

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION EN LOS
PROCESOS DE LA FASE DE ESTRUCTURA DEL PROYECTO AQUA TOWER
DE LA CONSTRUCTORA VALDERRAMA LTDA.

MIGUEL ESPER RUEDA
TANIA LIZBETH GUERRERO HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA

2016

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION EN LOS
PROCESOS DE LA FASE DE ESTRUCTURA DEL PROYECTO AQUA TOWER
DE LA CONSTRUCTORA VALDERRAMA LTDA.

MIGUEL ESPER RUEDA
TANIA LIZBETH GUERRERO HERNÁNDEZ

Proyecto de Grado para optar el Título de
Ingeniero Industrial

Director
FABIO ADOLFO VELASCO SOSSA
Especialista en Lean Manufacturing

Codirectora
ELIANA MARCELA PEÑA TIBADUIZA
Especialista en Mejoramiento de Procesos

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA

2016

DEDICATORIA

A Dios, por sobre todas las cosas, quién es el arquitecto del universo y de mi vida. A mi familia, quienes han sido parte fundamental en mi proceso de formación, por su invaluable amor y apoyo. Y a todos y cada uno de aquellos que, con su amistad sincera y desinteresada, sus valiosos consejos y su confianza en mí, han sido partícipes de este proyecto.

Tania Guerrero

DEDICATORIA

A mi padre quien fue el forjador de lo que hoy soy, por ser mi motivación e inspiración día a día; a pesar de que no estamos juntos siento que está conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir, sé que hoy el cielo está de fiesta porque este momento es tan especial para él como lo es para mí.

A mi madre por ser esa mujer fuerte, dedicada y amorosa, por creer en mí, por apoyarme en todos los momentos de mi vida y estar presente en cada logro conseguido, que antes de ser míos son de ella.

A mi hermano, por convertirse en mi bastón y apoyarme en esta etapa de mi vida, por ser un hermano ejemplar. Este logro es por él.

Finalmente, a mis familiares y amigos por todos los momentos vividos durante este proceso de formación porque han sido parte fundamental de este logro.

Miguel Esper

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Constructora VALDERRAMA Ltda por el compromiso adquirido y por brindarnos la oportunidad de realizar nuestra práctica empresarial.

A la Universidad Industrial de Santander, a la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, y a todos los excelentes profesionales que nos compartieron sus conocimientos sus experiencias de vida durante las enseñanzas en las aulas de clase.

Agradecemos al tutor de la práctica el ingeniero José alba, a la ingeniera directora María Vidalia Portilla, y a los arquitectos e ingenieros residentes del proyecto AQUA TOWER por la comprensión, confianza, enseñanzas y el acompañamiento durante el desarrollo de nuestro proyecto de grado.

De la misma manera, agradecemos al profesor Fabio Velasco Sossa, director de proyecto, por su disposición, orientación y los conocimientos compartidos durante la realización del proyecto.

Por último, agradecemos a todas aquellas personas que nos acompañaron durante nuestro proceso de formación personal y profesional.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	22
1.2 OBJETIVOS.....	23
1.2.1 Objetivo general.....	23
1.2.2 Objetivos específicos	23
1.3 ALCANCE	24
1.4 ENTIDADES INTERESADAS	25
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	27
2.1 DESCRIPCIÓN CONSORCIO VALDERRMA&VALCO CONSTRUCTORES..	27
2.2 DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO	27
2.2.1 Misión.....	27
2.2.2 Visión	28
2.2.3 Mapa de procesos	28
2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO AQUA TOWER.....	29
2.3.1 Características del proyecto.....	29
2.3.2 Estructura Organizacional.....	31
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	32
3.1 FILOSOFÍA LEAN.....	32
3.1.1 Filosofía Lean Manufacturing.....	32
3.1.2 Principios de la Filosofía Lean	33
3.1.3 Herramientas Lean	33
3.1.4 Filosofía Lean Construction	36
3.1.4.1 Concepto de pérdida en la construcción “MUDA”	37
3.2 SISTEMA DE PLANIFICACIÓN, EL ÚLTIMO PLANIFICADOR “LAST PLANNER”.....	38

3.3 MAPEO DE LA CADENA DE VALOR “VALUE STREAM MAPPING”	39
3.4 FASES DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN	40
3.4.1 Procesos de la fase de estructura de un proyecto de construcción	40
3.4.1.1 Estructura.....	40
3.4.1.2 Mampostería	41
3.4.1.3 Instalación de muros divisorios internos en durapanel.....	42
3.4.2 Componentes de la operación en la fase de estructura	43
3.4.2.1 Recepción	43
3.4.2.2 Zona de recepción	44
3.4.2.3 Gestión de Almacenamiento	45
3.4.2.4 Zona de almacenaje	46
4. DIAGNÓSTICO PROYECTO AQUA TOWER	47
4.1 DIAGNÓSTICO CUALITATIVO	47
4.1.1 Observación desde varios puntos de la Obra	47
4.1.2 Entrevistas a líderes y responsables de los procesos	48
4.2 DIAGNÓSTICO CUANTITATIVO.....	49
4.2.1 Diagnóstico 5’S	49
4.2.2 Muestreo de trabajo por observaciones	50
4.2.2.1 Cálculo de la Muestra	53
4.2.2.2 Metodología empleada para el desarrollo del muestreo de trabajo por observaciones.....	55
4.2.3 Resultados diagnóstico proyecto AQUA TOWER.....	59
4.2.3.1 Resultados diagnóstico 5’s	59
4.2.3.2 Resultados muestreo de trabajo por observaciones	63
4.2.3.3 Análisis de causas de proporciones de tiempos contributivos y No contributivos.....	64
4.2.3.4 Análisis Causa-Efecto	69
5. IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA VALUE STREAM MAPPING	72
5.1 MAPEO DEL PROCESO GENERAL ACTUAL	72
5.2 ANÁLISIS DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS ACTUALES.....	73

5.2.1 Identificación de oportunidades de mejora (eventos Kaizen).....	74
5.3 MAPEO ACTUAL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIGAS DE ENTREPISO Y PLACAS.....	75
5.3.1 Identificación de oportunidades de mejora (eventos Kaizen).....	76
5.3.2 Análisis del proceso de elaboración de vigas de entrepiso y placas.....	77
5.4 MAPEO FUTURO DE LAS ACTIVIDADES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIGAS DE ENTREPISO Y PLACAS.....	78
6. IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN INTERMEDIA “LOOK AHEAD” Y PLANIFICACIÓN SEMANAL “LAST PLANNER”	79
6.1 IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN SEMANAL	79
6.1.1 Capacitación metodología “LAST PLANNER”	79
6.1.2 Reunión “LAST PLANNER”	79
6.1.3 Generación de informes semanales y mensuales	83
6.2 IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN INTERMEDIA “LOOK AHEAD”	83
6.3 AVANCE DE LA PLANIFICACIÓN	85
7. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PLANES DE MEJORAMIENTO.....	89
7.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA 5’S.....	89
7.2 LAYOUT DE OBRA	95
7.2.1 Layout cargue y descargue de materiales	95
7.2.2 Layout de patio de materiales.....	97
7.2.3 Layout de Placa	99
7.3 IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES CRÍTICOS EN OBRA	100
7.3.1 Matriz de priorización.....	101
7.3.2 Diagrama de Pareto.....	103
7.3.3 Modelo ABC.....	104
7.4 ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LOS PROCESOS LOGÍSTICOS INTERNOS.....	107
7.4.1 Gestión de materiales	108
7.4.2 Desarrollo del prototipo logística interna wifi para el proyecto AQUA TOWER	111

7.4.2.1 Asignación de roles para la herramienta TIC.....	113
7.5 IMPLEMENTACIÓN DIAGRAMA VSM PARA LAS ACTIVIDADES DE LA CADENA DE VALOR DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIGAS DE ENTREPISO Y PLACAS.....	116
7.6 ANÁLISIS DE PÉRDIDAS.....	117
8. INDICADORES DE SEGUIMIENTO	123
8.1 BENCHCOLOMBIA: SISTEMA DE REFERENCIACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	123
8.2 BENCHMARKING INTERNO: COMPARATIVO MENSUAL DE OBRAS.....	127
9. CONCLUSIONES	128
10. RECOMENDACIONES.....	130
BIBLIOGRAFÍA.....	132

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de trabajos que agregan y no agregan valor.....	51
Tabla 2. Resultados Premuestreo de trabajo.....	53
Tabla 3. Trabajo productivo Vs. Trabajo no productivo.....	53
Tabla 4. Resultados lista de chequeo 5'S	60
Tabla 5. Resultados muestreo de trabajo por observaciones junio 2016.....	63
Tabla 6. Muestreo de trabajo en actividades de Estructura	64
Tabla 7. Muestreo de trabajo en actividades de mampostería	64
Tabla 8. Causas de tiempos contributivos general	65
<i>Tabla 9. Identificación de despilfarro en causas de tiempos contributivos.....</i>	<i>66</i>
Tabla 10. Identificación de despilfarro en causas de tiempos No contributivos	67
Tabla 11. Detenciones en los Procesos.....	68
Tabla 12. Clasificación causas de No cumplimiento de actividades	82
Tabla 13. Frecuencia de causas de no cumplimiento	88
Tabla 14. Materiales diagrama de Pareto	103
Tabla 15. Asignación de roles para la herramienta TIC	114

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de procesos Constructora VALDERRAMA Ltda	29
Figura 2. Proyecto AQUA TOWER-Sector Altos de Cabecera	30
Figura 3. Organigrama Proyecto AQUA TOWER	31
Figura 4. Actividad estructura-armado de refuerzos de acero	56
Figura 5. Elementos estructurales horizontales- Vigas	57
Figura 6. Instalación de encofrado para escaleras	58
Figura 7. Levantamiento de muros en mampostería y columnetas.....	58
Figura 8. Actividades muros durapanel- aplomar y nivelar muro	59
Figura 9. Resultados lista de chequeo 5'S.....	60
Figura 10. Condiciones iniciales orden y limpieza piso 8.....	61
Figura 11. Condiciones iniciales orden y limpieza piso 9.....	61
Figura 12. Condiciones iniciales orden y limpieza placa 20.....	62
Figura 13. Resultados muestreo de trabajo general	63
Figura 14. Causas de tiempos No contributivos general.....	66
Figura 15. Diagrama Causa-efecto productividad AQUA TOWER	69
Figura 16. Diagrama value stream mapping general	72
Figura 17. Diagrama value stream mapping vigas de entrepiso y placas	75
Figura 18. Análisis 5W+H proceso de elaboración de vigas de entrepiso y placas	77
Figura 19. Mapeo futuro de las actividades de la cadena de valor del proceso de elaboración de vigas de entrepiso y placas	78
Figura 20. Formato Last planner asignación y cumplimiento de actividades semanales	81
Figura 21. Formato calificación a contratistas.....	82
Figura 22. Diagrama de Pareto, causas de no cumplimiento durante el mes 1	83
Figura 23. Formato planificación intermedia "Look Ahead".....	84

Figura 24. Porcentaje de actividades completadas por meses	85
Figura 25. Evolución PAC acumulado Aqua Tower	86
Figura 26. Causas de no cumplimiento.....	86
Figura 27. Comportamiento de principales causas de no cumplimiento	87
Figura 28. Plan para la implementación del programa 5´S	89
Figura 29. Socialización y capacitaciones del programa 5´S	90
Figura 30. Resultados obtenidos de la implementación 5´S	92
Figura 31. Resultados obtenidos de la implementación 5´S	92
Figura 32. Resultados obtenidos de la implementación 5´S	93
Figura 33. Resultados obtenidos de la implementación 5´S	93
Figura 34. Evolución de accidentes de trabajo 2016	94
Figura 35. Accidentes de trabajo durante la implementación 5´S	94
Figura 36. Layout inicial de obra	96
Figura 37. Restructuración layout de obra	96
Figura 38. Layout de patio de materiales, proyecto Aqua Tower	99
Figura 39. Layout de placa	99
Figura 40. Matriz de priorización de recursos AQUA TOWER.....	102
Figura 41. Diagrama de Pareto Matriz de priorización de recursos AQUA TOWER	104
Figura 42. Estado de la logística de obra del proyecto AQUA TOWER	108
Figura 43. Gestión de pedido en el almacén para materiales tipo B Y C	109
Figura 44. Gestión de materiales tipo A.....	111
Figura 45. Esquema de funcionamiento software logística wi-fi	112
Figura 46. Esquema de funcionamiento Software logística wi-fi.....	115
Figura 47. Implementación diagrama value stream mapping	116
Figura 48. Evolución muestreo de trabajo general.....	117
Figura 49. Muestreo de trabajo, septiembre	118
Figura 50. Evolución muestreo de trabajo en estructura.....	119
Figura 51. Muestreo de trabajo en estructura, septiembre	119
Figura 52. Pareto tiempo no contributivo para actividades de estructura	120

Figura 53. Pareto tiempo no contributivo para actividades de estructura120
Figura 54. Evolución del muestreo de trabajo en mampostería121
Figura 55. Pareto tiempo no contributivo para actividades de mampostería121
Figura 56. Diagrama de Pareto tiempo contributivo para actividades de mampostería122

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Identificación de actividades y recursos.	43, 44
ANEXO B. Diagrama de operaciones.	43, 44
ANEXO C. Diagnóstico 5's.	46
ANEXO D. Muestreo de trabajo AQUA TOWER.	51, 55, 60, 113
ANEXO E. Diagramas causa-efecto.	65
ANEXO F. Value Stream Mapping.	68
ANEXO G. Control de la planificación herramientas "Last Planner" y "Look Ahead".	75, 78, 79, 80
ANEXO H. Layout de obra.	94
ANEXO I. Programa 5'S.	86
ANEXO J. Análisis y estudio de los procesos logísticos internos.	103, 105, 113
ANEXO K. Identificación de materiales críticos en obra para el control del despilfarro.	102, 104
ANEXO L. Indicadores de seguimiento.	120

RESUMEN

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION EN LOS PROCESOS DE LA FASE DE ESTRUCTURA DEL PROYECTO AQUA TOWER DE LA CONSTRUCTORA VALDERRAMA LTDA.*

AUTORES: GUERRERO HERNÁNDEZ, Tania Lizbeth. **
ESPER RUEDA, Miguel. **

PALABRAS CLAVES: PRODUCTIVIDAD, CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS, MEJORAMIENTO DE PROCESOS, ÚLTIMO PLANIFICADOR.

