

FORMULACION METODOLOGIA LEAN CONSTRUCCION Y PMI PARA MAMPOSTERIA

AUTOR

ANDREA LILIAN ROMERO MONTOYA

Arquitecta

Andreisluc208@hotmail.com

Artículo Trabajo Final del programa de Especialización en Gerencia Integral de Proyectos

DIRECTOR

Ing. Guillermo Roa Rodríguez, Ms

Ingeniero en Mecatrónica - Universidad Militar Nueva Granada
Especialista en Gerencia de proyectos de la Universidad Nueva Granada
Magíster en Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nueva Granada
PRINCE2 Foundation Certificate in Project Management
Professional Scrum Master PSM I

Coordinador Especialización en Gerencia Integral de Proyectos y
Maestría en Gerencia de Proyectos de la Universidad Militar Nueva Granada
guillermo.roa@unimilitar.edu.co; ingenieria.giproyectos@unimilitar.edu.co



La U
acreditada
para todos

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DICIEMBRE 2016**

FORMULACION METODOLOGIA EN LEAN CONSTRUCCION Y PMI PARA MAMPOSTERIA EN OBRAS

GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS

FORMULATION METHODOLOGY IN LEAN CONSTRUCTION AND PMI FOR MASONRY IN WORKS

Guillermo Roa Rodríguez

Magister en Ingeniería Mecatrónica, Especialista en Gerencia Integral de Proyectos, Ingeniero en Mecatrónica.

Director Especialización en Gerencia Integral de Proyectos.
Universidad Militar Nueva Granada.

Bogotá, Colombia

Ingeniería.giproyectos@unimilitar.edu.co

RESUMEN

El presente trabajo mostrará la formulación de una metodología basada en lean construcción y PMI para el proceso constructivo de mampostería y muestra los principales lineamientos de construir sin pérdidas, llevando un control de la actividad que da reducción de costos y de recursos, la mejora continua en el proceso, reduciendo pérdidas y evitando retrocesos. Al formular y proponer un proyecto para el proceso constructivo de mampostería se desarrollaron políticas de operación para lo que se definió formulación de metodología y filosofía para una ejecución clara del proyecto que impacto de manera positiva porque permitió incrementar la confiabilidad, reducir la variabilidad, y represento la mejor utilización de los recursos en el proceso constructivo, ahorro de tiempos de entrega de actividad. Para la formulación de una metodología en Lean Construcción y PMI dentro del proceso constructivo de mampostería debe pasar inicialmente por múltiples aprobaciones, es importante primero que todo hacer entender a todas aquellas personas que participarán en su implementación los beneficios que trae está metodología para la empresa, para conseguir que sea una realidad y pueda abarcar todos los procesos constructivos, mejoraríamos las especificaciones en la optimización de los recursos utilizados, se reducen costos de producción, se lograría generar mayor confianza menos desperdicios y retrocesos en el proceso, cumplimiento en programaciones.

Palabras Clave: Lean Construcción, PMI, Estructura de Desglose de Trabajo(EDT), Gestión de costos, Sistema planificador, Layout, Líneas de balance, Diagrama de Gantt.

ABSTRACT

The present work will show the formulation of a methodology based on lean construction and PMI for the construction process of masonry and shows the main guidelines of building without losses, taking control of the activity that gives reduction of costs and resources, continuous improvement in the process by reducing losses and avoiding setbacks. In formulating and proposing a project for the construction process masonry operating policies for what formulation methodology and philosophy defined for a clear implementation of the project that impact positively because it allowed increase reliability, reduce variability they were developed, and represent the best use of resources in the construction process, saving time delivery activity. In the process of writing the thesis work. Through the implementation of the document presented, it is possible to obtain a guideline that allows the graduate students of the Faculty of Engineering, compose the processes followed and the results of the thesis work in a format based on theoretical foundations and scientific language. For the formulation of a methodology Lean Construction PMI in the construction process masonry must initially go through multiple approvals, it is important first of all to convey to all those who participate in its implementation the benefits it brings this methodology for the company, To make it a reality and to cover all the construction processes, we would improve specifications in the optimization of the resources used, reduce costs of production, it would be possible to generate more confidence less waste and setbacks in the process, fulfillment in schedules.

Keywords: Lean Construction, PMI, Work Breakdown Structure (EDT), Cost Management, Planning System, Layout, Balance Lines, Gantt Chart.

INTRODUCCIÓN

Pese a la importancia de la industria de la construcción para el país y para sectores asociados encontramos problemáticas recurrentes relacionadas con baja productividad, mano de obra no calificada, retrocesos, altos costos, incumplimiento de actividades, largos trasiegos, logística inadecuada para recibo de material, alto desperdicio de recursos dando como resultado productos de baja calidad que afectan al cliente final. Formulando esta metodología y siguiendo con los lineamientos y políticas del Instituto de Administración de proyectos (Project Management Institute, PMI), que se deben tener en cuenta a la hora de gerenciar proyectos, además de desarrollar una manera de emplear las habilidades gerenciales para poder cumplir con los objetivos del proyecto y de sus actividades. Se plantea que con todo esto se logra reducir las problemáticas descritas previamente.

La empresa Arquitectura y Concreto se centra en el gerente técnico regional, la coordinación y dirección de obras de construcción y un departamento lean; donde evidentemente se ha evidenciado que la falta de una planeación adecuada y de programación del proceso constructivo de mampostería debe ser resuelto para mejorar sus índices de efectividad, reducción de costos y uso inapropiado de los recursos que generan pérdidas; se debe formular una metodología basada en lean construcción y PMI para la actividad que genere beneficios, mayores rendimientos del proceso, menores costos y desperdicios, mejor planificación y seguimiento y control de la actividad brindando como resultado final confianza en los clientes y el aseguramiento continuo de la calidad.

Se requerirá de más trabajo, de generar más responsabilidad de la que se tiene en los miembros del equipo implicando un mayor esfuerzo y generando descontento en muchos de los colaboradores que hacen parte de la organización.

Se deberá formular y recomendar una metodología basada en lean construcción y PMI se proporciona a la organización y sus obras, evidencias y bondades de cómo construir sin pérdidas, llevando un buen control de la actividad que da reducción de costos y la óptima utilización de los recursos. Que genera mayores dividendos económicos para la organización y todos sus colaboradores, dados por la reducción de costos y menos pérdidas en el proceso constructivo de mampostería.

Se planteará una metodología en la organización Arquitectura y Concreto que pueda garantizar el óptimo resultado de las actividades del proceso constructivo de mampostería de nuestras obras estandarizando las mejores prácticas en cuanto a tiempo, costo y alcance de ejecución y control del proceso constructivo siguiendo los lineamientos del PMI y adoptando una filosofía Lean donde trabaja en la tendencia de reducción de actividades que no agreguen valor en el proceso

constructivo de mampostería introduce principios de valor de la producción y el mejoramiento [1] de los requerimientos del cliente dando como resultado reducción de costos dados por la simplificación de pasos e incremento en la flexibilidad en el enfoque y control de los procesos introduciendo la mejora continua del proceso terminado.

Se debe formular y proponer un proyecto para el proceso constructivo de mampostería se desarrollarán políticas de operación donde partiendo de la gerencia regional, directores de obra, residentes de cada una de las obras de la organización definirá la ubicación de los patios de acopios del material requeridos para el desarrollo y ejecución óptima de la actividad, donde estableciendo parámetros donde se deberá especificar los procedimientos técnicos que se desarrollaran y metodologías y filosofías que definirán, controlaran el proceso constructivo su cronograma y duración y cumplimiento.

De este modo el propósito al formular la metodología es poder definir el alcance de del proceso constructivo de mampostería, y como se realizará la actividad con el fin de cumplir los objetivos.

El alcance de la actividad de mampostería en una las obras de la organización donde se debe tener, previo a su realización, un documento en el cual se especifican los procedimientos técnicos que se desarrollaran, la forma en que se controlaran y se recibirán y deben estar firmados por los involucrados – se deberá realizar un Acta de Inicio de Actividad y Procedimiento Técnico. Es la descripción de lo que se va a realizar y se define logrando controlar lo que incluye o no incluye dentro del proceso constructivo, este alcance definido nos ayuda a detectar las restricciones que retrasarían o podrían entorpecer el avance y desarrollo de la actividad y con base a estas restricciones plantear propuestas o alternativas que nos den limitaciones y procesos requeridos para asegurar que este incluido todo el trabajo requerido para poder desarrollar y completar el trabajo planteado con esta metodología y solo podremos desarrollar este trabajo requerido para poder completar el proyecto exitosamente.[2]

Se partirá que el alcance de la actividad de mampostería, parte de una revisión previa de la zona de trabajo donde la protección de los fosos de ascensor de cada una de las obras, debe ejecutarse desde el momento de desarrollo de la estructura, los parales y las barandas metálicas deben pedirse con días de antelación por lo menos 10 o más días antes de iniciar la actividad para garantizar, que el desarrollo de la misma, se realice de manera segura continuamente.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Definición Según el Lean Construcción Instituto (ILC), **Lean construcción** es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen. El PMI es una organización que nos permite enfocar principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos, mediante la implementación de una metodología, la cual está basada en el Cuerpo de Conocimientos en Administración de Proyectos (Project Management Body of Knowledge, Pmbok), que integra los lineamientos y políticas para gerenciar proyectos, además de establecer la forma como las habilidades gerenciales (administrativas), deben emplearse para alcanzar los objetivos implícitos en el proyecto a formular. Para tal fin se entiende por residuos todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva. [3].

Un proyecto es una sucesión de actividades con un principio y un fin demarcados, que se gesta para alcanzar unas metas establecidas, con restricciones de costo, tiempo, calidad y alcance determinados con anterioridad.

En tal sentido, poder contar con una estructura definida y organizada para poder plantear procesos de buenas prácticas como la planteada por **PMI [4]** que constituye un pilar de conocimiento estructurado, organizado y accesible para cualquier interesado. Basándonos en la metodología **PMI [5]**, se procederá a la definición del proyecto en el que se implementará la definición de prácticas estándar en el proceso constructivo de mampostería dentro de las obras de Arquitectura y Concreto la cual permitirá incrementar la confiabilidad, reducir la variabilidad y la mejor utilización de los recursos en este proceso constructivo.

El sistema *Lean* nos proporciona herramientas que contribuyen a una mayor integración entre los diferentes agentes sociales y las empresas que intervienen a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto de las obras de Arquitectura y Concreto, desde los gerentes hasta los trabajadores a pie de obra. Esto implica adoptar un nuevo enfoque en la gestión integral del proyecto [6].

