

MONOGRAFÍA DE TITULACIÓN

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MÉTODO TRADICIONAL Y LA
PRACTICA DE LEAN CONSTRUCTION, PARA EL PROCESO DE
MAMPOSTERÍA EN OBRA.**

SANTIAGO ROJO ALBANÉS
Estudiante

ANGELA MARIA MEDINA CORREA
M. Sc. Ingeniería de Materiales y procesos - Ingeniera Civil
Directora de la investigación monográfica

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE ARQUITECTURA
MEDELLÍN
AGOSTO 2019



Fecha: 07/05/2020

Nombre: Santiago Rojo Albanés

“Declaro que esta tesis (o trabajo de grado) no ha sido presentada para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad”

Art 82 Régimen Discente de Formación Avanzada

Santiago Rojo Albanés

Firma

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	3
REFERENCIA DE ESQUEMAS.....	6
REFERENCIA DE FOTOGRAFÍAS.....	7
REFERENCIA DE TABLAS.....	8
REFERENCIA DE GRÁFICOS	9
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN.....	11
1 MARCO INTRODUCTORIO.....	12
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2 ANTECEDENTES	12
1.2.1 LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA	12
1.2.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	13
1.2.3 PRODUCCIÓN EN MASA: COMIENZOS DEL SIGLO XX	15
1.2.4 TOYOTA PRODUCTION SYSTEM (TPS).....	16
1.2.5 LEAN PRODUCTION (LEAN MANUFACTURING)	18
1.2.6 INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS EN LA CONSTRUCCIÓN	20
1.3 DELIMITACIÓN	21
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA/PREGUNTA	22
1.5 OBJETIVOS	22
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	22
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICO	22
1.6 JUSTIFICACIÓN	22
1.7 METODOLOGÍA.....	23
1.7.1 ACTIVIDADES Y PRODUCTOS.....	23
1.7.2 CUADRO DE VARIABLES	24
2 MARCO CONCEPTUAL	25
2.1 MAMPOSTERÍA EN OBRA.....	25
2.1.1 TIPOS DE MAMPOSTERÍA.....	25
2.1.2 METODOLOGÍA Y CONSIDERACIONES DE CONSTRUCCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA EN OBRA.....	27
2.2 LEAN CONSTRUCTION.....	30
2.2.1 APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION	30
2.2.2 DESPERDICIOS EN OBRA	31
2.2.3 OPORTUNIDADES DE IMPLEMENTACION DE LEAN CONSTRUCTION	33
2.3 LAST PLANNER	35
2.3.1 METODOLOGÍA DEL SISTEMA LAST PLANNER	35
2.3.2 LOS TRES NIVELES DE PROGRAMACIÓN	36
2.3.3 VALORACIÓN DE LAST PLANNER SOBRE LAS EJECUCIONES EN OBRA. 37	37
3 MARCO CONTEXTUAL.....	38
3.1 METODOLOGÍAS LEAN EN EL CAMPO DE LA CONSTRUCCIÓN.....	38

3.1.1	CHILE Y ESPAÑA COMO REFERENTES DE IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA LEAN.....	38
3.2	LA INTEGRACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION Y LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN LA ARQUITECTURA COLOMBIANA	39
3.2.1	LEAN CONSTRUCTION EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS EN COLOMBIA.....	40
4	MARCO METODOLÓGICO	41
4.1	DATOS A ANALIZAR DE LOS CASOS DE ESTUDIO Y VISITAS A OBRA.....	41
4.2	METODOLOGÍA PARA LA COMPARACIÓN DE LOS DATOS DEL TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DE LA MAMPOSTERÍA EN LOS CASOS DE ESTUDIO.....	42
4.3	METODOLOGÍA PARA LA COMPARACIÓN DE LOS DATOS DEL CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA EN LOS CASOS DE ESTUDIO.....	44
5	ETAPA PRÁCTICA	45
5.1	CASO ESTUDIO 1: OCEANA TORRE DE VIVIENDA	46
5.1.1	CANTIDADES PROYECTADAS Y EJECUTADAS VS PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE MATERIAL	46
5.1.2	PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA Y TIEMPO DE EJECUCIÓN REAL DE LA ACTIVIDAD.....	48
5.1.3	TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DEL MATERIAL PARA LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.....	49
5.1.4	RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA DE MAMPOSTERO POR DÍA.....	50
5.1.5	CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.....	52
5.1.6	COSTOS PROYECTADOS VS EJECUCIÓN DE OBRA	52
5.2	CASO 2: CÁMARA DE COMERCIO DE MEDELLÍN	54
5.2.1	CANTIDADES PROYECTADAS Y EJECUTADAS VS PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE MATERIAL	54
5.2.2	RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA DE MAMPOSTERO POR SEMANA PLANTEADO VS REAL.....	56
5.2.3	TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DEL MATERIAL PARA LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.....	57
5.2.4	CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.....	58
5.3	CASO 3: MEDITERRÁNEA TORRE DE VIVIENDA CIUDAD FABRICATO/ARQUITECTURA Y CONCRETO – OBRA SIN LEAN	60
5.3.1	CANTIDADES PROYECTADAS Y EJECUTADAS VS PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE MATERIAL	61
5.3.2	PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA Y TIEMPO DE EJECUCIÓN REAL DE LA ACTIVIDAD.....	61
5.3.3	TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DEL MATERIAL PARA LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.....	61
5.3.4	MEDICIÓN GENERAL DEL PROCESO DE MAMPOSTERÍA EN OBRA.....	62
5.3.5	CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.....	66
5.4	CASO 4: ALDEA DEL SUR - TORRE DE VIVIENDA LA ESTRELLA – OBRA SIN LEAN	67

5.4.1	CANTIDADES PROYECTADAS Y EJECUTADAS VS PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE MATERIAL	67
5.4.2	PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA Y TIEMPO DE EJECUCIÓN REAL DE LA ACTIVIDAD.....	68
5.4.3	TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DEL MATERIAL PARA LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.....	68
5.4.4	MEDICIÓN GENERAL DEL PROCESO DE MAMPOSTERÍA EN OBRA. 69	
5.4.5	CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.....	73
6	RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	74
6.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS ENTRE LOS 4 CASOS DE ESTUDIO	74
6.1.1	ANÁLISIS DE PORCENTAJES DE DESPERDICIO VS M ² EJECUTADOS EN LA OBRA.	75
6.1.2	ANÁLISIS DE TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DEL MATERIAL PARA LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.....	79
6.1.3	ANÁLISIS DE LOS RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA EJECUTADA. 83	
6.1.4	ANÁLISIS DEL CORTE Y LA MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA. 87	
6.2	CONCLUSIONES GENERALES DEL ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS OBRAS BAJO METODOLOGÍA TRADICIONAL Y LAS OBRA BAJO LEAN CONSTRUCTION.	88
7	BUENAS PRÁCTICAS EN LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA EN OBRA 90	
8	BIBLIOGRAFÍA.....	92

REFERENCIA DE ESQUEMAS

Esquema 1. Modelo de Sistema de Producción (TEJEDA, 2011)	13
Esquema 2. Concepto y estructura del sistema de producción: dirección de operaciones (UDIMA).....	15
Esquema 3. Los principios del sistema de producción de Toyota (ROMVALL, BELLGRAM , & WIKTORSSON, 2010).....	17
Esquema 4 . Principios Lean Manufacturing (CIRECOM).....	18
Esquema 5. Principios LEAN (FUENTES)	21
Esquema 6. Proceso de modulación de la mampostería (MILAN, s.f.)	28
Esquema 7. Principios de Lean Construction (MAYER, s.f.).....	30
Esquema 8. Esquema del Concepto de Planificación (MONTECINO)	35
Esquema 9. Esquema del Concepto de Revisión (MONTECINO).....	36
Esquema 10. Planta típica de la torre de vivienda.....	47

REFERENCIA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Mampostería estructural con refuerzos Refuerzos de hierro.....	Fotografía 2. 25
Fotografía 3. Mampostería a la vista en fachada Mampostería a la vista.....	Fotografía 4. 26
Fotografía 5. Mampostería sucia en bloque de concreto sucia en ladrillo de arcilla.....	Fotografía 6. Mampostería 26
Fotografía 7. Revisión buen preproceso para chapas borde de losa para chapas.....	Fotografía 8. Revisión malla 27
Fotografía 9. Redes sanitarias y desagüe interior eléctricas, sanitarias y desagüe.....	Fotografía 10. Redes 29
Fotografía 11. Transporte Horizontal del Ladrillo Vertical del Ladrillo.....	Fotografía 12. Transporte 29
Fotografía 13. Retrabajos por falta de planificación (BOTERO, 2017) de requerimiento técnico (BOTERO, 2017).....	Fotografía 14. Falta 31
Fotografía 15. Desperdicio por mala ejecución (BOTERO, 2017) Desperdicio por sobreproducción (BOTERO, 2017).....	Fotografía 16. 31
Fotografía 17. Desperdicio por mal transporte (BOTERO, 2017) Desperdicio por mal almacenamiento (BOTERO, 2017).....	Fotografía 18. 32
Fotografía 19. Método erróneo de transporte (BOTERO, 2017) Herramienta de transporte no apta (BOTERO, 2017).....	Fotografía 20. 32
Fotografía 21. Error por falta de revisión (BOTERO, 2017) en el proceso por falta de control (BOTERO, 2017).....	Fotografía 22. Problemas 32
Fotografía 23. Sobrecarga de material (BOTERO, 2017) de transporte indebidas (BOTERO, 2017).....	Fotografía 24. Uso de herramientas 33
Fotografía 25. Espera en actividades de alto riesgo (BOTERO, 2017) Trabajadores en espera sin actividad (BOTERO, 2017).....	Fotografía 26. 33
Fotografía 27. Fotografía exterior proyecto Oceana.....	46
Fotografía 28. Cámara de Comercio de Medellín. Concreto.....	54
Fotografía 29. Torre de vivienda mediterránea.....	60
Fotografía 30. Torre de vivienda Aldea del Sur.....	67

REFERENCIA DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y Productos según los objetivos	23
Tabla 2. Cuadro de variables	24
Tabla 3. Metros cuadrados totales en ladrillo interior y fachada.....	47
Tabla 4. Desperdicio de material.....	47
Tabla 5 Mampostería Interior	48
Tabla 6. Mampostería exterior	48
Tabla 7. Programación actividad de ascensor de transporte de materiales	49
Tabla 8. Calificación método de transporte T.V. Océana	49
Tabla 9. Promedio de rendimiento de mampostería en la torre.....	50
Tabla 10. Contrato de obra valor proyectado y real	53
Tabla 11. Tiempos de construcción del muro según clasificación de las actividades (ARISTIZABAL G., 2017)	55
Tabla 12. Tiempos de construcción del muro con una reducción de 40% del tiempo de revisiones de interventoría (ARISTIZABAL G., 2017).....	55
Tabla 13. Comparación de los tiempos de construcción del muro con el modelo actual y el modelo futuro (ARISTIZABAL G., 2017).....	56
Tabla 14. Cantidades y rendimientos planeados y reales en la Cámara de Comercio (ARISTIZABAL G., 2017)	56
Tabla 15. Ciclo de construcción de un muro típico de limpieza en la Cámara de Comercio	58
Tabla 16. Calificación método de transporte Cámara de Comercio de Medellín.....	58
Tabla 17. Lista de chequeo para iniciar la mampostería en una obra.....	59
Tabla 18. Cantidad de desperdicios respecto a lo proyectado y lo ejecutado	61
Tabla 19. Calificación método de transporte Cámara de Comercio de Medellín.....	62
Tabla 20. Evaluación de procesos generales de la obra.	62
Tabla 21. Seguimiento general de mampostería.....	64
Tabla 22. Seguimiento específico muros en mampostería	65
Tabla 23. Cantidad de desperdicios respecto a lo proyectado y lo ejecutado	68
Tabla 24. Calificación método de transporte T.V. Aldea del sur.	69
Tabla 25. Evaluación de procesos generales de la obra.	69
Tabla 26. Seguimiento general de mampostería.....	71
Tabla 27. Seguimiento específico muros en mampostería	72
Tabla 28. Tabla de comparación de datos de transporte horizontal	79
Tabla 29. Tabla de comparación de datos de transporte vertical.....	80
Tabla 30. Conclusiones método de transporte horizontal	81
Tabla 31. Conclusiones método de transporte vertical.....	82
Tabla 32. Tabla de comparación de datos del corte y modulación de la mampostería	87
Tabla 33. Conclusiones del corte y modulación de la mampostería.	88

REFERENCIA DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Metodología medición del transporte horizontal.....	42
Gráfica 2. Metodología medición del transporte vertical.	43
Gráfica 3. Metodología medición del corte y modulación de la mampostería.....	44
Gráfica 4. Porcentaje de utilización del ascensor por las actividades.	49
Gráfica 5. Promedio rendimiento de mampostero.....	50
Gráfica 6. Rendimientos de mampostería interior.....	51
Gráfica 7. Rendimiento mampostería exterior	51
Gráfica 8. Porcentajes de costos proyectados, presupuestos y consumidos.....	52
Gráfica 9. Comparación de las cantidades planeadas, ejecutadas y posibles en la Cámara de Comercio	57
Gráfica 10. Porcentaje de desperdicio por ladrillo en la torre de vivienda Océana	75
Gráfica 11. Porcentaje de desperdicio por ladrillo en la torre de vivienda Mediterránea	76
Gráfica 12. Porcentaje de desperdicio por ladrillo en la torre de vivienda Aldea del Sur ...	76
Gráfica 13. Promedio de desperdicios entre las obras.....	77
Gráfica 14. Promedio de cantidades ejecutadas entre las obras.	78
Gráfica 15. Comparación de las cantidades planeadas, ejecutadas y posibles en la Torre de Vivienda Océana.....	84
Gráfica 16. Comparación de las cantidades planeadas, ejecutadas y posibles en la Cámara de Comercio	84
Gráfica 17. Comparación de rendimientos reales y planeados en la Torre de Vivienda Océana	85
Gráfica 18. Comparación de rendimientos reales y planeados en la Cámara de Comercio de Medellín.....	86

RESUMEN

En este trabajo se analiza la comparación entre la metodología de mampostería tradicional en obra y la metodología Lean Construction, por medio de cuatro obras en el Valle de Aburrá (2 obras construidas bajo la metodología Lean Construction y 2 obras en construcción bajo la metodología de mampostería tradicional), que permitirá identificar las ventajas que tiene la metodología Lean Construction aplicada a las obras.

El estudio se realiza analizando los datos de las obras con Lean Construction en uno obtenidos en una tesis de grado y en otro son suministrados por la constructora que ejecutó el proyecto. Para el caso de las obras en construcción bajo metodología de mampostería tradicional, son tomados por medio de visitas a obra y suministro de las constructoras.

Las variables que serán analizadas y posteriormente comparadas, son: Los desperdicios, corte y modulación, transporte, y rendimientos, las cuales permiten identificar aspectos puntuales y de gran relevancia en la ejecución de la mampostería en obra.

Los resultados muestran un mayor proceso de la mampostería en obra en los casos que adoptan la metodología Lean Construction, y en algunos aspectos se logra identificar que las obras bajo la metodología de mampostería tradicional adoptan algunas prácticas que maximizan el valor en la obra y por el contrario minimizan los desperdicios. En conclusión, se plantean y evidencian algunas estrategias que permiten mejorar el proceso de la mampostería en obra y se plantea una metodología de medición en el transporte vertical y horizontal.

Palabras Clave: LEAN Construction, Mampostería en obra, Construcción sostenible, vivienda, Last Planner, transporte de mampostería, corte y modulación de mampostería.

INTRODUCCIÓN

El campo de la construcción es uno de los más grandes sectores de la industria, pero es el que menos ha tenido un avance significativo en la tecnificación y mejora de sus procesos, lo que hace que consuma grandes cantidades de recursos, donde la explotación de la materia prima y su transformación hace que se emitan grandes cantidades de gases de efecto invernadero, contaminación y deterioro ambiental. Al ser un sector con bajos avances en sus procesos, hace que se generen grandes cantidades de desperdicio que no sólo afecta ambientalmente, sino también causa problemas económicos y sociales.

Actualmente la industria de la construcción se ha planteado grandes retos que se han ido construyendo desde las últimas décadas, para mejorar el paradigma y la visión que se tiene de la construcción. Esto hace que a medida de los años hayan aparecido diferentes metodologías que buscan, tener una mayor planificación, control, medición y ejecución en las obras.

Una de las metodologías más relevantes que se ha venido implementando en el mundo y desde la última década en Colombia, es Lean Construction, la que ha permitido mejorar significativamente en maximizar el valor y disminuir los desperdicios y actividades que no generan valor. Por esto se plantea la revisión y análisis en una de las actividades más común y que menos avance en materia de metodología de mejorar el proceso, ha tenido. La mampostería por su naturaleza, hace que sea una actividad que incurren muchos procesos previos, coordinación y control para su correcta ejecución, donde hace que se generen grandes desperdicios.

La metodología Lean Construction en sus intereses busca mejorar estos tipos de procesos que afectan considerablemente una obra, para así plantear estrategias que mejoren la ejecución de la mampostería.

1 MARCO INTRODUCTORIO

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el campo de la construcción uno de los grandes problemas es el gran gasto energético y de recursos para la construcción de un edificio.

En el contexto nacional se ve afectada la construcción con grandes problemas de malos diseños de planificación de recursos y tiempos de obra que se traducen en grandes cantidades de residuos de construcción y demolición (RCDs). La Falta de la aplicabilidad de metodología LEAN Construcción (LEAN: Sistema de metodologías en pro de la gestión de procesos y la reducción de actividades que no generan valor) basada en la ideología de reducción de las actividades que no generan valor en la planificación, gestión y diseño multidisciplinar para la reducción de desperdicios, tiempos de construcción y disminución de gastos (energéticos, económicos, agua, recursos, etc.).

El proceso de construcción en mampostería en obra es uno de los que trae un mayor porcentaje de desperdicios por su mal proceso y su falta de tecnificación.

Se pretende hacer un análisis de los procesos actuales de planificación de obra, manejo, disposición y construcción desde el método tradicional y llevarlo a una comparación de los beneficios de la metodología LEAN Construcción en términos de eficiencia y ahorro aplicados a la obra.

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA

La industria de la construcción lleva mucho tiempo con sus principios casi inalterados por el arraigo a las tradiciones de los procesos de diseño y en las ejecuciones del mismo. Esto hace que haya un retraso considerable comparado con otras industrias que han optado por la implementación de nuevas metodologías que aporten al desarrollo en los procesos de producción, soportados en sistemas que aporten un modelo eficiente.

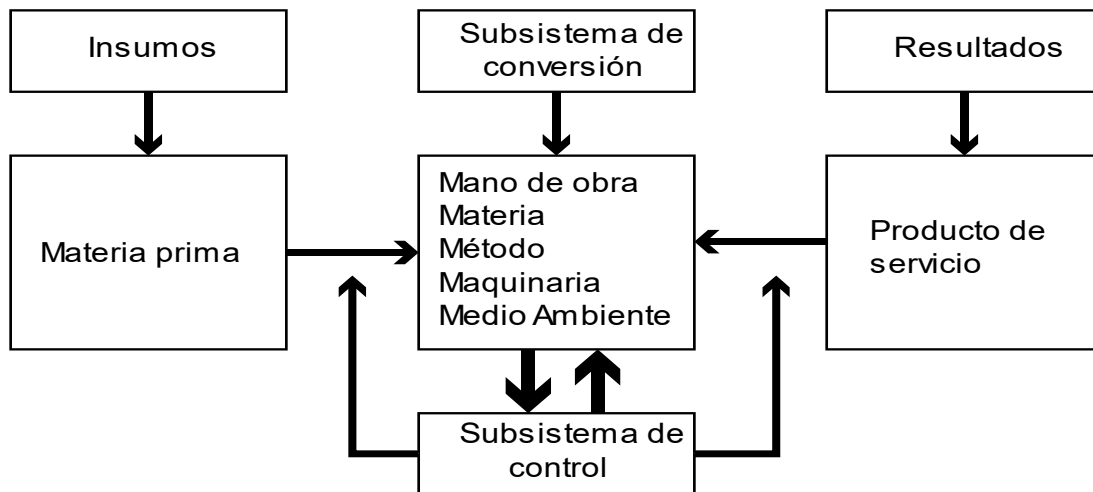
Colombia empieza en la última década a tener como referente países como España y Chile en los que se empiezan a desarrollar metodologías de gestión de proyectos implementadas en la construcción para empezar a mejorar los rendimientos proyectados sobre las obras, debido a la ineficiencia de los métodos tradicionales que se han usado durante un largo periodo de tiempo.

A medida que surgen estas nuevas metodologías, se empiezan a cambiar las posturas y las ideologías respecto a cómo se debe construir y cuáles son las mejores formas para aprovechar los recursos y disminuir las pérdidas. (BOTERO & ÁLVAREZ V, 2003)

1.2.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Los sistemas de producción se caracterizan por su manejo de insumos en diferentes formas como lo son: el personal, los servicios, los materiales o información y que se transforman a través de un subsistema que hace el cambio de los productos y/o servicios. Los sistemas productivos o de producción en su ejecución conllevan a generar impuestos, desperdicios, contaminación, sueldos, empleos y adelantos tecnológicos; estos se pueden entender como productos indirectos de sistema y que normalmente se pasan por alto.

El sistema de producción se entiende como el conjunto de subsistemas que tienen el cargo de desempeñar una función en específica que permita que todo funcione sin interrupciones. Un ejemplo es un subsistema de control, que permite vigilar el producto y poder validar si su condición es aceptable en términos de calidad, costo y cantidad.



Esquema 1. Modelo de Sistema de Producción (TEJEDA, 2011)

1.2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Se pueden clasificar dependiendo de ciertos factores en la disposición de la maquinaria y departamentos dentro de la planta manufacturera o por características del propio sistema. La ejecución de un tipo de sistema está ligado a diversos factores que pueden afectar a un cambio considerable en el modelo de producción. El volumen de ventas, incertidumbre en la demanda y frecuencia de los pedidos, la variedad de pedidos y los tipos de pedidos afectan la elección de este sistema de producción. Se podrían clasificar de una manera general estos sistemas, de acuerdo a la estructura de procesos:

Producción masiva (Continuo): La producción en masa se identifica porque el producto es fabricado y ensamblado de forma continua, sin interrupciones, siempre sobre una ruta establecida carente de variaciones y que siempre está ligada a un sistema de movimiento de materiales. En este sistema siempre se fijan la maquinaria y el trabajador para que cumplan una tarea específica y especializada a cargo.

Procesos de flujos continuos (Continuo): Este tipo de sistema de producción continua, como productos químicos, alimentos, aceites, líquidos, materiales para construcción y acero, fluyen siempre en una secuencia de operaciones determinadas por las características del producto.

Producción por Taller (Intermitente): En este sistema de producción, se organizan pequeños lotes de productos y se hace un proceso de distribución y movimiento sobre estaciones que acumulan un inventario por medio de un sistema no secuencial, que genera un alto grado de complejidad y dificultades de ejecución por su condición de siempre estar estrictamente bajo control y vigilancia de los procesos entre estaciones.

Producción por lote (discontinuo): Este sistema de producción se caracteriza por la ejecución de un producto a la vez y donde se hace un número determinado de partes, para que pueda continuar hacia la siguiente operación, este proceso es discontinuo en sí mismo, pero con la condición de que la maquinaria está dispuesta de forma continua.

1.2.2.2 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

Los orígenes de la industria del automóvil en el siglo XIX nos permiten poner un punto de inicio acotado sobre los inicios de los sistemas de producción. Al pasar de los años, estos sistemas fueron evolucionando en la medida en que nuevos enfoques empezaron a aparecer en el sector de la industria que permitieron que se desarrollaran tres grandes modelos o sistemas de producción que permitieron un gran desarrollo y avance en metodologías que permitieran un mayor control en los procesos complejos de la industria donde era necesario la coordinación de la mano de obra y la nueva maquinaria que empezaba a tomar campo sobre la producción en masa, debido a la necesidad de producir de forma continua y rápida debido a la demanda de productos del contexto de la época.

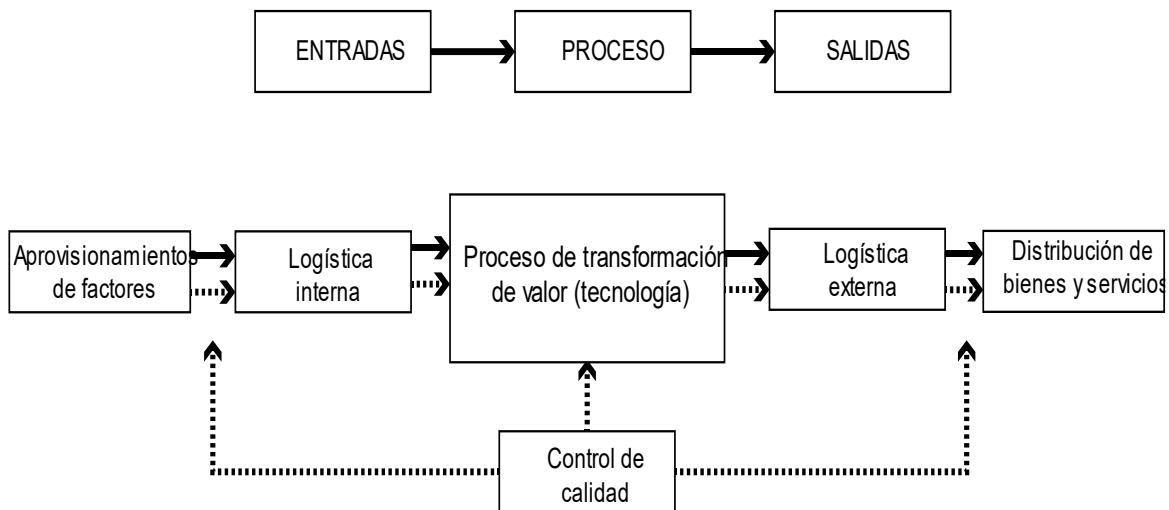
Los sistemas de Producción Artesanal, Producción en Masa y Producción Ajustada, se definen como los tres grandes momentos que nos permiten entender la evolución de los procesos de producción.