CONTENIDO: *Lean Construction* (Construcción sin pérdidas) es una filosofía que busca adaptar los principios del sistema Toyota de producción y aplicarlos al sector de la construcción. El objetivo principal de esta metodología es reducir o eliminar todas aquellas actividades que no agregan valor al producto final y optimizar las que si lo hacen; por esto se enfoca principalmente en crear herramientas específicas que puedan aplicarse al sistema de producción minimizando el despilfarro.

Diseñar una metodología para la identificación de pérdidas, controlar las actividades programadas, reducir su variabilidad y disminuir la incertidumbre del proceso de planificación mediante el sistema Last Planner (Ultimo Planificador) y generar planes de mejoramiento enfocados al aumento de la eficiencia y eficacia del trabajo productivo, son los objetivos de trabajo en el proyecto AQUA TOWER.

La metodología inicia con un análisis diagnóstico que incluye todas las variables del sistema constructivo, posteriormente la identificación de pérdidas y análisis de causas del despilfarro, y finalmente la implementación de un sistema de control de la planificación semanal "Last Planner" y planificación intermedia "Look Ahead". La información obtenida es procesada para definir los planes de mejoramiento a ser implementados en el objetivo de lograr un aumento de la productividad del proyecto; para finalmente por medio del benchmarking introducir al proyecto en un proceso de mejoramiento continuo.

La aplicación de técnicas de medición y de mejoramiento de procesos, análisis de cuadrillas y gestión de las actividades logísticas internas; logró procesos constructivos estructurales con mayor productividad, menor costo de transportes de material y optimización del recurso mano de obra. La implementación de la metodología Lean Construction, permite el desarrollo de un sistema integral de gestión con el que se toman decisiones en tiempo real y se facilita el proceso de medición y control del sistema constructivo.

* Proyecto de Grado

** Facultad Ingenierías Físico mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director Fabio Velasco.

ABSTRACT

TITULO: APPLICATION OF LEAN CONSTRUCTION METHODOLOGY IN THE PROCESS OF STRUCTURE PHASE OF AQUA TOWER PROJECT IN VALDERRAMA LTDA COMPANY.*

AUTHORS: GUERRERO HERNÁNDEZ, Tania Lizbeth. **
ESPER RUEDA, Miguel. **

KEY WORDS: PRODUCTIVITY, LEAN CONSTRUCTION, IMPROVEMENT OF PROCESSES, LAST PLANNER.

CONTENT: Lean Construction is a philosophy that seeks to adapt the principles of the Toyota production system and apply it to the construction industry. The main objective of the Lean Construction methodology is to reduce or eliminate all those activities that do not add value to the final product and to optimize those that do, and this is mainly focused on creating specific tools applied to the project execution process and a good system of production that minimizes waste.

Designing a methodology for the identification of waste, controlling the planned activities, reduce their variability and reduce the uncertainty of the planning process through the Last Planner system and generate improvement plans focused on increasing the efficiency and effectiveness of productive work, are the objectives of work in the AQUA TOWER project.

The methodology starts with a diagnostic analysis that includes all variables of the structural construction system; then, the identification of waste and analysis of causes of wastage, and finally the implementation of the planning control system "Last Planner" and "Look Ahead" The information obtained is processed to define the improvement plans to be implemented in order to achieve an increase in the productivity of the project; finally through benchmarking introduce the project into a process of continuous improvement.

The application of measurement techniques and process improvement, analysis of human resources and management of internal logistics activities; achieved structural constructive processes with higher productivity, lower cost of material transport and optimization of labor resources. The implementation of the Lean Construction methodology allows the development of a comprehensive management system with which real-time decisions are made and the process of measuring and controlling the construction system is facilitated.

* Proyecto de Grado

** Facultad Ingenierías Físico mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director Fabio Velasco.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad todas las Organizaciones deben alinear cada uno de sus procesos a la creación de valor para sus clientes en busca de lograr una ventaja competitiva; pero ciertamente dicha premisa representa uno de los mayores desafíos para las empresas, ya que existen dos conceptos que están presentes en la mayor parte de los proyectos: Incertidumbre y despilfarro (Muda). La incertidumbre es lo que caracteriza a los proyectos, forma parte de su naturaleza; por otro lado Muda significa cualquier actividad humana que absorba recursos pero que no crea valor. Teniendo claro estos dos conceptos, aparece el siguiente y no menos importante; *Lean thinking*, un pensamiento que proporciona un camino para especificar valor, alineando las acciones de creación de valor en la mejor secuencia y conduciéndolas sin interrupciones, en otras palabras proporcionar al cliente exactamente lo que él quiere.

Considerando que el sector de la construcción compone una de las fuentes más importantes del dinamismo económico en Colombia, experimentando un crecimiento del 2,7% para el año 2015 y que el promedio de la economía nacional (PIB) en el mismo año creció un 3,1% según Estadísticas del DANE; y donde hoy por hoy dicho sector productivo representa una buena oportunidad de inversión; se hace necesario analizar, mejorar y fortalecer los procesos que hacen parte de proyectos de obras de construcción con el objetivo de mejorar la productividad de las Organizaciones.

La Constructora Valderrama Ltda es consciente de la importancia de adoptar nuevas metodologías emergentes que contribuyan a mejorar la productividad de todos sus proyectos y de esta manera favorecer su posición competitiva en el mercado colombiano. Desde hace varios meses, detectaron la necesidad de cambiar su enfoque en la gestión de la producción para la entrega de sus proyectos, especialmente de proyectos privados a su cargo. La metodología Lean

Construction, ofrece para ellos una alternativa que persigue la excelencia a través de un proceso de mejora continua en la Organización, fundamentándose en la minimización o eliminación de todas aquellas actividades y transacciones que no añaden valor, optimizando sus recursos y maximizando la entrega de valor para el cliente. Para lograr dichos objetivos se ha decidido analizar y estudiar las actividades de la fase de Estructura del proyecto Aqua Tower a cargo del Consorcio Valderrama- Valco-Construcasa en el área metropolitana de Bucaramanga, con el fin de diseñar una metodología que permita identificar las pérdidas y restricciones del sistema, la medición del rendimiento de todos los recursos involucrados en esta fase y un análisis de los métodos de trabajo enfocándose hacia un mejoramiento en los procesos; logrando con esto un aumento en la productividad del proyecto.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 JUSTIFICACIÓN

En Colombia el sector de la construcción exhibe procesos y métodos de trabajo que se encuentran muy adaptados a una cultura artesanal, lo anterior genera como consecuencia que la productividad de cada uno de los procesos dependa de la experiencia y experticia de cada trabajador. Este tipo de prácticas posee como características principales: la escasa planeación de las actividades que se llevan a cabo en el día a día, un bajo nivel de estandarización en los procesos y ausencia en la utilización de herramientas de gestión que permitan realizar un control de los recursos involucrados en los procesos.

Adicionalmente el sector de la construcción en Colombia presenta un sinnúmero de factores que afectan directamente en la productividad de los proyectos , dentro de los cuales se destacan: retrasos e incumplimiento por parte de los proveedores de materias primas, alta rotación del personal que conforma las cuadrillas de trabajo, bajos rendimientos de mano de obra no calificada, carencia de canales de comunicación efectivos entre el staff administrativo de un proyecto y sus contratistas, altos porcentajes de despilfarro, cambios climáticos desfavorables y pobres condiciones de seguridad Industrial.

La ausencia de una metodología que facilite medir, controlar y mejorar los procesos constructivos sumado a los factores anteriormente expuestos impacta de forma negativa en la productividad de cualquier tipo de proyecto de construcción. AQUA TOWER proyecto de vivienda privado a cargo del Consorcio Valderrama-Valco-Construcasa no es la excepción; este proyecto desde sus inicios ha experimentado una serie de retrasos en la planeación de sus actividades y compromisos. En la programación inicial de obra la culminación de la fase de estructura se encontraba establecida para el día veinte de enero de 2016, y dado que para el mes de Junio

del presente año (fecha en la que se realizó el diagnóstico inicial del proyecto), AQUA TOWER se encontraba en la elaboración de la placa número veinticuatro de las treinta y cuatro totales; se pudo concluir claramente que la fase de estructura presentaba un retraso importante respecto a la fecha de culminación pactada inicialmente. Debido a que dicha fase es pre-requisito para las actividades de mampostería externa e interna, instalación de redes hidrosanitarias y eléctricas, enchapes y acabados; todas éstas actividades mencionadas anteriormente se encontraban retrasadas respecto de su programación inicial.

El proyecto AQUA TOWER ha experimentado dichos retrasos en la programación de sus actividades debido a una serie de afectaciones que ha sufrido desde sus inicios y que no han permitido el cumplimiento de las actividades programadas. Estas afectaciones en los procesos fueron identificadas a través de un diagnóstico cualitativo y cuantitativo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general. Implementar plan de mejoramiento basado en la metodología Lean Construction en los procesos de la fase de Estructura del proyecto AQUA TOWER de la Constructora VALDERRAMA Ltda.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Realizar el análisis de la fase de Estructura del proyecto AQUA TOWER a través de la recopilación de toda la información correspondiente a los métodos de trabajo, parámetros y variables involucradas en el proceso constructivo.
- Definir la secuencia de actividades que permiten responder a las necesidades del cliente (flujo de valor) a partir del plan de obra establecido, mediante la implementación de la herramienta “Value Stream mapping”.

- Implementar mejoras y planes de acción fundamentados en los principios y herramientas Lean Construction partiendo de la identificación y clasificación de los diferentes tipos de despilfarro; garantizando la reducción de los mismos y un incremento significativo de la productividad en la fase de estructura.
- Implementar un control de las actividades programadas para la fase de acabados del proyecto AQUA TOWER con el fin de reducir la variabilidad que existe entre la planificación y ejecución de las mismas a través de la implementación de un sistema de planificación denominado “Last Planner”.
- Definir y establecer indicadores de seguimiento y control del despilfarro y la productividad.

1.3 ALCANCE

La implementación de un plan de mejoramiento basado en la metodología “Lean Construction” en el proyecto AQUA TOWER, como una nueva estrategia de gestión en la construcción, permitirá la eliminación de las actividades que no agregan valor y que generan desperdicios de recursos, costos y plazos para los procesos de la fase de estructura y determinará los parámetros metodológicos para proyectos futuros desarrollados por la Constructora VALDERRAMA LTDA.

Los productos que se entregaran una vez finalizada la implementación del plan de mejoramiento y que permitirán el cumplimiento de los cinco (5) objetivos propuestos son:

- Mapeo de la cadena de valor para las actividades del proceso estructural: Elementos estructurales en concreto, Mampostería y Durapanell a través de la herramienta “Value Stream mapping”.

- Instructivo para la gestión del cambio basado en los principios Lean Construction e implementación de la planificación “Last Planner” y “Look Ahead” en los proyectos del Consorcio Valderrama & Valco Constructores.
- Estandarización de las actividades del proceso estructural: Elementos estructurales en concreto, Mampostería y Durapanell.
- Técnicas para el desarrollo de la medición y análisis de las causas de pérdidas en las actividades de construcción a través de la técnica “muestreo de trabajo por observaciones”.
- Técnicas para la medición de rendimientos de materiales críticos para las actividades del proceso estructural: Elementos estructurales en concreto, Mampostería y Durapanell.
- Técnicas para el establecimiento y actualización del “Layout” de obra.
- Programa para la implementación de la estrategia 5’S en obra.
- Listado de mejoras implementadas y fundamentadas en los principios y herramientas Lean Construction.
- Indicadores de seguimiento y control del despilfarro y la productividad.

1.4 ENTIDADES INTERESADAS

Puesto que muchos de los proyectos de la Constructora VALDERRAMA LTDA se han ejecutado en consorcio con la Constructora VALCO CONSTRUCTORES LTDA y CONSTRUCA S.A, estas últimas son entidades interesadas en el desarrollo del presente proyecto de grado modalidad práctica empresarial. Se pretende que la

metodología utilizada para el control y seguimiento de las actividades y recursos de AQUA TOWER (proyecto piloto) pueda ser implementada en futuros proyectos del consorcio una vez se conozcan los resultados finales de la práctica.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCIÓN CONSORCIO VALDERRAMA&VALCO CONSTRUCTORES

El consorcio Valderrama&Valco constructores es una organización de ingeniería fundada en 1998 con el fin de proveer bienes y servicios en ingeniería civil, ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica, ingeniería ambiental y arquitectura. A través del trabajo interdisciplinario y con el más alto grado de calidad, presentan soluciones innovadoras para proyectos de construcción de los sectores públicos y privados.

Durante los primeros años incursionaron en el sector público, participando en licitaciones con diversos entes estatales, en el desarrollo de obras civiles. Posteriormente realizaron proyectos en el sector privado, llevando de ésta manera a la empresa a competir en un mercado más versátil. A través de todo el tiempo, desde su fundación, el consorcio ha ejecutado contratos en los campos de Ingeniería y Arquitectura, lo que les ha permitido ser reconocidos como uno de los grupos constructores más importantes de los últimos años.

2.2 DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO

2.2.1 Misión. Ofrecemos a nuestros clientes, productos y servicios relacionados con el sector de la construcción en todo el territorio Colombiano y mediante nuestro sistema de gestión, brindamos un alto nivel de calidad, responsabilidad y cumplimiento de los requisitos contractuales, legales, técnicos y reglamentarios aplicables que exigen los proyectos que se ejecutan, a través del aprovechamiento de nuestro talento humano, nuestros recursos operativos, tecnológicos y financieros.

2.2.2 Visión. Pretendemos establecernos para el año 2018, como una de las más importantes empresas de construcción del territorio Nacional, caracterizándonos por nuestra imagen, reflejada en la calidad, responsabilidad y cumplimiento, que garantice la satisfacción de nuestros clientes, la prevención de lesiones y enfermedades de nuestros trabajadores, el mejor impacto en la calidad de vida de nuestros colaboradores y la protección del medio ambiente.


2.2.3 Mapa de procesos. Actualmente el consorcio Valderrama&Valco Constructores cuenta con nueve procesos, tres de los cuales son procesos estratégicos, tres procesos misionales y tres procesos de apoyo.