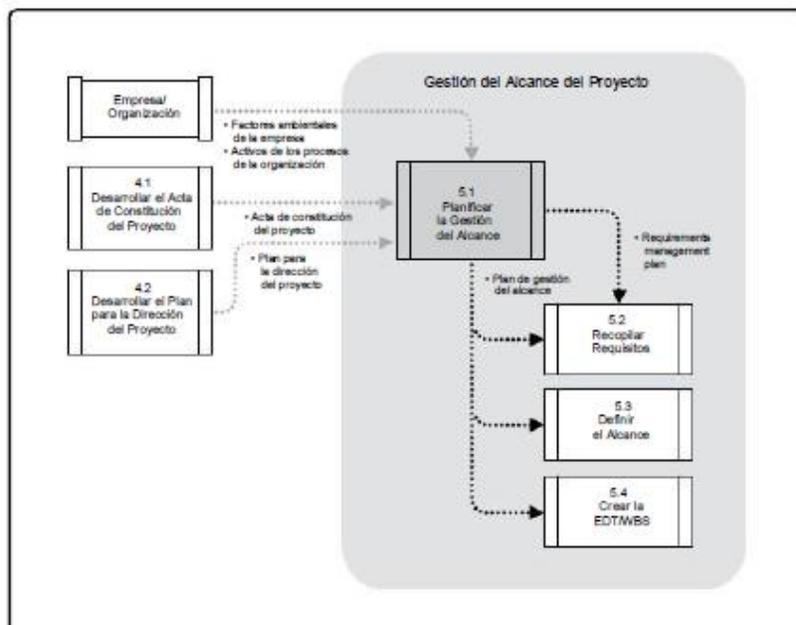
Este sistema fomenta el trabajo en equipo, mejora la comunicación, facilita la visión de conjunto de todo el proceso, ayuda a la identificación temprana de errores seguida de una resolución eficaz y rápida de problemas, y conduce hacia una mayor autogestión. La gestión integral de todo el proyecto pasa del modelo tradicional jerarquizado de mando y orden a un sistema colaborativo y de autoridad distribuida; y de un modelo contractual de tipo transaccional a uno de tipo relacional y de riesgo compartido. [7]

Para la realización de este proyecto se hace una planeación, la cual comienza con la idea de optimizar el proceso que se viene desarrollando en la empresa Arquitectura y Concreto, adicionalmente adecuar el plan de gestión del alcance implementándolo como un componente del plan para la dirección del programa donde se definirá, desarrollará, monitorea, controla y verifica el plan del alcance de la metodología a formular y comienza con la definición y procedimiento detallado de la formulación de una metodología para el sistema constructivo de mampostería donde comprende los procesos de planificar el alcance, creando un desglose de tareas definiendo una serie de actividades previas para poder partir dando por un inicio que los proyectos tienen características; tienen un principio y un fin.

El Procedimiento detallara la forma de realizar mediciones y explicara el trabajo, implementando la metodología **PMI**, donde se capturan los datos obtenidos en la Obra y se realizara el análisis para obtener el tiempo y costo promedio por unidad ejecutada en cada una de las sus actividades del proceso constructivo de mampostería.

La Gestión del alcance de la formulación de una metodología para el sistema constructivo de mampostería comprenderá los procesos de planificar el alcance, creando un desglose de tareas definiendo una serie de actividades previas para poder partir dando por inicio una entrega de actividades por realizar [5]. Ver **Figura 1. [4]**.

Figura 1. Grupos de procesos según PMI



Fuente. Tomado de Project Management Body of Knowledge. 5th ed. USA (2013).

Con el fin de optimizar el tiempo plantearemos el proceso requerido para administrar la finalización del proyecto a tiempo, por ello la mayor parte del esfuerzo se realiza durante el proceso de controlar el cronograma para asegurar que el trabajo del proyecto se complete de manera oportuna. **[2]**

Desarrollaremos el cronograma utilizando las salidas de los procesos, definiendo las actividades, secuenciando las actividades, estimando los recursos de las actividades y estimando la duración de las mismas, en combinación con la herramienta de planificación para elaborar el cronograma. El cronograma finalizado y aprobado constituye la línea base que se utilizará en el proceso de controlar el cronograma de la formulación de la metodología Lean Construcción en el proceso constructivo de mampostería, conforme se van ejecutando las actividades. **[8]**.

Para cumplir con su objetivo esta área comprende los procesos de: definición de actividades, secuenciar las actividades, estimación de los recursos de las actividades, estimación de la duración de las actividades, desarrollo del cronograma y control del cronograma.

Sus herramientas y técnicas asociadas, se documentan en el plan de gestión del cronograma, el cual está contenido en el plan para la dirección del proyecto; según las necesidades del mismo. **[9]**

Con el fin de obtener una viabilidad del proyecto, es indispensable diseñar un presupuesto o plan de gastos los cuales deben ser acordes con las tareas o actividad propuesta para el logro de los objetivos de la metodología a formular, esta estimación facilitará durante la fase de desarrollo del proyecto, controlar que costos reales se ajustan a lo presupuestado. **[10]**

Trata principalmente acerca del costo de los recursos necesarios para completar las actividades del proceso constructivo de mampostería. Incluye los procesos de estimar, presupuestar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado. **[11]**

2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El sector de la construcción constituye una de las fuentes más importantes de la economía a nivel nacional, cada vez se hace más necesario fortalecer y mejorar las técnicas gerenciales en los proyectos de obras civiles ya que se busca optimizar los recursos vinculados a ellos y podemos llegar mejorar la productividad de la empresa y del sector, que cada vez es más exigente y los estándares más altos. La supervivencia a lo largo plazo a una compañía depende de lo eficiente que sea en el tiempo. Se deberá pensar en una metodología que sea sostenible en el tiempo porque eso asegura realizar proyectos de hacer más con menos partiendo de estándares para la concepción de la gestión de ejecución y buenas prácticas que se traduce en mayor productividad, más clientes felices y satisfechos por la excelente calidad y el cumplimiento en la entrega lo cual es uno de los principios más importantes para la compañía.

2.1. FORMULACIÓN DE UNA METODOLOGÍA BASADA EN LOS CONCEPTOS DE PMI ADAPTANDO UNA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCCION PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LAS OBRAS.

Para formular una metodología en obras de Arquitectura y Concreto bajo la metodología de PMI y Lean Construcción, es preciso saber que los proyectos sólo se ejecutan (fase de operación), después de realizar los estudios previos los cuales deben ser aprobados por el cliente y por la gerencia, es decir, después de que el proyecto se considera viable, y tenga un presupuesto asignado.

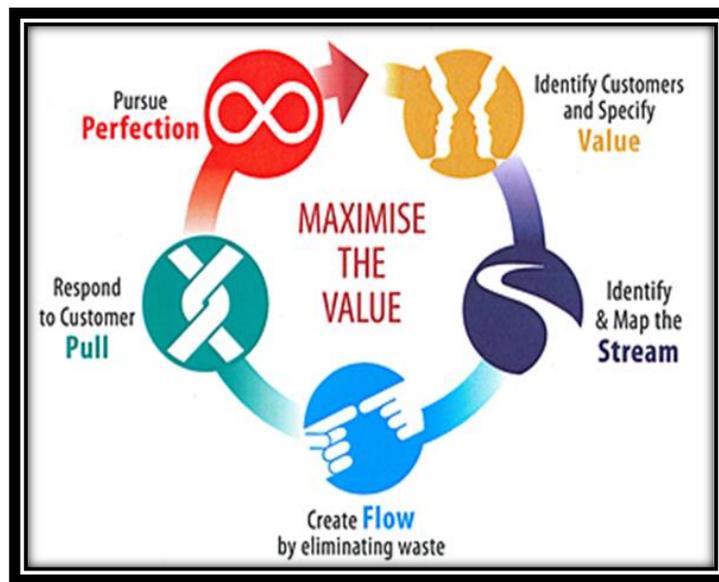
En consecuencia, toda la información que se obtiene de dichos estudios previos y junto con el presupuesto, constituyen las variables de entrada que se utilizan para estructurar los procesos desde las buenas practicas del PMI que se centra en la mejora de la productividad de cada uno de los procesos que se encuentran en los proyectos; combinándolo con la construcción sin pérdidas eliminando los procesos que no agregan valor, mejora la productividad y significa hablar de una cultura de evolución y del cambio de paradigmas para Arquitectura y Concreto.[12].

2.1.1. ESPECIFICACIONES Y HERRAMIENTAS A DESARROLLAR EN EL ALCANCE, SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO SIGUIENDO CON LINEAMIENTOS Y ESTÁNDARES DE CALIDAD DE LA ORGANIZACIÓN.

Partiendo de la de gestión de los proyectos donde se debe entender que es una herramienta básica en el manejo de actividades que maximiza la probabilidad de resultados en tareas orientadas a planear la ejecución de un Proyecto antes de su inicio, .[14] mientras que las actividades de control se encargaran del monitoreo y seguimientos de los procesos constructivos que se convierten así

en el conjunto de acciones y actividades que se lleven en el tiempo no significando que no se encontraran problemas en su gestión y que los riesgos no estarán latentes en cada una de sus fases pero es por esto poder crear una adecuada planeación y control de esta bajo un estricto seguimiento de los procesos constructivos de mampostería y de cualquier proceso dentro de los proyectos apoyándonos en la filosofía Lean construcción podemos formular una logística que requiere de la planeación y un estricto seguimiento del proceso constructivo de mampostería.