La producción artesana se considera como el primer sistema de producción, sus orígenes se plantean a inicios del siglo XIX, donde empresas empiezan a desarrollar productos con niveles de complejidad elevados donde es necesario la mano de obra altamente capacitada en diseño, operaciones de la maquinaria y ajustes de los materiales y en todos los pasos del proceso. Los productos son personalizados y únicos para cada cliente, por lo tanto, no son estandarizados, de bajo volumen de producción, emplean una alta variedad de partes, presentan altos costos de producción, consiguen una buena calidad, pero variable, utilizan máquinas multipropósito, es frecuente el retrabajo y las piezas de repuesto debían ser fabricadas para cada producto en particular.

Después de un tiempo con los métodos de trabajo implantados por Henry Ford al construir el Modelo T2 en 1908, se inicia una nueva etapa en la evolución de los sistemas productivos. Ford consiguió fabricar un producto diseñado para ser manufacturado, fácil de utilizar y reparar por cualquier persona, logrando reducir el costo por producto. Desde este punto aparece la producción en masa como nuevo modelo ideal en los sistemas de producción, que rápidamente se adoptó sobre las grandes compañías de los Estados Unidos, hasta llegar a Europa y Asia. En este modelo empieza a aparecer nueva mano de obra altamente especializada donde en consecuencia surgen nuevas profesiones y trabajos indirectos dentro de estos modelos de producción. Con el tiempo se empiezan a identificar problemas en el modelo, porque está enfocado en el volumen y no en la calidad, entonces a largo plazo los productos no alcanzan una larga duración y eso permite un modelo monótono donde por casi medio siglo después, situaciones económicas importantes llevaron a que la industria automovilística evolucione y de esta manera el sistema de producción en masa fue reemplazado por Lean Manufacturing. (TEJEDA, 2011)

1.2.3 PRODUCCIÓN EN MASA: COMIENZOS DEL SIGLO XX

La producción en masa o fabricación en serie surgió en medio de la Revolución Industrial, en un contexto donde la aparición de la maquinaria en los métodos industriales y la demanda de productos en periodos de tiempo, surge una nueva metodología que se basa en generar grandes volúmenes de productos a bajo costo.



Esquema 2. Concepto y estructura del sistema de producción: dirección de operaciones (UDIMA)

La forma de organización de la producción en la que cada trabajador se especializaba en una función específica y manejaba máquinas también mejor desarrolladas tecnológicamente, elevando la calidad de los productos y los tiempos de producción por unidad. Hoy en día nos parece algo de lo más común en cualquier fábrica, pero fue toda una revolución en una época en la que la producción era mayoritariamente artesanal.

A principios del S. XX surge el Taylorismo, el cual se basaba en la división de las tareas del proceso de producción y debe su nombre a Frederick Winslow Taylor, ingeniero y economista norteamericano que desarrolló este modelo teórico.

Este fue un nuevo método de organización industrial, cuyo fin era aumentar la productividad y evitar el control que el obrero podía tener sobre los tiempos de producción. Se basaba en la aplicación de métodos científicos al estudio de la relación entre la mano de obra y las técnicas modernas de producción industrial, con el fin de maximizar la eficiencia, mediante la división sistemática de las tareas, la organización racional del trabajo en sus secuencias y procesos, y el cronometraje de las operaciones, más un sistema de motivación para aumentar los intereses de producción de los trabajadores.

Esta idea de producción se fue deteriorando a medida que se veía que los productos no cumplían con unos estándares de duración, lo cual hizo que se sintiera la necesidad de proyectar nuevas estrategias en los procesos productivos. También estos métodos atentaban con los derechos de los obreros, y llevo consigo problemas de huelgas y manifestaciones.

Tras el Taylorismo surge el Fordismo que debe su nombre a Henry Ford, ingeniero industrial norteamericano que fundó la Ford Motor Company en 1903 y supo ver una oportunidad en la industria si conseguía mejorar el modelo de Taylor. Así lo hizo. Ford fue el impulsor en la práctica de la producción en serie, la línea de montaje, la estandarización e intercambiabilidad de las piezas, a la vez que cuidaba los derechos de los obreros. Su modelo se extendió rápidamente al sector industrial de numerosos países.

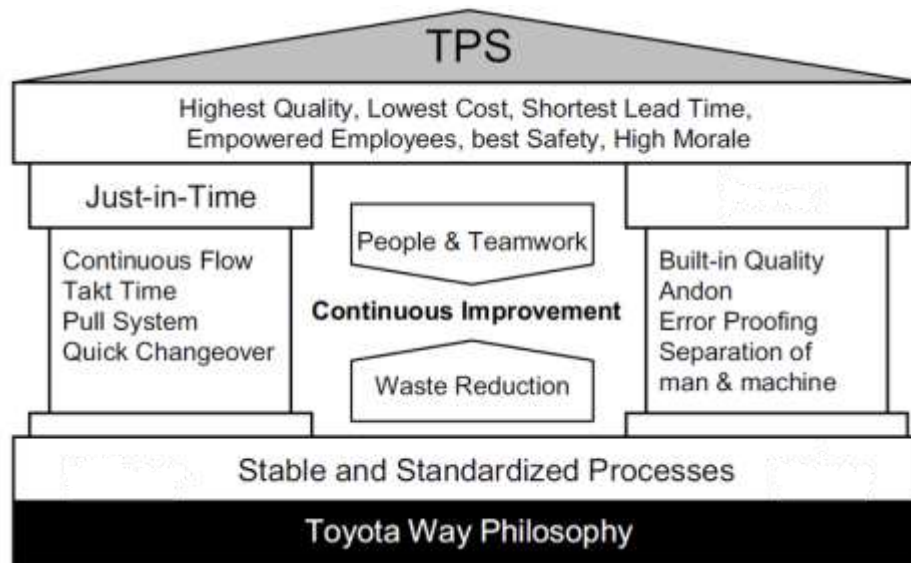
La idea principal de Ford era que, si fabricaba coches en serie, los costes de producción del automóvil se reducirían, lo que permitiría bajar también el precio de venta y eso haría aumentar la demanda, el mercado y los ingresos.

Este sistema comenzó en 1908 con la producción del Ford T con una combinación y organización general del trabajo altamente especializada y reglamentada a través de cadenas de montaje, maquinaria especializada, salarios más elevados y un número elevado de trabajadores en plantilla. (TEJEDA, 2011)

1.2.4 TOYOTA PRODUCTION SYSTEM (TPS)

Después de la Segunda Guerra Mundial, todavía las empresas se basaban sobre el método de producción en masa el cual empezó a perder valor cuando la demanda de producción de productos de volumen, pero de baja calidad, tuvo un detrimento considerable. La compañía automovilística más importante de Japón identificó que no era conveniente por situaciones en las que se enfrentaba el país. Como resultado, sus ingenieros Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, iniciaron lo que Toyota llamaría el Sistema de Producción Toyota, y que más tarde sería Lean Manufacturing. Esta filosofía de trabajo ha sido divulgada en todo el mundo y puesta en

práctica por diferentes sectores productivos tanto de servicios como de manufactura. (YANG & YANG, 2013)



Esquema 3. Los principios del sistema de producción de Toyota (ROMVALL, BELLGRAM , & WIKTORSSON, 2010)

El término "producción ajustada" (Lean Manufacturing es su término en inglés) se introdujo a fines de la década de 1980 para caracterizar el sistema de producción japonés que los contrastaba con los sistemas de producción en masa occidentales. El Toyota Production System, es el sistema de producción que Toyota planteo con principios relacionados con el diseño y la gestión de los procesos de producción, no solo en el flujo de los productos, sino en la coordinación de la mano de obra y la maquinaria, sumada a una nueva ideología donde se debía tener un control total del antes, durante y después de la producción, desde la materia prima hasta la entrega final del producto al cliente. (OHNO, 1991)

En este sistema en un principio se proyectaban ciertas ideas como:

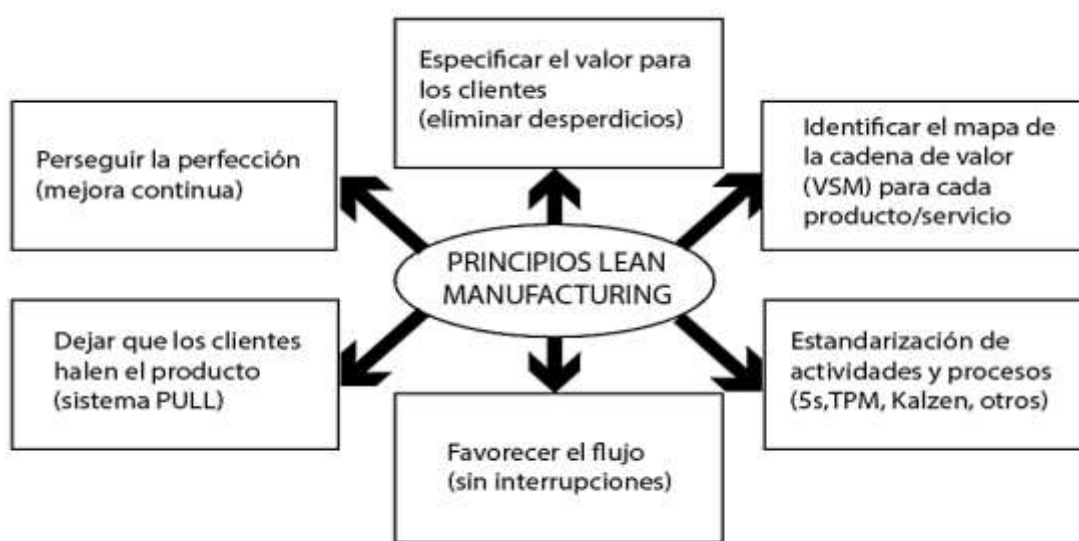
- La búsqueda y eliminación de improproductividades a todos los niveles.
- Varias máquinas manejadas por un solo trabajador.
- Autonomización, máquinas y trabajadores que detienen una línea o proceso automáticamente (Cuando existen anomalías).
- Mecanismos Poka-Yoke de detección de errores mecánicos para prevenir fallos y simplificar.
- Justo a tiempo y el Kanban, flujo inverso de información de producción.
- Preparación de empresas proveedoras para fabricar y entregar justo a tiempo.
- Mantenimiento preventivo para eliminar las averías en las máquinas.
- Desarrollo del sistema "SMED", reduciendo el tiempo de readaptación de la máquina para permitir tamaños de grupo más pequeños.

Estos en un principio no eran por sí solos suficientes sino se planteaba la conexión con el factor asociado con lo humano. Para implementar el TPS de manera correcta y exitosa era necesario integrar el lado duro que era asociado a los factores técnicos del manejo de los materiales desde la maquinaria hasta la materia prima y con el lado suave que lleva a la inclusión de las prácticas y aspectos relacionados con lo humano.

La conclusión es que dicho modelo integrado proporciona un 'sistema eficiente' mucho más efectivo y tiene el potencial de producir beneficios significativamente mejores para las empresas que lo implementan. (MONDEN, 2012)

1.2.5 LEAN PRODUCTION (LEAN MANUFACTURING)

Es un sistema integrado socio-tecnológico de mejoramientos de procesos (desde los grandes procesos de producción industrial hasta pequeños métodos y procesos y campos no tan amplios), cuyo enfoque es eliminar desperdicios o actividades que no agregan valor al cliente. Este sistema se caracteriza porque se emplea personal capacitado, los cuales son agrupados en equipos donde se asignan responsabilidades específicas, las cuales pueden variar según la necesidad o demanda de la actividad. El personal tiene derecho a proponer mejoras, autoridad de detener la producción en caso de detectar algún error, se enfocan en obtener productos de alta calidad, bajo coste de producción y variedad en el producto enfocados en las necesidades de los clientes, establecen relaciones de larga duración con proveedores y clientes, logran cortos tiempos de fabricación del producto y buscan la mejora continua. Al eliminar desperdicios la calidad aumenta mientras que los tiempos y costos de producción disminuyen en muy poco tiempo. (TEJEDA, 2011)



Esquema 4 . Principios Lean Manufacturing (CIRECOM)

1.2.5.1 ELEMENTOS DE LEAN MANUFACTURING

Los elementos de Lean Manufacturing que se deben coordinar para que el sistema logre una coordinación y el sistema trabaje a la perfección son: el diseño e ingeniería del producto, la cadena de suministro, la demanda y el cliente.

El diseño parte de tener buenos equipos de trabajo coordinados por líderes con experiencia, donde el conflicto de diseño se presente antes y durante el diseño y no cuando se va a ejecutar. La coordinación de la cadena de suministro es esencial para tener todo el material a tiempo con buena calidad y bajos precios. Siempre es importante saber cómo funciona el mercado para saber, que demanda hay sobre el producto que va entrar en oferta y siempre tener buenos suplidores que respalden la venta. El cliente entra a ser el factor más importante porque es el que pone las pautas de adaptación de la empresa y se ve en necesidad de producir de manera eficiente y con el cuidado de hacer un producto que el cliente no quiere. (TEJEDA, 2011)

1.2.5.2 PRINCIPIOS DE LEAN MANUFACTURING

El proceso de implementación de Lean Manufacturing no es simplemente poner en práctica unas cuantas técnicas para mejorar los procesos. Este modelo hace necesario que toda la empresa tome una nueva perspectiva en pensamiento desde la materia prima al producto terminado, de la orden a la entrega y desde la idea a la concepción. Hay 5 principios que sirven de guía para cambiar de sistema de producción a Lean. Definir el valor del producto, identificar el flujo del valor, hacer que el valor fluya sin interrupciones, dejar que sea el cliente quien hale el producto, y perseguir la perfección.

Especificación de Valor: El valor es lo que satisface las necesidades de los clientes, es por lo que está dispuesto a pagar. Es fundamental entender cuáles son los requisitos del cliente. Es lo primero que se debe hacer en un pensamiento Lean y el fabricante es el encargado de crear ese valor y ofrecerlo a precios que el cliente entienda que vale el producto y esto se logra a través del diálogo con clientes específicos.

Identificar el flujo de Valor: Trata de analizar todas las operaciones en el proceso de producción desde el diseño hasta la entrega como producto al cliente. Con la idea del trabajo sobre el proceso claro, se plantea reducir en lo más mínimo los desperdicios. Toda actividad que no agregue valor es considerada como desperdicio o despilfarro. El objetivo principal de Lean es eliminar todo tipo de desperdicio. (OHNO, 1991)

Los siete principios planteados por Ohno y un octavo desperdicio añadido por Womack, son los siguientes:

- **Demoras o tiempo de espera:** Operarios o clientes esperando por material o información.

- **Inventario:** Almacenamiento excesivo de materia prima, en proceso o terminada. Ocupan espacio y requieren de instalaciones adicionales de administración y administración.
- **Transporte:** Mover material en proceso o producto terminado de un lado a otro. No agrega valor al producto.
- **Sobreproducción:** Hacer el producto antes, más rápido o en cantidades mayores a las requeridas por el cliente, ya sea interno o externo.
- **Defectos:** Reparación de un material en proceso o repetición de un proceso.
- **Desperdicios de procesos:** Esfuerzo que no agrega valor al producto o servicio desde el punto de vista del cliente
- **Movimiento:** Cualquier movimiento de personas o máquinas que no agreguen valor al producto o servicio.
- **Subutilización del personal:** Cuando no se utilizan las habilidades y destrezas del personal (habilidad creativa, física y mental).

Hacer que el producto fluya sin interrupciones: Se debe lograr a lo largo del proceso de producción que se siga un ritmo fluido hasta lograr fabricar y mover una pieza a la vez sin interrupciones y sin vuelta atrás.

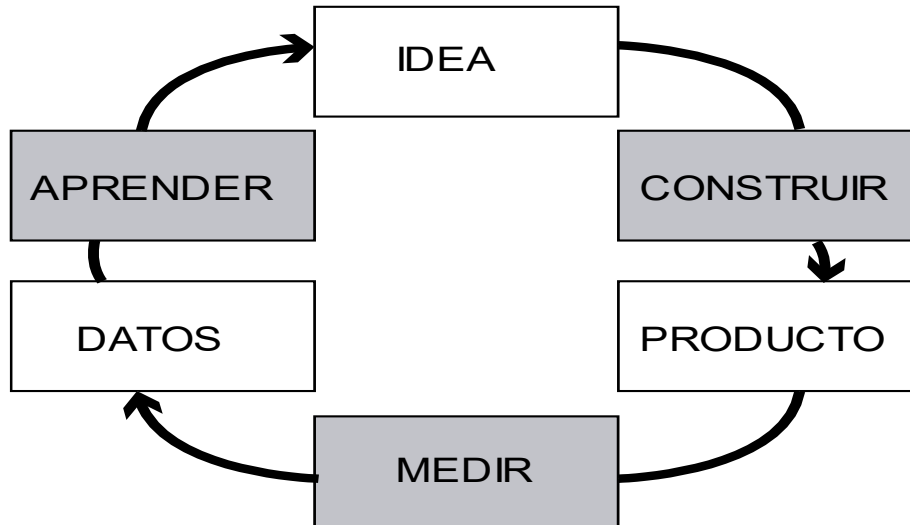
Sistema de halado o “pull”: Se plantea cuando el cliente es quien siente la necesidad del producto y obligue al fabricante trabajar sobre pedidos de los clientes, permitiendo que no haya la necesidad de empujar el producto al cliente.

Perfección: Siempre se debe proyectar en la revisión de los procesos, la manera de mejorar reduciendo los costos, esfuerzos y tiempo en el trabajo, para así llegar a ser más eficientes en los procesos de producción. (TEJEDA, 2011)

1.2.6 INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS EN LA CONSTRUCCIÓN

Los sistemas de gestión en la construcción toman lugar, cuando se ve la necesidad de proyectar métodos de construcción donde se limite el consumo de recursos para evitar las pérdidas de dinero y tiempo. La industria de la construcción en todas sus ramas, es la más contaminante y que genera un mayor consumo de recursos y energía en el mundo. Se plantea en base a esto y teniendo como referencia las metodologías que se adoptaron en la industria manufacturera, como lo son las industrias automovilísticas que son pioneras en la implementación de metodologías como Lean Manufacturing que permiten tener todo un control y gestión de los procesos de producción, por medio de métodos que involucran un complejo sistema y subsistemas que facilitan la producción y reducen los desperdicios y las actividades que no generan valor, planteando un sistema de flujo continuo. (BAIVI, 2014)

El campo de la construcción ve la necesidad y tentativa de incorporar estos métodos en la obra, donde hay que coordinar cientos de tareas al tiempo y no se cuenta con un control y planificación logística previamente de empezar la construcción.



Esquema 5. Principios LEAN (FUENTES)

Esto hace que surja una nueva metodología que plantea unos parámetros de logística para el sitio de construcción. Un proceso de control continuo del sitio de construcción es el único medio de administrar los flujos de trabajo del sitio planificados de manera óptima durante los procesos de producción en línea con los objetivos, y por lo tanto tomar en serio la responsabilidad de control regular. (GERHARD, 2017)

Los planteamientos que se han desarrollado sobre la gestión de proyectos de construcción están direccionados en:

- Gestión Simultánea
- La Construcción como Producción por Proyectos
- Trabajo Colaborativo
- Mejoramiento calidad de vida del equipo de construcción.

1.3 DELIMITACIÓN

El proceso de investigación se limitará al análisis y recolección de datos en los procesos de construcción de mampostería en obras de construcciones de vivienda en el Valle de Aburrá.

La recolección de datos será enfocada en los costos, tiempos (transporte, manejo, corte e instalación) y cantidades utilizados desde que el ladrillo llega a la obra hasta su disposición final en lo construido o como RCDs.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA/PREGUNTA

¿En cuánto se optimiza en el proceso de construcción de mampostería en obra bajo la utilización de la metodología LEAN Construction respecto al método tradicional en obras a nivel del Valle de Aburrá?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la optimización del método tradicional con la práctica de la metodología Lean Construction en los procesos de la mampostería en obra, por medio del análisis cuantitativo de los desperdicios, corte y modulación, transporte, y rendimientos utilizados en 2 casos de estudio y 2 obras en construcción en el Valle de Aburrá.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Recolectar datos de los desperdicios, corte y modulación, transporte, y rendimientos en obra de casos de estudio exitosos en la metodología Lean Construction enfocado en la manipulación de la mampostería en obra para cuantificar el método en obras en el Valle de Aburrá.
- Categorizar en subprocesos específicos de manipulación de la mampostería en obra tomando referencia un caso de estudio exitoso para plantear estrategias de implementación de la metodología LEAN Construction en el campo de la construcción, para aumentar la eficiencia de los procesos y reducir pérdidas.
- Desarrollar un método de medición de la efectividad de las estrategias de transporte vertical y horizontal de la mampostería en la obra.

1.6 JUSTIFICACIÓN

La utilización de una metodología basada en la eficiencia como es LEAN Construction, permitirá que la industria de la construcción, que es el campo global que más recursos, energía, desperdicios, emisiones de gases y contaminación genera, cambie su metodología de planificación y gestión de la obra a una que fomente la multidisciplinariedad en la construcción donde se resuelvan los problemas antes de empezar a construir.

La implementación correcta de la metodología LEAN Construction sumada a otras que permitan este proceso de construcción sostenible podrán a corto y largo plazo tener un cambio significativo reflejado en la competitividad, la normativa, los gastos energéticos y de recursos y en general reducir el impacto ambiental que genera una construcción de alto impacto como se da en nuestro campo tanto regional como nacional.

1.7 METODOLOGÍA

1.7.1 ACTIVIDADES Y PRODUCTOS

Tabla 1. Actividades y Productos según los objetivos

OBJETIVO GENERAL	ACTIVIDADES	PRODUCTOS
Optimizar el método tradicional bajo la práctica de la metodología Lean Construction en los procesos de la mampostería en obra, por medio del análisis cuantitativo de los costos, cantidades, y tiempos utilizados en casos de estudio y obras en construcción de vivienda en el Valle de Aburrá.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de casos de estudio LEAN Construction 2. Selección de obras en método tradicional a trabajar. 3. Visitas de campo 4. Seguir actividades de los dos métodos en obra. 5. Cuantificar los métodos y procesos en datos de análisis. 6. Revisar métodos para los procesos de construcción de mampostería. 7. Comparación y conclusiones entre los dos métodos en obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Datos de cada proceso enunciado de las actividades enfocada en tiempos, cantidades y costos. • Tablas de comparación entre los dos métodos de construcción. • Lista de pasos específicos necesarios para el proceso de mampostería. • Manual de seguimiento de los procesos de mampostería en la obra con la metodología LEAN Construction de vivienda en el Valle de Aburrá.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	PRODUCTOS
Recolectar datos de los costos, cantidades y tiempos en obra de casos de estudio exitosos en la metodología LEAN Construction enfocada en la manipulación de la mampostería en obra para cuantificar el método en obras de vivienda en el Valle de Aburrá.	<ul style="list-style-type: none"> • Visitas de campo • Revisar las cantidades exactas de la mampostería en obra • Revisar la modulación del material. • Seguir proceso de transporte (vertical y horizontal) de mampostería • Seguir proceso de corte de mampostería. • Seguir proceso de ejecución de mampostería. • Seguir proceso de disposición final de mampostería. • Seguir proceso de desperdicios RCDs del ladrillo. • Crear tablas de comparación de datos 	<ul style="list-style-type: none"> • Información cuantificada de un caso de estudio. • Datos de cada proceso enunciado de las actividades enfocada en tiempos, cantidades y costos. • Tablas de tiempos, costos y cantidades del método tradicional. • Tablas de tiempos, costos y cantidades de la metodología LEAN Construction.
Categorizar en subprocesos específicos de manipulación de la mampostería en obra tomando referencia un caso de estudio exitoso para plantear estrategias de implementación de la metodología LEAN Construction en el campo de la construcción, para aumentar la eficiencia de los procesos y reducir pérdidas.	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión del caso de estudio. • Visitas de campo. • Revisión de las obras de vivienda de LEAN Construction en curadurías del Valle de Aburrá. • Delimitar los campos de acción del proceso. • Cuantificar los métodos. • Crear métodos para los procesos de construcción de mampostería. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de pasos específicos necesarios para el proceso de mampostería. • Manual de seguimiento de los procesos de mampostería en la obra con la metodología LEAN.