 **Estratégicos:**

- Gestión Gerencial.
- Gestión de recursos y control.
- Gestión HSEQ.

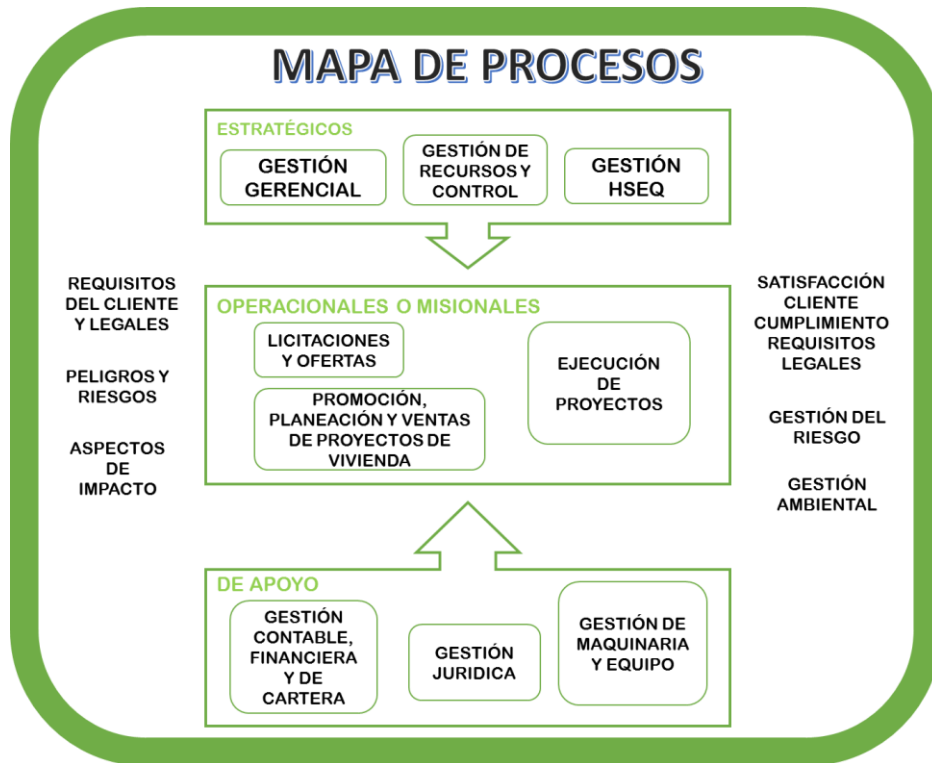
 **Misionales:**

- Licitaciones y ofertas.
- Promoción, planeación y ventas de proyectos de vivienda.
- Ejecución de proyectos.

 **De apoyo:**

- Gestión contable y financiera.
- Gestión Jurídica.
- Gestión de maquinaria y equipo.

Figura 1. Mapa de procesos Constructora VALDERRAMA Ltda.



2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO AQUA TOWER

2.3.1 Características del proyecto. El proyecto AQUA TOWER es un proyecto privado de vivienda ubicado en el área metropolitana de Bucaramanga en el sector Altos de Cabecera, colinda con la Edificación Majestic y su dirección de residencia es Carrera 41 No 40-131. El proyecto se encuentra, el día 6 de junio del 2016 en fase de Estructura sobre la placa número veinticinco de las treinta y cuatro en total que van a construirse. A continuación, se describe el sistema de construcción empleado en el proyecto:

Edificación en estructura de concreto reforzado, cimentación en pilotes semiprofundos, estructura de placa postensada, mampostería tradicional para los

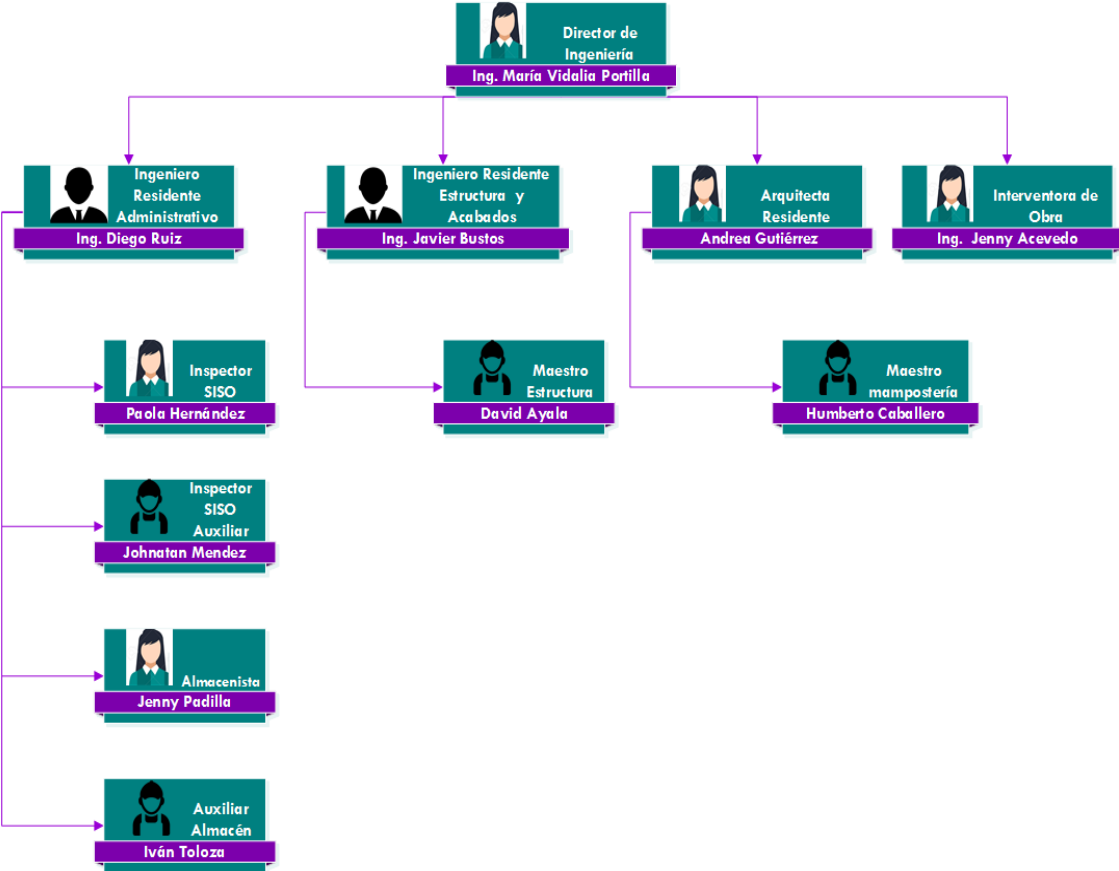
muros externos y divisiones internas en muros de Poliestireno expandido reforzado con malla electrosoldada (durapanel), revoques y pinturas tipo tradicional , cielos rasos en drywall (Placa de yeso), instalaciones hidrosanitarias en PVC, instalaciones eléctricas según normativa RETIE, Sistema de aspiración central en PVC, Instalaciones para domótica, Carpintería en acero y vidrio templado, Pisos en porcelanato y mármol, cuatro (4) ascensores de alta velocidad y doble escalera en punto de piso , una para caso de incendios.

Figura 2. Proyecto AQUA TOWER-Sector Altos de Cabecera



2.3.2 Estructura Organizacional:

Figura 3. Organigrama Proyecto AQUA TOWER



3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 FILOSOFÍA LEAN

3.1.1 Filosofía Lean Manufacturing. El término “Lean” se origina en Japón a fines de la década de los 50 e inicios de los 60, como producto de las investigaciones realizadas por ingenieros de la empresa ensambladora de automóviles Toyota Motor, que pretendía mejorar su línea de producción. Uno de los más reconocidos en el tema fue el ingeniero Taiichi Ohno, Jefe de producción, quien buscaba eliminar los residuos y mejorar los tiempos de entrega de los automóviles a los clientes sustituyendo la tradicional producción en masa por la producción a pedido del cliente y evitar, además, la acumulación de mercancía³.

Con las investigaciones se desarrolló lo que se conoce hoy como “producción Lean” o “producción sin pérdidas”, que comprende una gran variedad de sistemas de producción que comparten el principio de minimización de pérdidas⁴.

Las ideas que conforman el TPS (Toyota Production System) fueron desarrolladas y refinadas por ingenieros industriales, quienes establecieron su marco teórico y ampliaron el nuevo enfoque de la producción sin pérdidas. Hacia la década de los 80, la información que había sobre este enfoque en Occidente era limitada, sin embargo, la difusión de las ideas del TPS hacia América y Europa iniciaron hacia 1975 en la industria automotriz. Así, al comenzar la década de los 90, la nueva filosofía de producción ya era conocida en otras latitudes, de diferentes maneras, entre ellas “producción sin pérdidas”, “nuevo sistema de producción” o “manufactura

³ PORRAS DÍAZ, Hernán. Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. [citado 04-Marzo-2014]. Recuperado el 05 de agosto del 2016 en: <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-11/art4.pdf>

⁴ HOWELL, Gregory A. What is the lean Construction? Universidad de California, Berkeley, CA, USA. 1999.

de clase mundial”, y fue implementada en otros campos como la administración y el desarrollo de productos.⁵

3.1.2 Principios de la Filosofía Lean. Los cinco principios del “pensamiento Lean”⁶.

- **Definir valor:** Desde el punto de vista del cliente, en términos de un producto específico, de características específicas y ofertadas a un precio y plazo específico.
- **Identificar la cadena de valor:** Eliminar desperdicios, encontrar los pasos necesarios y suficientes para dar el valor al cliente.
- **Crear flujo:** Hacer que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el cliente.
- **Creación de un sistema pull:** Una vez hecho el flujo, producir a la demanda real de los clientes, en lugar de producir según pronósticos.
- **Perseguir la perfección:** Una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, intentar mejorar continuamente.

3.1.3 Herramientas Lean.

- **Las 5's.** La herramienta 5S se corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los medios de producción. El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen las herramientas y cuya fonética empieza por “S”: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que

⁵ KOSKELA L. Application of the new production philosophy to construction. Universidad de Stanford. USA. 1992.

⁶WOMACK, James y JONES, Daniel. Lean thinking. Segunda edición: Copyrighted Material. 2003. Pag 5-6.

significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito.⁷

La herramienta 5'S no sólo permite la aplicación de principios de orden y limpieza en espacios de trabajo; se convierte en una herramienta fundamental para dar cumplimiento a los siguientes objetivos: minimizar el despilfarro, aumentar la productividad y mejorar las condiciones de seguridad industrial.

- **Estandarización.** La “estandarización” junto con las 5S y SMED supone unos de los cimientos principales del Lean Manufacturing sobre los que deben fundamentarse el resto de las técnicas que se describen en este capítulo. Una definición precisa de lo que significa la estandarización, que contemple todos los aspectos de la filosofía lean, es la siguiente: “Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas y técnicas más eficaces y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre personas máquinas, materiales, métodos, mediciones e información, con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente”.⁸
- **Control visual.** Las técnicas de control visual son un conjunto de medidas prácticas de comunicación que permiten plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema productivo con especial hincapié en las anomalías y

⁷ HEMANDEZ, Juan; VIZAN, Antonio, Lean. Manufacturing, conceptos técnicas e implementación. MADRID. Escuela de organización industrial. 2013. Cap. 2. p.36. Recuperado en agosto 01 del 2016 en: <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnicae-implantacion>

⁸ HEMANDEZ, Juan; VIZAN, Antonio, Lean. Manufacturing, conceptos técnicas e implementación: MADRID. Escuela de organización industrial. 2013. Cap. 2. p.45 Recuperado el 01 de agosto del 2016 en: <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnicae-implantacion>

despilfarros. El control visual se focaliza exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora. Hay que tener en cuenta que, en muchos casos, las fábricas usan estadísticas, gráficas y cifras de carácter estático y especializado que solo sirven a una pequeña parte de los responsables de la toma de decisión.⁹

- **Técnicas de calidad.** La garantía de alta calidad constituye un pilar extraordinariamente importante en el contexto de Lean Construction. La calidad se entiende como el compromiso de la empresa en hacer las cosas “bien a la primera” y en todas sus áreas para alcanzar la plena satisfacción de los clientes, tanto externos como internos. El esfuerzo continuo mediante el despliegue de las técnicas de calidad es la única forma de asegurar que todas las unidades producidas cumplan las especificaciones dadas.
- **Sistema de participación de personal (SPP).** Los sistemas de participación del personal (SPP) se definen como el conjunto de actividades estructuradas de forma sistemática que permiten canalizar eficientemente todas las iniciativas que puedan incrementar la competitividad de las empresas. Estos sistemas tienen como objetivo común la identificación de problemas o de oportunidades de mejora para plantear e implantar acciones que permitan resolverlos, de aquí que son pieza fundamental en el proceso de mejora continua propugnado por el Lean Manufacturing.¹⁰

⁹ HEMANDEZ, Juan; VIZAN, Antonio, Lean Manufacturing, conceptos técnicas e implementación: MADRID. Escuela de organización industrial. 2013. Cap. 2. p.52. Recuperado el 01 de julio del 2016 en: <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnicas-e-implantacion>.

¹⁰ HEMANDEZ, Juan; VIZAN, Antonio, Lean Manufacturing, conceptos técnicas e implementación: MADRID. Escuela de organización industrial. 2013. Cap. 2. p.66. Recuperado el 01 de julio del 2016 en: <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnicas-e-implantacion>

3.1.4 Filosofía Lean Construction. Para Lean Construction Institute (ILC), Lean construction es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, por esto se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos¹¹.

Según Lean Construction Enterprise, el principio básico de Lean Construction es reducir al máximo posible el tiempo invertido en actividades que no le agregan valor al producto final, es decir, reducir las pérdidas en las actividades de construcción. El significado de pérdidas es muy sencillo: es simplemente el tiempo dedicado por un individuo a actividades que el cliente del proyecto no está dispuesto a pagar.