Figura 2. Procesos para maximizar el valor



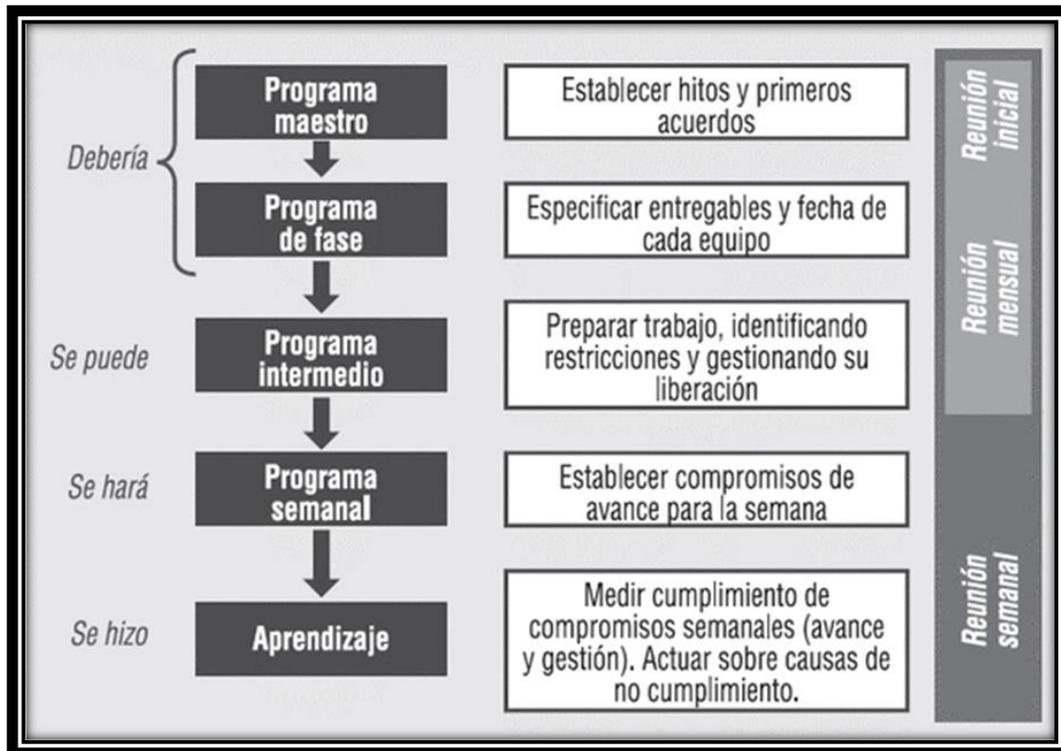
Fuente. Tomado de artículo de Filosofía de gestión: Lean Construcción

Algunas herramientas que se pueden tomar para formular y aplicar la metodología en nuestros proyectos es el **LAST PLANNER SYSTEM** (Sistema planificador); añade un componente de control de producción al sistema de gestión de proyectos tradicionales, entendiéndose como un mecanismo para la transformación de lo que se debe hacer formando así un inventario semanal de la asignación de la actividad de mampostería y que son el compromiso por parte de los planificadores sobre lo que realmente se va a hacer. Fijando los objetivos de los procesos constructivos se plantea una planificación o **Plan Maestro** que muestra los hitos del proceso constructivo de mampostería. [15].

Se basa en hitos definidos por el plan maestro se precede a la **Planificación Intermedia** y a la planificación semanal donde el compromiso, tiene una visión que se adaptan a las necesidades y características de los proyectos en donde se esté adelantando la actividad de mampostería, se entiende como prerrequisito para su ejecución y la directriz de los recursos necesarios para la realización de identificación de restricciones y eliminándolas para poder dejar la actividad lista para

ser ejecutada donde la **Planificación semanal** incrementara la calidad del plan de trabajo de manera semanal el cual con la planeación intermedia genera un PAC de control del flujo de la actividad. [12].

Figura 3. Sistema Planificador (LAST PLANNER SYSTEM)



Fuente. Tomado de artículo de Filosofía de gestión: Lean Construcción

Para la planificación y el control de la actividad de mampostería plantearemos un **Lay Out** es una de las herramientas que estará vigente en el proyecto ya que es tener los materiales para la actividad más cerca de los centros de realización de la actividad es tener distancias sin barreras, permite mediante un proceso de integración de realizar la disposición de las maquinas, herramientas, cuadrillas de trabajo, áreas de almacenamiento, espacios comunes; según los cambios que se puedan tener que deben estar planeados teniendo en cuenta las distintas etapas del proceso constructivo de mampostería mostrando el esquema de la distribución de las instalaciones, equipos dentro de las obras (especialmente el transporte vertical) y sus posibles cambios o reubicaciones durante el tiempo. Controlando el proceso constructivo se realizará las **Líneas de Balance** que serán el Método de programación que muestra el trabajo que se realizara en un proyecto de construcción con la formulación de la metodología para la actividad como una sola

línea, en una gráfica. Formulando una programación adecuada se manejará una herramienta muy gráfica como lo es el **Diagrama de Gantt** cuyo objetivo es mostrar el tiempo previsto para las tareas necesarias de la mampostería.

Deberá existir una **Definición de Planos** de mampostería de fachada con una modulación y la ubicación de elementos estructurales definidos previamente donde se debe tener copias impresas para manejo de consulta en la oficina y en el tajo de cada obra de Arquitectura y Concreto. Partiendo de esta definición de planos se definirá la marcación de los elementos no estructurales y estructurales y marcación de zonas para poder dar inicio y proceder con la actividad de mampostería cumpliendo con la calidad y tiempos estipulados formulados y estudiados en la metodología en todas las obras de Arquitectura y Concreto donde se inicie su desarrollo e implementación.

2.2.1 FORMULACIÓN DE UNA METODOLOGÍA BASADA EN LEAN CONSTRUCCIÓN Y PMI PARA EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE MAMPOSTERÍA

Definición de prácticas estándar de operación (PSO) para las actividades de la fase de mampostería realizadas dentro de las obras de Arquitectura y Concreto

2.2.1.1. PLAN DE GESTION DEL ALCANCE

Se planteará una metodología, para el proceso constructivo de mampostería, basado en PMI y Lean construcción contenida en este procedimiento; para el desarrollo de la actividad se precede de la definición de prácticas estándar de operación (PSO) para las actividades de la fase de la actividad de mampostería, realizadas dentro de las obras de Arquitectura y Concreto; las cuales permitirán incrementar la confiabilidad, reducir la variabilidad, y representan la mejor utilización de los recursos en el proceso constructivo, basados en la filosofía Lean “**hacer más con menos**”.

El procedimiento detalla la forma de definir los planos, la verificación de los mismos ya sean arquitectónicos vs los estructurales, así desarrollaremos un plano de elementos no estructurales y estructurales, en el que se realizara un análisis de los patios de abastecimiento, logística de material, equipos a requerir en el desarrollo del proceso constructivo, los frentes de trabajo y su personal, realizará el despiece de cada frente, tipos de piezas que se requieran y la criticidad de las mismas, se identificara la cantidad exacta de material cortado y de piezas completas que van a ser suministradas y abastecidas en cada uno de los frentes evitando así retrocesos por largos trasiegos y pérdidas de tiempo y productividad.

2.2.1.2. Definición de Actividades

Se observará que las actividades para lograr la gestión del alcance deben ser relacionadas en inicio de la formulación de la metodología las cuales deben quedar documentadas en el alcance de cada una de las obras, siguiendo los lineamientos y estándares de calidad de la empresa. Esta documentación incluye actas, seguimientos, detalles del sistema y ciclo constructivo, para tener un manejo claro de la información e histórico de la obra se deben definir los planos luego de tener la sobre posición de los planos de estructura con los arquitectónicos, las especificaciones técnicas de los elementos no estructurales, y es deber de Directores y Residentes de Mampostería garantizar la ejecución de los planos y de la actividad conforme formulada para lograr el éxito del proceso constructivo.

Se realizará Programaciones de la actividad que implica la definición de cuadrillas para realizar la actividad, se deberá plantear Programaciones semanales con comités de programación y restricción cada semana que sean congruentes al avance establecido en la programación intermedia y al avance real de obra.

El seguimiento y control del proceso constructivo a desarrollar debe ser necesario debe ir guiado por el aseguramiento de la calidad el cual debe estar soportado por la documentación referente y necesaria para el desarrollo de esta debe contar con supervisión y compromiso de hacer las cosas bien evitando retrocesos y maximizando el valor.

2.2.1.3. IDENTIFICACION Y DEFINICION DE PLANOS

Se deben definir y recopilar los planos de fachadas firmados por el Director de la obra además de los planos de elementos estructurales y no estructurales, planos de modulación de fachada descontando vanos además de planos de ubicación de puntos hidráulicos y eléctricos, todos estos necesarios de recopilar y realizar para lograr el éxito en la ejecución de la actividad de mampostería, se debe verificar que se hayan realizado sobre posiciones de estos con los de estructura y que cumplan todas las especificaciones técnicas, con las que se va a desarrollar la obra.

2.2.1.4. ACTA DE INICIO

Toda actividad que inicie en una obra debe de tener, previo a su realización, un documento en el cual se especifican los procedimientos técnicos que se desarrollaran, la forma en que se controlan y se reciben las actividades y debe estar firmados por los involucrados – Acta de Inicio de Actividad siguiendo los lineamientos de Procedimiento Técnico. Esto aplica por cada actividad que se desarrolle y debe estar fijada con la debida anticipación. La definición de cuadrillas, será muy útil ya que se identificarán los recursos de personal a necesitar y serán

solicitados, se hablara de la reunión de planeación de la actividad, puntos de suministro y acopio de material; además de la programación semanal, las revisiones al cumplimiento del proceso constructivo son ejecutadas y monitoreadas por el Director y Residente encargado de la Actividad.

2.2.1.5. ABASTECIMIENTO MATERIAL, EQUIPOS PROGRAMADOS PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD Y SU TRASLADO VERTICAL.

Los lineamientos para el desarrollo y control de la actividad de abastecimiento del material y su programación de subida de equipos y material deben ir conjuntamente de la mano con el Maestro y Residentes encargados de dicha actividad. Se deben realizar anclajes de recepción de carga deben quedar embebidos desde la estructura, en las zonas de foso o fachada, ya sea para plataforma o para plumas, donde se ubicarán los sitios, en donde se reciba material, con las respectivas pruebas de carga. Se debe contar días previos al desarrollo de la actividad de mampostería con todos los elementos de protección personal básicos, de acuerdo a la matriz de elementos de seguridad. Antes de iniciar la actividad de Mampostería, el Residente de la Actividad y el Maestro con apoyo del Residente Lean, definiran el horario para uso de los equipos de transporte vertical (Torre Grúa, Plumás, Malacates), garantizando el abastecimiento del material requerido para la ejecución de la actividad dentro de las fechas de programación de obra. La programación de los equipos se debe establecer semanalmente y debe tener congruencia con la programación semanal de actividades.