1.7.2 CUADRO DE VARIABLES

Tabla 2. Cuadro de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	SUBVARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
TÉCNICA	Partiendo directamente desde los procesos de construcción de obra y todos los aspectos que suponen el seguimiento y planificación de los procesos	Tipos de mampostería	Revisión del proceso en obra según su tipo y como son sus procesos técnicos. Construcción de un modelo de planificación	Usos	- Planos -Tablas de datos de tiempos, costos y cantidades -Soportes teóricos -Referentes casos de estudio
		Procesos de construcción de mampostería		Manipulación	
				Tiempos	
				Transporte	
			Herramientas		
ENTORNO	El contexto que envuelve la edificación como afecta los procesos de construcción. Desde el proceso normativo como se rige y se acotan que procesos son obligatorios	Análisis de casos de estudio como referente de estudio práctico y	En el contexto real de la construcción influye el proceso normativo sobre casos de estudio para ver cómo se podría hacer un proceso correcto sobre una edificación nueva.	Manuales	-Normativas de construcción -Organizaciones y empresas -Casos de estudio -Obras en construcción
		Referencias y soportes normativos en el campo de la construcción regional		Procesos	
				Certificaciones	
				Permisos	
HABITANTE	Los actores que afectan e influyen en el proceso constructivo del edificio y su planificación. Partiendo del cliente y dueño del proyecto, seguido del arquitecto planificador y por último el constructor que materializa el proyecto y se hace cargo de los procesos necesarios de construcción	Organización de los actores para hacer procesos eficientes	Con la organización de los actores, se puede hacer que se planifique un modelo donde todos tengan un control correcto de sus actividades y que la ganancia se vea en capital, tiempo y reducción de residuos	Cliente	-Información de clientes -Información de constructor o constructora -Arquitecto planificador -Procesos de distribuidor
		Interrelación de actores para un proceso circular de la obra		Distribuidor	
				Constructor	
				Arquitecto	
ARQUITECTÓNICO ESPACIAL	Como influye el tamaño de la obra en las cantidades, tiempos y costos en los procesos de la mampostería y como se expresa en la planificación de los espacios y el edificio	Número de espacios de intervención en mampostería	Según las cantidades de espacios que utilicen mampostería, se podrá planificar e intervenir el proceso	Tipo Edificio	-Tipo de construcción (vivienda) y su esquema normativo -Escala de la edificación
		Nivel de planificación e intervención en el proceso constructivo		Escala	
				Intervención	

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 MAMPOSTERÍA EN OBRA

La mampostería se entiende como el proceso de construcción donde se dispone de manera ordenada, unidades de bloques (rocas, bloques cerámicos o de concreto, bloques de tierra compactada, entre otros) que, al ordenarse en un sistema y modulación, permiten la elaboración de un elemento más grande y complejo. Las dimensiones, peso, tamaño y forma dependerán particularmente de la necesidad y el requerimiento en específico del elemento a construir e indicando los equipos, herramientas y procesos con los que se deberá construir (manual, equipo mecánico, equipo motorizado, entre otros).

Generalmente la mampostería se une por medio de una argamasa o mortero que les permite una mejor fijación a los elementos y generar un aporte a la rigidez y estabilidad del muro o paramento. Antiguamente los procesos de mampostería se disponían con grandes elementos de roca virgen o tallada, que eran organizados y superpuestos para crear grandes elementos que se sostenía por su peso y gravedad; actualmente este tipo de procesos se han dejado de lado, para llegar a tener una manipulación y gestión de la mampostería en obra de una manera más tecnificada y organizada en los procesos de construcción. (HERRERA & MADRID)

2.1.1 TIPOS DE MAMPOSTERÍA

La mampostería se puede dividir en varios tipos según el tipo de unidad de bloque o la necesidad o requerimiento necesario. Los tipos más comunes de la implementación de la mampostería son:

- **Mampostería estructural:** Consta de muros verticales que están fijados con morteros de cemento y reforzados en su interior con barras de metal. Se utilizan en edificaciones donde se quiere utilizar los muros como estructura de soporte.



Fotografía 1. Mampostería estructural con refuerzos



Fotografía 2. Refuerzos de hierro

- **Mampostería decorativa o la vista:** Son empleadas para ornamentar las paredes interiores y exteriores. Generalmente no tienen ningún interés estructural, sino que su función es simplemente estética. Los elementos tienden a ser regulares, pulidos y sellados o pintados con elementos que dan mejores toques estéticos.



Fotografía 3. Mampostería a la vista en fachada



Fotografía 4. Mampostería a la vista

- **Mampostería sucia:** Es la mampostería más común, donde se construyen muros fijados con morteros y donde no se pretende tener un acabado estético porque posteriormente, llevarán un recubrimiento para dar un acabado terminado. (SENA)



Fotografía 5. Mampostería sucia en bloque de concreto



Fotografía 6. Mampostería sucia en ladrillo de arcilla

2.1.2 METODOLOGÍA Y CONSIDERACIONES DE CONSTRUCCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA EN OBRA

La utilización y construcción de la mampostería se debe principalmente a las ventajas que posee con respecto a otros materiales para la construcción de muros, paramentos y elementos de cerramiento. La facilidad de implementación de construcciones simples de tipo partición y cerramiento, como en las estructurales en edificios de alta y baja altura, hasta muros de contención.

A pesar de ser uno de los procesos constructivos más comunes en la industria de la construcción, tiende a haber muchos errores en la disposición, gestión y manipulación en la obra, generando mucho desperdicio de material, pérdidas de tiempo y reprocesos.

2.1.2.1 INSPECCIÓN

Una obra donde se proyecte utilizar, una gran parte de procesos y construcción en mampostería, necesita un alto grado de inspección y con los controles necesarios para garantizar la calidad de los aspectos más importantes de dicho proceso. Es necesario que exista una supervisión profesional e independiente de la empresa y del personal de la construcción, la cual debe efectuar un seguimiento ordenado y estricto de los parámetros y los procesos constructivos, con el fin de evitar que se presenten problemas durante la ejecución de etapas posteriores.



Fotografía 7. Revisión buen preproceso para chapas



Fotografía 8. Revisión malla borde de losa para chapas

Se deben priorizar y hacer énfasis en los siguientes procesos y parámetros.

- Recepción, almacenamiento, manejo y calidad de las unidades (bloques y ladrillos).
- Elaboración o recepción, almacenamiento, distribución, colocación y calidad de los morteros de pega y de inyección.

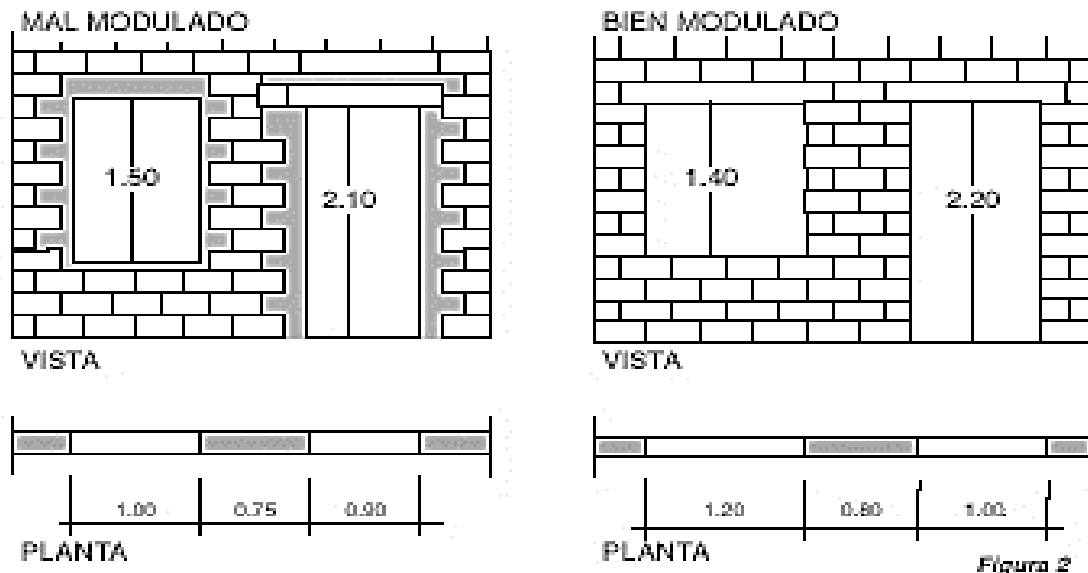
- Recepción, almacenamiento, corte, figurado, colocación y calidad del refuerzo, con énfasis en la disposición del refuerzo vertical en las celdas.
- Tolerancias dimensionales (alineamiento, verticalidad, regularidad, etc.) de los muros y, por ende, de la mano de obra. (HERRERA & MADRID)

2.1.2.2 COORDINACIÓN MODULAR

La mampostería se debe diseñar y construir teniendo en cuenta los principios de la coordinación modular. Esto se hace por medio del sistema de utilización de módulos y submódulos que crean piezas o elementos completos.

El éxito parte de especificar desde antes de la construcción, saber cuántas piezas, de que dimensiones y donde deben ir cada una.

El módulo a proyectar se debe tener en cuenta respecto al tipo de piezas a utilizar y en el caso de utilizar piezas comerciales, se debe desarrollar por medio de que se genere los menores desperdicios. Si bien el módulo establecido proporciona completa flexibilidad para componer las distintas dimensiones de uso corriente en la construcción, tales como vanos para puertas y ventanas, alturas de entrepisos, etc., no es suficiente que las dimensiones sean las correctas, sino que se pueden estudiar los diseños para optimizar el uso de unidades diferentes a la unidad módulo.



Esquema 6. Proceso de modularización de la mampostería (MILAN, s.f.)

2.1.2.3 INSTALACIONES INTERIORES

En las construcciones en mampostería es muy probable que algunas de las instalaciones del edificio no pasen por buitrones o lugares en específico para redes, esto hace que se vea necesario pasarlas por medio de los muros en mampostería.

Se ve la necesidad de hacer un estudio y planificación de la dirección y ubicación de donde pasarán las redes e instalaciones, todo esto debe ir especificado y proyectado sobre los planos arquitectónicos como base y guía para una buena construcción del sistema y no generar retrasos y desperdicios en la obra.

Por lo general para las redes de gas se tienen requisitos especiales en cuanto a su localización, quedando expuestas por fuera de los muros o dentro de buitrones con acceso directo, para lo cual se deben seguir las normas que tenga la entidad reguladora local. (HERRERA & MADRID)



Fotografía 9. Redes sanitarias y desagüe interior



Fotografía 10. Redes eléctricas, sanitarias y desagüe

2.1.2.4 TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL

El transporte en obra del material en bloque como es la mampostería trae grandes dificultades en términos de desplazamiento por la falta de planificación en las construcciones.

El desplazamiento vertical y horizontal del ladrillo no cuenta en la mayoría de los casos con un proceso orientado a como se va organizar y entregar el material en los diferentes espacios donde es necesario. Esta mala gestión trae consigo problemas del deterioro y desperdicio del material antes de ser utilizado y también generando grandes retrocesos en temas de tiempo en la ejecución.



Fotografía 11. Transporte Horizontal del Ladrillo



Fotografía 12. Transporte Vertical del Ladrillo

2.2 LEAN CONSTRUCTION

El pensamiento LEAN se adopta a mediados del siglo XX por compañías automovilísticas. El pensamiento comprende técnicas, herramientas, modelos, sistemas y/o estrategias que permitan hacer eficientes los proyectos con una filosofía de gestión de reducir las actividades que no generan valor sobre la línea de producción.

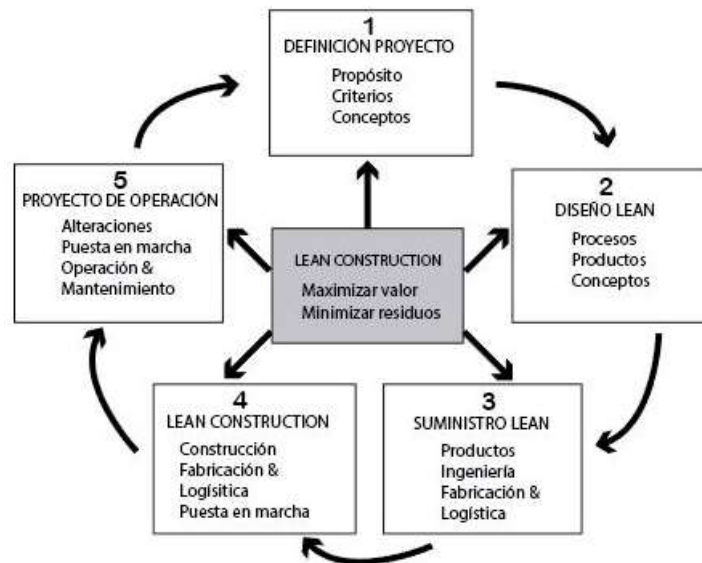
En su desarrollo la metodología pasa de un modelo operativo donde se pretende un manejo de los procesos de un paso por paso a un modelo estratégico que pretende una planificación más temprana y con la disposición de generar objetivos y métodos más precisos donde se vea la necesidad de predisponerse a posibles fallos o problemas en la ejecución. (GREEN, 2011)

2.2.1 APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION

Lean Construction pretende el concepto de cero residuos y minimizar en la medida de lo posible las actividades que no generan valor.

La metodología se proyecta siempre sobre dos términos que son fundamentales y definen en si misma que significa; el valor y los desperdicios son las dos caras que pretenden maximizar el valor del proyecto y minimizar fallos y problemas que reduzcan la efectividad del proyecto.

La industria de la construcción presenta la necesidad de ejecutar metodologías de gestión de proyectos, que permitan una práctica más controlada de todos los procesos que se ejecutan simultáneamente en una obra. De ahí se da la implementación de Lean Construction como la oportunidad de no solo la reducción de desperdicios, aumento de productividad y eliminación de actividades que no generan valor, sino también, la salud ocupacional con visión a la reducción de accidentes y seguridad de los trabajadores teniendo unos procesos más controlados y supervisados. (LÓPEZ, HENAO GRAJALES, & VALENCIA CORRALES, 2015)



Esquema 7. Principios de Lean Construction (MAYER, s.f.)

2.2.2 DESPERDICIOS EN OBRA

La necesidad de intervenir directamente sobre los desperdicios en obra, se basa en las grandes cantidades de procesos que se hacen necesarios en la construcción de un proyecto y que generalmente no llevan los controles necesarios para optimizar las actividades.

Lean Construction llega a intentar suplir estas necesidades de reducir pérdidas (optimizar) y de no sólo hacer una gestión global del proyecto, sino también, sobre las técnicas específicas que son utilizadas en una actividad puntual.

A medida que se da la ejecución de la metodología Lean Construction sobre gestión de proyectos, se han identificado 7 tipos de desperdicios que se presentan frecuentemente.

- **Retrabajos:** colección de errores, se repiten con frecuencia.



Fotografía 13. Retrabajos por falta de planificación (BOTERO, 2017) Fotografía 14. Falta de requerimiento técnico (BOTERO, 2017)

- **Sobreproducción:** Se hace más de lo necesario en el momento y se adelanta a una actividad posterior, dejando grandes cantidades de desperdicio y sobreposición de actividades.



Fotografía 15. Desperdicio por mala ejecución (BOTERO, 2017) Fotografía 16. Desperdicio por sobreproducción (BOTERO, 2017)

- **Inventarios:** Dinero que no circula y no tiene disposición, se traduce en desperdicio.



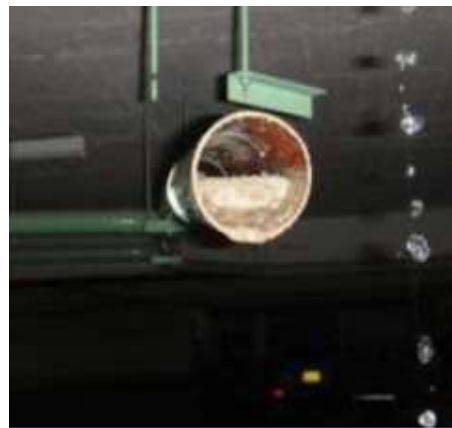
Fotografía 17. Desperdicio por mal transporte (BOTERO, 2017) Fotografía 18. Desperdicio por mal almacenamiento (BOTERO, 2017)

- **Movimiento excesivo:** Transporte y movimiento de elementos que no son necesarios en el momento y lugar. Interrumpen el flujo de otras actividades.



Fotografía 19. Método erróneo de transporte (BOTERO, 2017) Fotografía 20. Herramienta de transporte no apta (BOTERO, 2017)

- **Procesamiento:** Hacer actividades que no se hacen necesarias.



Fotografía 21. Error por falta de revisión (BOTERO, 2017)

Fotografía 22. Problemas en el proceso por falta de control (BOTERO, 2017)

- **Transporte:** El no desarrollo de la logística de transporte, lleva a sobrecostos con la intención de hacer llegar a tiempo el material.



Fotografía 23. Sobrecarga de material (BOTERO, 2017) Fotografía 24. Uso de herramientas de transporte indebidas (BOTERO, 2017)

- **Espera:** Todos los elementos que no están dispuestos cuando son necesarios, genera desperdicio.



Fotografía 25. Espera en actividades de alto riesgo (BOTERO, 2017) Fotografía 26. Trabajadores en espera sin actividad (BOTERO, 2017)

Otros tipos que se pueden concebir como desperdicios tienen que ver con la inspección y control por parte de los interventores y contratistas.

- Los contratistas son las personas encargadas de realizar una actividad determinada en prestación de servicios sobre la obra según un contrato a cambio de una contraprestación.
- Los interventores son personas que llevan un control y vigilancia sobre la obra diferentes al contratante y los contratistas y están regidos sobre lo estipulado en el artículo 53 de la ley 80 de 1993.

2.2.3 OPORTUNIDADES DE IMPLEMENTACION DE LEAN CONSTRUCTION

La implementación de Lean Construction trae grandes ventajas no sólo en términos de reducción de pérdidas, sino que traen varios valores agregados sobre la obra antes, durante y después. Estas ventajas se proyectan en:

- El diseño partiendo desde ideas ya estandarizadas y aplicadas, que, en una etapa inicial, permite una agilización y optimización de los procesos y en un arranque de obra más seguro y controlado; no simplemente en iniciar desde cero.
- En el aspecto logístico, se entiende cuando es necesario realizar la actividad y tener todo lo necesario para realizarla, sin perder tiempos en transporte de materiales a últimos momentos, traducidos en sobrecosto o teniendo inventario de materiales que aún no son necesarios.
- En términos de compras, se produce una estrecha relación entre proveedor-cliente, permitiendo beneficios de calidad y precio.
- La planificación se establece un programa de proyecto estable donde se identifica la ruta crítica, la que es la línea de actividades que se deben prestar mayor atención, porque definen la duración del proyecto.
- Al momento de la construcción se hace un seguimiento preciso de las actividades que se están realizando y como se pueden optimizar, teniendo una visión clara y objetiva del proyecto y saber cuándo es necesario intervenir.

2.2.3.1 ASPECTOS QUE DEMANDAN LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION

Las obras de construcción son grandes actividades que consumen recursos, tiempo, energía, costos, etc. y donde se hace muy común las pérdidas y mal manejo de prácticas de construcción.

Los aspectos por los que se lleva a implementar la metodología surgen de actividades que inciden negativamente sobre los proyectos.

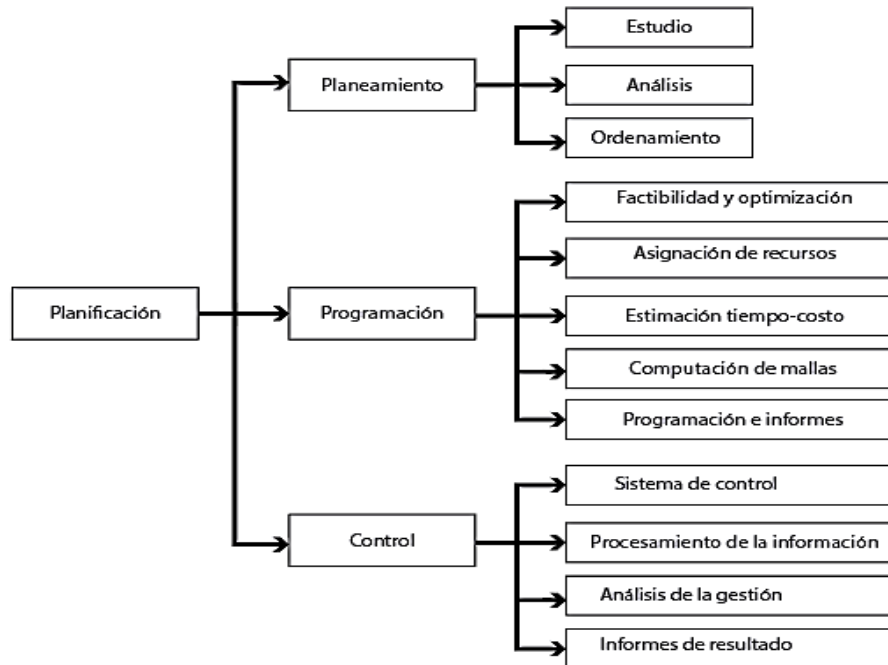
- Errores en los diseños y falta de especificaciones.
- Modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyecto.
- Falta de supervisión de los trabajadores.
- Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo).
- Alta rotación de trabajadores.
- Condiciones deficientes de seguridad industrial que generan altas tasas de accidentes.
- Composición inadecuada de cuadrillas de trabajo.
- Distribución inadecuada de los materiales en obra.
- Falta de materiales requeridos.
- Falta de suministro de equipos y herramientas.
- Lotes con condiciones difíciles para su desarrollo.
- Excesivo control de calidad.
- Clima y condiciones adversas en la obra. (BOTERO & ÁLVAREZ V, 2003)

2.3 LAST PLANNER

Last Planner es una metodología de gestión de proyectos que surge como complemento a la metodología Lean, que tiene como objetivo la reducción de pérdidas en la obra.

La metodología no se basa solo en decidir las actividades a realizar en ciertos periodos de tiempo para empujar así a la producción sobre un calendario definido con anterioridad y que no puede estar sujeto a cambios. Last Planner proyecta una ideología de que el trabajo solo debe continuar si todos los recursos necesarios están disponibles, de manera que no se produzcan retrocesos o sobrecostos en la realización de una actividad.

Otro aspecto que es determinante es en caso de fallos en la programación o la actividad, es necesario identificar el error y tomar acciones correctivas para contrarrestar el error y no volver a cometerlo. (LAST PLANNER, 2014)



Esquema 8. Esquema del Concepto de Planificación (MONTECINO)

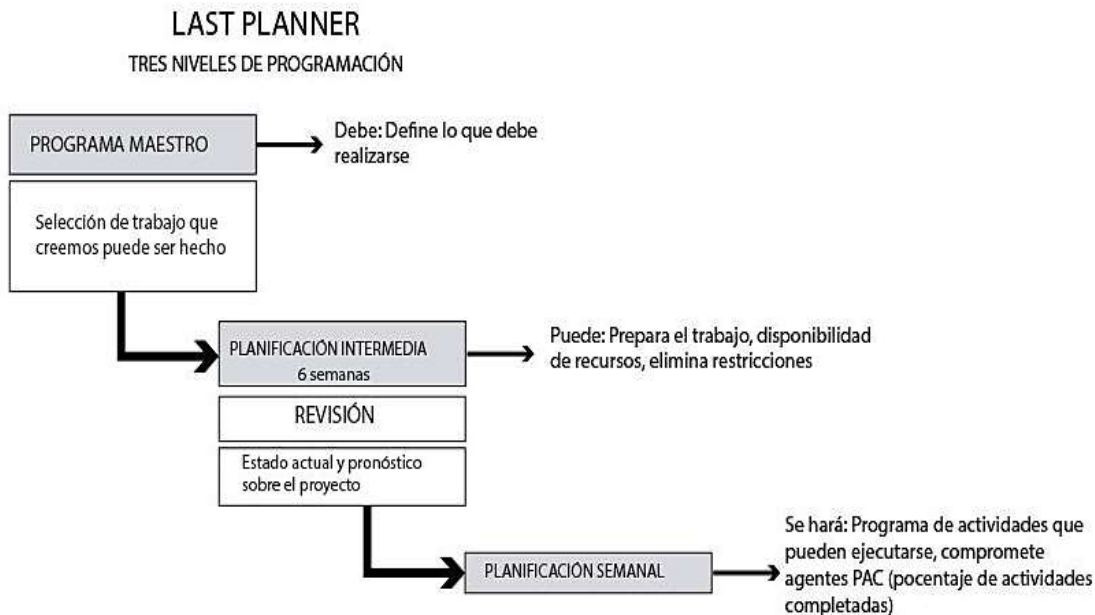
2.3.1 METODOLOGÍA DEL SISTEMA LAST PLANNER

La metodología se proyecta directamente a la gestión dura del proyecto en tres niveles: Programación a largo plazo (Mean Program), llamada también programación general, a medio plazo (Lookahead Program), llamada también programación 6 semanas y programación a corto plazo (Weekly Work Plan), llamada también programación semanal.

Estos niveles de planificación surgen por la necesidad de un plan de pasos para llevar un registro calendario de las actividades a desarrollar semana a semana (varían los tiempos de planificación dependiendo de las modalidades o tipos de proyecto)

2.3.2 LOS TRES NIVELES DE PROGRAMACIÓN

Desde el modelo general donde las actividades son de larga duración y son generales sobre la obra entiéndase de principio a fin, y se van acotando a actividades específicas donde se llega al nivel de detalle a planificación por semanas y días.



Esquema 9. Esquema del Concepto de Revisión (MONTECINO)

2.3.2.1 PLAN MAESTRO O PLAN A LARGO PLAZO (MEAN PROGRAM)

Se entiende y se proyecta como el modelo general de todo el proyecto que se entrega al inicio de la obra. Proporciona un mapa general del flujo y la coordinación de las actividades.

El plan maestro acota desde las actividades iniciales a las finales en la ejecución del proyecto, permitiendo un vistazo general del tiempo estimado para la realización de todo el proyecto. Sobre este plan general se implementa la metodología Last Planner para hacer un recurso de planificación más grueso y con un nivel detalle más aproximado a los procesos que se van a realizar en tiempo real en obra no de una manera tan general y subjetiva.

Desde este método de planificación general, se desprende la programación por fases, que permite subdividir el cronograma de actividades en fases y todos los procesos que entran dentro de ella. Este programa entra a ser un intermedio entre el plan maestro y el plan intermedio, planteando también estrategias que permitirán un desarrollo más preciso de las actividades.

2.3.2.2 PLAN INTERMEDIO (LOOKAHEAD PROGRAM) – 6 semanas

El plan intermedio entra como el segundo nivel de planificación sobre la metodología Last Planner, indicando el flujo de las actividades que se deben realizar en un futuro cercano. Desde este nivel se coordina todos los aspectos relacionados a las actividades próximas,

permitiendo tener todos los recursos a disposición y en funcionamiento cuando son necesarios.

El tiempo pertinente para realizar con un plan intermedio para una actividad en específico, se verá afectada dependiendo de la facilidad de la coordinación y obtención de recursos necesarios para la ejecución de la misma. Por eso se debe hacer un registro y un control de la línea crítica del proyecto y las actividades que pueden tener una mayor flexibilidad en tiempos de ejecución.