Algunos ejemplos de pérdidas en actividades de construcción son las siguientes:¹²

- Esperas por falta de equipos, herramientas o materiales.
- Esperas debido a actividades previas que no se han terminado o están mal ejecutadas.
- Esperas por falta de una correcta instrucción para realizar el trabajo.
- Tiempo ocioso debido a la actitud del trabajador, sobre población en el sitio de trabajo.
- Desplazamientos innecesarios debido a falta de recursos e inadecuada planeación del sitio del trabajo.
- Reprocesos por trabajo que no cumple con las especificaciones y cambio en los diseños.

¹¹ “Lean Construction Institute”. [Citado el 5 de octubre del 2013]. Recuperado el 01 de julio del 2016 en: <http://www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-construction/>

¹² “Lean construction Enterprise”. [Consultado 6 de junio 2016]. Recuperado el 01 de julio del 2016 en: <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/lean-construction>

3.1.4.1 Concepto de pérdida en la construcción “MUDA”. Muda es una palabra de origen japonés que significa “residuos”, específicamente cualquier actividad humana que absorbe recursos, pero no crea ningún valor, algunos ejemplos de muda en las organizaciones pueden ser: errores que requieren rectificación, producción de artículos que nadie quiere, los pasos de procesamiento que no son realmente necesarios, el movimiento de los empleados y transporte de mercancías de un lugar a otro sin ninguna justificación.¹³

Entendiéndose por residuos todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva, Lean Construction clasifica los residuos de construcción en siete categorías.¹⁴

- **Sobreproducción:** Producir más, o antes de que lo necesite el cliente, disminuye la capacidad y los recursos para producir lo que realmente necesita.
- **Reprocesos:** Reparar productos que no satisfacen las especificaciones disminuye la capacidad, aumenta el coste e interrumpe la fabricación.
- **Transportes:** Mover el material supone pérdidas de tiempo y aumenta la posibilidad de errores.
- **Movimientos:** El movimiento de personas que no añade valor supone pérdidas de tiempo.
- **Esperas:** Esperar entre operaciones aumenta los ciclos de producción y ocasiona acumulaciones de material entre los procesos.

¹³ WOMACK, James & JONES, Daniel. Lean thinking. Segunda edición: Copyrighted Material. 2003. Pág. 16-17.

¹⁴ AOMAR, Al R. Analysis of lean construction practices at Abu Dhabi construction industry, Lean Construction Journal. 2012. Pág. 121.

- **Inventarios:** Producir más de lo que el cliente necesita genera inventarios que afectan a la tesorería y a las necesidades de espacio para su almacenamiento.
- **Sobreprocesamiento:** Dotar al producto o servicio de especificaciones que el cliente no valora, esto aumenta su coste y, por tanto, su precio, condicionando la capacidad y aumentando el tiempo de procesamiento.

3.2 SISTEMA DE PLANIFICACIÓN, EL ÚLTIMO PLANIFICADOR “LAST PLANNER”

El profesor Glenn Ballard, desarrolló conceptualmente el modelo denominado último planificador (Last planner), cuya finalidad es aumentar la confiabilidad, reduciendo la incertidumbre de la planificación de los proyectos, esto trae como consecuencia mejoras sustanciales en su desempeño.

Dicho aumento en la confiabilidad se logra introduciendo planificaciones intermedias y semanales, enmarcadas dentro de un plan maestro o general del proyecto, analizando las restricciones (cuellos de botella) que se interponen al desarrollo de las tareas. Conocidas las restricciones, es posible actuar antes de que sucedan, evitándolas, con lo que se logra desarrollar las actividades sin interrupciones. Adaptado de la industria manufacturera, el Sistema Último Planificador, se presenta de modo que ejemplifique el control como causante de que los eventos se ajusten a un plan, en contraposición al concepto tradicional de control de proyectos en términos de detección de varianzas después de los hechos. Una aplicación apropiada del sistema de control de la producción es mostrada para mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo, la cual promete sustanciales beneficios en reducción del costo y duración de los proyectos.

Los controles de proyectos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción se han enfocado en detectar varianzas de los objetivos del proyecto tanto en costos como en programación y no han tratado directamente con la administración de la producción. El Sistema Último Planificador es una herramienta efectiva para mejorar la productividad de las unidades de producción que implementan sus procedimientos y técnicas. Este modelo cambia el enfoque desde la productividad de la unidad inmediata de producción a la confiabilidad del flujo de trabajo entre unidades de producción y también extiende la aplicación del sistema al diseño. El Sistema Último planificador necesita medir el desempeño de cada plan de trabajo semanal para estimar su calidad. Esta medición, que es el primer paso para aprender de las fallas e implementar mejoras, se realiza a través del Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC), que es el número de realizaciones divididas por el número de asignaciones para una semana dada. El PAC así evalúa hasta qué punto el Sistema Último planificador permite anticiparse al trabajo que se haría en la semana siguiente. Es decir, compara lo que será hecho según el plan de trabajo semanal, con lo que realmente fue hecho, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación.¹⁵

3.3 MAPEO DE LA CADENA DE VALOR “VALUE STREAM MAPPING”.

Podemos definir Value Stream Mapping como una herramienta que nos permite relacionar todas las actividades que agregan valor para crear un servicio o producto. Esta relación se realiza creando un mapa o diagrama de la condición del proceso actual detallando los pasos y sus respectivas métricas con el fin de permitir después ser un método de visualización la generación del estado futuro del proceso. Este concepto nos ayuda a ver las actividades que agregan valor, las que no agregan

¹⁵ BOTERO, Luis F. & ÁLVARES, Martha E. Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. [En línea].130ed Colombia: Universidad Eafit, 2003. [citado 23-Julio-2004]. Recuperado el 01 de julio del 2016 en: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/911/817>

valor y además las que no agregan valor, pero si son necesarias¹⁶. En el capítulo 5 se abordará sobre la utilización de esta herramienta con mayor profundidad como apoyo para el diagnóstico de los procesos logísticos y constructivos actuales.

3.4 FASES DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

3.4.1 Procesos de la fase de estructura de un proyecto de construcción.

3.4.1.1 Estructura. Es la fase donde se construyen los elementos estructurales que soportarán las cargas de una edificación y las transmitirán a la cimentación. La fase de estructura está conformada por:

- ✓ Entrepisos (piso y techo a la vez) y la cubierta.
- ✓ Elementos horizontales que sostienen el entrepiso y la cubierta: Vigas, viguetas, correas de cubierta, dinteles, alfajías, cintas de remate de culatas.
- ✓ Elementos verticales que dan apoyo a los elementos horizontales y trasmiten las cargas a la cimentación: columnas y muros de carga.

La estructura de un proyecto de construcción puede ser en concreto, u otros materiales como el ladrillo, acero y madera.

- ✓ Losa de entrepiso: Las losas o placas de entrepiso cumplen las siguientes funciones:¹⁷
 - Función arquitectónica: Separa los espacios verticales, formando los diferentes pisos de una construcción; de igual manera, pueden funcionar como placa de

¹⁶ “MANUFACTURA INTELIGENTE” [Consultado el 31 de mayo del 2016] Recuperado el 01 de julio del 2016 en: <http://www.manufacturainteligente.com/value-stream-mapping-como-realizar-un-vsm-con-tu-equipo/>.

¹⁷ “TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION” [Consultado mayo 30 del 2016] Recuperado el 01 de julio del 2016 en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO_ACADEMICO/unidad_i_geny_const_edificaciones.html

cubierta. Para que esta función se cumpla de una manera adecuada, la losa debe garantizar el aislamiento del ruido, del calor y de visión directa, es decir, que no deje ver las cosas de un lado a otro.

- **Función estructural:** Las losas o placas deben ser capaces de sostener las cargas de servicio como el mobiliario y las personas, lo mismo que su propio peso y el de los acabados como pisos y revoques. Además, forman un diafragma rígido intermedio, para atender la función sísmica del conjunto.

La unidad de medida de las losas de entrepiso es el metro cuadrado. Pueden construirse en: concreto reforzado, fundido monolíticamente; concreto aligerado con casetón de madera, ladrillo icopor o metálicas, y en placas prefabricadas de concreto. A continuación, se describirá cada tipo:

- **Losas de concreto reforzado, fundido monolíticamente:** Conocidas como losas macizas. Tienen un espesor entre 8- 15 cm. Se funden en sitio y están armadas con barras de acero que forman una parrilla en las dos direcciones, y vigas de amarre perimetrales a través de las cuales se apoya la placa en los muros o columnas de carga.

3.4.1.2 Mampostería. Cuando se habla de mampostería, se está haciendo referencia a los muros que dividen los espacios en una edificación y que se construyen con unidades de mampostería perforadas verticalmente (bloques) o macizas (ladrillos). Estas unidades de mampostería, pueden ser en concreto o en arcilla.

En un plano de planta o distribución, los muros son representados por medio de dos líneas que representan el grueso del muro, las ventanas son representadas por una o dos líneas en el centro del muro y las puertas se representan por un cuarto de

circunferencia y una o dos líneas rectas, el espacio donde no se coloca puerta y sirve de pasillo se llama vano.¹⁸

Los muros de mampostería, según su función estructural pueden ser:

- Muros estructurales: Son aquellos que además de servir de muros divisorios, soportan su propio peso, las losas y techos de la edificación, y resisten las fuerzas horizontales causadas por un sismo o el viento.
- Muros no estructurales: Son los muros que solo sirven para separar espacios de la vivienda y no soportan más carga que la de su propio peso.

3.4.1.3 Instalación de muros divisorios internos en durapanel. El durapanel es un material que se describe como una espuma rígida suministrada en forma de planchas, de color blanco, dimensiones volumétricas estables constituida por un termoplástico celular compacto. A pesar del bajo peso del polietileno expandido, destacan sus propiedades físico- mecánicas. Tiene una adecuada resistencia a la compresión, corte, flexión, tracción y también buena elasticidad.

Constituido por un bloque de Poliestireno expandido, moldeado según las exigencias arquitectónicas y estructurales, revestido con dos mallas metálicas que están ensambladas por medio de conectores de acero soldados por electrofusión. Este panel, adecuadamente armado y terminado en sitio con mortero estructural o concreto en los respectivos espacios, es utilizado para la realización de tramos de escalera. Se caracteriza por la fácil y rápida colocación, junto con una particular ligereza y resistencia estructural, simplificando y racionalizando tareas,

¹⁸ "TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION" [Consultado mayo 30 del 2016] Recuperado el 01 de julio del 2016 en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO_ACADEMICO/leccin_9_mampostera.html

disminuyendo enormemente la tradicional complejidad de ese elemento de la obra.¹⁹

Este material es utilizado en el proyecto AQUA TOWER para el proceso de levantamiento de los muros internos divisorios, y es realizado por un contratista diferente al de mampostería.

3.4.2 Etapas de la operación en la fase de estructura.

3.4.2.1 Recepción. Consiste en el conjunto de operaciones que tiene por finalidad el reconocimiento e identificación de los materiales que suministra el proveedor al que se ha efectuado un pedido. El acto de recibir los materiales es competencia del almacén, conviene, por tanto, establecer una zona adecuada para esta función. En el caso de un gran volumen de actividad, el organigrama contará con un equipo de trabajo especializado en recepción para descargar rápidamente el vehículo de transporte, disponiendo de suficientes medios de manutención.²⁰

La recepción debe controlar:

- Si se trata de productos solicitados en un pedido.
- Si la cantidad recibida corresponde a la pedida.
- Si se cumplen las especificaciones.

¹⁹ "INDUSTRIAL CONCRETOS" [Consultado mayo 30 del 2016] Recuperado el 01 de julio del 2016 en: [http://www.industrialconconcreto.com/Media/Durapanel/images/Fichas%20te%CC%81cnicas%20\(Paneles%20y%20losas\).pd](http://www.industrialconconcreto.com/Media/Durapanel/images/Fichas%20te%CC%81cnicas%20(Paneles%20y%20losas).pd)

²⁰ FERRIN GUTIERREZ, Arturo. Gestión de stocks en la logística de almacenes. MADRID: FUNDACION CONFEMETAL

Las tareas elementales de recepción consisten en:

- Contar
- Medir
- Pesar

Las actividades que se realizan en los almacenes varían de acuerdo con la cantidad y las características de los materiales, sin embargo, dichas actividades suelen incluir los siguientes procedimientos generales.

- Descargar los vehículos que ingresan.
- Acumular el material recibido en una zona de andamiaje.
- Examinar la cantidad y calidad del material y asignarle un lugar de almacenamiento.

Es fundamental indicar, además los datos de identificación del pedido.

- Fecha de recepción.
- Cantidad recepcionada de cada material, si es diferente a la del pedido.
- Observaciones claras sobre las partidas deterioradas durante el transporte.

3.4.2.2 Zona de recepción. La zona de recepción de materiales debe estar situada lo más independiente posible del resto del almacén, con el fin de poder actuar no solo como receptora sino también como clasificadora del producto recibido.

En la zona de recepción los materiales serán sometido a doble proceso: control de calidad y clasificación.

Una vez comprobado que la mercancía recibida se corresponde con las características y calidades esperadas, se procede a determinar la ubicación de la misma dentro del almacén.²¹

3.4.2.3 Componente de almacenamiento. El almacenaje es el conjunto de actividades que se realizan para guardar y conservar materiales en condiciones óptimas para su utilización desde que son recibidos hasta que son requeridos por el usuario o el cliente.²²

El almacenamiento es la labor de acomodo y guardado de los materiales en sus diferentes posiciones de almacenamiento. El proceso de almacenamiento son todas las actividades referentes a la bodega.²³

Existen cinco razones básicas por las que una compañía realiza actividades de almacenamiento.

- Reducción de los costos de transporte- producción.
- Coordinación entre el suministro y la demanda.
- Precio de los productos.
- Apoyo al proceso de producción.
- Apoyo al proceso de comercialización.

Las actividades que se realizan en los almacenes varían de acuerdo con la cantidad y las características de los materiales, sin embargo, dichas actividades suelen incluir procedimientos generales como transportar el material al lugar de almacenamiento, la guarda de productos y reubicación de los mismos.

²¹ FERRIN GUTIERREZ, Arturo. Gestión de stocks en la logística de almacenes. MADRID: FUNDACION CONFEMETAL

²² GARAVITO HERNANDEZ, Edwin. Sistemas de almacenamiento. Bucaramanga, Universidad industrial de Santander. Escuela de estudio industrial y empresarial. Diseño de sistemas productivos

²³ SALDARRIAGA Diego. Diseño, optimización y gerencia de centros de distribución. Almacenar menos, distribuir más. Primera edición. Medellín, Colombia 2012. p26.