2.2.1.6. REALIZAR MARCACION EN LA LOSA PARA SALIDAS, REPARTICION Y MODULACION DE MAMPOSTERIA SEGÚN BORDES DE LOSA.

Antes de iniciar la actividad es imprescindible llevar a cabo todos los preparativos y procesos previos necesarios para que el trabajo pueda llegar a un buen término, es la unidad formativa que te da conocimiento para realizar la cimbra del proceso constructivo de mampostería se debe tener como base una Modulación de piezas, ubicación de puntos sanitarios y eléctricos para dejar embebidas en placa según procedimiento técnico, además de modulación de marcación de bordes de losa, definiendo los espesores de la junta fijando la altura.

2.2.1.7. REALIZACION DE FORMATOS DE SOPORTE DE REPLANTEO, DE RECIBO DE ACTIVIDAD, SEGUIMIENTO Y DE TRANSPORTE VERTICAL.

Analizar los Tiempos Productivos se deberán contar con una planilla de Procedimientos de Medición de Rendimientos de la actividad donde se detalla las mediciones y programación, actividades de abastecimiento de material y equipos, entre otras cosas. Si se llegaran a presentar desviaciones en los rendimientos de la actividad se cuenta con herramientas Lean (Registro de Medición de 5 minutos, Formato para Evaluación de Composición y Medición de Productividad de Cuadrillas), los cuales se pueden consultar en cualquier momento después de ser formulada y

planteada esta metodología es indispensable mantener verificado cada aspecto de la actividad con el maestro y el residente correspondiente.

2.2.1.8. NEGOCIACION Y PROGRAMACION DE MATERIAL Y COSTOS ESTIPULADOS EN LA ACTIVIDAD.

Los Directores de Obra antes del inicio de la actividad en cada una de las obras debe realizar la confrontación de cantidades a utilizar por medio de los planos y costos de material se debe hacer una comparación entre presupuesto y diseño al menos un mes antes de iniciar las actividades. El residente de la Actividad debe Proponer Mejoras en el proceso constructivo y debe elaborar cortes de mano de obra con el inicio de la actividad y controlar el presupuesto.

Los resultados y conclusiones deberán ser analizados constantemente a nivel interno en la obra, por parte del Director de Obra, Residentes y Maestros. Este monitoreo constante implica actividad, personal, equipos, tiempos promedio y costos promedio.

2.2.1.9. VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y SEGURIDAD Y CALIDAD.

Verificar el armado de andamios colgantes seguros, colocados en sitios donde sea libre su movimiento, con su debida señalización y guías de seguridad en sitios visibles, estos deben ser revisados diariamente y con personal capacitado para su manejo, operación del equipo con protección manual y protección visual.

Tendremos que instaurar un comité Lean en las obras donde se puedan realizar reuniones formales, no mayor a una duración de 1 hora 30 minutos, donde se habla de la programación de la obra, y que debe ir liderada por el Director de Obra, Residentes de Mampostería y Residente Lean a la cual deben asistir los Maestros, los almacenistas, los SISO, los contratistas y Encargados de las actividades, en la cual se analizan las actividades de la semana anterior a nivel de cumplimiento de programación "PAC", calidad, seguridad y gestión ambiental.

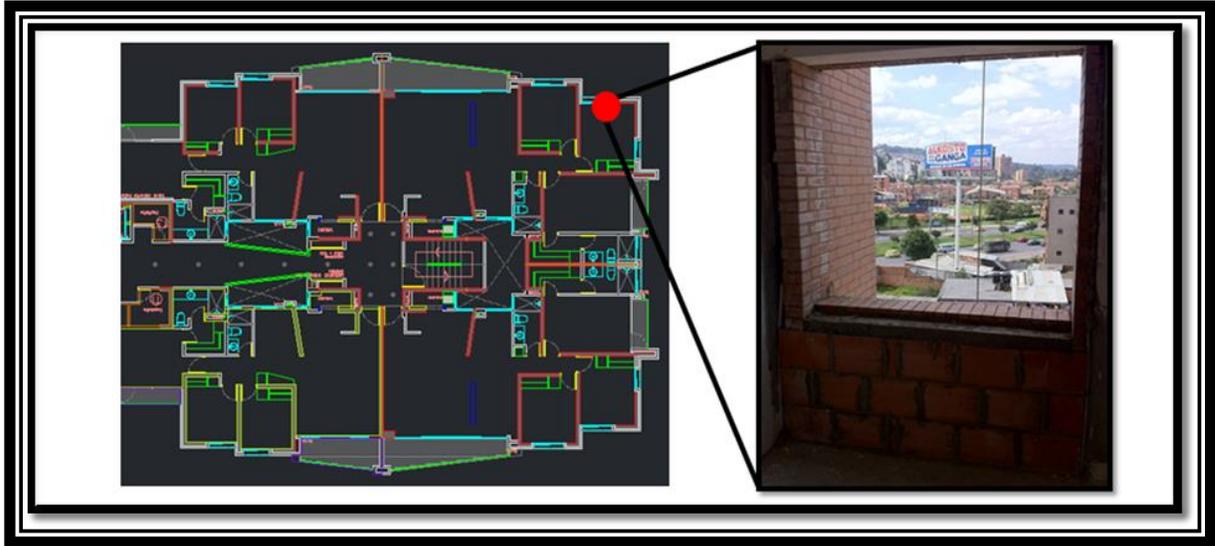
2.2.2. DEFINICION DE LOS ENTREGABLES

Partir de que los entregables definidos para el desarrollo y formulación de la metodología de mampostería es importante tener en cuenta que todas las actividades involucradas en el proceso generan documentos que permiten ejercer un control sobre los materiales.

2.2.2.1. PLANOS Y CANTIDADES DE OBRA

Se basa en la definición y elaboración de las plantas arquitectónicas identificando los elementos no estructurales y estructurales y de modulación que se deberán tener para el inicio de este procedimiento consiguiendo realizar la obtención de las cantidades a ejecutar por cada frente de plano estipulado.

Figura 4. Planos Arquitectónicos y Verificación



Fuente: Planos Proyecto Támesis

2.2.2.2. DOCUMENTO, LISTADO DE VERIFICACION INICIO DE ACTIVIDAD

Se evaluará el cumplimiento del documento por el que se da origen a el acta de inicio donde por medio de este se dan los lineamientos a seguir durante la planeación y ejecución del proceso de mampostería, así como especificaciones constructivas del proyecto, las cuales deben quedar documentadas y al alcance de la obra, siguiendo los estándares de calidad de la empresa. Esta documentación incluye actas, lista de verificación de inicio de actividad, seguimientos, detalles del sistema, para tener un manejo claro de la información e histórico de la obra. **(Ver anexo documentado del inicio de la actividad)**

Figura 5. Documento Lista de Verificación de inicio de Actividad

ITEMS A VERIFICAR		
ETAPA	INFORMACIÓN REQUERIDA	DESCRIPCION
Información previa	Programación de Obra	Verificación de la Programación en Project y de líneas de Balance. Verificación de los rendimientos requeridos. Definición de meta diaria y semanal. Análisis de propuesta para disminuir la duración de la actividad.

ITEMS A VERIFICAR		
ETAPA	INFORMACIÓN REQUERIDA	DESCRIPCION
	Presupuesto de Obra	Verificación de presupuesto asignado a la actividad. Análisis del APU del presupuesto para la revisión y definición del valor de M. O
	Definición de material	Verificar tipo de ladrillo de interior, fachada y útiles. Solicitar la dosificación del mortero al departamento de Calidad.
	Definiciones técnicas	Planos Arquitectónicos definidos y aprobados. Planos de reformas por unidad de vivienda aprobados oportunamente (1 mes antes de iniciar la actividad) por el cliente Detalles de elementos no estructurales y plantas típicas Plano de distribución de dovelas en planta arquitectónica aprobado por el calculista, la obra y coordinación de mampostería.
	Planos eléctricos, hidrosanitarios, de gas y demás redes del proyecto.	Verificar que todos los planos estén coordinados y aprobados.
	Registro Control de verticalidad y bordes de losas	Registro firmado por los residentes de Estructura, Mampostería e Interventoría. Verificación de la malla instalada según el procedimiento.

ITEMS A VERIFICAR		
ETAPA	INFORMACIÓN REQUERIDA	DESCRIPCION
	Asignación de recursos	Dos meses antes del inicio real de la actividad, la obra debe solicitar la asignación del proveedor de adobe, de interior, fachada y bloque al departamento de compras y la definición de contratistas de M.O al coordinador de mampostería y lean.
Programación de Suministro	Programación de Suministro Ladrillo	Programación de fechas de solicitud del pedido de acuerdo a programación y tiempos de abastecimiento del proveedor. Establecer Stock de inventario adecuado. Verificar espacio en acopios
	Programación de Suministro Mortero	
	Programación de Suministro Grouting	
	Programación de Suministro Acero para Dovelas	
Contratación	Calculo de Cantidades y realización de cuadros comparativos	Calcular las cantidades de obra de toda la actividad Elaboración del contrato de M.O analizando la rentabilidad del contratista y el presupuesto de la obra. Elaboración del contrato de suministro con los proveedores de ladrillo y firmarlo por ambas partes. Verificar las fechas establecidas en el plan de contratación
	Verificación de Contrato días antes al inicio de actividad	
Verificación de Layout-Definición de Logística	Equipos de Transporte Vertical y Horizontal	Definición de equipos de transporte vertical y horizontal y las cantidades necesarias de cada uno para poder cumplir con los requerimientos de programación. Verificar que se cuente con todos los elementos para ejecutar de forma segura el trasiego. Para el caso de los equipos verticales, se debe definir la longitud necesaria del cable.
	Layout digital e impreso	Layout donde se describa: Accesos, salidas y zonas de descargue

ITEMS A VERIFICAR		
ETAPA	INFORMACIÓN REQUERIDA	DESCRIPCION
		Zonas de trasiego de Material y senderos peatonales
		Ubicación de Cortadoras y planteamiento de los traslados si es requerido
		Definición de sitios de acopio (ladrillo, bloque, acero para dovelas)
		Ubicación de rutas para evacuación de escombros
		Ubicación de Equipos de Izaje
	Programación de Equipos de Transporte	Coordinar en conjunto con Residente Lean los horarios para la actividad de mampostería verificando el tiempo diario requerido para abastecer la demanda de material de la actividad, con programación física.
	Plan de izaje y manejo de cargas.	Revisar con inspector SISO
Equipos de andamios colgantes	Repartición en planta de andamios colgantes alrededor de la fachada, para cumplir con la programación. Definir la longitud necesaria del cable para los andamios colgantes.	
Tiempo de actividad por piso	Esquema del corte vertical (si es edificio) con fechas, limpieza e ingreso de mampostería.	
Programación de los realces de equipos	Planteamiento en fecha de los realces de la torre grúa, malacate, malla antiácida o cualquier otro equipo que lo requiera.	
Verificación Seguridad Industrial	Recorrido por obra en conjunto con inspector SISO para verificación de protecciones requeridas.	
Verificación Actividades previas	Vaciado de columnas o muros del nivel correspondiente.	
	Acero de refuerzo de dovelas anclado en parte inferior.	
	Definición de niveles.	
	Puntos de anclaje para andamios colgantes	
	Malla de protección antiácidas instalada.	