Otro factor importante a tener en cuenta es verificar cuales restricciones se tienen sobre la ejecución y planificación temprana de una actividad y que no genere una interrupción sobre otra.

2.3.2.3 PLAN A CORTO PLAZO (WEEKLY WORK PLAN)

El tercer nivel de planificación, es el más específico respecto a que recursos conllevan realizar una actividad. En este punto, ya con una coordinación previa medida con los otros dos niveles de planificación, se tiene una idea clara y precisa de qué se necesita, cuánto tiempo se demora y cómo se hace la actividad.

En este nivel es donde se procede a un nivel de rigurosidad en cuanto a la coordinación de todos los aspectos relacionados a la ejecución exitosa de la actividad.

2.3.3 VALORACIÓN DE LAST PLANNER SOBRE LAS EJECUCIONES EN OBRA.

Last Planner definido como último planificador de obra, permite hacer un rastreo y control preciso de las actividades sobre una obra. Con un modelo general, intermedio y específico pretende aprender y corregir errores que se pueden presentar en la ejecución, siendo flexible y comunicando constantemente a todos los involucrados.

La metodología es una constante retroalimentación en tiempo real de todo lo que respecta a la obra para que a largo y corto plazo se intensifique la optimización de los recursos y reducir las pérdidas. (TIENDA, CERVERÓ ROMERO, & ALARCÓN CÁRDENAS, 2013)



Figura 1. Comparativo del sistema tradicional y Last Planner (Letelier, 2014) (LAGOS).

3 MARCO CONTEXTUAL

3.1 METODOLOGÍAS LEAN EN EL CAMPO DE LA CONSTRUCCIÓN

El campo de la construcción está presentando grandes cambios en el desarrollo y ejecución de los proyectos, gracias a la demanda de procesos mejor coordinados empleando metodologías que reduzcan las pérdidas (económicas, tiempo, recursos y seguridad laboral) y esto se traduzca en obras con menores impactos ambientales.

La multidisciplinariedad de todos los involucrados en el campo de la construcción, que se está dando en la última década, ha permitido que nuevas metodologías se puedan implementar en pro al desarrollo y tecnificación de la industria de la construcción.

Muchos países se han empezado a sumar e involucrarse con estas estrategias sobre la ejecución de proyectos, gracias a incentivos impulsados por los gobiernos, entidades y organizaciones para promover el desarrollo de la industria y entrar a un nivel competitivo con otros campos de la industria y también para generar menores impactos sobre el medio.

3.1.1 CHILE Y ESPAÑA COMO REFERENTES DE IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA LEAN

Los países que se han vuelto pioneros en el desarrollo e implementación de estas metodologías de gestión, por lo general, se han visto en la necesidad por crisis económicas representados, en ciertos periodos de tiempos con condiciones fuertes sobre sus modelos de economía o por razones meramente ambientales donde las condiciones climáticas, contaminación o geográficas, obligan a la implementación de estas metodologías para contrarrestar estos fenómenos que se presentan.

España y Chile, son dos de estos países que sirven como referente en un contexto global cambiante y con grandes niveles de competitividad con la implementación de estas metodologías. La realidad actual de la industria de la construcción se ha mantenido casi estática en términos de maximizar la producción y aumentar los índices de valor. La industria ha cambiado sólo en 1% sobre el 1500% que ha desarrollado los demás campos.

Estos países no ven la implementación de estas metodologías como una opción sino como una necesidad y obligación para tener un cambio considerable respecto a lo que siempre se ha hecho y en el contexto actual no genera valor.

3.1.1.1 INTEGRACIÓN DE MODELOS DE PLANIFICACIÓN DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Surgen intentando cambiar los paradigmas y estados estáticos del campo de la construcción, donde las metodologías tradicionales y con una construcción artesanal, necesita un giro de eventos y sistemas que le permitan un avance considerable. La necesidad de automatizar, tecnificar y digitalizar el campo, no sólo para generar información o datos, reducir costos o simplificar los tiempos, recursos o costos, sino para generar un conocimiento coordinado y multidisciplinar sobre las áreas involucradas.

La dinámica de generar conocimiento, permite desarrollar estrategias constantemente sobre la marcha y anteponerse a posibles problemas. Una metodología de prevención y de aprendizaje logra generar un pensamiento sistémico no sobre la metodología misma sino en los agentes más importantes que son las personas.

La integración de los modelos de gestión de proyectos a las obras de construcción genera una idea de un trabajo coordinado y multidisciplinar, donde los involucrados asumen un rol específico y se hacen responsable de todas las actividades que giran en torno al mismo.

Estos países se dan cuenta de esta metodología de trabajo y todos los beneficios productivos que conllevan una buena implementación. La diferencia entre la construcción tradicional respecto a las nuevas tendencias, cambia los paradigmas y genera un mayor el valor de los proyectos de construcción.

3.1.1.2 SIMPLIFICACIÓN DE PROCESOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

La idea y propósito principal de la gestión de proyectos es eliminar y reducir las actividades que no generan valor y en la medida de que se simplifican los métodos y sistemas para realizar una actividad, hay un incremento en la producción que se traduce en mejores rendimientos y ahorros de tiempo y recursos.

En la ejecución de un proyecto de construcción, el factor más determinante es el tiempo. Las nuevas tendencias tratan de combatir directamente el tiempo para realizar una actividad. España y Chile, hacen referencia a atacar directamente las áreas que componen ruta crítica del proyecto y así sobre estas actividades con un trabajo sistémico y coordinado se puede reducir considerablemente los tiempos de ejecución.

Estos planteamientos de referencia global, han permitido que en Colombia se vengán desarrollando e implementando estas nuevas tendencias de metodologías de gestión de proyectos en pro de la construcción sostenible.

3.2 LA INTEGRACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION Y LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN LA ARQUITECTURA COLOMBIANA

Las metodologías de gestión de proyectos no es un tema nuevo sobre el campo de la construcción. El estado estático y no cambiante de esta industria se debe a la mala idea del propósito real de estas metodologías, que genera imaginarios negativos sobre los verdaderos beneficios que plantea.

En Colombia llegan las metodologías desde las últimas dos décadas, pero toma un valor importante desde los últimos diez años, debido a la necesidad por los problemas climáticos y por temas técnicos donde se generan grandes pérdidas de recursos y se pone en riesgo la vida de las personas. Aparecen tendencias sobre la construcción sostenible y el manejo de BIM (Building Information Modeling) como insignia y representante de estas metodologías.

La construcción sostenible obliga a tomar nuevas medidas y ahí en donde aparece LEAN como una forma de emplear buenas prácticas sobre las obras de construcción. La buena organización sobre proyectos complejos como son las construcciones, demanda una coordinación y control de todos los procesos.

3.2.1 LEAN CONSTRUCTION EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS EN COLOMBIA

Lean Construction llega para mitigar y cambiar las metodologías tradicionales donde hay grandes desperdicios y pérdidas en los sistemas productivos.

Los registros de la implementación actualmente van en aumento y se registran mayores casos donde se haga la utilización de Lean Construction sobre los proyectos. Estos casos son generalmente sobre obras públicas y privadas a cargo de oficinas de diseño y construcción que tienen gran influencia en el mercado de la industria de construcción en Colombia y tienen conexiones y apoyo de iniciativas extranjeras en el país.

Las medianas y pequeñas empresas de construcción son más reacias y el tiempo de adopción al cambio en la forma de construcción es más lento, pero gracias a iniciativas gubernamentales en temas de normativa obligatoria y de beneficios tributarios, ha permitido que hagan parte de estas nuevas tendencias en la industria de la construcción en Colombia.

4 MARCO METODOLÓGICO

El planteamiento para el desarrollo del marco metodológico se hará con base en la revisión del estado del arte y se procederá un registro de casos de construcción de vivienda donde se implemente el proceso de mampostería y visitas a obra para hacer un registro en tiempo real sobre la ejecución del proceso. Se elaborarán cuadros o tablas para recopilar la información en las visitas a las obras y con los datos recopilados tanto en las visitas como el de los casos de estudio se hará el análisis comparativo entre el proceso Lean Construction y la mampostería tradicional.

4.1 DATOS A ANALIZAR DE LOS CASOS DE ESTUDIO Y VISITAS A OBRA

- **Nombre de la obra**
- **Ubicación**
- **Información general**
- **Constructora**
- **Desperdicios**
- **Rendimientos**
- **Metodologías de ejecución**
- **Modulación**
- **Inspección**
- **Datos de visita y casos de estudio**
 - **Suministro**
 - Proveedor
 - Dimensión
 - Color
 - Costos
 - Tolerancia
 - Especificaciones (ensayos, resistencia)
 - **Llegada a la obra**
 - Recepción
 - Descargue
 - Almacenamiento
 - Tolerancia
- **Transporte**
 - Vertical
 - Horizontal
 - (métodos de transporte e instrumentos – forma de embalaje)
- **Ejecución**
 - Modulación
 - Redes (canchar)
 - Pega
 - Elementos no estructurales (columna y vigueta)
 - Herramienta menor
 - Rendimiento (m², cuadrilla)
- **Recibo**
 - Inspección y control
- **Desperdicios**
 - RCDs
 - Transporte

El proceso se medirá por medio de 3 casos de estudio y 2 obras en construcción. Los casos a estudiar serán 2 obras de construcción de vivienda en mampostería ya ejecutadas y una tesis de pregrado donde se midió y registró el seguimiento del proyecto Cámara de Comercio de Medellín en el proceso de mampostería.

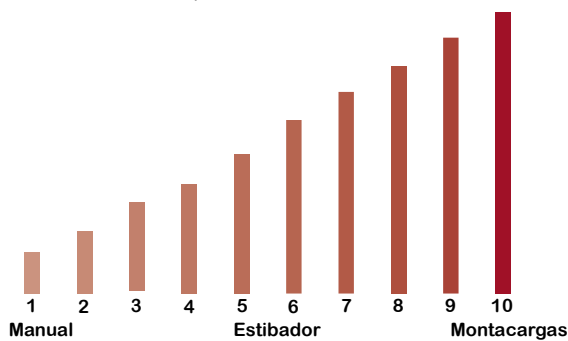
Los datos ayudarán a identificar los modelos de ejecución de la mampostería en obra y como hacer una optimización y buenas prácticas en su ejecución, reduciendo el tiempo, los costos y la cantidad de material necesarios en la realización del proceso.

4.2 METODOLOGÍA PARA LA COMPARACIÓN DE LOS DATOS DEL TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DE LA MAMPOSTERÍA EN LOS CASOS DE ESTUDIO.

Se plantea una medición del transporte horizontal como vertical en términos de efectividad por medio de factores estándares que se pueden presentar al interior de la obra. Los valores son calculados basados en datos estándares revisados en las 4 obras analizadas y los diferentes casos de referencia estudiados.

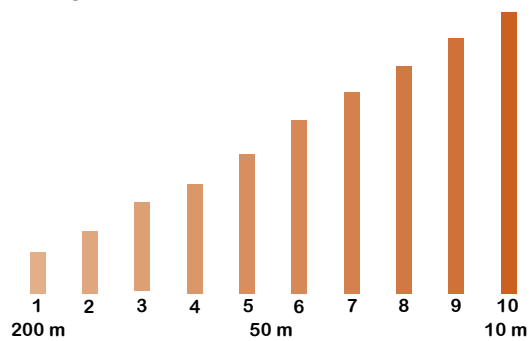
- **Transporte horizontal.**

Método de transporte



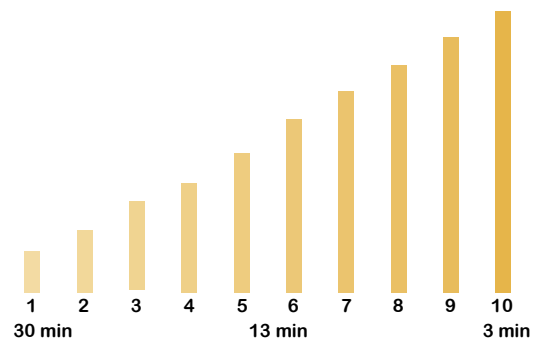
El método de transporte se calcula como el método menos adecuado como el manual, seguido de transporte a coche, carretilla, estibador y montacargas. La efectividad del transporte también será influida en la capacidad y condiciones físicas de la obra

Longitud de recorrido del material



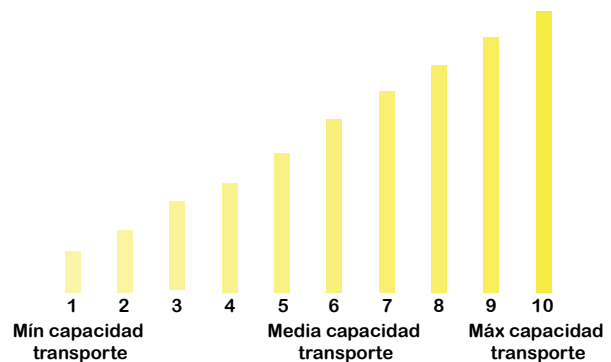
Normalmente en las grandes obras no se hace transportes de material interno de la obra, mayores a los 200 m o inferiores a los 10 m cuadrados desde el punto de acopio a su disposición o máquina de corte. La efectividad será afectada por las condiciones de la ruta por donde se hace el transporte.

Tiempo de transporte



Se calcula un mínimo de tiempo en transporte de 3 minutos y uno máximo de 30 minutos, donde en el calculo se agrega. Tiempo de embalaje, cargue y descargue del material.

Cantidad de material transportado

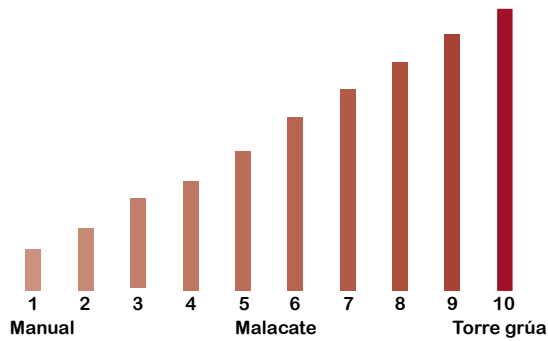


La capacidad del método de transporte, las condiciones físicas del entorno y demás disposiciones que pueden afectar la utilización de la máxima capacidad de transporte.

Gráfica 1. Metodología medición del transporte horizontal.

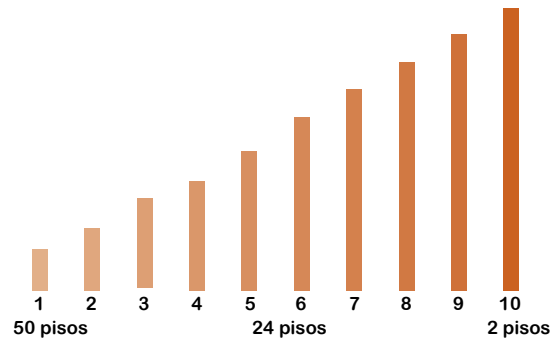
- **Transporte vertical.**

Método de transporte



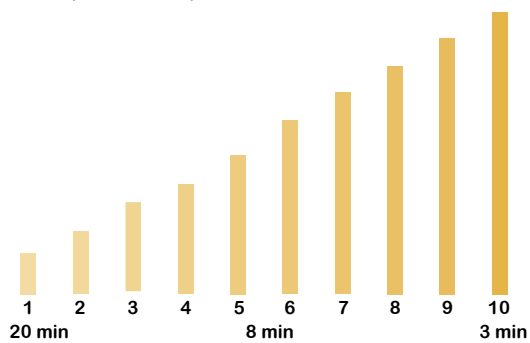
El método de transporte se calcula como el método menos adecuado como el manual, malacate, montacargas, ascensor, grúa, torre grúa. La efectividad del transporte también será influida en la capacidad y condiciones físicas de la obra

Longitud de recorrido del material



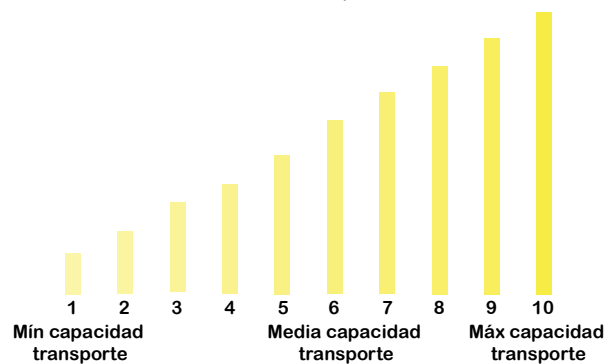
En el contexto de edificaciones colombianas, los edificios no exceden los 50 pisos, por esto se toma esta medida como el máximo, el mínimo es 2, porque es el inicio de edificio que se puede contar en altura.

Tiempo de transporte



Se calcula un mínimo de tiempo en transporte de 3 minutos y uno máximo de 20 minutos, donde en el cálculo se agrega. Tiempo de embalaje, cargue y descargue del material.

Cantidad de material transportado

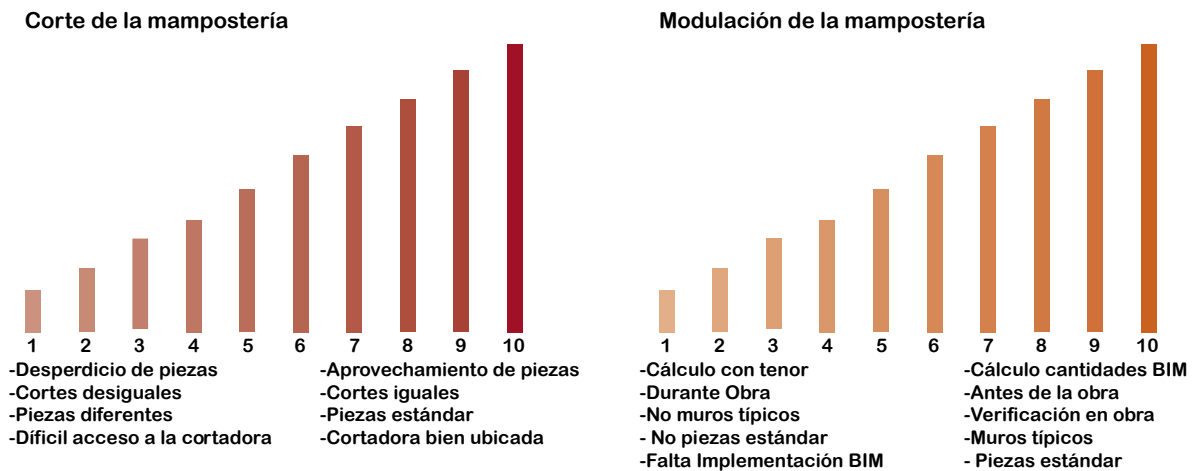


La capacidad del método de transporte, las condiciones físicas del entorno y demás disposiciones que pueden afectar la utilización de la máxima capacidad de transporte.

Gráfica 2. Metodología medición del transporte vertical.

4.3 METODOLOGÍA PARA LA COMPARACIÓN DE LOS DATOS DEL CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA EN LOS CASOS DE ESTUDIO.

Se plantea una medición del corte y modulación de la mampostería al interior de la obra en términos de efectividad respecto a los planteamientos de planificación antes y durante. Los valores son calculados basados en datos estándares revisados en las 4 obras analizadas y los diferentes casos de referencia estudiados.



Gráfica 3. Metodología medición del corte y modulación de la mampostería

5 ETAPA PRÁCTICA

La etapa práctica se realiza bajo el análisis de dos casos de estudio y el seguimiento de dos obras en construcción donde se hará una comparación con los resultados del proceso de mampostería tradicional y la mampostería bajo la metodología Lean Construction. Un caso de estudio y una obra en construcción estarán bajo la mampostería tradicional y el otro caso de estudio y la obra en construcción estarán bajo la metodología Lean Construction para hacer el análisis y comparación entre los dos procesos.

Los casos de estudio contarán con información de cantidades, desperdicios, rendimientos, tiempos, etc., necesarios para hacer un análisis de resultados.

En las obras en construcción se hará necesario un seguimiento de como se está ejecutando el proceso y como se llevan a cabo las mediciones para poder recolectar los datos necesarios para hacer la comparación.

Los casos de estudio son:

- Caso 1. Torre de Vivienda Oceana - Ciudad Fabricato - Constructora Arquitectura y Concreto
Caso de estudio con Lean
- Caso 2. Cámara de Comercio de Medellín - Medellín - Constructora Concreto
Caso de estudio con Lean

Las obras en construcción son:

- Caso 3. Torre de Vivienda Mediterránea - Ciudad Fabricato - Constructora Arquitectura y Concreto
Obra sin Lean
- Caso 4. Torre de vivienda La aldea del sur - La estrella – Constructora Conaltura
Obra sin Lean

5.1 CASO ESTUDIO 1: OCEANA TORRE DE VIVIENDA

Caso de estudio: Obra con Lean Construction

Ubicación: Complejo Ciudad Fabricato, Bello

Constructora: Arquitectura y Concreto



Generalidades:

- Estructura aporticada
- 32 pisos en total: 5 en plataforma
- 158 apartamentos
- Sótano 1 a piso 3
- Piso 4: zonas comunes
- Piso 5 al 29: 6 aptos por piso

LOSA TIPICA	
Área construida por piso m ²	603,1
Fachada m ²	333,51
Interior m ²	757,4

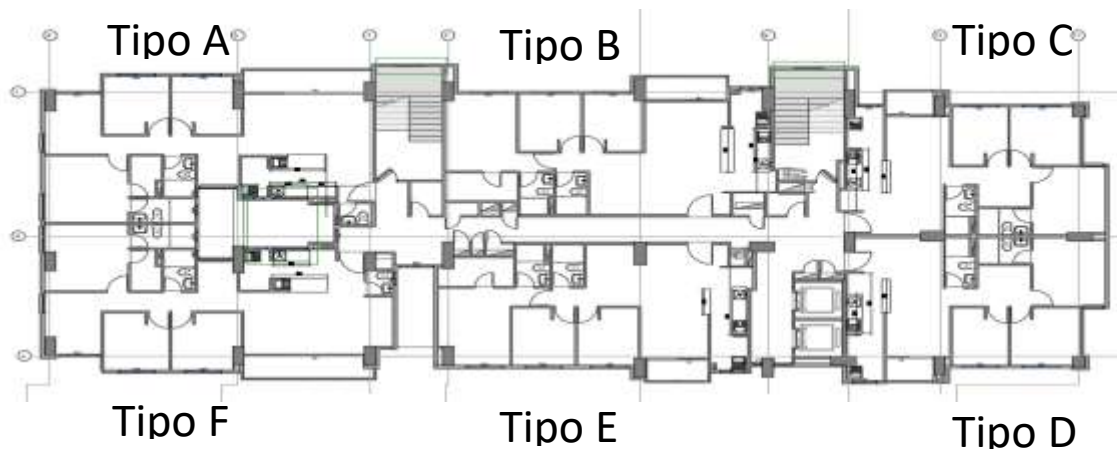
Fotografía 27. Fotografía exterior proyecto Oceana

Piso 30 al 31: 4 aptos por piso
La torre de vivienda está dispuesta sobre una plataforma de parqueaderos y se hace la utilización de dos tipos de mampostería: mampostería de fachada a la vista y mampostería interior sucia.

El proyecto en la ejecución de la mampostería desde la recepción a la disposición final de sus desperdicios trata de hacer un seguimiento teniendo un control y una inspección de los procesos, antes, durante y después tomando como foco el transporte, modulación y corte del material de manera eficiente.

5.1.1 CANTIDADES PROYECTADAS Y EJECUTADAS VS PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE MATERIAL

La planta típica contiene gran cantidad de mampostería. La ejecución del proceso por la gran cantidad de m² de ladrillo, hace que se necesite una gran coordinación para cumplir con los tiempos de programación.



Esquema 10. Planta típica de la torre de vivienda.

Tabla 3. Metros cuadrados totales en ladrillo interior y fachada

TORRE 1			
UBICACIÓN	M ² CONSTRUÍDOS	M ² SUCIO INTERIOR	M ² FACHADA BOCAROMANO
Apto tipo A	98,80	131,82	80,33
Apto tipo B	87,10	175,03	28,30
Apto tipo C	72,40	116,41	42,05
Apto tipo D	73,50	77,88	50,72
Apto tipo E	82,90	129,38	42,96
Apto tipo F	98,60	102,28	49,61
Puntos Fijos	89,70	24,59	39,54
TOTAL PISO	603	757,4	333,51

El porcentaje de desperdicios proyectado no superaba el 8% en ninguno de los casos de la mampostería. A pesar de hacer de buenas prácticas de construcción. Se presenta una gran cantidad de desperdicio en la ejecución de la mampostería. En 4 de los 5 casos el desperdicio es de 4,7% más que el 8% proyectado en lo presupuestado.

Tabla 4. Desperdicio de material

Material	Tenor (un/m ²)	Llegó a Obra (un)	En Patios (un)	Ejecutado (m ²)	Ejecutado (un)	Desperdicio (%)
Bloque 15x20x40	12,5	35.690	6.464	2.075	25.938	12,7%
Bloque 12x20x40	12,5	37.469	2.364	2.487	31.088	12,9%
Bloque de 10x20x40	12,5	148.881	46.680	7.210	90.125	13,4%
Bocaromano 15x6x25 Natural	58	917.691	9.525	14.565	844.770	7,5%
Bocaromano 15x6x25 Pálido	58	566.517	17.665	8.096	469.539	16,9%

5.1.2 PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA Y TIEMPO DE EJECUCIÓN REAL DE LA ACTIVIDAD.

En la programación de obra se proyectan unas fechas iniciales y finales del proceso de mampostería, que en la realidad hay un desfase de tiempo considerable, que retrasa las actividades posteriores a la ejecución de la mampostería. Estos desfases afectan a los tiempos de programación y generan grandes desperdicios adicionales de tiempo, presupuesto y cantidades de material.