3.4.2.4 Zona de almacenaje. En esta zona se ubican los materiales durante un periodo de tiempo. Su buen manejo contribuye a minimizar los gastos de manipulación y a maximizar la utilización de espacios²⁴.

La zona de almacenamiento puede estar formada por una sola sección o segmentarse en varias secciones. Para efectuar el diseño de un almacén, lo primero que se debe realizar es un estudio de los índices de rotación de los productos que se deben almacenar, clasificándolos en tres categorías:²⁵

- Materiales con bajo índice de rotación.
- Materiales con índice de rotación medio.
- Materiales con alta rotación.

²⁴ SALDARRIAGA Diego. Optimización y gerencia de centros de distribución, almacenar menos distribuir más. Primera edición abril 2012 Medellín Colombia. Pag 30.

²⁵ PEREZ H, Mariano. Almacenamiento de materiales. Valencia: MARGE BOOKS Noviembre 2006 Cap. 4. Pág. 90-92.

4. DIAGNÓSTICO PROYECTO AQUA TOWER

4.1 DIAGNÓSTICO CUALITATIVO

El diagnóstico cualitativo del proyecto AQUA TOWER se desarrolló a través de la utilización de las herramientas cualitativas mostradas a continuación:

4.1.1 Observación desde varios puntos de la Obra. Desde el inicio de la práctica empresarial, una de las primeras actividades contempladas para la realización del diagnóstico del proyecto fue la de “observación desde varios puntos de la obra”, estas observaciones se realizaron todos los días en obra a través de un recorrido por cada uno de los pisos hasta llegar a la última placa en construcción; inicialmente acompañados por el profesional residente a cargo de cada uno de los procesos constructivos. Dichas observaciones fueron realizadas con el fin de visualizar a los trabajadores de cada una de las cuadrillas y de esta manera poder identificar los métodos de trabajo empleados en cada uno de los procesos constructivos (Ver Anexo A). El proceso de observación inició en la placa número dieciocho con la actividad “armado de cama”, y finalizó con la observación de la actividad “fundida de placa”, para las actividades correspondientes a la elaboración de elementos estructurales de concreto del proyecto AQUA TOWER. Se realizó el mismo procedimiento para las actividades correspondientes a Mampostería y Durapanel (muros divisorios internos) y se dio inicio con la observación de la actividad “armado de primera hilada” finalizando con la actividad “fundida de columnetas”. Una vez terminada esta etapa y luego de identificar para cada uno de los procesos constructivos el personal requerido, materiales, herramientas y contratistas a cargo del proceso, se elaboraron los respectivos diagramas de operaciones (Ver anexo B) a fin de documentar y estandarizar los procesos de construcción.

4.1.2 Entrevistas a líderes y responsables de los procesos. En la segunda parte del diagnóstico cualitativo se realizaron las respectivas entrevistas a la Directora de obra (Ingeniera María Vidalia Portilla) y a cada uno de los ingenieros residentes del proyecto (Ingeniero Diego Ruíz, Ingeniero Javier Bustos, Arquitecta Andrea Gutiérrez e Inspectora Siso Paola Hernández) el objetivo de estas entrevistas fue el de conocer y caracterizar cada uno de los procesos objeto de estudio así como el de identificar las principales restricciones que presentaban cada uno de los procesos. Una vez entrevistados los Ingenieros residentes se procedió con las entrevistas a los Maestros de Estructura (Maestro David Ayala) y mampostería (Maestro Humberto Caballero).

Como resultado de este diagnóstico cualitativo se completó el formato denominado “Identificación de Procesos y Recursos” (Ver Anexo A); donde se recopiló toda la información correspondiente a los procesos objeto de estudio de las fases de Estructura y Mampostería y que son enunciados a continuación:

- Proceso Elaboración de Pantallas (Columnas).
- Proceso Elaboración de Vigas de entrepiso.
- Proceso Elaboración de Placas.
- Proceso Elaboración de Escaleras.
- Proceso Elaboración de Muros en ladrillo H10.
- Proceso Elaboración de muros internos divisorios en Durapanel.

Una vez completado el formato “Identificación de Procesos y Recursos” se procedió a realizar los diagramas de operaciones de cada uno de los procesos mencionados anteriormente (Ver Anexo B) para la elaboración del “Muestreo de trabajo”; herramienta utilizada en el diagnóstico cuantitativo.

4.2 DIAGNÓSTICO CUANTITATIVO

El diagnóstico cuantitativo del proyecto AQUA TOWER fue realizado a través de la utilización de dos herramientas: Implementación de la Lista de Chequeo diagnóstico 5'S y un muestreo de trabajo por observaciones realizado para las actividades de Estructura, mampostería y Durapanel durante los meses de mayo y junio de 2016. El objetivo de implementar la lista de chequeo 5'S fue la de obtener datos que reflejaran las condiciones actuales de orden y limpieza del proyecto y que afectan de manera directa los factores de productividad y seguridad industrial. El muestreo de trabajo por observaciones, buscó analizar las proporciones de tiempo (productivo, contributivo y no contributivo) empleado por los trabajadores de las diferentes cuadrillas; este análisis nos dio a conocer las pérdidas de tiempo y sus respectivas causas, para cada una de las actividades contempladas en el estudio. Las dos herramientas tienen como objetivo final la generación de planes de acción en busca de un aumento en la productividad del proyecto.

4.2.1 Diagnóstico 5'S. El programa denominado 5'S luego de su implementación persigue tres objetivos fundamentales: minimizar el despilfarro, aumentar la productividad del proyecto y mejorar las condiciones de seguridad industrial para todo el personal de obra. Este sistema se convierte en eje fundamental de implementación en industrias civiles puesto que brinda herramientas dirigidas directamente a las grandes falencias reveladas en el diagnóstico.

La falta de estándares y procedimientos que guíen a los trabajadores en el desempeño de sus actividades, hacen de la improvisación el único medio para cumplir con las asignaciones planificadas. Gran cantidad de pérdidas presentes en las actividades de construcción como: los transportes, reprocesos y esperas son provocadas por materiales, equipos, instrucciones o esperas causadas por otras cuadrillas debidos a los retrasos en sus actividades, detenciones por avería en los equipos y máquinas, inventarios, desplazamientos, tiempos ociosos e inclusive los

escombros y residuos de construcción impiden tener actividades con un flujo continuo.

Para analizar el estado actual de las condiciones de orden y limpieza en obra, se decidió realizar una lista de chequeo diagnóstico que evaluaba las condiciones del sistema 5'S para ocho ítems: áreas locativas, materias primas, personas, maquinaria y equipos, herramientas, áreas sanitarias y de alimentación, manejo de residuos y señalización y extintores; de acuerdo a determinados estándares de cumplimiento (Ver anexo C).

4.2.2 Muestreo de trabajo por observaciones. El muestreo de trabajo por observaciones es una técnica comúnmente usada para investigar las proporciones de tiempo total dedicadas a las diversas actividades que conforman un determinado proceso. Es una técnica que se adapta fácilmente a la industria civil y está enfocada a los trabajadores encargados de ejecutar las actividades programadas; con esta técnica se pueden obtener datos confiables que cuantifiquen las proporciones de tiempo empleadas en cada una de las actividades. Consiste en numerosas observaciones cortas de la labor de los operarios en su sitio de trabajo y de la utilización de los equipos y herramientas, categorizando en grupos principales esas mediciones. Para la toma de datos en proyectos de construcción con la técnica del muestreo de trabajo por observaciones se acostumbra a usar dos métodos diferentes para las observaciones y su posterior registro:

- **Observación desde un punto fijo en la obra**, utilizado cuando se quiere analizar una operación específica de construcción o una parte de la obra.
- **Recorrido por la obra o por sectores que se desean observar**; es el método más apropiado cuando se tienen obras de gran extensión que no permite observarse desde una sola posición.

Los resultados del muestreo de trabajo son efectivos para determinar: la utilización de máquinas y personal; los suplementos aplicables a la tarea, y los estándares de producción²⁶.

Para analizar el contenido de trabajo existen tres categorías:

Tabla 1. Clasificación de trabajos que agregan y no agregan valor

Trabajo que agrega valor	Trabajo que No agrega valor
Trabajo productivo	Trabajo Contributivo
	Trabajo No contributivo
	Detenciones

- **Trabajo Productivo:** Es el proceso en el cual se añade un componente a lo que está siendo construido. Es el trabajo que genera valor realmente.
- **Trabajo Contributivo:** Trabajo que no necesariamente agrega un componente a lo que está siendo construido, pero es esencial para completar el trabajo. Esto incluye tareas como transportar materiales a los frentes de trabajo, recibir y dar instrucciones, leer planos, etc.
- **Trabajo No contributivo:** Es hacer nada o hacer algo que no es necesario para completar el producto final. Esto incluye actividades como desplazamientos, tiempos de esperas sin explicación (ociosos), etc.
- **Detenciones:** Diferentes esperas en los procesos a causa de falta de materiales, equipos y herramientas, falta de instrucciones, entre otros.

²⁶ NIEBEL B. W, FREIVALDS A. Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo. Ed Alfa omega. ED 11ª. México 2004.

Antes de tomar las observaciones reales del estudio del muestreo de trabajo debe realizarse una planeación detallada, esta planeación inicia con una estimación preliminar de las actividades para las que se busca información. Esta estimación puede incluir una o más actividades, y a menudo se hace a partir de datos históricos. Si el analista no puede hacer una estimación razonable, debe muestrear el área durante uno o dos días y usar esa información como base de sus estimaciones.

La teoría de muestreo de trabajo se basa en la ley fundamental de probabilidad: en un momento dado, un evento puede estar presente o ausente. Los estadísticos han derivado las siguientes expresiones para mostrar la probabilidad de x ocurrencia de un evento en n observaciones²⁷.

$$(p + q)^n = 1$$

Donde:

P = Probabilidad de una sola ocurrencia.

q = (1-p) Probabilidad de ausencia de una ocurrencia.

n = número de observaciones.

Esta teoría puede usarse para estimar el tamaño de la muestra total necesaria para lograr cierto grado de precisión, siempre y cuando el tamaño n para intentar estimar p sea representativo, es por esto que se decide realizar un **pre-muestreo** de 100 observaciones que se harán en campo y nos permitirán calcular la proporción de p y q, donde p será nuestra probabilidad de encontrar un trabajador realizando una actividad productiva y q será la probabilidad de encontrar un trabajador realizando una actividad no productiva, en este caso tomaremos a “q” como la suma entre

²⁷ NIEBEL B. W, FREIVALDS A. Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo. Ed Alfa omega. ED 11ª. México 2004.

trabajo contributivo, trabajo no contributivo y detenciones. Una vez realizadas las 100 observaciones se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2. Resultados Premuestreo de trabajo

Premuestreo de Trabajo	
TP	39,40%
TC	35,78%
TNC	24,82%
D	0%
TOTAL	100,00%

Tabla 3. Trabajo productivo Vs. Trabajo no productivo

Trabajo Productivo	TP	39,40%
Trabajo No productivo	TC + TNC + D	60,60%

4.2.2.1 Cálculo de la Muestra. El **pre-muestreo** de trabajo arrojó una proporción de 39,40% para trabajo productivo y una proporción de 60,60% para trabajo no productivo, datos con los cuales se procedió a calcular el número de muestras totales que se realizarán mes a mes para la utilización de la técnica del muestreo de trabajo.

Con una muestra representativa, de un tamaño lo suficientemente grande para ser estadísticamente válida, ciertas características del proyecto objeto de estudio pueden ser pronosticadas. Esta predicción no es exacta, pero sí la muestra es representativa, el resultado puede mostrar muy de cerca el estado actual.

Estadísticamente la muestra podrá ser validada a partir de tres conceptos: nivel de confianza, límite de error y proporción por categoría (que para este caso son la proporción de trabajo productivo y la proporción de trabajo no productivo). El primero provee la confiabilidad del resultado, el segundo la precisión del valor estimado y el último es la proporción esperada de la muestra, es decir, como se distribuyen las respuestas de la muestra. El número de muestras para las condiciones requeridas es calculado con la ecuación²⁸.

$$n = \frac{z^2 * p * (1 - q)}{l^2}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra.

z = valor obtenido de las tablas estadísticas dependiendo del intervalo de confianza.

p = proporción de trabajo productivo.

q = proporción de trabajo no productivo.

l = límite de error requerido.

Asumiendo que los datos obtenidos se distribuirán normalmente y que el nivel de confianza en los resultados esperados será del 95%; el valor correspondiente de z es igual 1,96 y por tanto el número total de muestras se calcula de la siguiente manera:

n = tamaño de la muestra

z = 1,96

p = 0,394

l = 0,05

²⁸ OLOMOLAIYE PAUL O, JAYAWARDANE ANANDA K.W., HARRIS FRANK C, Construction productivity management; Harlow, England: Longman; Ascot, Chartered Institute of Building, 1998.

$$n = \frac{z^2 \times p \times (1-p)}{l^2} \quad n = \frac{1,96^2 \times (0,394) \times (1-0,394)}{(0,05)^2} \quad n = 366,86 \approx 367$$

Posterior al cálculo de la muestra total se procedió a llevar a cabo el muestreo de trabajo con la selección de las actividades objeto de estudio. Las actividades seleccionadas para la realización del muestreo deben ser aquellas que impacten en alguno de los siguientes criterios: valor de la etapa constructiva, costo, diferenciación estratégica del proyecto que generen crecimiento, servicio (calidad y entrega) o cumplimiento con leyes y regulaciones.

4.2.2.2 Metodología empleada para el desarrollo del muestreo de trabajo por observaciones. El muestreo de trabajo por observaciones permite identificar los tiempos productivos, contributivos, no contributivos y detenciones de cada una de las actividades que se decidan incluir en el estudio. El número de observaciones que se establecieron para el desarrollo del muestreo por observaciones dependió del nivel de confianza, límite de error y la proporción esperada por categoría obtenida del muestreo preliminar o pre-muestreo.