ITEMS A VERIFICAR		
ETAPA	INFORMACIÓN REQUERIDA	DESCRIPCION
		Dovelas debidamente ancladas y verificadas con ensayos de extracción
		Área de trabajo ordenada y aseada.
		Inicio oportuno de la Instalación de tuberías eléctricas e hidrosanitarias, para que tenga la suficiente holgura con la mampostería.
		Punto de energía y agua en torre.
		Antes de la ejecución de los muros de fachada deberá tenerse el registro de Control de verticalidad y bordes de losas (Acta de Plomos), firmado por los residentes de estructura, mampostería e interventoría.
Acta de Inicio de Actividad		Definición de Frentes de Trabajo (Plano donde se describa los frentes y cuadrillas) teniendo en cuenta el requerimiento de programación por semana.
Modulación		Realización de modulación en conjunto con Residente y Contratista. Verificación de tipo y volumen de piezas a cortar.

2.2.2.3. FORMATO INVENTARIO DE MATERIAL Y CONTROL DE EQUIPO EN ALQUILER

Se tendrá en cuenta un acuerdo de la programación inicial y la programación intermedia, se debe tener perfectamente identificados los recursos humanos, materiales y equipos por medio de herramientas como los formatos; donde el uso de los equipos y el abastecimiento de material deben ser requeridos para la ejecución del proceso ya que deben establecer parámetros de cumplimiento y programación.

2.2.2.4. PLANOS E INSTRUCTIVO DE MODULACION DE PIEZAS.

Se observa que va ligada con la obtención de los planos, que dan inicio con las marcaciones reales del proceso en sitio y con herramientas como el de la **Modulación** de piezas. La modulación de piezas será una herramienta que nos permitirá anticipar la cantidad de piezas que integraran cada muro de fachada, así como la medida de cada una de ellas presentará grandes ventajas como la disminución del desperdicio del material, reducción de los tiempos muertos del personal como el incremento del rendimiento de los mamposteros y el mejor y mayor aprovechamiento del transporte horizontal y vertical facilitando una menor cantidad

de traslados de los equipos como las cortadoras y así poder mejorar la calidad de los cortes a realizar.

La importancia de poder realizar un seguimiento oportuno durante y después de la formulación de la metodología como una herramienta, para asegurar la obtención de los beneficios mencionados. Una vez identificados los frentes de trabajo dentro de las obras de construcción y las personas encargadas de desarrollar la actividad se realizará un despiece de tipo de piezas completas y cortadas las cuales se estibarán y describirán con la información de la cantidad exacta de piezas cortadas y requeridas por cada uno de los frentes de trabajo para que el cortador pueda contar con una programación de corte y pueda garantizar al mampostero el abastecimiento de la cantidad a requerir y que se garantice que se cuente siempre con material dos pisos por encima.

Figura 6. Modulación de piezas

No.	PIEZA	CANT.	DIMENSION (lxaxh)	IMAGEN
1	LADRILLO COMPLETO	437	24,5x12x6	
2	CORTE TIPO "20"	20	20x12x6	
3	CORTE TIPO "17"	26	17x3x6	
4	MEDIO LADRILLO	70	12,25x12x6	
5	CORTE TIPO VIGA CANCHADA	7	24,5x12x6	
6	CORTE TIPO RATONERA	12	24,5x12x6	
7	ENCHAPE 3CM	28	24,5x3x6	
8	ENCHAPE "17" 3CM	2	24,5x3x6	
9	ESCUADRAS	24	24,5x12x6	

2.2.2.5. PLANILLA PARA MEDICIÓN DE RENDIMIENTOS.

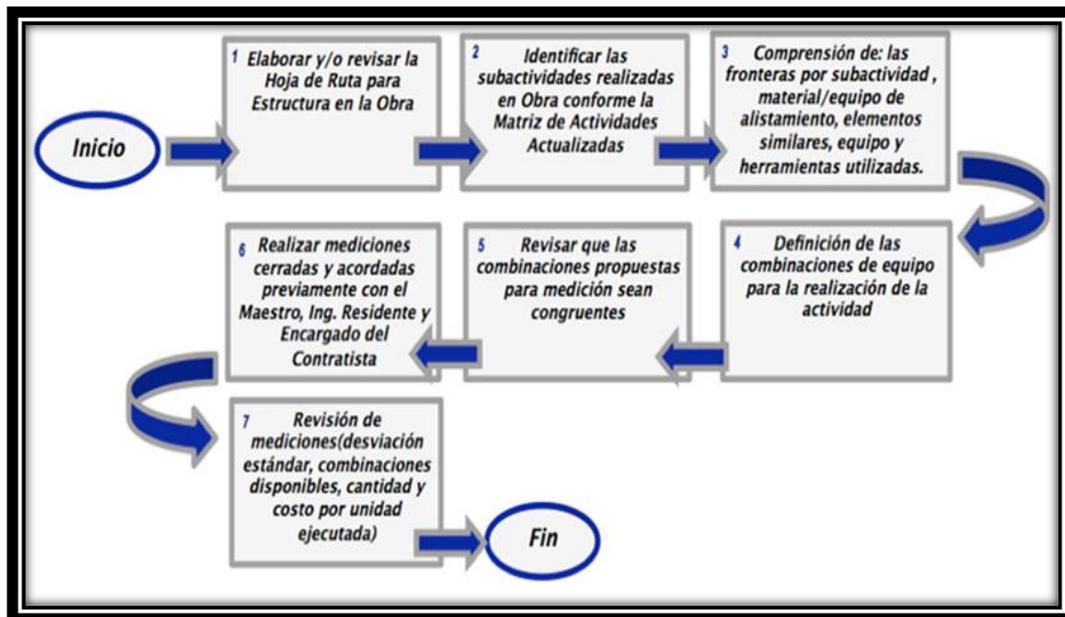
Documentos en los cuales se registran los m² necesarios para cumplir la programación, las mediciones diarias de cada mampostero, si tiene o no ayudante, el acumulado de la semana, las causas de incumplimiento y el plan de acción para corregirlas.

Se procederá a formular una metodología para desarrollar la actividad debe ir de la mano con la realización de formatos de seguimiento, así como también debe contar con una planta arquitectónica impresa de la obra donde se encuentren los frentes de la mampostería y realizar las mediciones en el campo con un flexómetro teniendo en cuenta los vacíos por vanos de ventanas para poder ser descontadas en la plantilla a desarrollar en una hoja de cálculo que garantice la exactitud y agilidad en el proceso.(Ver planilla de medición rendimientos).

Figura 7. Planillas para medición de rendimientos.

No.	NOMBRE MAMPOSTERO	CONTRATISTA	TORRE	ACTIVIDAD	TIPOLOGIA	OFICIO	MES	SEMANA	DIA	DÍA SEM	AYUD.	HH	CANT	UND	PISO	REF.	MATERIAL
3	1	Alex López	Construcciones Barcaldo SAS	2	FACHADA	BAJA	OF	FEBRERO	7	10-feb	1	0,5	3,25	M2	4	OR1	PRENSADO
4	2	Daniel Avilés	Construcciones Barcaldo SAS	2	FACHADA	BAJA	OF	FEBRERO	7	10-feb	1	0,5	3,25	M2	4	OR1	PRENSADO
5	3	Angel Rodríguez	Construcciones Barcaldo SAS	2	FACHADA	BAJA	OF	FEBRERO	7	10-feb	1	0,5	5,38	M2	4	N1	PRENSADO
6	4	Pablo Torres	Construcciones Barcaldo SAS	2	FACHADA	BAJA	OF	FEBRERO	7	10-feb	1	0,5	5,38	M2	4	N1	PRENSADO
7	5	Raúl Píez	Construcciones Barcaldo SAS	2	FACHADA	BAJA	OF	FEBRERO	7	10-feb	1	0,5	3,43	M2	4	N3	PRENSADO
8	6	Luis Píez	Construcciones Barcaldo SAS	2	FACHADA	BAJA	OF	FEBRERO	7	10-feb	1	0,5	3,43	M2	4	N3	PRENSADO
9	7	Espíritu Valero	Construcciones Barcaldo SAS	2	ENCHAPE	MEDIA	OF	FEBRERO	7	10-feb	1	0,5	0,61	M2	5	S1	PRENSADO
10	8	Jairo Valero	Construcciones Barcaldo SAS	2	ENCHAPE	MEDIA	OF	FEBRERO	7	10-feb	1	0,5	0,61	M2	5	S1	PRENSADO
11	9	Gonzalo Bojicé	Construcciones Barcaldo SAS	2	ENCHAPE	MEDIA	OF	FEBRERO	7	10-feb	1	1	0,43	M2	4	OR2	PRENSADO
12	10	Gonzalo Bojicé	Construcciones Barcaldo SAS	2	FACHADA Y CUELGA	ALTA	OF	FEBRERO	7	10-feb	1	1	3,45	M2	3	OR2	PRENSADO
13	11	Gonzalo Bojicé	Construcciones Barcaldo SAS	2	FACHADA	BAJA	OF	FEBRERO	7	10-feb	1	1	5,38	M2	4	OR2	PRENSADO
14	12	Angel Rodríguez	Construcciones Barcaldo SAS	2	ENCHAPE	MEDIA	OF	FEBRERO	7	10-feb	2	0,5	1,84	M2	4	N2	PRENSADO

Figura 8. Seguimiento y Control Actividad



2.2.2.6. DOCUMENTO DE CONTRATACION, PROGRAMACION Y PRESUPUESTO DE LA ACTIVIDAD DE MAMPOSTERIA.

Este entregable debe estar ejecutado en un todo de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones, medido según lo señalado y aprobado por el director de Obra, el cual será pagado al precio unitario de la propuesta aceptada desde un inicio. Dicho precio será compensación total por los materiales, mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos. Además de identificar costos por desperdicios y retrocesos que puedan presentarse durante la ejecución del proceso constructivo.