Tabla 5 Mampostería Interior

PROGRAMACIÓN			
	INICIO	FIN	DÍAS
T1	22/03/2018	03/11/2018	226
REAL			
	INICIO	FIN	DÍAS
T1	19/04/2018	21/11/2018	216

DIFERENCIA CON PROGRAMACIÓN		DIFERENCIA	
	DÍAS		DÍAS
T1	18	T1	-10

En la mampostería interior hubo un retraso de 18 días en el inicio del proceso de mampostería, que obliga a acelerar la ejecución. Las cuadrillas se aumentan para cumplir con los tiempos de entrega y obliga a la obra a coordinar un mayor número de personas, material y métodos de transporte, que sobrecargan los procesos y generan mayores riesgos e imperfecciones.

Tabla 6. Mampostería exterior

PROGRAMACIÓN			
	INICIO	FIN	DÍAS
T1	11/04/2018	13/11/2018	216
REAL			
	INICIO	FIN	DÍAS
T1	03/05/2018	12/05/2018	216

DIFERENCIA CON PROGRAMACIÓN		DIFERENCIA	
	DÍAS		DÍAS
T1	22	T1	0

En la mampostería de fachada se presentó un retraso de 22 días en el inicio. La ejecución se hace simultáneamente con la mampostería interior y a pesar de ser menor cantidad de m² a ejecutar, la cantidad de piezas es mayor y los controles de seguridad son más rigurosos por su condición de construcción en fachada; esto hace que su realización sea más lenta y genere mayor desperdicio en tiempo y retraso.

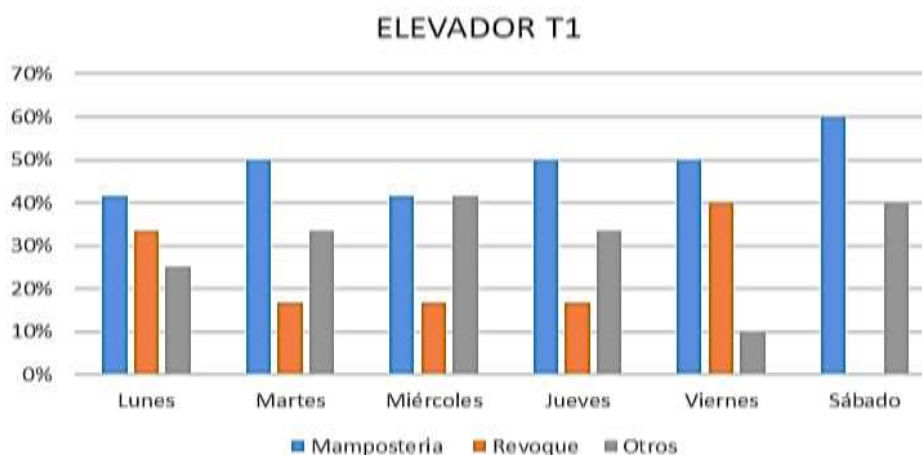
5.1.3 TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DEL MATERIAL PARA LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.

La mampostería utilizaba el 48% del tiempo total del elevador, el revoque el 22% y el resto de las actividades el 30% repartidos en revoque seco, estucos, redes, enchapes y demás.

Tabla 7. Programación actividad de ascensor de transporte de materiales

HORAS DÍA POR ACTIVIDAD						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Mampostería	5	6	5	6	5	3
Revoque	4	2	2	2	4	0
Otros	3	4	5	4	1	2

La mampostería se debe coordinar con anterioridad sobre otras actividades para no generar interrupciones o retrasos en programación, al sólo contar con un medio de transporte vertical para el transporte del material.



Gráfica 4. Porcentaje de utilización del ascensor por las actividades.

Nota: En el análisis de la comparación de los datos de transporte vertical y horizontal utilizados en la *tabla 28 y 29*, se otorgará una calificación cualitativa según el estudio de los casos de estudio y las visitas de obra para así poner en común cuales son las actividades que favorecen o perjudican un buen transporte en la obra.

Tabla 8. Calificación método de transporte T.V. Océana

TRANSPORTE VERTICAL				TRANSPORTE HORIZONTAL			
Método de transporte	Longitud recorrida del material	Tiempo de transporte	Cantidad de material transportado	Método de transporte	Longitud recorrida del material	Tiempo de transporte	Cantidad de material transportado
8	9	9	8	9	2	3	8

5.1.4 RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA DE MAMPOSTERO POR DÍA.

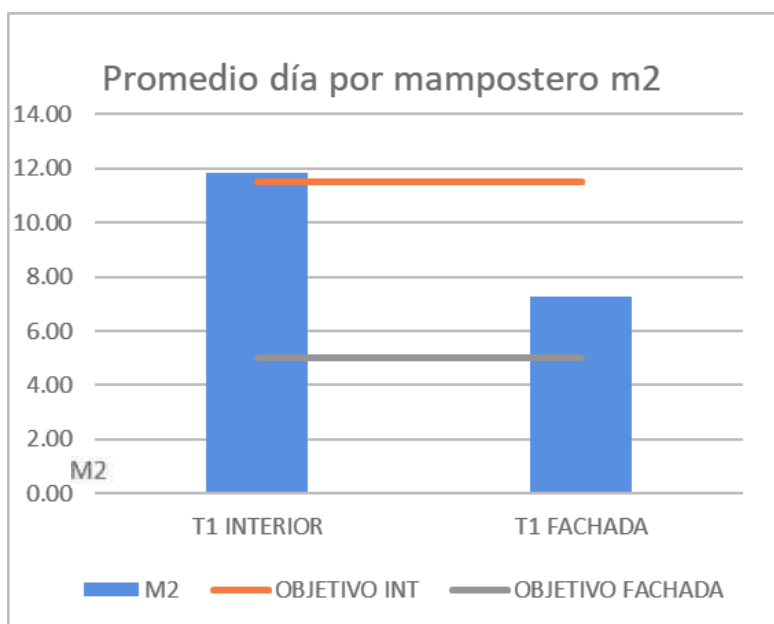
La disposición del material cortado, la mezcla, las redes y la modulación antes de empezar el proceso de mampostería, permite que los rendimientos sean altos en la ejecución de la mampostería, pero no cumplen con los valores proyectados.

Tabla 9. Promedio de rendimiento de mampostería en la torre.

PROMEDIO (m ² / DÍA / MAMPOSTERO) POR TORRE		
	INTERIOR	FACHADA
T1	11,82	7,27

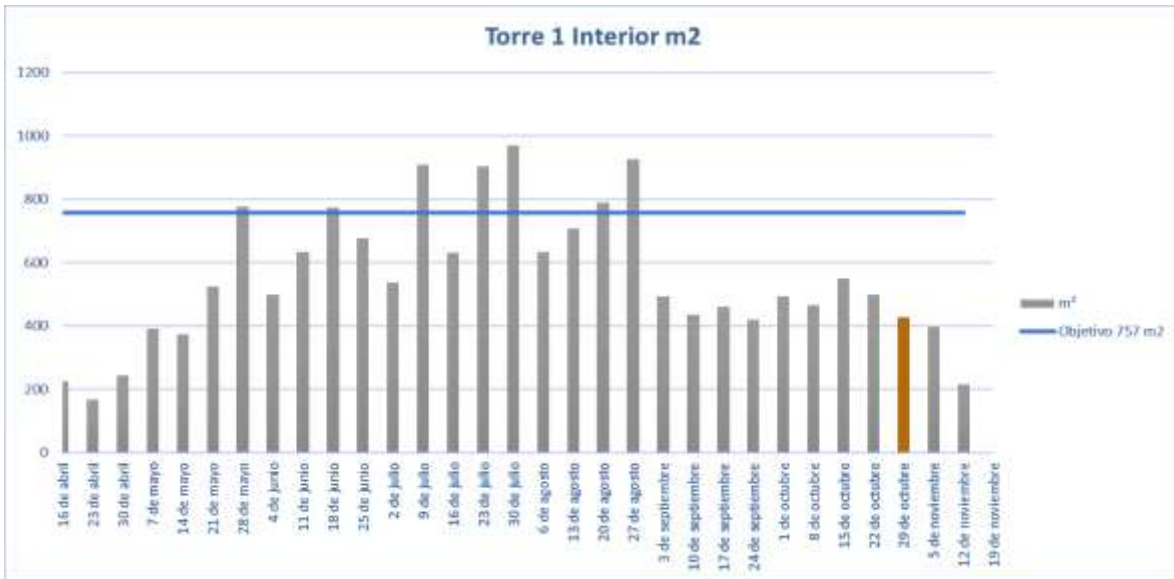
El rendimiento del ladrillo de fachada respecto al ladrillo interior, se hace notorio por la modulación y el tipo de ladrillo, que hace necesario un mayor número de piezas por m².

En la *gráfica 2* se muestra que los rendimientos diarios del mampostero cumplen con las expectativas y los promedios teóricos necesarios para cumplir con los tiempos de programación. Al pasar a los rendimientos semanales como muestra la *gráfica 3*, se evidencia que, a pesar de cumplir con el rendimiento diario, en temas semanales se ven afectados los rendimientos por factores que afectan directa o indirectamente el proceso de la mampostería.



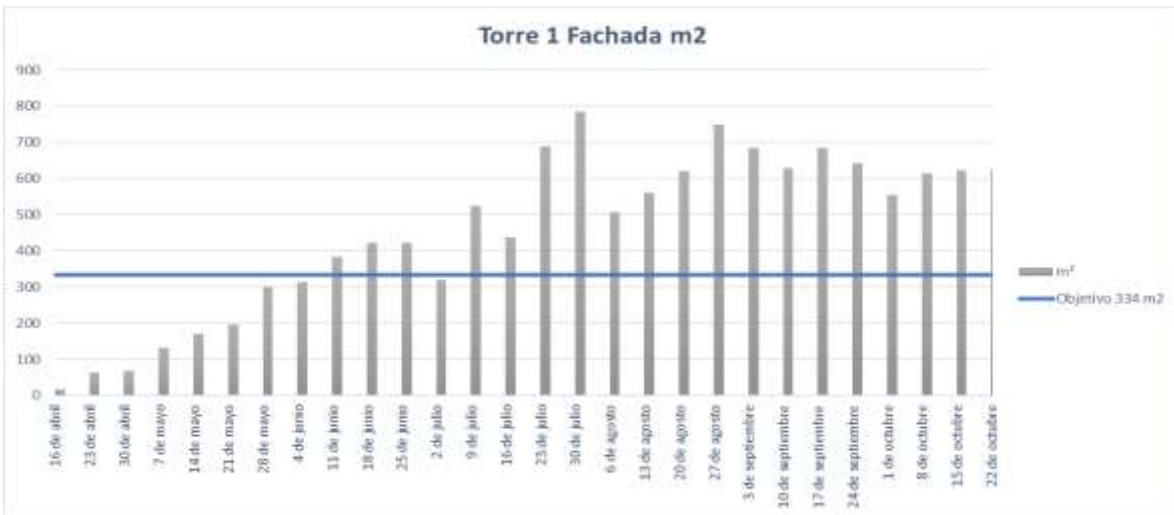
Gráfica 5. Promedio rendimiento de mampostero

Los rendimientos de la mampostería interior no logran cumplir con los objetivos semanales proyectados. Como se muestra en la *gráfica 5*, difícilmente se cumplieron los objetivos de ejecución teniendo grandes retrasos en programación según lo proyecto, lo que afecta y retrasa la realización de otras actividades dependientes de la mampostería.



Gráfica 6. Rendimientos de mampostería interior

A diferencia de la *gráfica 6* que nos muestra unos rendimientos sobre la mampostería de fachada generalmente sobre el objetivo y sobre pasándolo considerablemente. El tener mejores rendimientos permite que se agilicen los tiempos, permitiendo el inicio de actividades dependientes de la mampostería.



Gráfica 7. Rendimiento mampostería exterior

5.1.5 CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.

El proceso de modulación de la mampostería se hace sobre una metodología BIM desde antes del inicio de la ejecución de las actividades de mampostería. En la obra se termina de validar la modulación por medio de la construcción de los muros típicos y así verificar las cantidades de piezas a utilizar y las medidas de las piezas a cortar.

Se trata de estandarizar el tipo de piezas de corte y que no se desperdicien trozos considerables de ladrillo.

CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA	
MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA	CORTE DE LA MAMPOSTERÍA
9	10

Nota: En el análisis de la comparación de los datos de como se hace la modulación y el proceso de corte en la *tabla 32*, se otorgará una calificación cualitativa según el estudio de los casos de estudio y las visitas de obra. Con esto se podrá hacer una puesta en común y mirar cuál metodología es la más apropiada.

5.1.6 COSTOS PROYECTADOS VS EJECUCIÓN DE OBRA

Los costos proyectados en el presupuesto muestran que se esperaba un mayor porcentaje en los materiales respecto a la mano de obra y valor de 0% dispuesto para herramientas y equipo. Estos porcentajes comparados respecto a los porcentajes reales consumidos, muestra que la mano de obra tuvo un 4% más al proyectado, los materiales tuvieron un 5% menos respecto al proyectado y se generó un consumo de 1% en herramientas y equipo que no estaba previsto.



Gráfica 8. Porcentajes de costos proyectados, presupuestos y consumidos

Lo proyectado en el presupuesto respecto al valor real del contrato, tiene una variación de un 5%, mostrando una diferencia con el presupuesto de la obra. Muestra un desperdicio que normalmente se estipula en el presupuesto, pero puede ser un saldo a favor si se mejoran las prácticas en la ejecución de los procesos en la obra.

Tabla 10. Contrato de obra valor proyectado y real

CONTRATO DE OBRA				
	INICIAL	FINAL	DIFERENCIA	VARIACIÓN
T1	\$ 1.060.875.293,30	\$ 1.117.825.470,90	\$ 56.950.177,6	5%

ASPECTOS DE LA OBRA

El caso de estudio de la obra de la Torre de vivienda Oceana, muestra permite identificar errores muy comunes en la ejecución del proceso de mampostería, que pueden afectar considerablemente a lo estipulado tanto en el presupuesto como en la programación, generando desperdicios en tema de cantidades, tiempos y costos.

Por todo esto se hace necesario un mejor análisis y organización previo, durante t después de las actividades para así minimizar desperdicios y maximizar el valor, en un proceso de retroalimentación.

5.2 CASO 2: CÁMARA DE COMERCIO DE MEDELLÍN

Caso de estudio: Obra con Lean Construction

Ubicación: Poblado, Medellín

Constructora: Conconcreto



Fotografía 28. Cámara de Comercio de Medellín. Conconcreto

Generalidades:

- Estructura aporricada
- 7 pisos de oficina en total: 3 en plataforma
- Sótano 5 Niveles
- Piso 1 a 3: zonas comunes
- Piso 4 al 7: oficinas

La Cámara de Comercio es una edificación con uso de oficinas de carácter públicas dónde se plantea un modelo bajo la metodología Lean Construction para la ejecución de os diferentes procesos necesarios para su construcción. En este caso se dará foco a como se reduce los desperdicios sobre las cantidades, costos y tiempos en el proceso de mampostería con la metodología Lean.

El proceso se da sobre un análisis y planificación previa a la construcción y a medida de la ejecución ir retroalimentando el método mejor para la práctica de la mampostería.

5.2.1 CANTIDADES PROYECTADAS Y EJECUTADAS VS PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE MATERIAL

La definición de los tipos de ladrillo o bloques a utilizar y saber las modulaciones y las piezas de corte es indispensable para empezar con un buen cálculo de presupuesto y programación de la actividad de la mampostería para reducir los desperdicios de los tiempos, cantidades y

costos. En la *tabla 11* se muestra que los tiempos de las actividades que no agregan valor al proceso son inusualmente altos, ya que según el histórico de mediciones Lean de Concreto estos tiempos deberían representar alrededor del 7% del tiempo total y en este caso representan el 17%. Los tiempos de actividades de soporte representan el 19% que es lo que según el histórico de la empresa deberían representar. En la *tabla 11* se muestra como si se reducen en un 40% las revisiones de interventoría por muro se puede lograr un ahorro del 6% del tiempo de construcción. Esta recomendación se hizo a los directores del proyecto y se llegó a un acuerdo en el que solo revisan después del anclaje inferior de las dovelas, después del anclaje superior de las dovelas y cuando el muro está finalizado.

Tabla 11. Tiempos de construcción del muro según clasificación de las actividades (ARISTIZABAL G., 2017)

Actividad	Total HH		Tiempo Total Ejecución		Porcentaje
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	
Tiempo de construcción modelo actual	30,87	HH	17,93	Horas	100%
Tiempo productivo	19,73	HH	9,86	Horas	64%
Tiempo soporte	5,83	HH	2,92	Horas	19%
Tiempo sin valor agregado	5,30	HH	5,15	Horas	17%

Tabla 12. Tiempos de construcción del muro con una reducción de 40% del tiempo de revisiones de interventoría (ARISTIZABAL G., 2017)

Actividad	Total HH		Tiempo Total Ejecución		Porcentaje
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	
Tiempo de construcción modelo actual	30,87	HH	17,93	Horas	100%
Tiempo de construcción modelo actual con 40% menos de tiempo de revisiones de interventoría	28,87	HH	15,93	Horas	94%
Ahorro de tiempo con el modelo actual con 40% menos de tiempo de revisiones de interventoría	2,00	HH	2,00	Horas	6%

En el modelo que se plantea a futuro se plantea reducir el tiempo de las actividades con la ayuda de una planificación más rigurosa y una definición de las actividades que maximicen el valor y minimicen los desperdicios.

Para lograr este objetivo se debe asegurar que cuando el mampostero esté listo para iniciar la construcción del muro tenga todos los materiales y recursos necesarios para hacerlo. Esto se traduce en que durante el proceso de construcción no hay tiempos de transporte de material ni de actividades como el corte y la preparación de la mezcla. En la *Tabla 13* se puede observar que, si se logra implementar el modelo futuro correctamente, es posible que se logren ahorros de tiempo de hasta un 19% del tiempo total de construcción de un muro

Tabla 13. Comparación de los tiempos de construcción del muro con el modelo actual y el modelo futuro (ARISTIZABAL G., 2017)

Actividad	Total HH		Tiempo Total Ejecución		Porcentaje
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	
Tiempo de construcción modelo actual	30,87	HH	17,93	Horas	100%
Tiempo de construcción modelo futuro	25,03	HH	15,02	Horas	81%
Ahorro de tiempo con el modelo futuro	5,83	HH	2,92	Horas	19%

El muro típico de la validación es de un área construida de 21,9 m². En la *tabla 13* el rendimiento de la mampostería actual de la Cámara de Comercio y cuáles son los rendimientos esperados con la implementación del modelo y con la reducción de las revisiones de interventoría acordadas. Lo rendimientos se muestra por Horas Hombre (HH) por m² y demuestra que entre menor sea el valor, va a ser mayor la productividad en la ejecución.

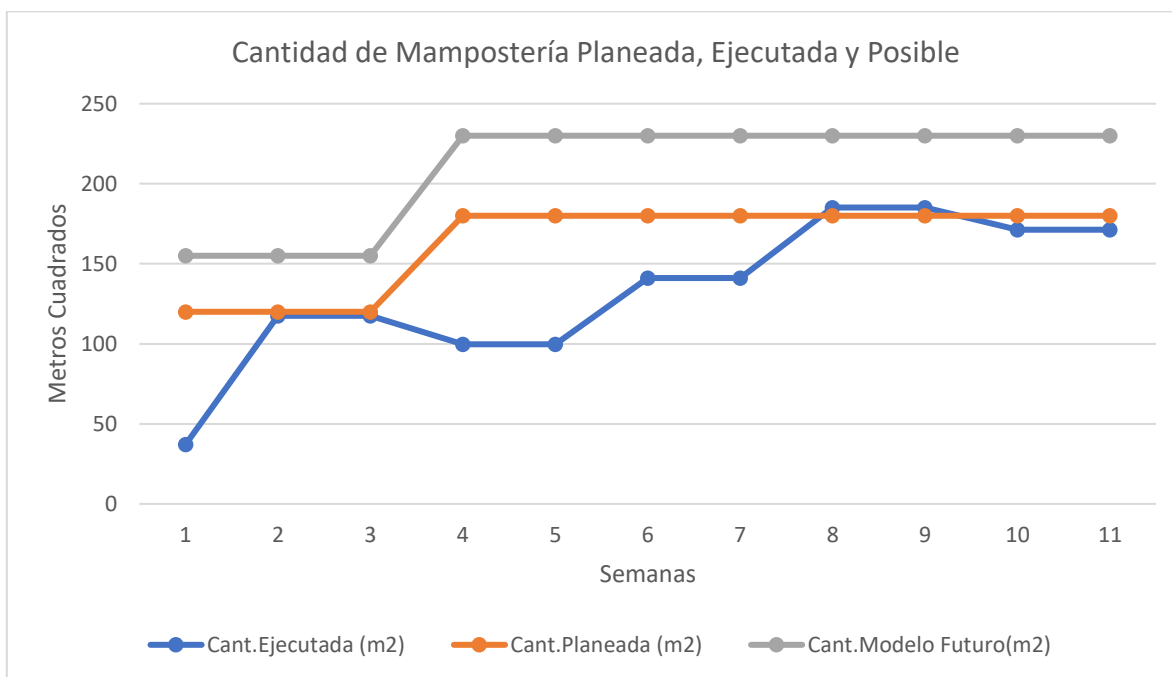
5.2.2 RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA DE MAMPOSTERO POR SEMANA PLANTEADO VS REAL.

Con información suministrada por el proyecto de la cantidad real ejecutada de mampostería según los cortes de avance de obra se calcularon los rendimientos planeados con los reales, para luego compararlos con los de obtenidos en la validación de los modelos de gestión logística. En la *Tabla 14* se puede ver que el rendimiento planeado para la actividad es de 1,47 HH/m², pero en la realidad no se ha logrado este rendimiento. Esto se debe por un lado a la curva de aprendizaje, y a imprevistos que no fueron tenidos en cuenta en el modelo. Según el modelo actual el rendimiento de la mampostería debería ser de 1,47 HH/m² por lo que se puede considerar que el modelo si es un reflejo muy cercano a la realidad en la que en condiciones normales en las que se planea construir el proyecto.

Tabla 14. Cantidades y rendimientos planeados y reales en la Cámara de Comercio (ARISTIZABAL G., 2017)

Semana	Fecha		Personal	Cant.Ejecutada (m ²)	Cant.Planeada (m ²)	Rend. Real (HH/m ²)	Rend.Planeado (HH/m ²)
1	24/07/17	01/08/17	4	37,13	120,00	4,74	1,47
2	01/08/17	07/08/17	4	117,43	120,00	1,50	1,47
3	07/08/17	14/08/17	4	117,43	120,00	1,50	1,47
4	14/08/17	21/08/17	6	99,72	180,00	2,65	1,47
5	21/08/17	28/08/17	6	99,72	180,00	2,65	1,47
6	28/08/17	04/09/17	6	141,19	180,00	1,87	1,47
7	04/09/17	11/09/17	6	141,19	180,00	1,87	1,47
8	11/09/17	18/09/17	6	185,14	180,00	1,43	1,47
9	18/09/17	25/09/17	6	185,14	180,00	1,43	1,47
10	25/09/17	02/10/17	6	171,36	180,00	1,54	1,47
11	02/10/17	09/10/17	6	171,36	180,00	1,54	1,47
PROMEDIO			5,45	133,34	163,63	2,07	1,47

Los promedios entre el rendimiento real y el planeado respecto a las cantidades ejecutadas y planeadas, muestra que solo un aproximado 2 de 11 veces se logró la meta a lo que se debía llegar según el cálculo teórico.



Gráfica 9. Comparación de las cantidades planeadas, ejecutadas y posibles en la Cámara de Comercio

En la gráfica se muestra que sólo en 1 momento se logra el rendimiento planteado (semanas 8 y 9) y en un segundo momento donde casi se logra el rendimiento (semanas 2 y 3). Pero respecto a la línea amarilla que es la que se espera lograr con un modelo futuro, todavía falta mejoras en el proceso para alcanzar la meta esperada.

5.2.3 TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DEL MATERIAL PARA LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.

La *tabla 15* muestra el ciclo de transporte y corte de piezas para un muro de mampostería típico en la obra.

Tabla 15. Ciclo de construcción de un muro típico de limpieza en la Cámara de Comercio

Actividad	Rendimiento		Cantidad Ejecutada		Total HH		Tiempo Total Ejecución		Tipo de Actividad
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	
Transporte del bloque a la cortadora			31	bloques					
	0,0005	HH/ud*m			0,31	HH	0,16	Horas	Soporte
			20	m					
Transporte de cortes al muro			31	cortes					
	0,0005	HH/ud*m	45	m	0,7	HH	0,35	Horas	Soporte
			132	bloques					
Transporte de bloques al muro			30	m	1,98	HH	0,99	Horas	Soporte
	0,0005	HH/ud*m							
			119	bloques					
Transporte de bloques al muro			30	m	1,79	HH	0,89	Horas	Soporte
	0,0005	HH/ud*m							

Nota: Datos correspondientes a la calificación del transporte del caso de estudio de la Cámara de comercio que serán utilizados *tabla 28 y 29*.

Tabla 16. Calificación método de transporte Cámara de Comercio de Medellín.

TRANSPORTE VERTICAL				TRANSPORTE HORIZONTAL			
Método de transporte	Longitud recorrida del material	Tiempo de transporte	Cantidad de material transportado	Método de transporte	Longitud recorrida del material	Tiempo de transporte	Cantidad de material transportado
6	5	5	3	8	7	6	7

5.2.4 CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.

El proceso de modulación de la mampostería se hace sobre una metodología BIM desde antes del inicio de la ejecución de las actividades de mampostería. En la obra se termina de validar la modulación por medio de la construcción de los muros típicos y así verificar las cantidades de piezas a utilizar y las medidas de las piezas a cortar.

Se trata de estandarizar el tipo de piezas de corte y que no se desperdicien trozos considerables de ladrillo.

CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA	
MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA	CORTE DE LA MAMPOSTERÍA
9	9

Nota: En el análisis de la comparación de los datos de rendimientos utilizados en la *tabla 30 y 31*, se otorgará una calificación cualitativa según el estudio de los casos de estudio y las visitas de obra para así poner en común cuales son las actividades que favorecen o perjudican un buen transporte en la obra.

En la *tabla 17* se muestra un chequeo rápido en sitio de como supervisar el espacio de trabajo para el chequeo de la mampostería.

Tabla 17. Lista de chequeo para iniciar la mampostería en una obra

ACTIVIDAD		Antes	Durante	Después	Observaciones	Hito
Mampostería General						
1	Adecuar el lugar de almacenamiento del bloque	X				X
2	Centro de corte	X				X
3	Centro de mezcla	X				X
4	Andamios	X				X
5	Obtener el permiso de trabajo en altura quienes lo necesiten	X				
6	Llegada del material		X		Entregas programadas	
7	Equipos y herramientas	X			Estibador, canasta torre grúa, coche transporte vertical	
8	Modulación de muros en BIMOS	X				
9	Revisar interferencias antes de iniciar el muro	X			Instalación de redes, canchar pilas, etc.	
10	Definir cuadrillas para alcanzar metas	X				
Muro Específico						
11	Quitar retaque de la losa de ese piso y limpieza del espacio de trabajo	X				X
12	Recalculo de cuadrillas	X			Revisar avance planeado y real para recalcular trabajadores	
13	Tener agua y energía suficiente	X				
14	Preparar el KIT de cada muro	X				
15	Revisión de Interventoría		X	X		X
16	Limpiar y entregar el espacio limpio			X		

ASPECTOS DE LA OBRA

La Cámara de Comercio es un ejemplo correcto de implementación de la metodología Lean Construction apoyada con un modelo de gestión de la obra como lo es Last Planner, que permite hacer un proceso de aprendizaje que ayude a maximizar el valor y minimizar las pérdidas de una manera considerable.

Dentro del mismo se plantean nuevas estrategias para mejorar los modelos planteados a un modelo futuro que supere y maximice los procesos. A pesar de que el modelo actual respecto a los modelos tradicionales está bien, se puede pensar en mejores estrategias de ejecución en la mampostería.

5.3 CASO 3: MEDITERRÁNEA TORRE DE VIVIENDA CIUDAD FABRICATO/ ARQUITECTURA Y CONCRETO – OBRA SIN LEAN

Caso de estudio: Obra sin Lean Construction

Ubicación: Ciudad Fabricato, Medellín

Constructora: Arquitectura y Concreto



Fotografía 29. Torre de vivienda mediterránea

Generalidades:

- Estructura de pantallas de concreto
- 2 pisos de vivienda y 3 de zonas comunes. En plataforma
- Sótano 2 Niveles
- Piso 1 a 3: zonas comunes
- Piso 4 al 5: Vivienda
- 27 pisos de vivienda en piso típicos

La torre de vivienda es con un uso exclusivo de vivienda que en su gran mayoría de divisiones están dispuestos por la estructura en pantallas en concreto y una porción más pequeña de muros en bloque de concreto y ladrillo de arcilla.

5.3.1 CANTIDADES PROYECTADAS Y EJECUTADAS VS PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE MATERIAL

La *tabla 18* muestra cuáles son las cantidades calculados hasta la fecha (noviembre de 2019), que llegaron a la obra respecto a lo proyectado en el presupuesto. Por la condición del difícil manejo del transporte y el reducido espacio para el almacenamiento del material, hace difícil el desperdicio de material y el transporte.

Los desperdicios que se muestran, son en gran medida a causa de las piezas de corte, el material del ladrillo, el almacenamiento y los múltiples transportes en su destino final.

Tabla 18. Cantidad de desperdicios respecto a lo proyectado y lo ejecutado

TIPO LADRILLO	M2	UND PROYECTADO	TENOR	M2	UND EJECUTADO	DESPERDICIO
Lad. 10x20x40 V. BLOQUE	4197,94	52474,25	12,5	4772	59650	13,7%
Lad. 12x20x40 V. BLOQUE	956,83	11960,375	12,5	1051	13137,5	9,8%
Lad. 15x20x40 V. BLOQUE	12,02	150,25	12,5	13,3	166,25	10,6%
Lad. 6x12x24 FACHADA	1644,98	41124,5	25	1815	22687,5	10,3%

Una práctica correcta en el proceso, es la disposición de la cortadora dispuesta en altura, donde permite que las piezas cortadas puedan ser más fáciles de transportar a medida que los pisos inferiores van terminando con su ejecución del proceso. Va subiendo en altura y permite la reducción en los tiempos de transporte y un almacenamiento del material necesario en cada nivel.

5.3.2 PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA Y TIEMPO DE EJECUCIÓN REAL DE LA ACTIVIDAD.

La obra al estar en estado de construcción, sólo se puede hacer un cálculo de los tiempos de ejecución esperados en la programación y actualmente cuanto se ha ejecutado. El índice de material de construcción ejecutado y desperdicios, permite dar una especulación de que hay retrasos sobre la programación y que la obra está teniendo pérdidas considerables en el proceso de mampostería.

5.3.3 TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DEL MATERIAL PARA LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.

El espacio donde llega el material es el único con el que se cuenta para almacenarlo, por la interrupción de la construcción de otras edificaciones, hace que el transporte sea en largas distancias.

En cuanto al transporte horizontal, se hace por medio de montacargas y su desplazamiento está en una distancia aproximada de 150 m, desde su punto de almacenamiento. Esto hace

que se pierda tiempo en transporte horizontal y aumente los costos con el desplazamiento del material, que también expone a que haya pérdidas por daños en el material.

El transporte vertical en la obra para el material de construcción para el proceso de mampostería se hace por medio de un malacate con capacidad de 800kg donde su uso está destinado solo para mampostería, material granulado y otros materiales de pequeño tamaño.

Esto hace necesario coordinar los tiempos y las cantidades a mover antes, durante y después, en tiempos aproximados de un día para no tener interrupciones y generar retrasos en la cadena de ejecución de la mampostería.

Nota: Datos correspondientes a la calificación del transporte de la obra *T.V. Mediterránea* que serán utilizados *tabla 28 y 29*.

Tabla 19. Calificación método de transporte Cámara de Comercio de Medellín.

TRANSPORTE VERTICAL				TRANSPORTE HORIZONTAL			
Método de transporte	Longitud recorrida del material	Tiempo de transporte	Cantidad de material transportado	Método de transporte	Longitud recorrida del material	Tiempo de transporte	Cantidad de material transportado
9	8	7	7	6	1	2	8

5.3.4 MEDICIÓN GENERAL DEL PROCESO DE MAMPOSTERÍA EN OBRA.

En la *tabla 20* se muestra una recolección de datos sobre la obra en construcción y como es el trabajo en tiempo real del proceso de mampostería. Esto permite conocer de manera cualitativa si se hacen buenas prácticas durante el proceso de obra.

Tabla 20. Evaluación de procesos generales de la obra.

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN - LISTA DE CHEQUEO				VERSIÓN # 1
OBRA EN CONSTRUCCIÓN	X	NOMBRE DEL PROYECTO	MEDITERRÁNEA	# DE FICHA
CONSTRUCTORA	ARQUITECTURA Y CONCRETO	UBICACIÓN	CIUDAD FABRICATO BELLO	
INFORMACIÓN GENERAL				
PROVEEDOR LADRILLO	LADRILLERA SAN CRISTOBAL			
LLEGADA A LA OBRA				
RECEPCIÓN	Los ladrillos llegan estibados y empaquetados a la obra. Tienen su punto de acopio			
DESCARGUE	Los ladrillos son descargados con un carro grúa por la misma ladrillera			
ALMACENAMIENTO	Los ladrillos están dispuestos en el lugar donde se descargan			

TRANSPORTE					
VERTICAL			HORIZONTAL		
EMBALAJE	MÉTODOS DE TRANSPORTE		EMBALAJE	MÉTODOS DE TRANSPORTE	
Los ladrillos se transportan en una carretilla	MALACATE	800kg	Al tener la cortadora en los pisos del avance de obra, los ladrillos se transportan manualmente	ESTIBADOR	
	GRÚA			CARRETILLA	
	PLUMA			COCHE	
	BAN. TRANS.			MANUAL	x
EJECUCIÓN					
MODULACIÓN	Se modula antes desde BIM para sacar cantidades previas, después se checan en la primera tipología de apartamento para comprobar piezas				
REDES	Al ser ladrillos con perforación vertical, las redes se ponen antes de la mampostería y por el corte de las piezas no es necesario canchar				
PEGA	La pega está hecha por mezcladora para garantizar resistencias y se dispone a los mamposteros				
ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	Las dovelas se fijan desde la losa superior a la inferior y se hace un relleno de concreto				
HERRAMIENTA MENOR	La herramienta más óptima para realizar el proceso está suministrada por la obra				
RENDIMIENTO	Los rendimientos de los trabajadores sobre el proceso, es eficiente al no tener que cortar los elementos ni preparar la mezcla, ni tener que hacer ningún tipo de transporte de material				
RECIBO					
INSPECCIÓN			CONTROL		
Se hace una inspección con muretes de prueba para verificar las fallas. Las SISO, los residentes, contratistas e interventores hacen constante inspección del proceso			La revisión y control del proceso se hace desde la recepción del material hasta la disposición final de los desperdicios		
DESPERDICIOS					
RCDs			TRANSPORTE		
Se hace separación de los residuos. Las SISO de la obra se encargan del control y limpieza del espacio de trabajo. Hay un ducto de basura donde se tiran los desperdicios de ladrillo y los demás materiales como las maderas, hierros, plásticos, etc, son organizados y separados por costales.			El transporte del ladrillo se hace por medio del ducto a unos contenedores, los demás que están en costales, son llevados a los depósitos de desperdicios. Diferentes empresas se llevan los desperdicios.		

La *tabla 21* muestra una planilla de chequeo en obra de como se hace el tratamiento general del proceso de mampostería en obra. Esto ayuda a valorar en tiempo real y con una mirada cualitativa, como se lleva a cabo la ejecución de la mampostería.

Identificar oportunidades o problemas ayuda a tener una retroalimentación para implementar nuevas estrategias que ayuden a maximizar el valor y, por ende, ayudar a minimizar los desperdicios.

Tabla 21. Seguimiento general de mampostería.

LISTA DE CHEQUEO				
Ítem	Variables/indicadores	Cumple		Observaciones
		Si	No	
1.	Alista y protege áreas a intervenir.	X		Debidos instrumentos y elementos de protección
2.	Alista las herramientas y equipos a utilizar.	X		Las herramientas y equipos siempre están puestos para la actividad
3.	Nivela y aploma codales para tener referencias de alturas y alineación.			No estaban en el proceso de revisión de revoques
4.	Realiza operaciones matemáticas para la colocación de los hilos guía.	X		Los hilos y las marcas se establecen desde la primera tipología al ser plantas típicas
5.	Realiza operaciones básicas de matemáticas y geometría según requerimientos técnicos.	X		Se lleva un control milimétrico de las operaciones
6.	Modula las piezas de mampostería según el formato a utilizar.	X		Se modula y se cortan las piezas con equipo y mano de obra calificada
7.	Aplica la cantidad necesaria de mortero para la pega del mampuesto	X		Se hace la utilización de la pega requerida
8.	Verifica la verticalidad del muro con la plomada.	X		En el control y revisión del muro se revisa la verticalidad
9.	Verifica la horizontalidad del muro con el nivel de gota.	X		Se revisa un buen control de muro cada hilera
10.	Sigue proceso constructivo para la ejecución de muros en mampostería.	X		Se lleva controles precisos en la construcción
11.	Utiliza adecuadamente los E.P. P	X		Los SISO hacen un control y revisión de los procesos seguros

En el seguimiento en el muro específico de la *tabla 22* del muro en mampostería y como se puede hacer un seguimiento rápido y específico para llevar el control e inspección del muro y así evitar fallos en actividades previas o que se realizan durante la ejecución de la mampostería.

Tabla 22. Seguimiento específico muros en mampostería

ACTIVIDAD		Antes	Durante	Después	Observaciones	Hito
Mampostería General						
1	Adecuar el lugar de almacenamiento del bloque		X		Al llegar el ladrillo se organiza su ubicación de almacenamiento	
2	Centro de corte	X	X		Cortadora de ladrillo que se adecua cada 2 pisos a medida que la obra avanza	
3	Centro de mezcla	X	X		Mezcla con equipo y mano de obra calificada para garantizar resistencias y homogeneidad	
4	Andamios	X	X			
5	Obtener el permiso de trabajo en altura quienes lo necesiten	X				
6	Llegada del material	X	X			
7	Equipos y herramientas	X	X	X		
8	Modulación de muros en BIMOS	X	X	X		
9	Revisar interferencias antes de iniciar el muro	X	X	X		
10	Definir cuadrillas para alcanzar metas	X	X	X		
Muro Específico						
11	Quitar retaque de la losa de ese piso y limpieza del espacio de trabajo	X	X			
12	Recalculo de cuadrillas		X	X	Según los tiempos de programación vs ejecutado se recalculan las cuadrillas para cumplir con los tiempos	X
13	Tener agua y energía suficiente	X	X	X		
14	Preparar el KIT de cada muro	X	X		Herramienta de preparación para la actividad, para la ejecución y para la limpieza y entrega	
15	Revisión de Interventoría	X	X	X	Seguimiento riguroso de los procesos con aprendizaje con retroalimentación	
16	Limpiar y entregare el espacio limpio	X	X	X	Los SISO llevan inspección y control en los procesos	

5.3.5 CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.

El proceso de modulación de la mampostería se hace sobre una metodología BIM desde antes del inicio de la ejecución de las actividades de mampostería. En la obra se termina de validar la modulación por medio de la construcción de los muros típicos y así verificar las cantidades de piezas a utilizar y las medidas de las piezas a cortar.

Se trata de estandarizar el tipo de piezas de corte y que no se desperdicien trozos considerables de ladrillo.

CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA	
MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA	CORTE DE LA MAMPOSTERÍA
9	9

Nota: En el análisis de la comparación de los datos de rendimientos utilizados en la *tabla 30 y 31*, se otorgará una calificación cualitativa según el estudio de los casos de estudio y las visitas de obra para así poner en común cuales son las actividades que favorecen o perjudican un buen transporte en la obra.

5.4 CASO 4: ALDEA DEL SUR - TORRE DE VIVIENDA LA ESTRELLA – OBRA SIN LEAN

Caso de estudio: Obra sin Lean Construction

Ubicación: La estrella

Constructora: Conaltura



Fotografía 30. Torre de vivienda Aldea del Sur

Generalidades:

- Estructura aporticada
- 3 pisos de edificio de parqueaderos independiente
- 20 pisos de vivienda

La obra es una torre exclusiva de vivienda con una estructura aporticada de columnas de concreto y vigas, y las divisiones interiores se hacen por medio de muros en ladrillo de diferentes tipos y dimensiones. También cuenta con un edificio de parqueaderos anexo a la torre de vivienda que también cuenta con un tratamiento de fachada con ladrillo a la vista.

5.4.1 CANTIDADES PROYECTADAS Y EJECUTADAS VS PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE MATERIAL

Los datos tomados de la obra en construcción son parciales hasta la fecha de seguimiento y visita (noviembre de 2019) lo que permitirá identificar como se está llevado a cabo el proceso

de ejecución en mampostería y poder identificar que actividades generan valor o, por el contrario, maximizan los desperdicios.

En la *tabla 23* se muestra las cantidades de mampostería proyectadas en la obra, respecto a lo que hasta el momento ha sido inventariado y ha llegado a la obra. Esto nos ayuda a identificar un porcentaje de desperdicios que muestra fallas y problemas en el proceso de ejecución. Los porcentajes muestran que el desperdicio respecto a los pocos metros cuadrados ejecutados, se debe a una falta de modulación previa de los muros en cada una de las tipologías, para optimizar el número de piezas cortadas de ladrillo. Las piezas sobrantes directamente son consideradas desperdicio ya que sus medidas no corresponden, ni pueden ser utilizadas en la construcción de otros muros dentro de la obra.

Tabla 23. Cantidad de desperdicios respecto a lo proyectado y lo ejecutado

Material	Tenor (Und/m2)	Llegó a Obra (Und)	En Patios (Und)	Ejecutado (m2)	Ejecutado (Und)	Desperdicio (%)
Ladrillo H Rayado 10x20x40	6,5	9.720	3.193	912	5.927	10,1%
Ladrillo V Rayado 10x20x40	6,5	15.570	8.330	988	6.421	12,8%
Ladrillo H Liso 10x20x40	6,5	6.540	1.648	657	4.272	14,5%
Ladrillo V Liso 10x20x40	6,5	9.402	3.209	839	5.455	13,5%
Castellano H 12x13x30	12,5	14.015	5.052	633	7.917	13,2%
Castellano V 12x13x30	12,5	15.720	5.339	713	8.908	16,5%

Una forma para mejorar y disminuir los desperdicios de material, es hacer una buena modulación de los muros y estandarizar algunas piezas de corte para varios muros, y así disminuir considerablemente el porcentaje de desperdicio en la obra.

En tema de instalaciones interiores en los muros, se plantean muros mixtos con ladrillos con perforación vertical y horizontal, que permite el paso de la tubería y cableado de una manera más sencilla y reduciendo las canchas en los ladrillos, siendo esta una actividad que genera grandes pérdidas de ladrillo.

5.4.2 TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DEL MATERIAL PARA LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.

La obra está dispuesta en un lote reducido donde se hace complejo la interacción entre actividades, por eso se hace necesario almacenar y disponer los materiales en un punto cercano al montacargas, que es el único medio mecánico diferente a la torre grúa para el transporte del ladrillo, material granulado y piezas de construcción de pequeña escala, hacia los niveles superiores.

La cortadora está dispuesta en el primer nivel a unos cuantos metros del acopio del material de mampostería y el montacarga, que permite una facilidad a la hora del transporte vertical y horizontal, siendo una buena práctica de la distribución y transporte.

Nota: Datos correspondientes a la calificación del transporte de la obra *T.V. Aldea del sur* que serán utilizados *tabla 28 y 29*.

Tabla 24. Calificación método de transporte T.V. Aldea del sur.

TRANSPORTE VERTICAL				TRANSPORTE HORIZONTAL			
Método de transporte	Longitud recorrida del material	Tiempo de transporte	Cantidad de material transportado	Método de transporte	Longitud recorrida del material	Tiempo de transporte	Cantidad de material transportado
9	10	10	10	5	10	10	2

5.4.3 PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA Y TIEMPO DE EJECUCIÓN REAL DE LA ACTIVIDAD.

La obra al estar en estado de construcción, sólo se puede hacer un cálculo de los tiempos de ejecución esperados en la programación y actualmente cuanto se ha ejecutado. El índice de material de construcción ejecutado y desperdicios, permite dar una especulación de que hay retrasos sobre la programación y que la obra está teniendo pérdidas considerables en el proceso de mampostería.

5.4.4 MEDICIÓN GENERAL DEL PROCESO DE MAMPOSTERÍA EN OBRA.

En la *tabla 25* se muestra una recolección de datos sobre la obra en construcción y como es el trabajo en tiempo real del proceso de mampostería. Esto permite conocer de manera cualitativa si se hacen buenas prácticas durante el proceso de obra.

Tabla 25. Evaluación de procesos generales de la obra.

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN - LISTA DE CHEQUEO				VERSIÓN # 1
OBRA EN CONSTRUCCIÓN	X	NOMBRE DEL PROYECTO	ALDEA DEL SUR	# DE FICHA
CONSTRUCTORA	CONALTURA	UBICACIÓN	LA ESTRELLA	
INFORMACIÓN GENERAL				
PROVEEDOR LADRILLO	LADRILLERA SAN CRISTOBAL			
LLEGADA A LA OBRA				
RECEPCIÓN	Los ladrillos llegan estibados y empaquetados a la obra. Tienen su punto de acopio. Cada 3 días llega nuevo cargamento de ladrillo porque el espacio de almacenamiento es reducido para traer grandes cantidades.			
DESCARGUE	Los ladrillos son descargados con un carro grúa por la misma ladrillera			
ALMACENAMIENTO	Los ladrillos están dispuestos en el lugar donde se descargan			
TRANSPORTE				

VERTICAL			HORIZONTAL		
EMBALAJE	MÉTODOS DE TRANSPORTE		EMBALAJE	MÉTODOS DE TRANSPORTE	
Los ladrillos enteros se organizan en carretillas, que luego se suben en el Montacargas para su posterior distribución en las plantas	MALACATE		El acopio está cerca a su lugar de corte, entonces su transporte se hace con coches y carretillas por obreros	ESTIBADOR	
	GRÚA			CARRETILLA	X
	PLUMA			COCHE	X
	MONTACARGA	2 TON		MANUAL	
EJECUCIÓN					
MODULACIÓN	Se hace el cálculo de las unidades y m ² por medio de tenores, se hace una modulación previa especulativa de cuántos y que medidas van a tener las piezas. En obra se corrigen				
REDES	Con el sistema mixto de ladrillos con perforación vertical y horizontal permite facilidad de ir poniendo las redes al tiempo con la construcción del muro.				
PEGA	La pega está hecha por mezcladora para garantizar resistencias y se dispone a los mamposteros				
ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	Las dovelas son continuas desde el primer piso hasta el último nivel, traspasando la losa				
HERRAMIENTA MENOR	La herramienta más óptima para realizar el proceso está suministrada por la obra				
RENDIMIENTO	Los rendimientos de los trabajadores sobre el proceso, es eficiente al no tener que cortar los elementos ni preparar la mezcla, ni tener que hacer ningún tipo de transporte de material				
RECIBO					
INSPECCIÓN			CONTROL		
Se hace una inspección con muretes de prueba para verificar las fallas. Las SISO, los residentes, contratistas e interventores hacen constante inspección del proceso			Al ser una torre de vivienda no tan grande y con pocas personas dispuestas al control, hay actividades que generan algunos desperdicios en tiempo y cantidades de material		
DESPERDICIOS					
RCDs			TRANSPORTE		
Se disponen en un contenedor los residuos de ladrillo y material granulado donde una empresa específica, diariamente lo recoge dispone de un nuevo contenedor.			El transporte del ladrillo se hace por medio del ducto a unos contenedores, los demás que están en costales, son llevados a los depósitos de desperdicios. Diferentes empresas se llevan los desperdicios.		

La *tabla 26* muestra una planilla de chequeo en obra de como se hace el tratamiento general del proceso de mampostería en obra. Esto ayuda a valorar en tiempo real y con una mirada cualitativa, como se lleva a cabo la ejecución de la mampostería.

Identificar oportunidades o problemas ayuda a tener una retroalimentación para implementar nuevas estrategias que ayuden a maximizar el valor y, por ende, ayudar a minimizar los desperdicios.

Tabla 26. Seguimiento general de mampostería.

En el seguimiento en el muro específico de la *tabla 26* se busca identificar ciertas variables

LISTA DE CHEQUEO				
Ítem	Variables/indicadores	Cumple		Observaciones
		Si	No	
1.	Alista y protege áreas a intervenir.		X	Algunas áreas quedan expuestas a otras actividades e interrumpen o generan problemas
2.	Alista las herramientas y equipos a utilizar.	X		Las herramientas y equipos siempre están puestos para la actividad
3.	Nivela y aploma codales para tener referencias de alturas y alineación.			No estaban en el proceso de revisión de revoques
4.	Realiza operaciones matemáticas para la colocación de los hilos guía.	X		Los hilos y las marcas se establecen desde la primera tipología al ser plantas típicas
5.	Realiza operaciones básicas de matemáticas y geometría según requerimientos técnicos.	X		Se lleva un control milimétrico de las operaciones
6.	Modula las piezas de mampostería según el formato a utilizar.		X	La modulación a veces no es tan controlada y se desperdician piezas al cortar
7.	Aplica la cantidad necesaria de mortero para la pega del mampuesto	X		Se hace la utilización de la pega requerida
8.	Verifica la verticalidad del muro con la plomada.	X		En el control y revisión del muro se revisa la verticalidad
9.	Verifica la horizontalidad del muro con el nivel de gota.	X		Se revisa un buen control de muro cada hilera
10.	Sigue proceso constructivo para la ejecución de muros en mampostería.	X		Se lleva controles precisos en la construcción
11.	Utiliza adecuadamente los E.P. P	X		Los SISO hacen un control y revisión de los procesos seguros

que afectan directa e indirectamente la construcción el muro en mampostería y como se puede

hacer un seguimiento rápido y específico para llevar el control e inspección del muro y así evitar fallos en actividades previas o que se realizan durante la ejecución de la mampostería.

Tabla 27. Seguimiento específico muros en mampostería

ACTIVIDAD		Antes	Durante	Después	Observaciones	Hito
Mampostería General						
1	Adecuar el lugar de almacenamiento del bloque	X	X		Al llegar el ladrillo se organiza su ubicación de almacenamiento	
2	Centro de corte	X			Cortadora de ladrillo que se adecua cada 2 pisos a medida que la obra avanza	
3	Centro de mezcla	X			Mezcla con equipo y mano de obra calificada para garantizar resistencias y homogeneidad	
4	Andamios					
5	Obtener el permiso de trabajo en altura quienes lo necesiten	X				
6	Llegada del material	X	X			
7	Equipos y herramientas	X	X	X		
8	Modulación de muros en BIMOS				No se modula en ninguna metodología BIM	
9	Revisar interferencias antes de iniciar el muro		X	X		
10	Definir cuadrillas para alcanzar metas	X	X	X		
Muro Específico						
11	Quitar retaque de la losa de ese piso y limpieza del espacio de trabajo	X	X			
12	Recalculo de cuadrillas		X	X	Según los tiempos de programación vs ejecutado se recalculan las cuadrillas para cumplir con los tiempos	X
13	Tener agua y energía suficiente	X	X	X		
14	Preparar el KIT de cada muro	X	X		Herramienta de preparación para la actividad, para la ejecución y para la limpieza y entrega	
15	Revisión de Interventoría	X	X	X	Seguimiento riguroso de los procesos con aprendizaje con retroalimentación	
16	Limpiar y entregar el espacio limpio	X	X	X	Los SISO llevan inspección y control en los procesos	

5.4.5 CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.

En la obra se presentan una modulación híbrida en los muros, donde se utiliza un sistema mixto de tipo de ladrillos con perforación vertical y horizontal, que ayuda a no tener que hacer tantas perforaciones en los muros para poner las instalaciones interiores. El problema con la modulación entra en términos de planificación, porque los muros en su gran mayoría no son típicos y no se hizo una modulación rigurosa para saber las piezas específicas y poder reducir el número de desperdicios y de piezas para cortar. Esto hace que el sistema mixto sea ineficiente y no aporte mucho valor a la obra.

