa	Actividades	16-Dic	23-Dic	30-Dic	06-Ene	13-Ene	20-Ene	Diseño, inspección, propietario	Submittal, RFI's y otros	Mano de obra	Materiales	Equipos y herramientas	Seguridad Ocupacional y Ambiente	Pruebas	Act. Precedente	Otros	Condición	OBSERVACIONES							
		Colado sobrelosa							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION								
		Columnas y Muros							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Definir previstas electromecánicas, confirmar							
3		- SEGUIDO NIVEL 0+5,95																								
		Ejes 3-8							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION								
		Montaje de Vigas							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Definir previstas electromecánicas							
		Entrepiso							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Confirmar dimensiones de losas en voladizo y							
		Colado sobrelosa							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Definir previstas electromecánicas							
		Columnas y Muros							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Definir previstas electromecánicas							
		Ejes 8-16							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION								
		Producción de vigas							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION								
		Montaje de Vigas							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION								
		Entrepiso							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Definir previstas electromecánicas							
		Colado sobrelosa							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	p	ok	RESTRINGIDO	Definir previstas electromecánicas							
		Columnas y Muros							p	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	RESTRINGIDO	Definir previstas electromecánicas							
		Ejes 16-21							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION								
		Producción de vigas							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION								
		Montaje de Vigas							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION								
		Entrepiso							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Definir previstas electromecánicas							
		Colado sobrelosa							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION	Definir previstas electromecánicas, pruebas							
		Columnas y Muros							p	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	RESTRINGIDO	Definir previstas electromecánicas							
4		- TERCER NIVEL 0+9,65																								
		Ejes 3-8							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION								
		Vigas							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION								
		Entrepiso							p	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	RESTRINGIDO	Definir previstas electromecánicas,							
		Colado sobrelosa							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	p	ok	RESTRINGIDO	Pruebas de resistencia							
		Columnas y Muros							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION								
		Ejes 8-16							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION								
		Vigas							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION								
		Entrepiso							ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCION								

Figura 2. Ejemplo de Programa Intermedio

Guía para el Programa Semanal Previo y de Control

1. Solo se incluyen en esta programación las actividades que en el Programa Intermedio se encuentren Sin Restricción.
2. Es importante indicar el responsable de cada actividad.
3. Para cada semana se genera un Programa Previo (de la semana siguiente) y un Programa de Control (de la semana que termina).
4. Se define para cada actividad del Programa Semanal Previo la meta a lograr en la siguiente semana.
5. Cada celda corresponde a un día calendario de la semana de trabajo definida en el Programa Intermedio y se marcará al digitar un "1" en la celda respectiva, para indicar los días que en los que se realizará la actividad.



Programa Semanal

Proyecto: Casino Crown

ID	Actividad	Resp	Meta	Logro	Cal	V	S	D	L	K	M	J	Unid	Observaciones
NIVEL 0-6,15														
Placas de fundación														
1	Trazo para inicio de obra	Juan Luis	100%			■	■	■	■					
2	Excavación placas de fundación	Juan Luis	26%			■	■	■	■	■	■	■		
3	Sello y colocación armadura							■						
3.1	Placas eje 20-18/H-E	Juan Luis, Manuel	67%			■	■	■	■	■	■	■		
3.2	Placas eje H/20-18 (aisladas y corridas)	Juan Luis, Manuel	100%			■	■	■	■	■	■	■		
3.3	Placas eje H/12-7 (aisladas y corridas)	Juan Luis, Manuel	12%					■			■	■		
4	Formaleta							■						
4.1	Placas eje 20-18/H-E	Juan Luis	65%					■	■	■	■	■		
4.2	Placas eje H/20-18 (aisladas y corridas)	Juan Luis	18%					■			■	■		

PAC



Figura 3. Ejemplo de Programa Semanal Previo

6. En el Programa Semanal de Control se evalúa, se incluye el porcentaje de avance real de la obra por actividad y la cantidad realizada de trabajo.