2.2.2.7. DOCUMENTOS DE SEGURIDAD Y CALIDAD.

Sin importar en qué etapa del proceso de desarrollo se encuentre cada una de las actividades de una obra, siempre debe evaluarse el cumplimiento a las actas de inicio, a los planos de ubicación y el seguimiento a los costos de ejecución es poder documentar cada uno de los procesos que sea adelantan que cumplan con la calidad y sobre todo la seguridad de cada uno de sus colaboradores para el buen éxito y desarrollo de los proyectos. **(Tabla de Entregables descripción)**

Figura 9: Descripción de Los Entregables

ACTIVIDAD	ENTREGABLES	DESCRIPCION
2.2.2.1. Identificación y Definición de planos	Planos y cantidades de obra	Definición de planos estructurales y no estructurales, arquitectónicos para modulación de piezas, especificación para sacar cantidades.
2.2.1.2. Acta de Inicio	Planos, Documento listado de verificación inicio de la actividad	Definición de Frentes de Trabajo (Plano donde se describa los frentes y cuadrillas) teniendo en cuenta el requerimiento de programación por semana.
2.2.1.3. Abastecimiento material, equipos programados para el desarrollo de la actividad y su transporte vertical	Planos; Formato Inventario de material y control de equipo en alquiler	Coordinar en conjunto con Residente los horarios para la actividad de mampostería verificando el tiempo diario requerido para abastecer la demanda de material de la actividad, con programación física; Planos arquitectónicos de control de inventario.
2.2.1.4. Realizar marcación en la losa para salidas y repartición de modulaciones mampostería según bordes de losa	Planos; Instructivo de modulación de piezas de mampostería ; Documento listado de verificación inicio actividad.	Planos arquitectónicos; Realización de modulación en conjunto con residente y Contratista. Verificación de tipo y volumen de piezas a cortar
2.2.1.5. Realización de formatos de soporte de marcación , de recibo de actividad, seguimiento y transporte vertical	Planos; Planilla de medición de rendimientos.	Planos arquitectónicos; Realización de planilla de rendimientos y seguimiento de la actividad Verificación de los rendimientos requeridos. Definición de meta diaria y semanal.
2.2.1.6. Negociación y programación de material y costos estipulados en la actividad	Documento de Contratación, programación y presupuesto de la actividad de mampostería; Documento listado de verificación inicio de actividad	Elaboración del contrato de M.O analizando la rentabilidad del contratista; presupuesto de obra y costos estipulados de la actividad; Listado de verificación inicio de actividad.
2.2.1.7. Verificación del cumplimiento de Normas de seguridad y Calidad	Documento de seguridad y calidad	Listados de Verificación de la calidad de la actividad, Check List de actividades, seguimientos de ellas y recibo de estas. Verificación de equipos que cumplan con las normas de seguridad.

2.2.2.3. DISEÑO ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO (EDT)

Es una técnica que proporciona las bases para la definición del trabajo basándose en la descomposición del mismo. WBS o EDT se usa para definir el trabajo en términos de entregables y para la descomposición adicional de estos entregables en componentes. Son todos los esfuerzos/ los costos a incurrir para poder soportar los procesos y crear entregables, responsabilidades asignadas para ejecutar y coordinar el trabajo a realizar.



2.3.1 DEFINICION DE TIEMPOS

Los procesos de Gestión del Tiempo del Proyecto, así como sus herramientas y técnicas asociadas, se documentan en el plan de gestión del cronograma, es el proceso por el cual se establecen los procedimientos y la documentación para

planificar, desarrollar y gestionar; ejecutar el cronograma del proyecto y documentar las actividades del proyecto definiendo sus entregables y estimando los recursos para poder estimar la cantidad del periodo de trabajo necesarios para realizar y analizar la secuencia de las actividades y duraciones y restricciones del cronograma.

2.3.1.1 ASIGNACION DE TIEMPOS

La asignación de Tiempos se define con la duración en días de cada una de las actividades teniendo la cuenta el tiempo final del proceso constructivo por piso de edificio. Es decir, se hace una medición de tiempo de cuantos días se toma la actividad por piso de obra construida. **(Ver asignación tiempos)**

2.2.1.1. IDENTIFICACION Y DEFINICION DE PLANOS: Los tiempos requeridos para la actividad de **6 días** es porque se debe verificar las definiciones técnicas, que se encuentran en los Planos Arquitectónicos y estructurales donde el Director de Obra y el residente de Mampostería deben reunirse firmar y aprobar los planos a desarrollar, así observamos si se presentan inconsistencias en estos, además de hacer una supervisión precisa del área de trabajo e inicio de la actividad.

2.2.1.2. ACTA DE INICIO: Se requiere de **1 día** para el desarrollo del documento donde se definen los frentes de Trabajo (Plano donde se describa los frentes y cuadrillas), teniendo en cuenta el requerimiento de programación por semana que revisaremos conjuntamente con el encargado de desarrollar la actividad.

2.2.1.3. ABASTECIMIENTO DE MATERIAL, EQUIPOS PROGRAMADOS PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD Y SU TRASLADO VERTICAL: Se define que el tiempo de asignación para esta actividad es de **5 días** donde se verificará los equipos de transporte vertical y horizontal necesarios para cumplir con los requerimientos de la programación, además se revisará la cantidad de material necesario para el desarrollo de la actividad.

2.2.1.4. REALIZAR MARCACION EN LA LOSA PARA SALIDAS, REPARTICION Y MODULACION DE MAMPOSTERIA SEGÚN LOS BORDES DE LOSA: Se propone una duración de **3 días**, tiempo necesario donde la supervisión de la marcación de la losa y su modulación, evitará que las salidas hidráulicas o eléctricas interfieran con la modulación, se ubicará vanos de ventanas y puertas necesarios para dar el inicio de la actividad.

2.2.1.5. REALIZACION DE FORMATOS DE SOPORTE DE REPLANTEO, DE RECIBO DE ACTIVIDAD SEGUIMIETO Y DE TRANSPORTE VERTICAL: Se observa que el tiempo estipulado para la actividad no debe ser mayor a **2 días** ya que es de vital importancia que los soportes estén presentes en cada momento de

seguimiento del proceso constructivo, para mediciones en obra de rendimientos de m² y del material y transporte que requeriremos.

2.2.1.6. NEGOCIACION Y PROGRAMACION DE MATERIAL Y COSTOS ESTIPULADOS EN LA ACTIVIDAD: Se plantea que el tiempo requerido es de **6 días** ya que se debe revisar muy bien el tema de la contratación y programación de la actividad, el personal requerido y las cuadrillas necesarias para el cumplimiento de esta además de revisar los costos estipulados de la actividad y el presupuesto asignado.

2.2.1.7. VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y SEGURIDAD Y CALIDAD: Se estipula **2 días** de duración donde las normas de seguridad y calidad deben estar definidas, y revisadas para que se cumplan dentro del proceso constructivo.

Figura 10: Asignación de los Tiempos.

ID	ACTIVIDADES	DIAS	DISTRIBUCION DE DIAS
A	2.2.1.1. IDENTIFICACION Y DEFINICION DE PLANOS	6	
	Revisión y definición planos por Director de Obra	2	16%
	Supervisión, identificación y definición elementos estructurales Residente de Obra	4	8%
B	2.2.1.2. ACTA DE INICIO	1.00	
	Supervisión Director de Obra	0.20	0.80%
	Realización Residente de Obra	0.20	0.80%
	Revisión Contratista	0.20	0.80%
	Revisión Almacenista	0.20	0.80%
C	2.2.1.3. ABASTECIMIENTO MATERIAL, EQUIPOS PROGRAMADOS PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD Y SU TRASLADO VERTICAL.	5	
	Revisión de Almacenista.	2	12%
	Supervisión Residente de Obra	3	8%
D	2.2.1.4. REALIZAR MARCACION EN LA LOSA PARA SALIDAS, REPARTICION Y MODULACION DE MAMPOSTERIA SEGÚN BORDES DE LOSA.	3	
	Realización Maestro de Obra	2	8%
	Supervisión Residente de Obra	1	4%
E	2.2.1.5. REALIZACION DE FORMATOS DE SOPORTE DE REPLANTEO, DE RECIBO DE ACTIVIDAD, SEGUIMIENTO Y DE TRANSPORTE VERTICAL.	2	
	Realización y Supervisión Residente de Obra	2	8%
F	2.2.1.6.NEGOCIACION Y PROGRAMACION DE MATERIAL Y COSTOS ESTIPULADOS EN LA ACTIVIDAD.	6	
	Revisión y definición Contratos por Director de Obra	2	8%
	Realización y Supervisión Residente de Obra y Administrativo	3	12%
	Revisión y aceptación Contratista	1	4%
G	2.2.1.7.VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y SEGURIDAD Y CALIDAD.	2	
	Supervisión Residente de Obra	1	4%
	Supervisión Inspector Siso	1	4%
TOTAL		25.00	100%

2.3.1.2. DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS

Una vez definidas las actividades de la metodología a formular y establecidas las relaciones de precedencia entre ellas podemos representar el proyecto a través de un gráfico en el que nos muestra las actividades y los arcos son las relaciones de precedencia. Esta representación se conoce como diagrama de red o de precedencias y es fundamental para la comprensión del método del camino crítico. La figura 2.2 representa el diagrama de precedencias de un proyecto formado por siete actividades, de las cuales A, B y C se pueden realizar nada más empezar el proyecto, dado que no tienen ninguna actividad que las preceda. Sin embargo, la actividad D no puede comenzar hasta que no haya concluido la actividad A. Lo mismo sucede con las actividades E y G con respecto a B y C. En cuanto a la actividad F no podrá comenzar hasta que no hayan terminado las actividades D y E. **(Ver diagrama de precedencias).**