La zona de corte de la mampostería está bien ubicada, porque es adyacente a la zona de acopio y al transporte vertical, pero el número de piezas a cortar y los desperdicios de material también hacen que no se aporte un verdadero valor a la obra.

CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA	
MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA	CORTE DE LA MAMPOSTERÍA
9	9

Nota: En el análisis de la comparación de los datos de rendimientos utilizados en la *tabla 30 y 31*, se otorgará una calificación cualitativa según el estudio de los casos de estudio y las visitas de obra para así poner en común cuales son las actividades que favorecen o perjudican un buen transporte en la obra.

6 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La información de los 4 casos de estudio se pondrá en paralelo para el análisis de los datos tomados y sacar un resultado de la efectividad de ciertas prácticas aplicadas en la construcción tanto en las obras con Lean Construction y mampostería tradicional.

El objetivo es evidenciar el panorama general de los procesos y/o actividades que deben hacer antes y durante el proceso de mampostería para garantizar que este se lleve a cabo de la forma más eficiente y con menos pérdidas de tiempo y material, todo esto traducido en maximizar el valor y reducir las pérdidas del tiempo, costo y cantidades de la obra.

6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS ENTRE LOS 4 CASOS DE ESTUDIO

En el análisis se hará una puesta en común entre las 4 obras en construcción, poniendo en paralelo los datos similares que se recolectaron. En algunos casos no se contará con los datos necesarios para poner en común las 4 obras, pero se garantiza la comparación mínima entre una obra construida bajo la metodología Lean Construction y otra bajo la mampostería tradicional.

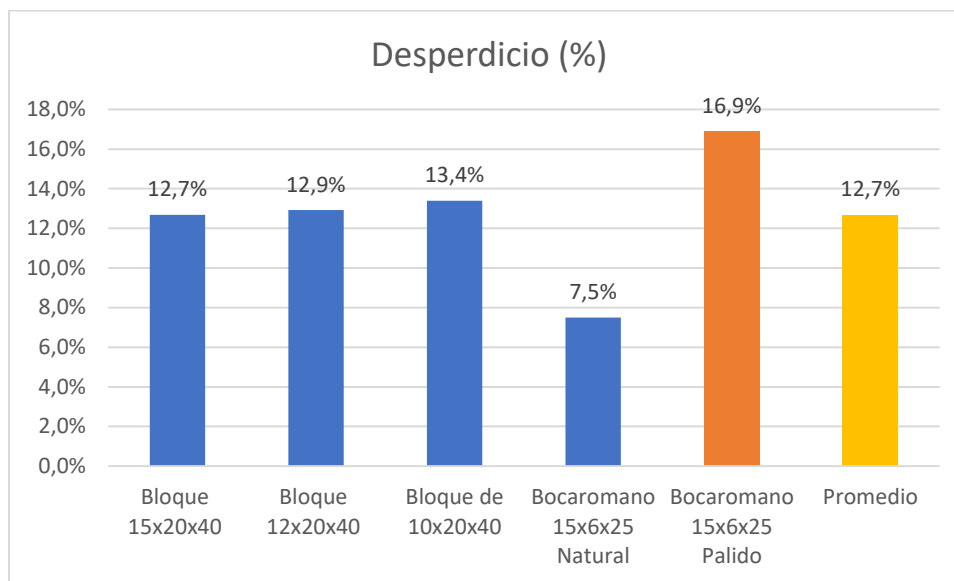
Algunos datos a utilizar en el análisis y comparación serán teóricos, modificados o no tenidos en cuenta porque se ven afectados a agentes externos a la obra que comprometen variaciones en los datos.

Los datos a comparar entre las obras son:

- Análisis de porcentajes de desperdicio vs m² ejecutados en la obra.
- Análisis de transporte vertical y horizontal del material para la ejecución de la mampostería.
- Análisis de los rendimientos de mano de obra ejecutada.
- Análisis del corte y la modulación de la mampostería.

6.1.1 ANÁLISIS DE PORCENTAJES DE DESPERDICIO VS M² EJECUTADOS EN LA OBRA.

- Caso 1. torre de vivienda Océana - Ciudad Fabricato - Constructora Arquitectura y Concreto - Caso de estudio con Lean



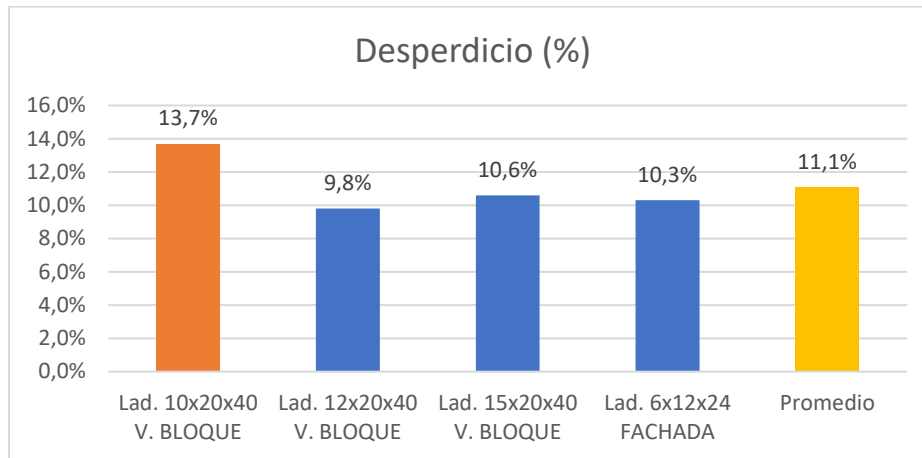
Gráfica 10. Porcentaje de desperdicio por ladrillo en la torre de vivienda Océana

La *gráfica 10* muestra un porcentaje de desperdicio similar entre los ladrillos bloque, que son utilizados en los muros interiores. Los ladrillos bocaromano pálido y natural son utilizados en los muros exteriores, mostrando un menor desperdicio del ladrillo natural respecto a los demás a pesar de que se ejecutan grandes cantidades en la obra; esto sucede por qué en la modulación del muro no se necesita el corte de muchas piezas, reduciendo el porcentaje de desperdicio en el corte. En el ladrillo bocaromano se muestra un gran porcentaje de desperdicio respecto a los demás ladrillos por la condición del tipo de arcilla utilizada en la fabricación del ladrillo que lo hace más frágil en su manipulación y también porque es utilizado para las chapas en la fachada, donde en el proceso de corte se pierden grandes cantidades.

- Caso 2. Cámara de Comercio de Medellín - Medellín - Constructora Conconcreto -Caso de estudio con Lean

Nota: En los datos revisados y tomados del caso de estudio de la Cámara de Comercio de Medellín no se registraban datos exactos de las cantidades de ladrillo utilizados para hacer un registro de los porcentajes de desperdicio, por eso no se tomará en cuenta en el análisis de la comparación de los desperdicios de ladrillo.

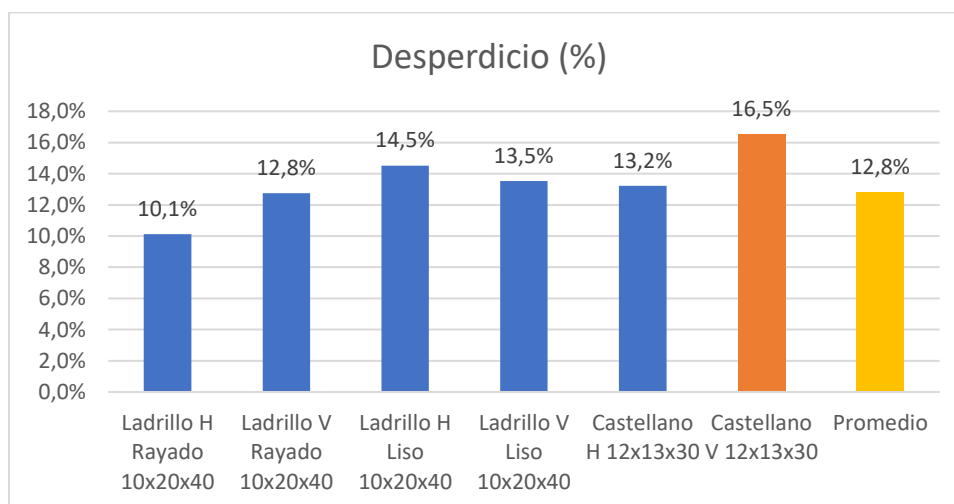
- Caso 3. Torre de vivienda mediterránea - Ciudad Fabricato - Constructora Arquitectura y Concreto - Caso de estudio sin Lean



Gráfica 11. Porcentaje de desperdicio por ladrillo en la torre de vivienda Mediterránea

En el caso de estudio 3 que a pesar de ser de la misma constructora que el caso 1, presenta un cambio en los desperdicios y se identifica un porcentaje menor el caso 3 respecto al caso 1, esto se debe a que las cantidades ejecutadas son mucho menores respecto al caso 1, si se analiza este caso con cantidades parecidas, se mostraría un porcentaje mucho mayor en el caso 3 que el caso 1, porque al tener tan pocas cantidades ejecutadas es un porcentaje considerablemente alto.

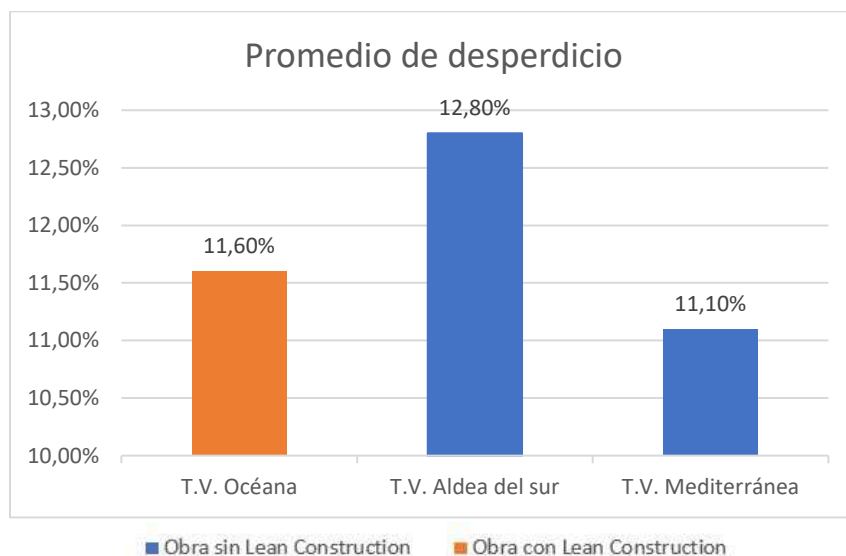
- Caso 4. Torre de vivienda Aldea del Sur – La estrella - Constructora Conaltura - Caso de estudio sin Lean



Gráfica 12. Porcentaje de desperdicio por ladrillo en la torre de vivienda Aldea del Sur

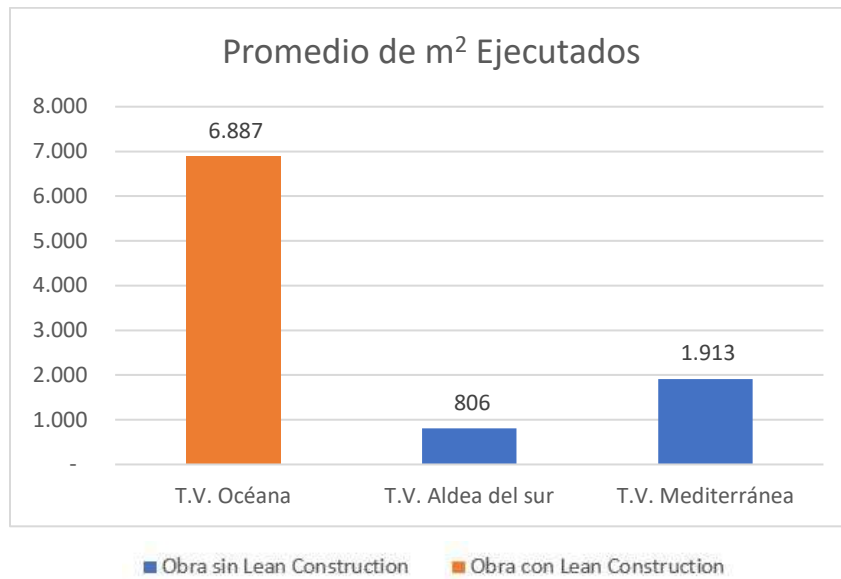
En la aldea del sur los porcentajes de desperdicios se escalan mucho respecto a los demás casos a pesar de tener unas cantidades ejecutadas mínimas. Esto se debe a que se presentan grandes problemas de modulación y se pierden muchas piezas de ladrillo en el corte.

6.1.1.1 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PROMEDIOS DE DESPERDICIO ENTRE LAS OBRAS.



Gráfica 13. Promedio de desperdicios entre las obras.

Las gráficas 13 y 14 muestran los porcentajes de desperdicio vs los m² ejecutados. Se puede identificar que la obra **T.V. Océana** cuenta con unos resultados más óptimos, al tener el segundo menor porcentaje de desperdicio y con una cantidad de m² de ladrillo ejecutado mucho mayor a las demás, mostrando una mejor ejecución respecto a las otras. La obra **T.V. Mediterránea**, a pesar de mostrar un porcentaje menor entre las 3 obras, resulta no ser tan eficiente debido a que cuenta con una cantidad de m² de ladrillo ejecutado mucho menor a la obra **T.V. Océana**, dando a entender que a medida que se empieza a aumentar la cantidad de ladrillo ejecutado, aumentado la curva de desperdicio. En la obra T.V. Aldea del Sur se muestra unos datos muy desfavorables, debido a que muestra una mínima cantidad de m² ejecutados, pero con un mayor porcentaje de desperdicio.



Gráfica 14. Promedio de cantidades ejecutadas entre las obras.

Notas:

- En el promedio de desperdicio en el caso de estudio 1 que se presenta en la *gráfica 10*, se retira el desperdicio de ladrillo bocaromano pálido, porque por su condición particular en la obra, hace que haya una inexactitud en los datos, que afectan el análisis del caso Lean Construction respecto a los de mampostería tradicional.
- En la *gráfica 11* si se toman en cuenta los m² ejecutados de ladrillo bocaromano pálido, porque no afecta la información a presentar en la tabla.

6.1.1.2 CONCLUSIONES DE LOS DESPERDICIOS DE MAMPOSTERÍA EN OBRA.

En la comparación de los datos de los casos se identifica que en la **T.V. Océana** se muestra una mejor disposición de material debido a que se ejecutó una mayor cantidad de m² de mampostería y a pesar de que su porcentaje de desperdicio supere el 10%, se regula más el desperdicio que en los dos casos sin Lean (**T.V. Mediterránea** y **la T.V. Aldea del Sur**), que han ejecutado una cantidad mínima respecto a **T.V. Océana** y tienen un porcentaje de desperdicio muy alto. Si se hace un aproximado de la línea de aumento del desperdicio al llegar a una cantidad parecida a **T.V. Océana** el desperdicio será mayor.

6.1.2 ANÁLISIS DE TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DEL MATERIAL PARA LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.

6.1.2.1 COMPARACIÓN DEL TRANSPORTE HORIZONTAL EN LOS CASOS DE ESTUDIO.

A los métodos de transporte horizontal y vertical se les hará la comparación entre los 4 casos de estudio por medio de una tabla donde se medirán los datos de una manera cualitativa, la satisfacción respecto a varias variables sobre el transporte en la obra. Algunas obras cuentan con datos medidos en el transporte de la mampostería en obra (T.V. Océana y Cámara de Comercio de Medellín), por eso serán tenidos en cuenta en la calificación de satisfacción del transporte; las otras obras se tendrán en cuenta basándose en la experiencia del trabajo de campo.

Tabla 28. Tabla de comparación de datos de transporte horizontal

TRANSPORTE HORIZONTAL										
MÉTODO DE TRANSPORTE										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T.V. Océana										
Cámara de comercio										
T.V. Aldea del sur										
T.V. Mediterránea										
LONGITUD DE RECORRIDO DEL MATERIAL										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T.V. Océana										
Cámara de comercio										
T.V. Aldea del sur										
T.V. Mediterránea										
TIEMPO DE TRANSPORTE										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T.V. Océana										
Cámara de comercio										
T.V. Aldea del sur										
T.V. Mediterránea										
CANTIDAD DE MATERIAL TRANSPORTADO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T.V. Océana										
Cámara de comercio										
T.V. Aldea del sur										
T.V. Mediterránea										

RESULTADOS	
TRANSPORTE VERTICAL	
T.V. Océana	22
Cámara de comercio	28
T.V. Aldea del sur	27
T.V. Mediterránea	15

Los resultados muestran que la Cámara de comercio de Medellín logra un 28 de 40 puntos en los métodos de transporte horizontal estando bajo la metodología Lean Construction y la obra Aldea del Sur logra 27 de 40 puntos a pesar de estar bajo la metodología de mampostería tradicional, logrando realizar un buen método de transporte horizontal en su obra

6.1.2.2 COMPARACIÓN DEL TRANSPORTE VERTICAL EN LOS CASOS DE ESTUDIO.

Tabla 29. Tabla de comparación de datos de transporte vertical

TRANSPORTE VERTICAL										
MÉTODO DE TRANSPORTE										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T.V. Océana										
Cámara de comercio										
T.V. Aldea del sur										
T.V. Mediterránea										
LONGITUD DE RECORRIDO DEL MATERIAL										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T.V. Océana										
Cámara de comercio										
T.V. Aldea del sur										
T.V. Mediterránea										
TIEMPO DE TRANSPORTE										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T.V. Océana										
Cámara de comercio										
T.V. Aldea del sur										
T.V. Mediterránea										
CANTIDAD DE MATERIAL TRANSPORTADO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T.V. Océana										
Cámara de comercio										
T.V. Aldea del sur										
T.V. Mediterránea										

RESULTADOS	
TRANSPORTE VERTICAL	
T.V. Océana	34
Cámara de comercio	19
T.V. Aldea del sur	39
T.V. Mediterránea	31

En el transporte vertical cambia la efectividad de la cámara de comercio al tener un transporte vertical más manual respecto a las otras obras. En este caso las demás obras destacan en contar con un buen transporte vertical del material.

Los métodos de transporte vertical mecánicos permiten una gran eficiencia en el transporte del ladrillo.

6.1.2.3 CONCLUSIONES DE LOS MÉTODOS DE TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL

En las *tablas 30 y 31* se valida porque son favorables o desfavorables las diferentes variables de transporte en las diferentes obras. De esta forma tomando las buenas prácticas en él se podrá concluir que método sería ideal para el transporte de la mampostería en obra, con el fin de ayudar a reducir los desperdicios en costos, cantidades y tiempos.

Tabla 30. Conclusiones método de transporte horizontal

CONCLUSIONES				
TRANSPORTE HORIZONTAL				
OBRA	Método de transporte	Longitud de recorrido	Tiempo de transporte	Cantidad de material transportado
T.V. Océana	Ladrillos en estibados y transportados en montacarga es un buen método de transporte	Un complejo muy grande y donde es almacenado el ladrillo está bastante alejado de la zona de corte	Por su longitud su velocidad de transporte se demora considerablemente	Al ser por medio de montacargas y estar estibados, la cantidad de material a transportar es considerables
Cámara de comercio	El almacenamiento se hace en los sótanos del edificio por eso el método de transporte es en coche	La longitud de desplazamiento es mínima al estar dentro del mismo edificio	Los tiempos de transporte son cortos o medianamente rápidos, dependiendo de la disposición de trabajadores en la actividad por ser transportados en coche	La cantidad es menor por contar con un método de transporte manual y no mecánico.
T.V. Aldea del sur	El transporte se hace por medio de coche	La longitud de transporte del ladrillo es mínima al estar al lado de la zona de corte y el transporte vertical	El tiempo de transporte es corto por estar la zona de almacenamiento cerca a zona de corte y transporte vertical	La cantidad es menor por contar con un método de transporte manual y no mecánico.
T.V. Mediterránea	Ladrillos estibados y transportados en montacarga	Un complejo muy grande y donde es almacenado el ladrillo está bastante alejado de la zona de corte	Por su longitud su velocidad de transporte se demora considerablemente, sumado a que el complejo cuenta con varias obras en construcción e interrumpe el libre flujo por estar en circulación otros tipos de vehículos o personas	Al ser por medio de montacargas y estar estibados, la cantidad de material a transportar es considerables

Tabla 31. Conclusiones método de transporte vertical

CONCLUSIONES				
TRANSPORTE HORIZONTAL				
OBRA	Método de transporte	Longitud de recorrido	Tiempo de transporte	Cantidad de material transportado
T.V. Océana	Son transportados verticalmente conforme los trae el montacargas, reduciendo tiempo al restibar.	La longitud de recorrida vertical, es la altura de la torre y al ser por transporte mecánico no se interrumpe su recorrido.	Se hace de manera constante y sin interrupciones, por eso su transporte es rápido.	Al ser un ascensor, puede soportar una gran cantidad de peso, por ende, puede transportarse grandes cantidades de material.
Cámara de comercio	Se hace por medio de coche y de manera manual	Se hacen los trayectos más largos por su método de transporte manual	Se desperdicia tiempo y esfuerzo en el cargar el coche y ser transportado manualmente el material.	La cantidad es menor por contar con un método de transporte manual y no mecánico.
T.V. Aldea del sur	El transporte se hace por medio de un ascensor.	La longitud de transporte del ladrillo es mínima al estar al lado de la zona de corte y el transporte vertical	El tiempo de transporte es corto por estar la zona de almacenamiento cerca a zona de corte y transporte vertical	Se transporta grandes cantidades de material y no sólo ladrillo por la gran capacidad del ascensor, esto hace que no sea necesario esperar el transporte por la interrupción con otros materiales
T.V. Mediterránea	Ladrillos en estibados y transportados en el malacate. Se deben reducir el número de ladrillos de la estiba	La longitud de recorrida vertical, es la altura de la torre y al ser por transporte mecánico no se interrumpe su recorrido.	Los tiempos de transporte son medianamente rápidos porque toca acomodar el material para la capacidad del malacate, que es menor a la del peso de la estiba traído por el montacarga	El malacate puede cargar un peso considerable, pero por la cantidad de ladrillo necesario diariamente en la obra, puede ser complejo y no ser suficiente.

En la comparación del análisis del transporte vertical y horizontal en los cuatro casos, se muestra que la **T.V. Aldea del Sur** cuenta en general con una mejor puntuación a pesar de ser una obra que trabaja bajo la metodología de mampostería tradicional; esto debido a ciertas particularidades enunciadas en la *tabla 30* y *31*. En los casos como lo son **T.V. Océana** y la **Cámara de Comercio de Medellín** son obras que implementan la metodología Lean Construction pero por ciertas particularidades en la obra, hacen que su transporte no sea el más adecuado y no maximice el valor de la obra.

El resultado del análisis muestra que el éxito del manejo del transporte de la mampostería en la obra, es dependiente de variables que afectan directamente como lo son: la cantidad de material a transportar, la distancia de transporte, el medio de transporte; e indirectamente variables como lo son: la coordinación con otras actividades para el transporte, la disposición de personal, las contrataciones del material y el almacenamiento. Estos hacen que el tiempo destinado y la disposición de personal y equipo sea variable

El éxito del transporte incurre en tener un manejo anticipado de las actividades que influirán tanto directa como indirectamente en el proceso de mampostería, siempre en el intento de hacer una planificación flexible a las necesidades que vayan surgiendo en la construcción.

6.1.3 ANÁLISIS DE LOS RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA EJECUTADA.

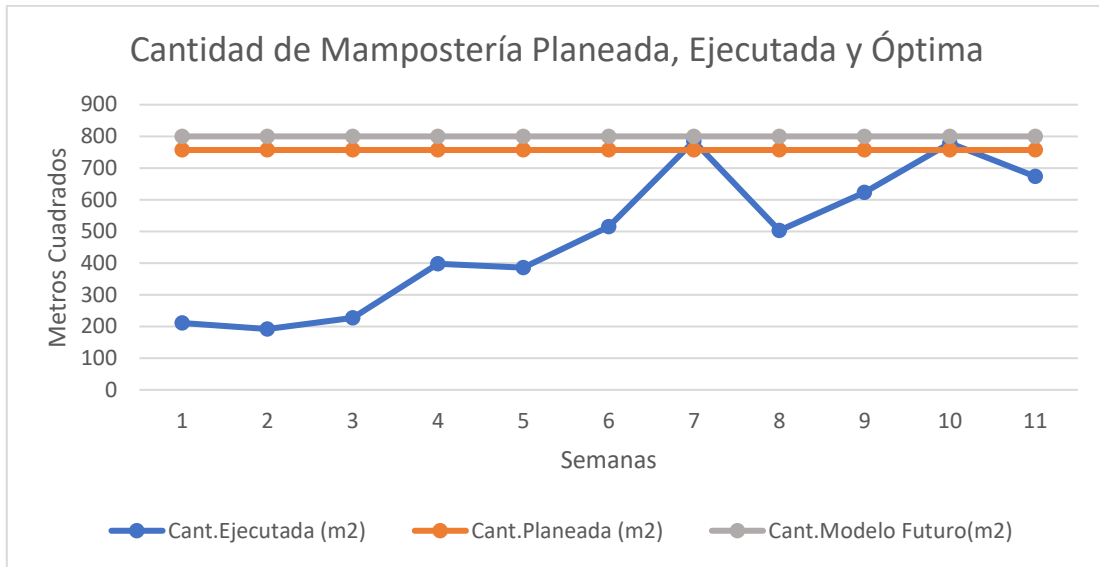
6.1.3.1 COMPARACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE LA MAMPOSTERÍA DE LAS OBRAS CON LEAN CONSTRUCTION.