7. En la columna Calificación "Cal" se indicará con un "1", si la actividad logró alcanzar la meta preestablecida, de lo contrario quedará con un "0", con base en esta calificación se obtendrá el Porcentaje de Actividades Cumplidas.



Programa Semanal

Proyecto: Casino Crown																										
ID	Actividad	Resp	Meta	Logro	Cal	V	S	D	L	K	M	J	Unid	Falta de Materiales	Subcontratistas	Herramientas y Equipos	Falta de personal	Clima	Act. Precedente	Inspección y Propietario	Cambios de diseños	Inadecuada planificación	Permisos	Submittal, RFI's y Otros	Observaciones	
NIVEL 0-6,15																										
Placas de fundación																										
1	Trazo para inicio de obra	Juan Luis	100%	100%	1																					
2	Excavación placas de fundación	Juan Luis	26%	30%	1																					
3	Sello y colocación armadura																									
3.1	Placas eje 20-18/H-E	Juan Luis, Manuel	67%	67%	1																					
3.2	Placas eje H/20-18 (aisladas y corridas)	Juan Luis, Manuel	100%	100%	1																					
3.3	Placas eje H/12-7 (aisladas y corridas)	Juan Luis, Manuel	12%	0%	0									1												
4	Formaleta																									
4.1	Placas eje 20-18/H-E	Juan Luis	65%	100%	1																					
4.2	Placas eje H/20-18 (aisladas y corridas)	Juan Luis	18%	100%	1																					
					PAC	86%												1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0								

Figura 4. Ejemplo de Programa Semanal Control

Guía para el crear el gráfico del Índice de Porcentaje de Actividades Cumplidas (PAC)

1. Abra el archivo de programa semanal y ubíquese en la hoja llamada: Datos del PAC
2. En la columna semana, se debe indicar el día de inicio de la semana definida en el Programa Intermedio. Está fecha se debe escribir en el siguiente formato (Mes/Día/Año).
3. En la columna de Porcentaje de Actividades Cumplidas (PAC) se debe escribir el PAC obtenido durante la semana. Automáticamente se calculará el promedio de los porcentajes de las actividades cumplidas hasta la fecha.

Semana	PAC	Promedio	Mínimo del PAC
2-Dec-13	82%	82%	70%
9-Dec-13	58%	70%	70%
16-Dec-13	100%	80%	70%
23-Dec-13	61%	75%	70%
30-Dec-13	60%	72%	70%
6-Jan-14	71%	72%	70%
13-Jan-14	71%	72%	70%
20-Jan-14	68%	72%	70%
27-Jan-14	53%	69%	70%
3-Feb-14	48%	67%	70%

Figura 5. Ejemplo del Cuadro para el índice del Porcentaje de Actividades Cumplidas (PAC)