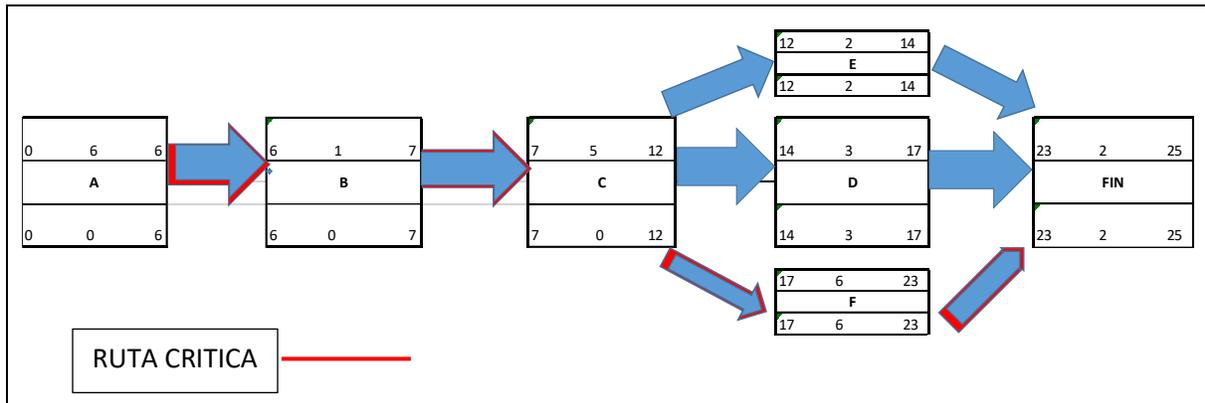
Figura 11: Diagrama de Precedencias

ACTIVIDAD PRECEDENTE	ACTIVIDADES	ACTIVIDAD SIGUIENTE
-----	2.2.1.1. IDENTIFICACION Y DEFINICION DE PLANOS (A)	B
A	2.2.1.2. ACTA DE INICIO (B)	C
B	2.2.1.3. ABASTECIMIENTO MATERIAL, EQUIPOS PROGRAMADOS PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD Y SU TRASLADO VERTICAL.(C)	D
C	2.2.1.4. REALIZAR MARCACION EN LA LOSA PARA SALIDAS, REPARTICION Y MODULACION DE MAMPOSTERIA SEGÚN BORDES DE LOSA.(D)	FIN
C	2.2.1.5. REALIZACION DE FORMATOS DE SOPORTE DE REPLANTEO, DE RECIBO DE ACTIVIDAD, SEGUIMIENTO Y DE TRANSPORTE VERTICAL.(E)	FIN
C	2.2.1.6.NEGOCIACION Y PROGRAMACION DE MATERIAL Y COSTOS ESTIPULADOS EN LA ACTIVIDAD.(F)	FIN
C	2.2.1.7.VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y SEGURIDAD Y CALIDAD.(G)	-----
D,E,F,	FINALIZACION DE ACTIVIDADES	-----

2.3.1.3. OBTENCION DE RUTA CRITICA

Luego se puede evaluar la ruta crítica teniendo asignados los tiempos y las actividades precedentes unas de otras, para la formulación de la metodología se puede hacer una evaluación por medio del diagrama de precedencias que a su vez logra obtener la ruta crítica, siendo esta la que tiene los tiempos, para efectos de poder obtener un diagrama Perth de una manera efectiva se agregó la actividad de finalización con el fin de conectar las actividades finales. **(Ver diagrama de Perth).**

Figura 12: Diagrama método de Perth



Se obtiene la ruta crítica descrita con serie de actividades que definen el tiempo total del proyecto, en tal caso que se pueda presentar un retraso en alguna de estas actividades todo el proyecto se verá retrasado, para este caso la ruta crítica está dada por las actividades nombradas como **A, B, C, F, FIN**.

La holgura libre de la actividad de mampostería indica la cantidad de holgura disponible después de haber realizado el proceso, como se muestra en el diagrama todas las actividades han de comenzar en sus tiempos tempranos. La holgura libre es la parte de holgura total que puede ser consumida sin perjudicar a las actividades siguientes, de manera que puedan comenzar en sus tiempos tempranos. Utilizando notación PERT, la holgura libre resulta de restar al tiempo temprano del suceso final y el tiempo temprano del suceso inicial y la duración de la actividad. Finalmente, los tiempos de duración y las holguras de las actividades para desarrollar la metodología dentro del proyecto se resume en la siguiente tabla. **(Ver tabla de duración y holguras)**

Figura 13: Duración y holguras

ID	ACTIVIDADES	DIAS	DISTRIBUCION DE DIAS	HOLGURAS
A	2.2.1.1. IDENTIFICACION Y DEFINICION DE PLANOS			24%
	Revisión y definición planos por Director de Obra	2	16%	
	Supervisión, identificación y definición elementos estructurales Residente de Obra	4	8%	
B	2.2.1.2. ACTA DE INICIO			0.00%
	Supervisión Director de Obra	0.20	0.80%	
	Realización Residente de Obra	0.20	0.80%	
	Revisión Contratista	0.20	0.80%	
	Revisión Almacenista	0.20	0.80%	
	Definición inspector Siso sobre normas de seguridad	0.20	0.80%	
C	2.2.1.3. ABASTECIMIENTO MATERIAL, EQUIPOS PROGRAMADOS PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD Y SU TRASLADO VERTICAL.			0.00%
	Revisión de Almacenista.	2	12%	
	Supervisión Residente de Obra	3	8%	
D	2.2.1.4. REALIZAR MARCACION EN LA LOSA PARA SALIDAS, REPARTICION Y MODULACION DE MAMPOSTERIA SEGÚN BORDES DE LOSA.			0.00%
	Realización Maestro de Obra	2	8%	
	Supervisión Residente de Obra	1	4%	
E	2.2.1.5. REALIZACION DE FORMATOS DE SOPORTE DE REPLANTEO, DE RECIBO DE ACTIVIDAD, SEGUIMIENTO Y DE TRANSPORTE VERTICAL.			
	Realización y Supervisión Residente de Obra	2	8%	
F	2.2.1.6.NEGOCIACION Y PROGRAMACION DE MATERIAL Y COSTOS ESTIPULADOS EN LA ACTIVIDAD.			24%
	Revisión y definición Contratos por Director de Obra	2	8%	
	Realización y Supervisión Residente de Obra y Administrativo	3	12%	
	Revisión y aceptación Contratista	1	4%	
G	2.2.1.7.VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y SEGURIDAD Y CALIDAD.			0.00%
	Supervisión Residente de Obra	1	4%	
	Supervisión Inspector Siso	1	4%	
TOTAL		25	100%	48.00%

2.3.2. GESTION DE COSTOS

Los procesos de la gestión incluyen: La estimación de los Costos, Determinación del presupuesto y el Control de los Costos; los procesos, así como sus herramientas y técnicas asociadas se seleccionan generalmente durante la definición del ciclo de vida del proyecto y se documentan en el plan de gestión de los Costos. [13].

Se identificará la asignación de costos y recursos, en la cual se distribuyen todos los recursos en los que se tendrían que incurrir para poder llevar a cabo la metodología a implementar con el proceso constructivo de mampostería. El Modelo de Sostenibilidad al formular la metodología contiene esquemas de implementación y auditoría (**herramientas de trabajo**) para la evaluación de los costos y los procedimientos a aplicar. Estos esquemas permiten realizar una evaluación estandarizada y formal para todas las obras de Arquitectura y Concreto. Es indispensable que al formular esta metodología se diseñe un plan de gastos los cuáles deben ser acordes con las tareas o actividades diseñadas para el logro de los objetivos, esta estimación facilitará durante la fase de desarrollo del proyecto, controlar los costos reales se ajusten a lo presupuestado.

2.3.2.1. CALCULO DE HORA DE TRABAJO

En la estimación de costos y recursos se tomó de la escala de pagos de la organización siendo el objeto de formular la metodología al proceso constructivo de mampostería y a las actividades estandarizadas del proceso constructivo de mampostería, se estiman los costos por roles y responsabilidades de los interesados en el proceso constructivo y conforme a estos costos nos remitimos a las actividades y sus duraciones.

Se toman como referencia los horarios laborables de lunes a viernes de 7 a 12 y de 1 a 5:00 y los sábados de 8 a 12:00, lo que da cuarenta y ocho (48) horas semanales, y se laboran en promedio mensualmente 26 días al mes, pero para efectos de cálculo para la estimación de la asignación de recursos, se toma doscientos ocho (208) horas por mes.

Figura 14: Calculo de hora de trabajo

	MANO DE OBRA	CANTID.	VALOR MENS	HORAS AL M	VR/HORA
1	DIRECTOR DE OBRA	1	\$5,800,000.00	208	\$27,884.62
2	RESIDENTE OBRA	1	\$3,400,000.00	208	\$16,346.15
3	CONTRATISTA ACTIVIDAD	1	\$3,200,000.00	208	\$15,384.62
4	MAESTRO DE OBRA	1	\$2,900,000.00	208	\$13,942.31
5	ALMACENISTA	1	\$950,000.00	208	\$4,567.31
6	INSPECTOR SISO	1	\$1,200,000.00	208	\$5,769.23
	TOTAL GENERAL HORA				\$83,894.23

2.3.2.2. ASIGNACION DE RECURSOS

Para estimar los costos es necesario revisar los responsables por cada actividad y la duración de cada una de ellas con forme al proceso constructivo, el estimado puede aplicarse a cualquier proyecto de la organización. Para llegar a cantidades cuantificables se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Valor Recurso} = \text{Valor hora recurso humano} \times \text{porcentaje de tiempo actividad} \times \text{tiempo total del proyecto}$$