La metodología empleada para la elaboración del muestro de trabajo por observaciones en el proyecto AQUA TOWER se describe en el ANEXO D. En el documento denominado “instructivo muestreo de trabajo” se encuentra descrito el procedimiento y los formatos utilizados para la toma de datos.

A continuación, se enuncian las actividades y procesos que fueron objeto de estudio:

- **Actividades para el Proceso Elaboración de Pantallas:**
 - Trasiego de formaleta pantallas.
 - Prolongar línea de topografía.
 - Cimbrar ejes.

- Instalar fleje guía.
- Armar refuerzos de acero.
- Colocar estribos.
- Colocar ganchos.
- Verificar verticalidad de los ejes.
- Instalar formaleta pantallas.
- Retranque de formaleta.
- Verificar instalación completa pantallas.
- Fundir concreto.
- Desencofrar pantalla.

Figura 4. Actividad estructura-armado de refuerzos de acero



• **Actividades para el proceso Elaboración de Vigas y Placas:**

- Trasiego de formaleta placas.
- Armado de formaleta.
- Entablerado.
- Marcación de ejes.
- Armar vigas.
- Amarrar hierros, aceros.

- Verificar ejes y borde de placas.
- Emparrillada inferior.
- Instalar redes sanitarias y eléctricas.
- Instalar guaya de potensado.
- Instalar acero superior.
- Instalar formaleta.
- Verificar instalación completa.
- Fundir placa.
- Desencofrar placa.

Figura 5. Elementos estructurales horizontales- Vigas



● **Actividades para el proceso Elaboración de Escaleras:**

- Trasiego de formaleta.
- Armar rampas.
- Encofrar trashuella.
- Colocar armadura de acero.
- Enganchar refuerzos de la escalera.
- Fundir escaleras.
- Desencofrar escaleras.

Figura 6. Instalación de encofrado para escaleras



- **Actividades para el proceso Elaboración muros de Mampostería:**

- Cimbrado de ejes guía.
- Replanteo.
- Mampostería.
- Fundir columnetas.
- Frisar todo el piso.

Figura 7. Levantamiento de muros en mampostería y columnetas



- **Actividades para el proceso Elaboración muros Divisorios Durapanel:**
 - Cimbra en placa y piso.
 - Instalar platinas.
 - Montar panel.
 - Instalar accesorios.
 - Instalar mallas.
 - Aplomar y nivelar muros.
 - Chafarrear.

Figura 8. Actividades muros durapanel- aplomar y nivelar muros



En el Anexo D se encuentra y se detalla toda la información correspondiente al muestreo de trabajo por observaciones realizado durante el mes de junio de 2016, discriminado en actividades de los procesos de Estructura y Mampostería interna y externa.

4.2.3 Resultados diagnóstico proyecto AQUA TOWER.

4.2.3.1 Resultados diagnóstico 5's. El resultado de la aplicación de la lista de chequeo nos muestra que seis de los ocho ítems evaluados no cumplen con el estándar mínimo de orden y limpieza, obteniendo las más bajas calificaciones los ítems de materias primas, herramientas, áreas sanitarias y de alimentación y

manejo de residuos. Esto nos sugiere que deben ser los primeros ítems en ser intervenidos una vez implementado el programa 5'S que pretende realizarse para el proyecto AQUA TOWER. Para la presentación y comunicación de los resultados al staff administrativo del proyecto, además de la lista de chequeo los autores se apoyaron en evidencia fotográfica una vez realizado el recorrido completo por la obra para evaluar las condiciones de orden y limpieza.

Tabla 4. Resultados lista de chequeo 5'S

ASPECTOS ANALIZADOS	PROMEDIO	META
Áreas Locativas	2,6	5
Materias Primas	1,4	5
Personas	3,0	5
Maquinaria y Equipos	1,7	5
Herramientas	1,0	5
Áreas Sanitarias y de alimentación	1,0	5
Manejo de Residuos	1,0	5
Señalización y Extintores	3,0	5

Figura 9. Resultados lista de chequeo 5'S

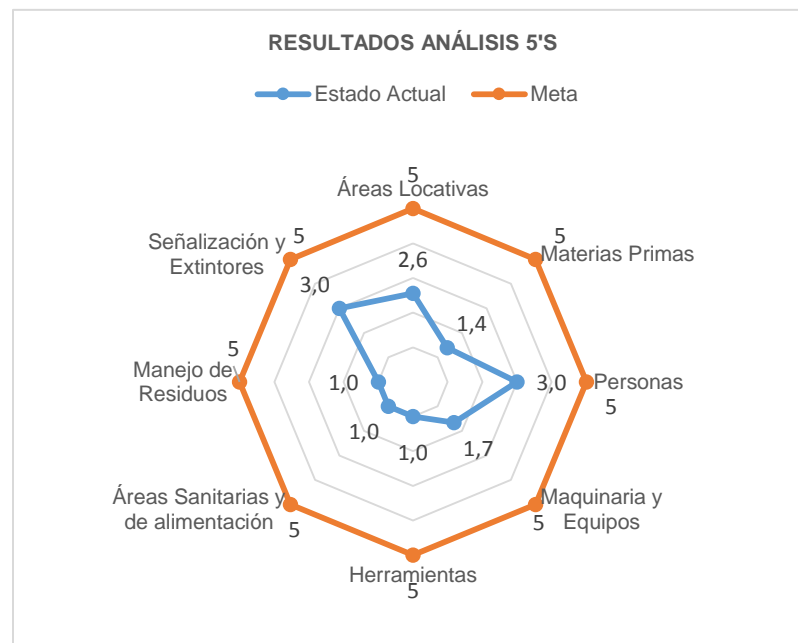


Figura 10. Condiciones iniciales orden y limpieza piso 8



Figura 11. Condiciones iniciales orden y limpieza piso 9



Figura 12. Condiciones iniciales orden y limpieza placa 20



Una vez realizado el diagnóstico del estado actual de orden y limpieza del proyecto AQUA TOWER se detectaron como problemas principales los citados a continuación:

- Los pisos, pasillos y escaleras no están libres de materiales innecesarios (madera, hierro, alambre, puntillas, concreto) y pueden obstruir o dificultar el paso de personas, equipos o materiales.
- La cantidad de materias primas no son las necesarias para satisfacer la demanda de cada proceso o trabajo.
- Los materiales no están protegidos de las inclemencias del tiempo u otros contaminantes.
- Los trabajadores no organizan diariamente materiales, formaletas y demás componentes a fin de evitar accidentes, golpes o tropiezos.

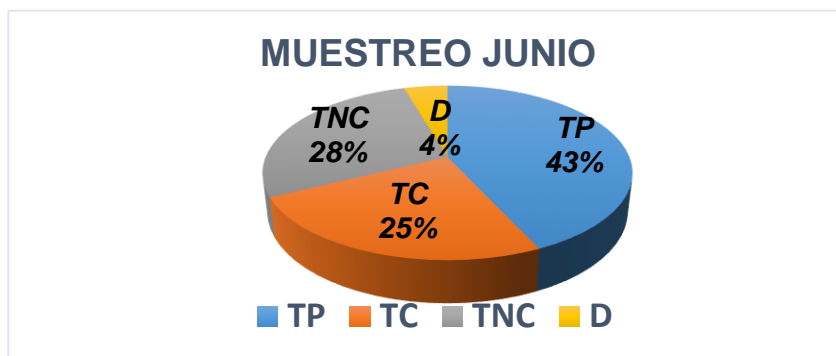
- No se realiza una adecuada clasificación de escombros y despilfarros producto de cada proceso o actividad dificultando con esto las jornadas semanales de aseo que se realizan cada viernes.
- Los residuos de obra y basuras no se clasifican de acuerdo con las normas de reciclaje, si se disponen en canecas debidamente señalizadas y de costales en cada piso, pero no existe una correcta utilización de los mismos.

4.2.3.2 Resultados muestreo de trabajo por observaciones.

Tabla 5. Resultados muestreo de trabajo por observaciones junio 2016

TOTAL MUESTREO GENERAL		
	FRECUENCIA	PORCENTAJE
TP	275	43,10%
TC	157	24,61%
TNC	177	27,74%
D	29	4,55%
TOTAL	638	100%

Figura 13. Resultados muestreo de trabajo general



Los resultados del muestreo por observaciones nos demuestran que existe un porcentaje de pérdidas del 56,09%, distribuidas así: 24.61% correspondiente a tiempo contributivo, 27.74% correspondiente a tiempo no contributivo, 4.55% correspondiente a detenciones.

La columna frecuencia hace referencia al número total de trabajadores encontrados al momento de realizar cada una de las observaciones. El despliegue de estos cálculos se encuentra desarrollado en el Anexo D. A continuación, se desglosan los resultados generales obtenidos dividiendo el muestro de trabajo por observaciones en dos tipos de actividades: Muestreo de trabajo en actividades de Estructura y muestreo de trabajo en actividades de mampostería.

Tabla 6. Muestreo de trabajo en actividades de Estructura

TOTAL MUESTREO EN ESTRUCTURA		
	FRECUENCIA	PORCENTAJE
TP	187	45,61%
TC	89	21,71%
TNC	105	25,61%
D	29	7,07%
TOTAL	410	100%

Tabla 7. Muestreo de trabajo en actividades de mampostería

TOTAL MUESTREO EN MAMPOSTERÍA		
	FRECUENCIA	PORCENTAJE
TP	88	38,60%
TC	68	29,82%
TNC	72	31,58%
D	0	0,00%
TOTAL	228	100%

4.2.3.3 Análisis de causas de proporciones de tiempos contributivos y No contributivos. Para determinar las causas de los tiempos contributivos, tiempos no contributivos y detenciones, se emplearon las tablas de causas (Ver Anexo D) con el objetivo de cuantificar el porcentaje atribuido a cada una de ellas y obtener los resultados consolidados para su posterior análisis en el proceso de implementación de propuestas de mejora.

Tabla 8. Causas de tiempos contributivos general

CAUSAS DE TIEMPOS CONTRIBUTIVOS GENERAL			
COD	NOMBRE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	Transporte	84	49,12%
2	Mediciones	39	22,81%
3	Desplazamientos	34	19,88%
4	Instrucciones	7	4,09%
5	Limpieza	4	2,34%
6	Protecciones	3	1,75%
7	Otros	0	0,00%
8	Retranque de formaleta	0	0,00%
	TOTAL =	171	100,00%

Se observa que el transporte, las mediciones, los desplazamientos y las preparaciones son las causas que presentan mayor porcentaje.

Durante la realización del muestreo de trabajo se evidenció que los trabajadores permanentemente realizan transporte de materiales al inicio, durante y al final de cada una de las actividades productivas ya que tanto en placa como en piso no está definido un adecuado Layout de obra que permita un flujo de actividades minimizando el tiempo empleado en transportes. Por otro lado, las mediciones se deben a las mismas características del sistema constructivo como las requieren las actividades de armado de viga, armado de columna, armado de placa, medida de cable para el postensando, entre otras.

Los desplazamientos que realizan los trabajadores se deben al traslado de una actividad a otra debido a que en muchas ocasiones no finalizan dichas actividades por falta de instrucciones, falta de material o falta de planeación de las mismas. Las causas por preparaciones en actividades de Estructura y mampostería se atribuyen

la aplicación de desmoldante para formaleta, reparaciones de materiales y herramientas, preparación de mortero, entre otras.

La tabla 9 muestra que los transportes, las esperas y los movimientos (tipos de despilfarro Lean) representan el 91.81% de las causas de tiempos contributivos encontradas en el muestreo de trabajo. Lo anterior nos sugiere que estas áreas requieren de especial análisis en la búsqueda de propuestas de mejora que puedan disminuir dichos porcentajes.

Tabla 9. Identificación de despilfarro en causas de tiempos contributivos

CAUSAS DE TIEMPOS CONTRIBUTIVOS GENERAL				
TIPOS DE DESPILFARRO	COD	NOMBRE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
TRANSPORTE	1	Transporte	84	49,12%
ESPERA	3	Mediciones	39	22,81%
MOVIMIENTOS	6	Desplazamientos	34	19,88%
TOTAL			157	91,81%

Figura 14. Causas de tiempos No contributivos general

CAUSAS DE TIEMPOS NO CONTRIBUTIVOS GENERAL				
AREAS	COD	NOMBRE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
ESPERAS	101	Falta de equipo o herramienta	3	1,89%
	102	Falta de materiales	11	6,92%
	103	Falta de suministros	1	0,63%
	104	Sobrepoblación	1	0,63%
	105	Actividad previa sin terminar o mal ejecutada	10	6,29%
	106	Falta de instrucción	0	0,00%
	107	Cambio de mixer	19	11,95%
	108	Otros	3	1,89%
TIEMPO OCIOSO	201	Actitud del trabajador	13	8,18%
	202	Toma de decisiones	5	3,14%
	203	Sobrepoblacion	0	0,00%
	204	Falta de supervisión o instrucciones	1	0,63%
	205	Conversando	47	29,56%
	206	Otros	0	0,00%
DESPLAZAMIENTOS	301	Falta de recursos	3	1,89%
	302	Falta de supervisión o instrucciones	0	0,00%
	303	Sobrepoblación	0	0,00%
	304	Pobres condiciones de trabajo	0	0,00%
	305	Actividad previa sin terminar o mal ejecutada	20	12,58%
	306	Otros	2	1,26%
DESCANSO	401	Agotamiento	13	8,18%
NECESIDADES FISIOLÓGICAS	501	Hidratación	2	1,26%
	502	Aseo personal	0	0,00%
	503	Ir al baño	0	0,00%
	504	Otros	0	0,00%
REPROCESOS	601	Trabajo mal adecuado	0	0,00%
	602	Fue dañado por una cuadrilla diferente	0	0,00%
	603	Falta de planeación	5	3,14%
	604	Cambio de planos o especificaciones	0	0,00%
TRANSPORTE	701	Mala distribución o localización de recursos	0	0,00%
	702	Falta de equipo o herramienta	0	0,00%
	703	Métodos inadecuados	0	0,00%
	704	Otros	0	0,00%
TOTAL			159	100,00%

Tabla 10. Identificación de despilfarro en causas de tiempos No contributivos

TIPOS DE DESPILFARRO	CAUSAS DE TIEMPOS NO CONTRIBUTIVOS GENERAL			
	CÓD	NOMBRE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
ESPERAS	107	Cambio de Mixer	19	11,95%
	102	Falta de materiales	11	6,92%
	105	Actividad previa sin terminar o mal ejecutada	10	6,29%
	TOTAL		40	25,16%
TIEMPO OCIOSO	205	Conversando	47	29,56%
	201	Actitud del trabajador	13	8,18%
	TOTAL		60	37,74%
DESPLAZAMIENTOS	305	Actividad previa sin terminar o mal ejecutada	20	12,58%
	TOTAL		20	12,58%
REPROCESOS	603	Falta de planeación	5	3,14%
	TOTAL		5	3,14%
TOTAL			125	78,62%

El análisis de las causas de los tiempos no contributivos nos arroja que las áreas de despilfarro se encuentran en esperas, tiempo ocioso, desplazamientos y reprocesos. Así mismo actividades de: conversando, actividad previa sin terminar o mal ejecutada, cambio de Mixer, falta de material y falta de planeación son las causas que exhiben mayor porcentaje. El proyecto AQUA TOWER presenta un problema de desabastecimiento de materias primas debido a que existe un incumplimiento en el pago a los proveedores de estas y como consecuencia un incumplimiento por parte de ellos en las entregas oportunas de material. Por otro lado, los tiempos ociosos generados por las esperas, son dedicados por el personal para conversar.