4. En la hoja la hoja Gráfico PAC, se debe escribir el nombre del proyecto.

5. Por último se debe ajustar los rangos del gráfico, para agregar la semana de control.

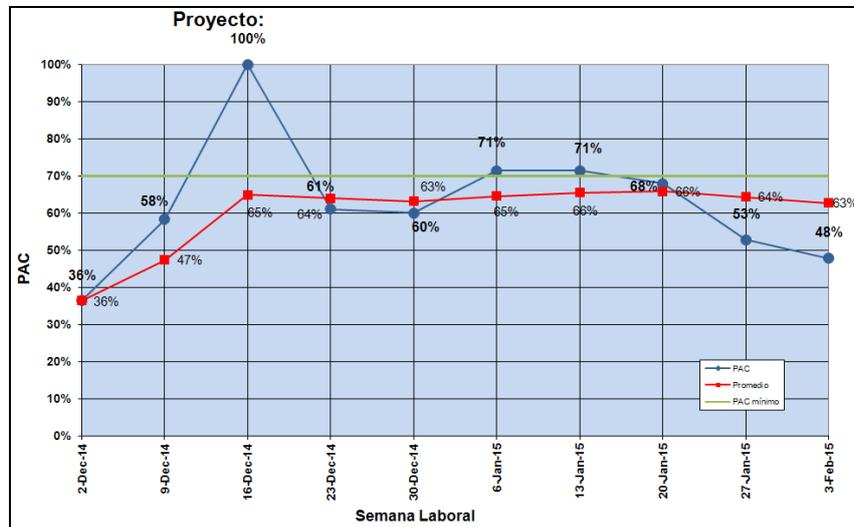


Figura 6. Ejemplo del Gráfico del índice del Porcentaje de Actividades Cumplidas

Guía para el crear el gráfico de las Causas de No Cumplimiento (CNC)

1. Abra el archivo de programa semanal y ubíquese en la hoja llamada: Datos CNC.

2. En la columna semana, se debe indicar el día de inicio de la semana definida en el Programa Intermedio. Esta fecha se debe escribir en el siguiente formato (Mes/Día/Año).

3. En las columnas posteriores, se debe anotar la sumatoria de las restricciones presentadas durante la semana.

Cantidad de Causas de No Cumplimiento											
Semana	Falta Materiales	Falta de MO	Herramientas y Equipos	Subcontratista	Clima	Actividad Precedente	Inspección y Propietario	Cambios de diseños	Inadecuada planificación	Submittal, RFI's y otros	
2-Dec-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9-Dec-14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16-Dec-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23-Dec-14	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30-Dec-14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6-Jan-15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13-Jan-15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20-Jan-15	11	0	4	0	0	3	0	0	4	0	
27-Jan-15	13	0	4	3	0	21	1	1	28	3	
3-Feb-15	5	0	4	16	3	37	3	3	9	5	
10-Feb-15											
17-Feb-15											
24-Feb-15											
3-Mar-15											
10-Mar-15											
17-Mar-15											
24-Mar-15											
31-Mar-15											
7-Apr-15											
14-Apr-15											
21-Apr-15											
28-Apr-15											
5-May-15											
12-May-15											
19-May-15											
26-May-15											
	45	0	12	19	3	61	4	4	41	8	197
	23%	0%	6%	10%	2%	31%	2%	2%	21%	4%	

Figura 7. Ejemplo del Cuadro de la cantidad de Causas de No Cumplimiento generadas en el proyecto