Figura 15: Asignacion de recursos

ID	ACTIVIDAD	DÍAS	HORAS	PERSONAL ASIGNADO		COSTO		% ACTIVIDAD
				PERSONAL ASIGNADO	HORAS ASIGNADOS	VALOR ACTIVIDAD		
A	IDENTIFICACION Y DEFINICION DE PLANOS	6	48		9.6		\$105,583.32	24%
	Revisión y definición planos por Director de Obra	2	16	DIRECTOR DE OBRA	3.2	\$89,230.77		
	Supervisión, identificación y definición elementos estructurales Residente de Obra	4	32	INGENIERO RESIDENTE	6.4	\$16,352.55		
B	ACTA DE INICIO	1.00	8		4.5		\$64,211.54	4%
	Supervisión Director de Obra	0.20	1.6	DIRECTOR DE OBRA	0.8	\$22,307.69		
	Realización Residente de Obra	0.20	1.6	INGENIERO RESIDENTE	1.6	\$26,153.85		
	Revisión Contratista	0.20	1.6	CONTRATISTA	0.4	\$6,153.85		
	Revisión Almacenista	0.20	1.6	ALMACENISTA	0.08	\$365.38		
	Definición inspector Siso sobre normas de seguridad	0.20	1.6	INSPECTOR SISO	1.6	\$9,230.77		
C	ABASTECIMIENTO MATERIAL, EQUIPOS PROGRAMADOS PARA EL DE SARROLLO DE LA ACTIVIDAD Y SU TRASLADO VERTICAL.	5	40		17		\$220,512.82	20%
	Revisión de Almacenista.	2	16	ALMACENISTA	5	\$24,358.97		
	Supervisión Residente de Obra	3	24	INGENIERO RESIDENTE	12	\$196,153.85		
D	REALIZAR MARCACION EN LA LOSA PARA SALIDAS, REPARTICION Y MODULACION DE MAMPOSTERIA SEGÚN BORDES DE LOSA.	3	24		8.1		\$119,451.81	12%
	Realización Maestro de Obra	2	16	MAESTRO DE OBRA	5.3	\$74,358.97		
	Supervisión Residente de Obra	1	8	INGENIERO RESIDENTE	2.76	\$45,092.84		
E	REALIZACION DE FORMATOS DE SOPORTE DE REPLANTEO, DE RECIBO DE ACTIVIDAD, SEGUIMIENTO Y DE TRANSPORTE VERTICAL.	2	16		1.1		\$17,206.48	8%
	Realización y Supervisión Residente de Obra	2	16	INGENIERO RESIDENTE	1.1	\$17,206.48		
F	NEGOCIACION Y PROGRAMACION DE MATERIAL Y COSTOS ESTIPULADOS EN LA ACTIVIDAD.	6	48		9.2		\$154,615.38	24%
	Revisión y definición Contratos por Director de Obra	2	16	DIRECTOR DE OBRA	3.2	\$89,230.77		
	Realización y Supervisión Residente de Obra y Administrativo	3	24	INGENIERO RESIDENTE	4.00	\$65,384.62		
	Revisión y aceptación Contratista	1	8	CONTRATISTA	2			
G	VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y SEGURIDAD Y CALIDAD.	2	16		4.27		\$52,820.51	8%
	Supervisión Residente de Obra	1	8	INGENIERO RESIDENTE	2.67	\$43,589.74		
	Supervisión Inspector Siso	1	8	INSPECTOR SISO	1.6	\$9,230.77		
TOTAL		25.00					\$734,401.87	100%

El costo total para la formulación de la metodología es de **\$734.401.87**

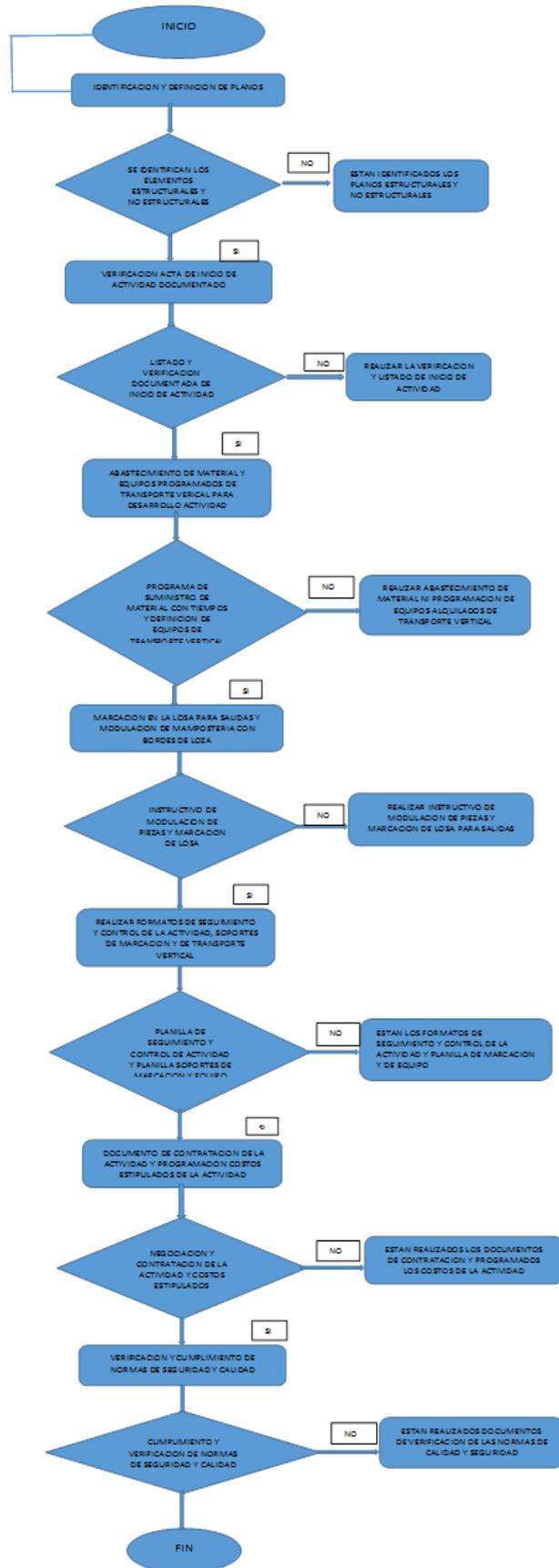
2.3.2.3. COSTO DEL PROCESO

El costo de la actividad se define como CA se refiere al costo de la actividad, el DA se expresa como el porcentaje de duración de la actividad, el TTP es el tiempo total del proyecto expresado en días, VRH se refiere al valor de la hora de cada interesado en la actividad y PRO está relacionado con el número de personas o profesionales con el mismo rol.

$$\mathbf{CA=DA*TTP*VRH*PRO}$$

Relacionando lo anterior es posible obtener el costo necesario para formular la metodología y ver su viabilidad para la empresa dentro del proyecto. Es importante anotar que la ecuación se debe abrir por parte de las actividades ya que cada una de las actividades se define por el porcentaje de duración de la actividad la participación de cada involucrado dependiendo de su rol.

2.3.3. DISEÑO DE FLUJOGRAMA



3. CONCLUSIONES

- Se demuestra que la metodología Lean es aplicable a cualquier sistema empresarial independientemente de su tamaño o dedicación, la cual establece nuevas condiciones para la administración en busca de la mejora continua y optimización de sus procesos y recursos.
- Se implementará el Last Planner donde se apreciará la oportunidad de definir adecuadamente los requerimientos de cada contratista y responder en tiempo oportuno aliviando las interrupciones y detenciones.
- Se definirá el Layout de la obra en combinación con unas políticas adecuadas de recepción de materiales y de comunicación, garantizan un proceso más rápido con menores costos por transportes de material y tiempos de preparación elevados.
- Se deberá entender que la cultura *Lean* no la hace una persona o un departamento, sino que pertenece a una cultura de empresa, es por esto que es importante contar con el apoyo de todos los miembros de la organización.
- Se observará que una de las premisas importantes para cumplir con nuestro objetivo es sincronizarnos con el contratista, es decir, comunicarnos con él para programar los recursos en el tiempo. **Procurar visualizar las necesidades de la obra**, buscar un control del proceso el cual se vea reflejado en un comportamiento estable de las mediciones realizadas y con el seguimiento del proceso constructivo.
- Se formulará una metodología en la que podríamos lograr menos desperdicios en la construcción, defectos, demoras en excesos de procesado, exceso de producción Inventarios excesivos, transporte innecesario movimiento no útil de personas, pérdidas financieras por atrasos de las obras y costos adicionales de administración, equipos y multas.
- La medición de tiempos por método aleatorio es primordial para establecer metas de rendimientos en los procesos.
- La implementación de un Plan Maestro formulando la metodología permitirá planificar y controlar el proceso constructivo de mampostería, evitando desperdicios de material, ubicación de materiales y avance de los procesos de mampostería.
- El sector de la construcción es cada vez más exigente y los estándares de calidad son más altos. La supervivencia a largo plazo de una compañía depende de lo eficiente que sea en el tiempo, Lean nos ayuda a hacer más

con menos, formulando la metodología se traducirá en una mayor rentabilidad y productividad en los costos directos de un proyecto con ahorros con porcentajes superiores al 70% aprox, y logrando mayores rendimientos en m² de ejecución de la actividad buscando una excelente calidad, clientes felices y satisfechos y cumplimiento en los tiempos de entrega.

- Las tasas de producción como resultado de la formulación de la metodología en el proceso constructivo de mampostería confirmarían que la medición de rendimientos, registra mayores rendimientos que el sistema tradicional que actualmente tiene el proceso constructivo de mampostería en la organización, adicionalmente el personal que ejecuta la actividad toma experiencia y conocimiento sobre la metodología y eleva los tiempos productivos disminuyendo tiempos improductivos como consecuencia de un proceso tradicional de la actividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Villa**, M. E. (2005). Last planner, un avance en la planificación y control.
- [2] VILLA, W. (s.f.). Mejorando la Productividad con Lean Construction.
- [3] Botero, L. F. (s.f.). *LEAN CONSTRUCTION Y SOSTENIBILIDAD*.
- [4] Institute, P. M. (2013). *GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS*.
- [5] Management, P. (2009). Gestión del Alcance del Proyecto.
- [6] Marquina, C. G. (s.f.). IMPORTANCIA DEL LEAN CONSTRUCTION, PMI.
- [7] Hernán Porras Díaz, P. M., Rivera², O. G., & Guerra³, J. A. (s.f.). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *Lean Construction philosophy for the management of construction projects: a current review*.
- [8] AGUILERA, G. O. (s.f.). LEAN CONSTRUCTION” APLICADA A PROYECTOS DE EDIFICACIONES DE VIVIENDA UNIFAMILIAR.
- [9] RESTREPO, S. V. (s.f.). IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES DE GESTIÓN PARA EL CONTROL DE COSTOS Y DE TIEMPO BAJO LA **METODOLOGIA DEL PMI EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN**.
- [10] López, C. S. (9 de mayo de 2011). Control de Costos en un proyecto de Construcción.
- [11] González, B. B. (on 23 junio, 2015). Planificación de la gestión de costos en un proyecto.
- [12] UNA FILOSOFÍA DE GESTIÓN: LEAN CONSTRUCTION . (6 de junio 2014).
- [13] Vargas, S. (s.f.). IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES DE GESTIÓN PARA EL CONTROL DE COSTOS Y DE TIEMPO BAJO LA METODOLOGÍA DEL PMI EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN
- [14] gestion-de-obras-utilizando-metodos-lean-y-herramientas-agiles. (Junio 2013).
- [15] Last Planner - El último planificador. (s.f.). *LEAN CONSTRUCTION ENTERPRISE*.