Las actividades previas sin terminar o mal ejecutadas se deben a falta de instrucciones por parte de los contramaestros, las actividades no son correctamente

comunicadas los trabajadores deben entender que si una actividad está terminada y es su turno en el proceso deben dirigirse inmediatamente hacia ella, pero si esto no se presenta deben esperar instrucciones para saber a qué pueden dedicarse.

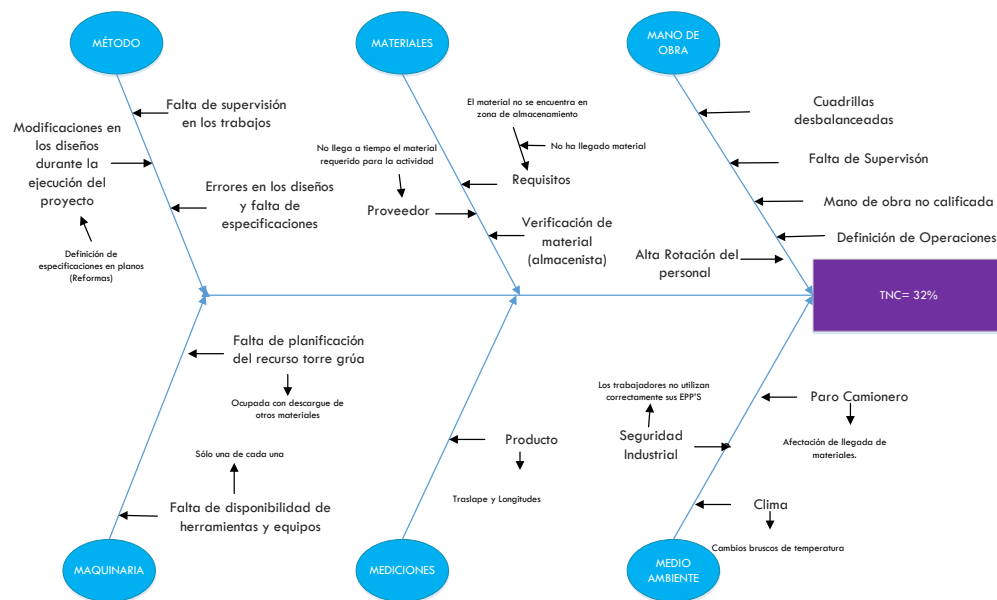
Tabla 11. Detenciones en los Procesos

CAUSAS DE DETENCIONES			
COD	NOMBRE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
D-1	Esperando por materiales (bodega)	0	0%
D-2	Esperando por materiales (externo)	7	24%
D-3	Esperando por herramientas no disponibles	0	0%
D-4	Esperando por equipos	0	0%
D-5	Reprocesos (error de diseño)	12	41%
D-6	Reprocesos (error de construcción)	7	24%
D-7	Traslados a otras áreas de trabajo	3	11%
D-8	Esperando por información	0	0%
D-9	Sectores atestados de trabajadores	0	0%
TOTAL =		29	100%

“Esperando por materiales” y “Reprocesos por errores de diseño y errores en los procesos de construcción” son las principales causas de las detenciones en los procesos de Estructura y mampostería. Esto sugiere lo descrito anteriormente en el análisis de causas de los tiempos no contributivos, existen grandes fallas en el proceso de requerimiento de materiales, lo que ocasiona que los trabajadores detengan su actividad en espera de los mismos. La falta de instrucciones precisas y las reformas arquitectónicas generan los porcentajes de reprocesos encontrados, los traslados a otras áreas de trabajo se deben a la falta de instrucciones por parte del contra maestro (situación expuesta en el análisis de causas de los tiempos no contributivos).

4.2.3.4 Análisis Causa-Efecto. Finalizada la etapa diagnóstica, se encontraron siete actividades críticas en los procesos de las fases estudiadas; los cuáles exhiben porcentajes elevados de tiempos contributivos, tiempos no contributivos, detenciones y en consecuencia se pudo encontrar tipos de despilfarro según la clasificación de la filosofía Lean. Las causas de dichos tiempos se representaron a través de los Diagramas Causa-Efecto (Ver Anexo E).

Figura 15. Diagrama Causa-efecto productividad AQUA TOWER



- Causa 1. Desabastecimiento de materias primas.** Existe una mala planeación en el proceso de requerimiento de materiales por parte de la constructora, el canal de información entre contratistas y constructora no es el más adecuado, puesto que se pasan por alto materias primas necesarias y no se hace el pedido de estas a tiempo. Otra causa de desabastecimiento de materias primas es el tema con los proveedores ya que a estos no se les cancela a tiempo, lo cual genera que no cumplan con las fechas de despacho.

- ✓ **Efecto:** Incumplimiento en las actividades programadas lo cual repercute en la programación de obra haciendo que el proyecto presente retrasos que no se pueden solventar más adelante.

- **Causa 2. Distribución de materias primas.** Para algunas materias primas no se cuenta con un adecuado inventario, existe un patio para almacenamiento del hierro, pero así mismo no existe un orden y disposición para cada tipo de hierro, los trabajadores descargan el material en cualquier parte sin importar tamaño o clasificación. Algunos materiales como la arena o cemento se desperdician por transportes internos o mala utilización de los mismos.

- ✓ **Efecto:** Incremento en tiempos no contributivos puesto que los trabajadores dedican varios minutos u horas en la ubicación de algún tipo de hierro específico, aumento en costos por pérdida de materiales ya que por descuido algunos materiales quedan obsoletos por las condiciones climáticas y el tiempo de almacenamiento.

- **Causa 3. Incumplimiento de contratistas.** Los contratistas no cumplen con la programación semanal asignada durante el comité de obra puesto que no cuentan con mano de obra calificada o idónea para los diferentes tipos de actividades, los trabajadores no están motivados y las jornadas laborales son bastantes fuertes y contienen un alto requerimiento físico por parte de ellos. En ocasiones el personal es ineficiente para las labores requeridas ya sea por incapacidad de la EPS o ARL, o a la alta rotación de personal que existe en las obras, los trabajadores cambian constantemente de trabajo.

- ✓ **Efecto:** Repercusiones directas en la programación de obra, afectando los tiempos de vida del proyecto, hace que cada actividad se atrase lo cual termina

significando altos costos debido a los retrasos de obra e inflamamientos de precios a los clientes finales del proyecto.

- **Causa 4. Deficiente organización de materiales y residuos en zonas de trabajo.** Como el contrato hecho con cada uno de los contratistas se remite a que la constructora es la encargada de suministrar todos los materiales necesarios para el cumplimiento de las actividades, a los contratistas y sus trabajadores no les interesa el despilfarro que puedan generar por su actividad laboral, el orden que mantienen en sus zonas de trabajo es pésimo, muchas veces no existe una clasificación entre material necesario y desechos o desperdicios, lo cual incrementa el despilfarro.
- ✓ **Efecto:** Todo el despilfarro por causa de una mala utilización de materiales representa un incremento en los costos de materias primas, el desorden que tienen en cada zona de trabajo se convierte en un riesgo inminente para la salud de los trabajadores.

El análisis de causas anterior nos sugiere entonces, que las propuestas de mejora para el proyecto AQUA TOWER deben enfocarse en las áreas de: distribución de materias primas, organización de materiales y residuos en zonas de trabajo, asignación y cumplimiento de actividades semanales por parte de los contratistas y procesos logísticos relacionados con el abastecimiento de las materias primas.

5.2 ANÁLISIS DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS ACTUALES

La ejecución del proyecto AQUA TOWER consta de cinco fases principales: cimentación, estructura, redes hidrosanitarias, mampostería y acabados. En la fase de cimentación se establecen y se fijan el conjunto de elementos estructurales que van a soportar todas las cargas del edificio, siendo una fase antecesora a la fase de estructura. Una vez terminados los cimientos que soportarán las cargas de los elementos apoyados en ella, se da inicio a la fase de estructura, donde se construyen los elementos estructurales verticales y horizontales (placas, vigas, columnas y pantallas). La dinámica para la siguiente fase (redes hidrosanitarias) se lleva a cabo antes de fundir por completo la placa; es decir, se realizan primero las instalaciones de los buitroneos (espacios por dónde sube la tubería hidrosanitaria y de incendios) y posterior a esta actividad se funde la placa por completo. Una vez terminada la etapa de fundida, la placa esta lista para comenzar la instalación de redes y la fase de mampostería que consiste en el levantamiento de muros en ladrillo y poliestireno expandido. Simultáneamente a la fase de levantamiento de muros en poliestireno expandido, se realizan las instalaciones eléctricas antes de la actividad (frisado de muros). Una vez que se hayan frisados los muros y se haya realizado la instalación completa de redes hidráulicas, de incendios y eléctricas el piso esta se encuentra listo para iniciar la fase de acabados; que comprenden las actividades de pintura, instalación de enchapes, instalación de carpintería metálica y de madera y demás actividades propias de la terminación de cada unidad de vivienda.

Actualmente AQUA TOWER cuenta con un almacén de materiales en el interior del proyecto, encargado de la logística interna necesaria para el suministro de gran parte de los materiales necesarios para llevar a cabo cada una de las correspondientes fases del proyecto. Con el establecimiento previo de cada uno de los proveedores de materias primas que abastecerán al proyecto de construcción, el almacén de materiales es el encargado de realizar los pedidos semanales o

mensuales correspondientes a los requerimientos de materiales de cada uno de los ingenieros residentes (líderes de las fases anteriormente mencionadas), quienes previamente acuerdan estos requerimientos con cada uno de los contratistas a su cargo, es el encargado además de recibir y despachar cada uno de los materiales que ingresan a la obra y así mismo de actualizar mediante el software SAO los registros de inventario de cada uno de estos materiales.

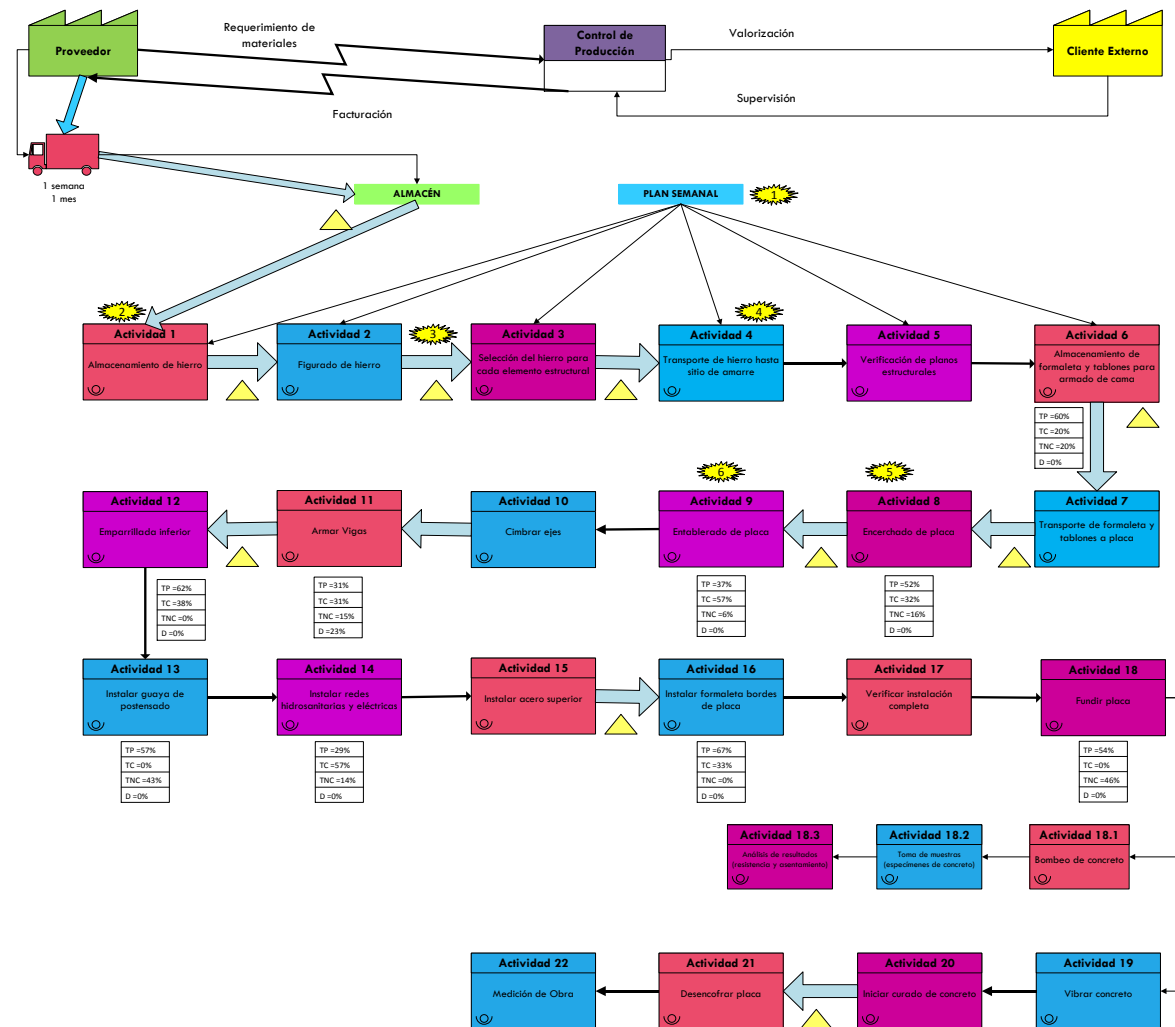
5.2.1 Identificación de oportunidades de mejora (eventos Kaizen).