- Caso 1. torre de vivienda Océana - Ciudad Fabricato - Constructora Arquitectura y Concreto - Caso de estudio con Lean

Los datos de la *gráfica 15* muestran en una porción de las primeras 11 semanas como fue la ejecución de la mampostería. Se puede ver que al inicio se planea unas cantidades en m² del ladrillo (línea naranja), pero la cantidad ejecutada (línea azul) sólo se cumple en 2 de las 11 posibles. A pesar de esto, se plantea un modelo a futuro (línea gris) al pensar en el mejoramiento de los procesos del modelo actual, no sólo para cumplir con lo planteado, sino mejorar el proceso en la construcción, maximizando el valor.

Se plantea una línea general de cumplimiento semanal de 757 m² a la semana, este ejercicio como una medida rápida y no darle una línea de cumplimiento que vaya aumentando la cantidad a medida que vaya avanzando la obra, porque al principio por temas de coordinación, cantidades, disposición de personal y herramienta, complica la ejecución del proceso.

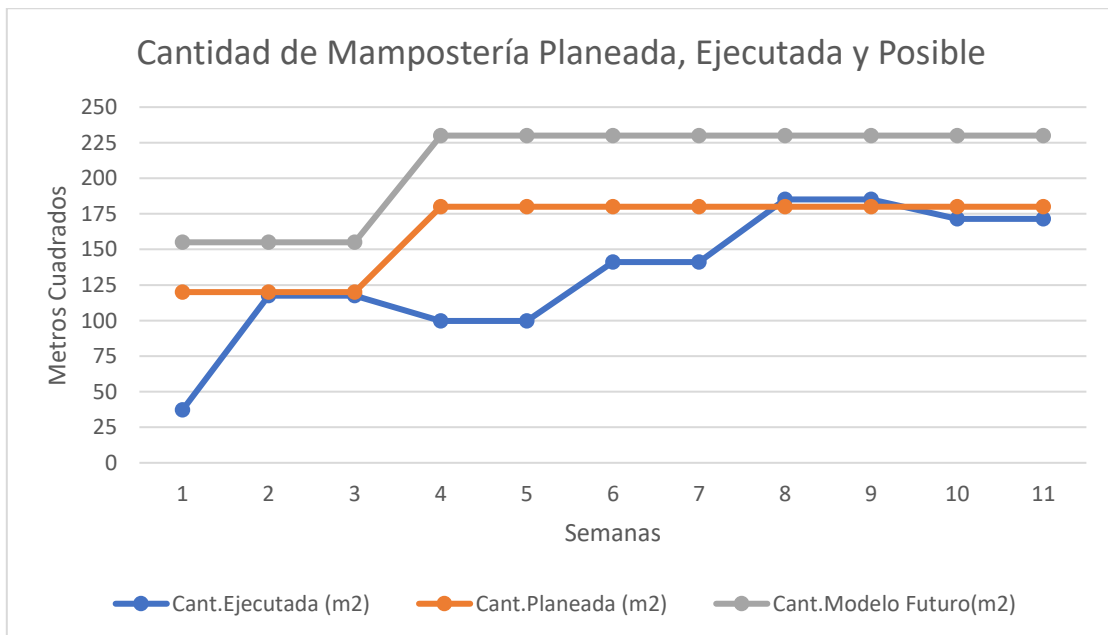
En la gráfica se muestra una clara dificultad del avance y cumplimiento de las cantidades, generando retrasos en la programación y posteriormente desperdicios por la sobrecarga de trabajo para cumplir los m² en los plazos previstos.



Gráfica 15. Comparación de las cantidades planeadas, ejecutadas y posibles en la Torre de Vivienda Océana

- Caso 2. Cámara de Comercio de Medellín - Medellín - Constructora Concreto -Caso de estudio con Lean

Al principio como apenas se inician los procesos de mampostería, no hay mucha disposición de personal, material, herramientas o coordinación con el proceso, esto hace que en el arranque no se cumpla con lo provisto, a medida del avance se empieza a llegar casi a lo planeado, pero entre la semana 3 y 8 hay una caída en la ejecución, y solo de a poco va teniendo una curva de crecimiento para poder llegar a cumplir los plazos.



Gráfica 16. Comparación de las cantidades planeadas, ejecutadas y posibles en la Cámara de Comercio

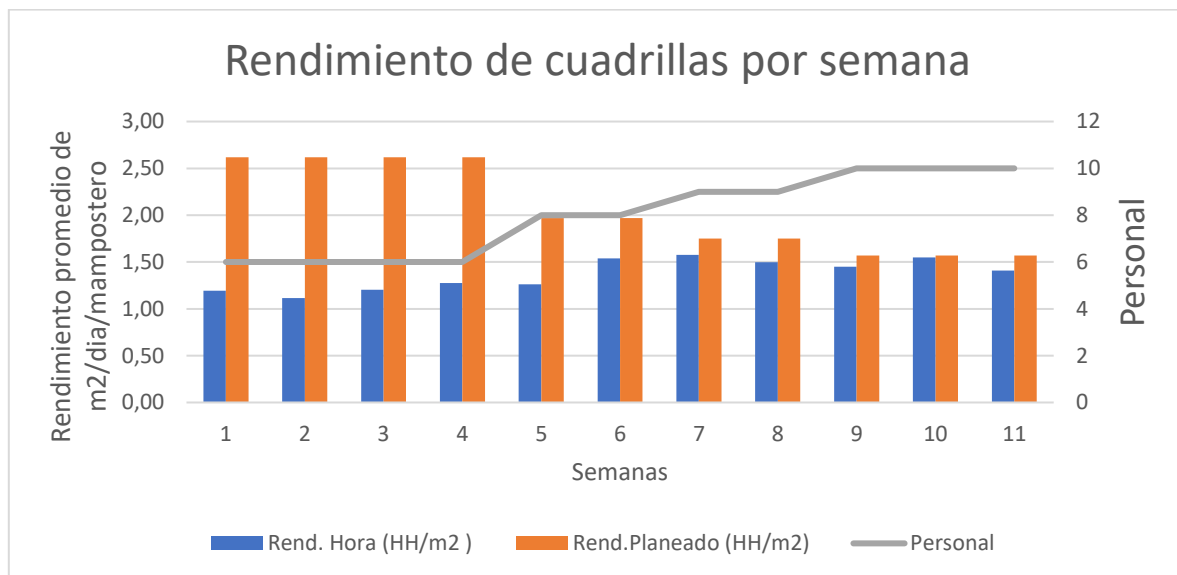
6.1.3.2 COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DE CUADRILLAS POR SEMANA DE RENDIMIENTO REAL Y PLANEADO.

- Caso 1. torre de vivienda Océana - Ciudad Fabricato - Constructora Arquitectura y Concreto - Caso de estudio con Lean

En el caso 1 como muestra la *gráfica 17*, se muestra unos rendimientos planeados muy altos, pero se hace una implementación de cuadrillos de mamposteros mínima, que no cumple con los rendimientos planteados en programación.

Este ejercicio es incorrecto al no tener en cuenta que, al iniciar una actividad, hay muchos factores que impiden hacer una ejecución óptima del proceso.

En la gráfica muestra que ha medida que pasan las semanas va en aumento las cuadrillas de mamposteros (línea gris), lo que hace que se estabilice y se empiece a disminuir la brecha del rendimiento planteado y real.

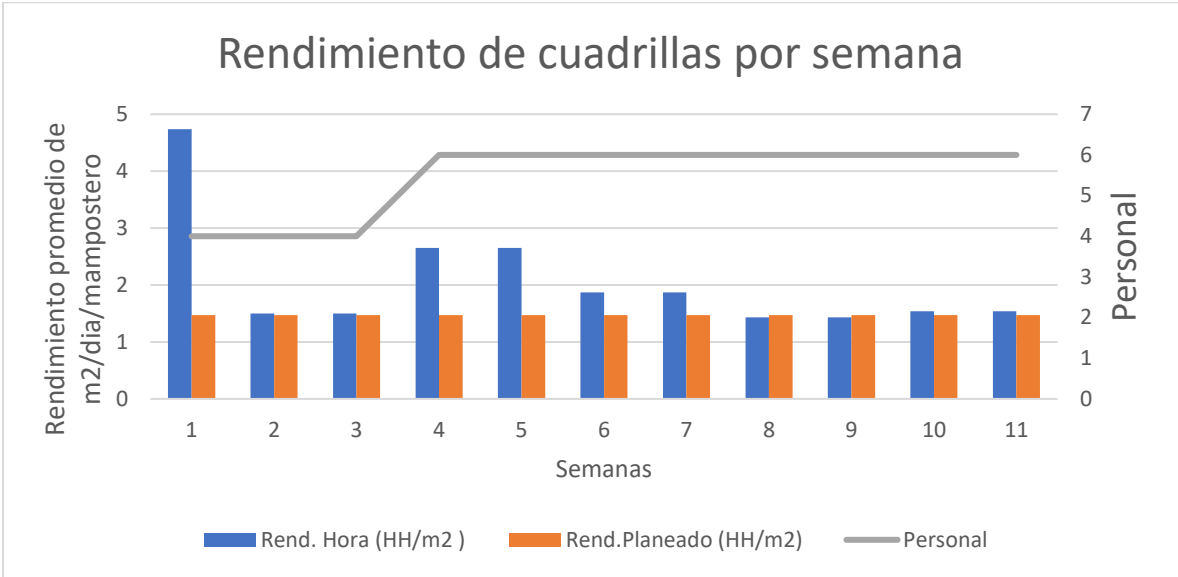


Gráfica 17. Comparación de rendimientos reales y planeados en la Torre de Vivienda Océana

- Caso 2. Cámara de Comercio de Medellín - Medellín - Constructora Concreto - Caso de estudio con Lean

En las medidas que optan en el rendimiento planteado en la mampostería en el caso 2, como se muestra en la *gráfica 18*, se plantea una cantidad de mampostería mínima al principio de obra, que va en aumento a medida que pasan las semanas, que permite una mejor ejecución de la mampostería y que se puedan cumplir los plazos de una mejor manera.

Las cuadrillas son constantes y su variación es mínima, pero al tener una planificación más acertado en la actividad a medida del avance obra, hará que la ejecución sea más constante y no haya desperdicios o sobreproducción en el remate de obra.



Gráfica 18. Comparación de rendimientos reales y planeados en la Cámara de Comercio de Medellín.

6.1.3.3 CONCLUSIONES DE LOS RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA EJECUTADA.

Los rendimientos en la mampostería es un factor clave en la ejecución de está actividad, porque se ven involucrados factores humanos, por parte de los trabajadores y el rendimiento está ligado a actividades previas como lo son: la disponibilidad de las piezas enteras como cortadas, el transporte, la mezcla, el espacio y la agilidad del trabajador.

Otra actividad previa que es fundamental en los rendimientos, es la coordinación y planificación de la mampostería a ejecutar semana a semana, dependiendo del contexto inmediato que está manejando la obra en las diferentes actividades, que pueden afectar el rendimiento, por esto se hace necesario la implementación de metodologías como Lean Construction y Last Planner. Esto permite identificar, que al principio de la obra se deba proyectar una menor cantidad de mampostería y una implementación menor de cuadrillas de mamposteros.

6.1.4 ANÁLISIS DEL CORTE Y LA MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.

En la *tabla 32* se presentará la comparación del análisis del corte y modulación de la mampostería de las 4 obras, donde la calificación fue previamente especificada anteriormente, para indicar los rangos de calificación.

Tabla 32. Tabla de comparación de datos del corte y modulación de la mampostería

CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA										
MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T.V. Océana										
Cámara de comercio										
T.V. Aldea del sur										
T.V. Mediterránea										
CORTE DE LA MAMPOSTERÍA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T.V. Océana										
Cámara de comercio										
T.V. Aldea del sur										
T.V. Mediterránea										

RESULTADOS	
Modulación de la mampostería	
T.V. Océana	19
Cámara de comercio	18
T.V. Aldea del sur	4
T.V. Mediterránea	6

La obra T.V. Océana, es un buen ejemplo de una buena práctica de cómo se debe planificar desde antes de empezar a ejecutar la actividad, el método más conveniente para la obra en términos de corte y como se debe modular desde antes para disminuir los cortes de piezas y estandarizarlas.

6.1.4.1 CONCLUSIONES DE LOS MÉTODOS DEL CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.

Se muestra en la *tabla 33*, cuáles factores en particular hacen que el corte y modulación influyan de manera positiva y negativa en la ejecución de la actividad. Cada caso es particular y tiene características individuales que deben ser revisadas para que se pueda implementar diferentes estrategias más óptimas para la actividad.

Tabla 33. Conclusiones del corte y modulación de la mampostería.

CONCLUSIONES		
CORTE Y MODULACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA		
OBRA	Modulación de la mampostería	Corte de la mampostería
T.V. Océana	Modulación previa bajo metodología BIM, se sacan cantidades y tamaños de piezas, se lleva a la obra y se termina de corroborar para estandarizar las piezas	La cortadora va subiendo piso a piso a medida que se va avanzando la ejecución de la mampostería, lo que permite el transporte de las piezas y el corte de una manera más óptima
Cámara de comercio	Se toman muros típicos y se sacan todas las cantidades correspondientes y las piezas necesarias	Las piezas de corte son genéricas y se disponen las piezas de manera rápida a cada piso.
T.V. Aldea del sur	No hay modulación previa, las cantidades se sacan por medio de tenores y se plantean las piezas de corte a medida del avance de obra.	La cortadora está cerca al acopio de material, y se hace un abastecimiento constante de material, pero debido a la falta de modulación, el desperdicio de piezas es muy alto.
T.V. Mediterránea	Se hace una modulación previa al iniciar la actividad, no hay muchos muros típicos, muchos de los apartamentos, están vendidos y se van modificando según exigencias del cliente	No se tienen medidas precisas de las piezas debido al constante cambio de los muros y la falta de grandes cantidades de muros típicos piso a piso.

6.2 CONCLUSIONES GENERALES DEL ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS OBRAS BAJO METODOLOGÍA TRADICIONAL Y LAS OBRA BAJO LEAN CONSTRUCTION.

En el estudio de las 4 obras se identifica un mejor rendimiento en las actividades y procesos que afectan directa e indirectamente la ejecución de la mampostería en obra bajo la metodología Lean Construction. Contando con un programa general de planificación, no sólo basado en los tiempos y cantidades en las programaciones previas al inicio de la obra, sino también en el planteamiento de estrategias en la modulación, corte, programación del transporte y los rendimientos de mano obra, permiten una mejor optimización en los procesos.

Según el estudio realizado se pueden identificar diferentes prácticas que maximizan el valor y minimizan las pérdidas.

- Programación de fechas de ejecución de la actividad programadas bajo la metodología Last Planner en los 3 niveles de programación. Permite una fijación de metas, seguimiento y control bajo un régimen de tiempo establecido para la actividad.
- Modulación de los muros en busca de la estandarización de las piezas de corte y los muros típicos en repetición, para reducir pérdidas y desperdicios en términos de recursos y tiempo.
- Planificación del transporte del material. Saber cómo va ser la recepción y el almacenamiento, de manera que NO represente un problema en la obra.
- Es importante tener en cuenta con qué métodos de transporte (vertical y horizontal), se cuenta en obra, cuales son necesarios y cuales generan mayor eficiencia.
El material debe estar debidamente estibado o empaçado en bloques que no superen la capacidad del tipo de transporte definido ni la capacidad de los operarios.
- Utilización del material correcto en la obra. Con el fin de que su composición física y química no representen un obstáculo, ni que su manipulación genere grandes desperdicios.
- Método de modulación y tipo de ladrillo. Los muros van a tener perforaciones e instalaciones eléctricas o hidráulicas; el tipo de perforación, forma y tamaño, influirá en cuantas modificaciones se deba hacer para adecuarlo a las instalaciones.
- La programación de las metas en m² de ladrillo a ejecutar semana a semana y el número de cuadrillas de mamposteros. Identificar al inicio de la mampostería en la obra, que es necesario proyectar menores cantidades de mampostería mientras se toma ritmo en la actividad (inercia de la obra - curva de aprendizaje), esto hace que no se generen pérdidas en producción rápida, que puedan afectar la calidad de la actividad, por cumplir con la programación.
- Coordinación, inspección y control constante del proceso, para asegurar la calidad y una línea constante de producción ininterrumpida, con un ritmo eficiente en función de las necesidades y capacidades de la obra.

La implementación de estas metodologías compromete el éxito de la mampostería en obra, la deficiencia de la implementación de estas actividades en el campo de la construcción, hace que se generen grandes pérdidas en las obras.

En el análisis de los datos obtenidos en la investigación, se evidencian las fortalezas de la metodología Lean Construction en la mampostería en obra, específicamente en la retroalimentación constante sobre cómo mejorar el proceso y optimizar su efectividad, y como se podría implementar esta metodología en las demás actividades dentro de la obra.

7 BUENAS PRÁCTICAS EN LA EJECUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA EN OBRA

1. Programación suministro de materiales, con control de cumplimiento.

- **Recepción:** El lugar debe estar debidamente despejado y que no causa una interrupción o retraso a la llegada del material.
- **Descargue:** Contar con los equipos necesarios y una coordinación con el proveedor como se va a hacer la descarga del material.
- **Embalaje:** La coordinación de la manera de empacar el material va a ser crucial en la facilidad del transporte de la obra. Conocer los rendimientos, circulación y capacidad del equipo de transporte para no generar pérdidas en el restibar el material.
- **Almacenamiento:** Facilidad en el acceso y salida del material, y de manera que cuente con la debida protección ni que interrumpa o impida la realización de otras actividades.
- **Transporte Interno:** Hacer un plan de transporte horizontal y vertical del material, de manera que se reduzcan los tiempos de ejecución y no genere pérdidas. Conocer la capacidad tanto en peso como en dimensiones se hace importante para la optimización del transporte. Las variables como las distancias de transporte y la coordinación de los equipos de transporte respecto a otras actividades.

2. Planeación de las actividades

- **Cantidad de recursos:** Tener el inventario necesario para la realización de la actividad y no generar un sobrecurso o una falta de material.
- **Personal:** Mano de obra calificada y con conocimiento y capacidad de retroalimentación para mejorar y optimizar los procesos.
- **Equipo:** Se hace necesario tener a disposición constante los equipos para realizar la actividad y con un funcionamiento óptimo para no generar retrasos.
- **Programaciones de equipos:** Los equipos como mezcladoras, cortadoras o medios de transporte, se deben coordinar con otras actividades. Se hace necesario una coordinación precisa de los tiempos de utilización y registro día a día.
- **Condiciones especiales de la obra:** Las actividades que necesiten un control y coordinación especial, deben tener un plan inicial riguroso que no impida o interrumpa la realización de otras actividades.

3. Reuniones y consejos de obra con los implicados

- **Retroalimentación en cuanto a temas de calidad**
- **Recepción de la actividad**
- **Procedimientos técnicos**

4. Información clara desde el inicio de la actividad

- **Planos:** Modulación del ladrillo, medidas y ubicación. Siempre actualizados y con la debida inspección.
- **Detalles:** Permite mostrar la manera correcta de realizar la actividad. Como se debe hacer y las piezas y elementos necesarios para realizarla.
- **Especificaciones técnicas**

5. Control de rendimientos:

- **Diferencias entre pegadores**
- **Diferencias entre los tajos**
- **Causas comunes de no cumplimientos:**

6. Coordinación entre todos los implicados en la actividad y buenas relaciones,

- **Contratista**
- **Constructor**
- **Interventorías**
- **Proveedor**
- **Trabajadores**
- **Clientes**

8 BIBLIOGRAFÍA

- ARISTIZABAL G., J. (2017). *Modelo De Gestión Del Proceso De Mampostería En Proyectos De Edificación*. Envigado.
- BAIVI, L. a. (2014). *Managing Construction Projects. In A Handbook for Construction Planning and Scheduling*. eds A. Baldwin and D. Bordoli. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/9781118838167.ch2>
- BOTERO, L. F., & ÁLVAREZ V, M. E. (2003). Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción. *REVISTA Universidad EAFIT*, No. 13. Obtenido de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/911/817>
- CIRECOM. (s.f.). Principios de Lean Manufacturing. En *Lean Manufacturing*. Obtenido de https://www.cirecom.co/?page_id=604
- FUENTES, G. (s.f.). Lean Startup, mi experiencia. Obtenido de <https://guillermofm.com/lean-startup/>
- GERHARD, G. (2017). *Construcción ajustada: Industrialización de los procesos de producción en el sitio. En Modernización, Mecanización e industrialización de Estructuras de Concreto*. eds KS Elliott y ZA Hamid. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/9781118876503.ch8>
- GERMANO, F. A. (2017). *Value Stream Mapping: Case Study in Columns Concreting' In. Grecia*. Obtenido de <http://iglc.net/Papers/Details/1473>
- GONZALEZ, M. R. (2017). *Value Stream Mapping - A Case Study of Cold - Formed Steel House Framing for Offsite Manufacturing Supply Chain'In. Grecia*. Obtenido de <http://iglc.net/Papers/Details/1428>
- GREEN, S. D. (2011). *Lean Construction. In Making Sense of Construction Improvement*. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/9781444341102.ch8>
- HERRERA, A. M., & MADRID, G. (s.f.). *Manual de Construcción de Mampostería de Concreto*. Colombia. Obtenido de http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-14_07-46-42105067.pdf
- JÜRGENS, U. (2015). *Producción Lean En Wiley Encyclopedia of Management*. eds CL Coper, DE Guest y DJ Needle. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/9781118785317.weom050138>

- LAGOS, C. (s.f.). Comparativo del sistema tradicional y Last Planner (Letelier, 2014). Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-31-Comparativo-del-sistema-tradicional-y-Last-Planner-Letelier-2014_fig7_318217172
- LAST PLANNER. (2014). *En A Handbook for Construction Planning and Scheduling*. eds A. Baldwin y D. Bordoli. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/9781118838167.ch7>
- LÓPEZ, M. D., HENAO GRAJALES, M., & VALENCIA CORRALES, M. (2015). Lean construction – LC bajo pensamiento Lean. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín,* No. 16. Obtenido de https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/3582/Revista_Ingenierias_UdeM_303.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- MAYER. (s.f.). *Lean Construction*. Obtenido de Principios de Lean Construction: <http://www.mayerconstruction.com/us/0711leanconstruction.html>
- MESTRE, I. S. (2013). Last Planner System. 11-26. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29693/LPS%20Un%20Caso%20de%20estudio_%20Sanchis%20Mestre%20Inmaculada.pdf?sequence=1
- MILAN. (s.f.). *Modulación de los bloques de cemento*. Obtenido de Tips para la correcta utilización de los bloques: <http://www.milanblock.com/instrucciones-2/>
- MONDEN, Y. (2012). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-time* (Fourth Edition ed.). Taylor & Francis Group. Obtenido de content.taylorfrancis.com
- MONTECINO, D. A. (s.f.). *APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN*. Universidad de Chile, Chile. Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104607/diaz_da.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- OHNO, T. (1991). *El Sistema de Producción Toyota: Más Allá de la Producción a Gran Escala*. Barcelona: Taylor & Francis Group. Obtenido de content.taylorfrancis.com
- QUIROLA, D. E. (2011). Lecciones sobre la Implementación de Last Planner System. Loja, Ecuador. Obtenido de http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/687/3/UTPL_Ocampo_Quirola_Diego_Eduardo_690X660.pdf
- ROMVALL, K., BELLGRAM, M., & WIKTORSSON, M. (2010). Los principios básicos del sistema de producción de Toyota. En *competitividad al integrar la perspectiva verde en la producción: una revisión que presenta desafíos para la investigación y la industria*. East Bay, EE. UU: Universidad Estatal de California. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/287199864_Competitiveness_by_integrating_the_green_perspective_in_production_-_A_review_presenting_challenges_for_research_and_industry

- SENA. (s.f.). *Módulo de Formación: Acondicionamiento de la Edificación*. Caldas. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/sitios/albanileria_restauracion_edificaciones/procesos_procedimientos_para_la_construccion.html#
- TEJEDA, A. S. (2011). *Mejoras de Lean Construction Manufacturing de los Sistemas* (XXXVI ed.). Santo Domingo, República Dominicana. Obtenido de <http://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/bitstream/handle/123456789/1364/CISO20113602-276-310.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- TIENDA, J. L., CERVERÓ ROMERO, F., & ALARCÓN CÁRDENAS, L. F. (2013). Last Planner System. España and Chile. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29693/LPS%20Un%20Caso%20de%20estudio_%20Sanchis%20Mestre%20Inmaculada.pdf?sequence=1
- UDIMA. (s.f.). Concepto y estructura del sistema de producción: dirección de operaciones. Obtenido de <https://blogs.udima.es/administracion-y-direccion-de-empresas/libros/introduccion-a-la-organizacion-de-empresas-2/unidad-didactica-5-el-sistema-de-produccion-de-la-empresa/1-concepto-y-estructura-del-sistema-de-produccion-direccion-de-operaciones/>
- YANG, C., & YANG, K. (2013). *"Un Modelo Integrado del Sistema de Producción de Toyota con Gestión de Calidad Total y Factores de Personas"*, *Factores Humanos y Ergonomía en las Industrias Manufactureras y de Servicios*. Obtenido de <http://search.ebscohost.com.consultaremota.upb.edu.co/login.aspx?direct=true&db=eih&AN=89703966&lang=es&site=ehost-live>