4. En la hoja la hoja Gráfico PAC, se debe escribir el nombre del proyecto.

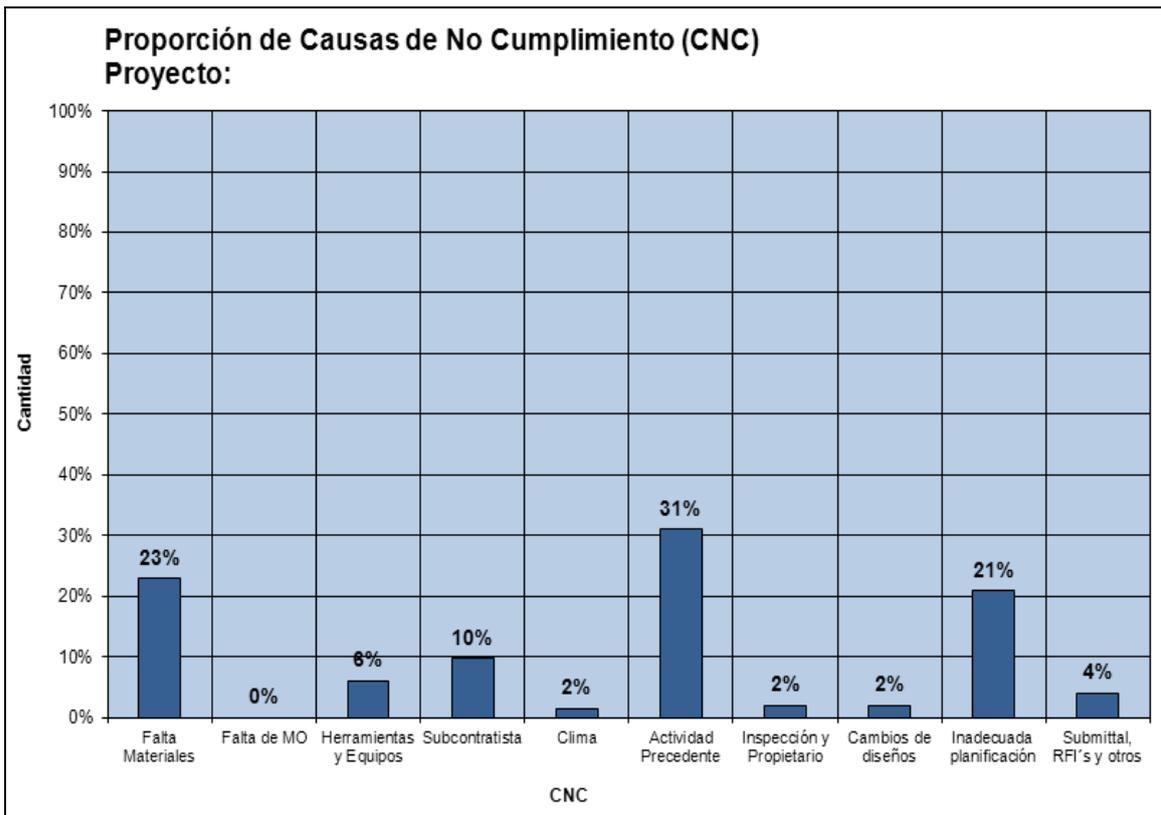


Figura 8. Ejemplo del Gráfico de Causas de No Cumplimiento

Referencias

- Abdala, J. A. (s.f.). **TEORÍA DE LA PLANEACIÓN.** Recuperado en abril de 2015, de Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de México: http://www.ingenieria.unam.mx/~jkuri/Apunts_Planeacion_internet/TEMAII.1.pdf
- Achell, J. F. (marzo de 2014). **INTRODUCCIÓN A LEAN CONSTRUCTION.** *Primera Edición* (Fundación Laboral de la Construcción). Rivas, Madrid, España.
- Cervantes, J. C. (08 de marzo de 2004). **PLANEACIÓN Y CONTROL DE OBRA.** Recuperado el 09 de abril de 2015, de Colección de tesis digitales Universidad de las Américas, Puebla, México: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capitulo1.pdf
- Cervantes, J. C. (08 de marzo de 2004). **PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.** Recuperado en abril de 2015, de Colección de tesis digitales Universidad de las Américas, Puebla, México: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capitulo1.pdf
- Chand, S. (2015). **WORK SAMPLING DEFINITION, THEORY and CONFIDENCE LEVEL OF WORK SAMPLING.** Recuperado en marzo de 2015, de <http://www.yourarticlelibrary.com/ergonomics/work-measurement/work-sampling-definition-theory-and-confidence-level-of-work-sampling/34598/>
- EDIFICAR, E. (2015). **GUÍA PARA DEFINIR LA PROGRAMACIÓN DEL LAST PLANNER.** San José, Costa Rica.
- Esquivel, C. C. (s.f.). **PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN COSTARRICENSE.** Recuperado en abril de 2015, de Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología: <http://bb9.ulacit.ac.cr/tesinas/Publicaciones/045313.pdf>
- Mahendra Sutar, N. P. (16 de mayo de 2009). **CONSTRUCTION OPERATION ANALYSIS.** Recuperado el 10 de abril de 2015, de Productivity Improvement Study: <http://es.slideshare.net/saranshsha/h/final-presentation-productivity-improvement-study>