- **Número 1:** Relacionada con el proceso de requerimiento de materiales para cada uno de los procesos constructivos, ya que frecuentemente se presentan situaciones de desabastecimiento de materias primas lo cual afecta directamente la productividad y los tiempos del proyecto.
- **Número 2:** Relacionada con actividades internas del almacén de materiales y zonas de almacenamiento del proyecto debido a la falta de clasificación de las materias primas y al estado de las mismas.
- **Número 3:** Relacionada con la asignación semanal de actividades para cada uno de los contratistas, debido a que deben establecerse en el comité de obra compromisos que puedan medirse a través de indicadores para la obtención de resultados que permitan controlar el proceso de planificación de actividades del proyecto.
- **Número 4 y 5:** Relacionada con las fases de estructura y mampostería (fases objeto de estudio del proyecto de grado) respecto de sus procesos una vez identificados los tipos de despilfarro presentes.
- **Número 6:** Relacionada con maximizar la entrega de valor al cliente tanto interno como externo una vez implementada la metodología Lean Construction.

5.3 MAPEO ACTUAL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIGAS DE ENTREPISO Y PLACAS

El siguiente diagrama representa el mapeo actual de la cadena de valor del proceso de elaboración de vigas de entepiso y placas; en el podemos identificar todas las actividades que componen el proceso, el flujo de diseño, de información y de materiales entre las diferentes actividades y por último la acumulación de inventario.

Figura 17. Diagrama value stream mapping vigas de entepiso y placas



5.3.1 Identificación de oportunidades de mejora (eventos Kaizen).

- **Número 1:** Relacionada con la asignación semanal de actividades para cada uno de los contratistas, debido a que deben establecerse en el comité de obra compromisos que puedan medirse a través de indicadores para la obtención de resultados que permitan controlar el proceso de planificación de actividades del proyecto.
- **Número 2:** Para la actividad de almacenamiento de hierro, debe implementarse una clasificación clara de este material, que permita a los trabajadores seleccionar el tipo de hierro que necesitan para las actividades siguientes, es decir, el lugar de almacenamiento de hierro para estructura debe definirse con claridad y sólo debe estar el material que se requiere para evitar tiempos perdidos por búsquedas inoficiosas.
- **Número 3:** Dado que en varias ocasiones una vez figurado el hierro y transportado a placa no cumple con especificaciones de longitud y diámetro, se considera que la actividad de seleccionar el hierro debe realizarse primero.
- **Número 4:** Una vez seleccionado el hierro, la formaleta y los tablonos necesarios para iniciar el proceso de construcción de placa, se puede realizar un solo transporte de estos materiales y no realizar actividades de transporte por separado, esto garantizaría que todos estos recursos sean transportados a placa en un solo momento y no en varios, para evitar que el recurso torre grúa no se encuentre disponible.
- **Número 5 y 6:** Las actividades de encerchado y entablado de placa presentan varios inconvenientes, ya que no se evidencia una organización del material que se requiere y se encuentran residuos de comida y concreto permanentemente,

lo cual podría generar un accidente de trabajo por obstrucción del paso y las vías de acceso para los trabajadores.

5.3.2 Análisis del proceso de elaboración de vigas de entrepiso y placas. Las 5W+ H es una metodología de análisis de procesos que consiste en contestar seis preguntas básicas: Qué (What), por qué (Why), cuándo (When), quién (Who), y cómo (How). Esta regla creada por Laswell en el año 1979 puede considerarse como una lista de verificación mediante la cual es posible generar estrategias para implementar mejoras en los procesos.

Este análisis junto con la identificación de eventos Kaizen (oportunidades de mejora), se propone para el proceso de elaboración de vigas de entrepiso y placas del proyecto AQUA TOWER, con el fin de determinar la mejor secuencia de actividades para agregar valor a toda la cadena del proceso. Se propone que la actividad seleccionar hierro sea antecesora de la actividad figurado de hierro, para evitar reprocesos en estas dos actividades. De igual forma se propone realizar un solo transporte para los materiales: hierro, formaleta y tablonés con el objetivo de aprovechar de mejor forma el recurso torre grúa.

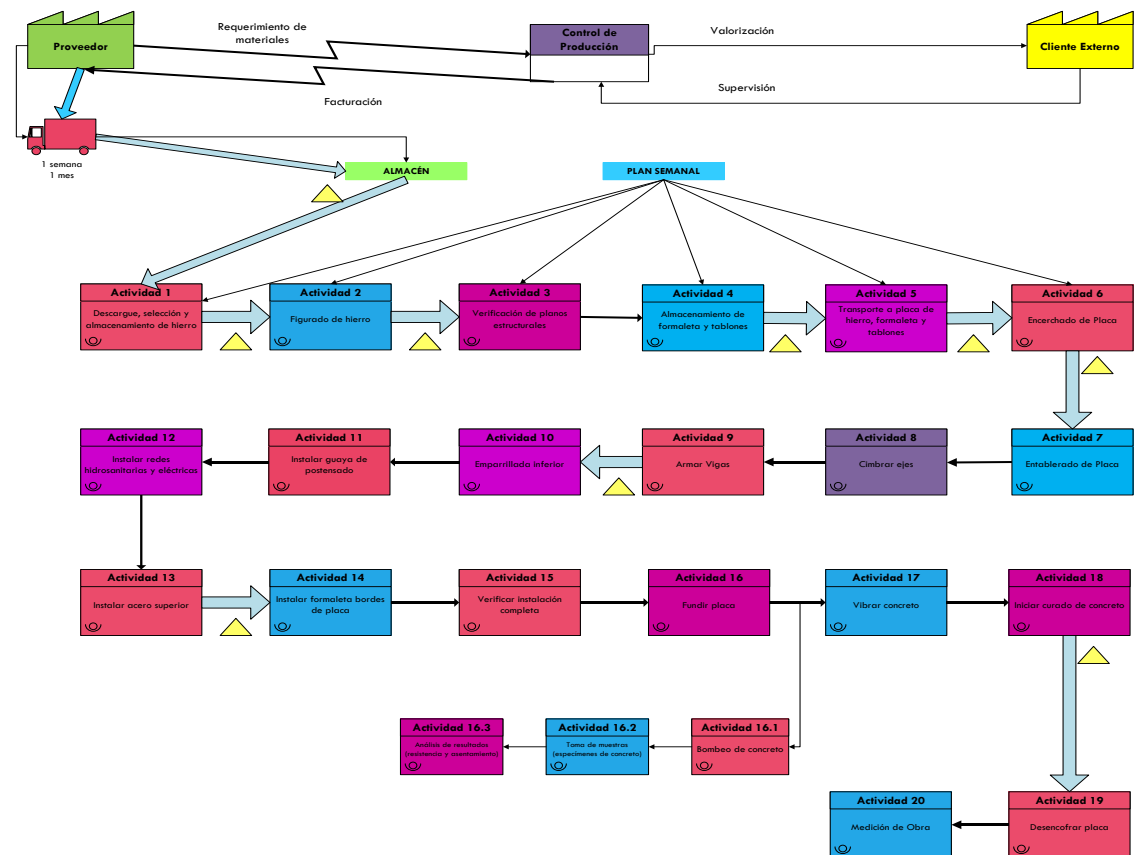
Figura 18. Análisis 5W+H proceso de elaboración de vigas de entrepiso y placas

No	Descripción de las Actividades	¿Qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?	¿Cómo?
1	Verificar planos	Placa	Terreno	A inicio del proceso	Aquitecta- Ing Residente	Revisión arquitectónica
2	Ordenar Inicio del Proceso	Orden	Oficina	Según planeación	Ing. Residente	Planeación
3	Llegan paraleles, cerchas y formaleta	paraleles, cerchas, formaleta, tablonés	Almacén	Según pedido	Proveedor	Orden de compra
4	Transportar de formaleta al sitio de colocación	Transporte	Transporte	Obra	Según necesidad	Ayudantedes
5	Colocar formaleta y tablonés	Hacer cama	Hacer cama	Según planos	Según orden	Oficiales / ayudantes
6	Replantear ejes y niveles	Replanteo	Placa	Después de formaleta	Maestro/Oficial	Manguera, metro
7	Almacenamiento de hierro					
8	Selección del hierro	Seleccionar	Obra	según requerimientos	Ayudantes	Manual
9	Transportar hierro	Transporte	Obra	según necesidad	Ayudantes	Manual/Torre grúa
10	Armar vigas	Amarre	Placa	después de replanteo		
11	Colocar emparrillada inferior	Colocar malla	Placa	según instrucciones	Maestro / Oficiales	Planos
12	Revisión de hierros	Control	Placa	Después de amarre		según especificaciones
13	Instalar guaya de postensando	Instalación	Placa	Después de revisión de hierros	Ayudantes	según especificaciones
14	Colocación de redes hidrosanitarias y eléctricas	Colocar redes	Placa	Antes de fundida	Ayudantes	según planos
15	Llega concreto	Llegada	Obra	Día de fundida	Planta VALCÓN	Camiones Mxer
16	Vaciado de concreto	Fundir	Placa	Día de Fundida	Oficiales /Ayudantes	Bomba estacionaria
17	Toma de muestras de concreto	Tomas muestras	Obra	Durante fundida	Maestro	según especificaciones
18	Vibrar concreto	Vibrar superficie	Placa	Durante fundida	Oficiales /Ayudantes	Vibrar todo el área
19	Inspección general (niveles)	Inspección	Placa	Al finalizar el proceso	Ing. Residente	Visual
20	Iniciar curado de concreto	Hidratar concreto	Placa	Después de vibrar concreto	Oficiales /Ayudantes	Agua
21	Desencofrar placa	Retirar formaleta	Placa	Después de curado de concreto	Oficiales /Ayudantes	herramienta menor
22	Inspección de acabados	Inspección	Placa	Después de retiro de formaleta	Ing. Residente	Visual
23	Medición de obra	Medir	Placa	Día de corte de obra	Interventora	Flexómetro

5.4 MAPEO FUTURO DE LAS ACTIVIDADES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIGAS DE ENTREPISO Y PLACAS

Identificadas las oportunidades de mejora del proceso de elaboración de vigas de entrepiso y placas, y una vez analizado el proceso con la técnica 5W+H, se diseña el siguiente mapeo futuro con un total de veinte actividades para el proceso de elaboración de vigas de entrepiso y placas. Posterior al diseño de este mapa de actividades, en el capítulo siete se abordará acerca de su implementación y se realizará una comparación de resultados obtenidos antes y después de su implementación.

Figura 19. Mapeo futuro de las actividades de la cadena de valor del proceso de elaboración de vigas de entrepiso y placas



6. IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN INTERMEDIA “LOOK AHEAD” Y PLANIFICACIÓN SEMANAL “LAST PLANNER”

6.1 IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN SEMANAL

6.1.1 Capacitación metodología “LAST PLANNER”. El modelo de planificación intermedia “Look ahead” y semanal “Last planner” implementado en el proyecto AQUA TOWER se encuentra descrito en el Anexo G, allí puede encontrarse en detalle la metodología empleada durante las 12 semanas de implementación, los formatos que se utilizaron para el control de la programación de las actividades mensuales y semanales del proyecto, así como también el proceso de evaluación semanal para cada uno de los contratistas.

6.1.2 Reunión “LAST PLANNER”. La reunión “Last planner” se llevó a cabo dentro del comité de obra donde se estableció un día y hora fija cada semana (jueves 3:00 pm) y cuyo fin fue el de realizar una implementación de forma continua y permanente. El objetivo de las reuniones semanales fue el de programar y evaluar las actividades correspondientes a cargo de cada uno de los contratistas. El punto de partida para una adecuada planificación está en que las actividades asignadas cumplan con los criterios descritos a continuación:

- **Definición.** Las asignaciones son suficientemente específicas para ser planeadas.
- **Sentido.** Las asignaciones pueden ser ejecutadas. Se entienden, se cuenta con los materiales, equipos, mano de obra, los prerrequisitos, etc.
- **Secuencia.** Poseer la secuencia correcta de trabajo, es decir, la secuencia que mejor permita concretar los objetivos del proyecto.
- **Tamaño.** Poseer la correcta cantidad de trabajo, es decir, la cantidad que pueda ser realizada, dada la capacidad de la empresa.

- **Aprendizaje.** Las asignaciones no completadas se han analizado y se ha tomado acción sobre las causas.



Una vez identificadas las características mínimas de asignación de actividades, durante cada reunión se establecieron unos objetivos alcanzables para cada contratista con la aprobación de cada ingeniero residente, donde se especificaba que actividades debía hacer cada contratista durante la siguiente semana y se estableció un orden estratégico entre los demás contratistas para dar alcance a un número mayor de actividades. En el formato LP 101 “programación semanal”, se registraron semanalmente todos los compromisos adquiridos con la respectiva aprobación de cada uno de los contratistas.

En el formato anteriormente mencionado se desarrolla la planificación registrando la ubicación y la actividad que debe ser ejecutada y el responsable (que en este caso se define como el contratista). En el transcurso de la semana se realiza el proceso de coordinación y seguimiento, en el cual se pueden identificar situaciones restrictivas imprevistas que exijan ajustar la planificación semanal (Ver figura 20). Los ajustes solo pueden ser aprobados por los residentes del proyecto quienes asignaran otras actividades críticas contempladas en la planificación “Look Ahead” del periodo en curso.

Una vez calificadas todas las asignaciones del contratista se podrán observar 2 indicadores al finalizar el registro, uno correspondiente al porcentaje de actividades completadas (PAC) del proyecto y otro a la calificación sobre el porcentaje cumplimiento del contratista. La diferencia entre estos dos radica en que, el primer indicador corresponde a la razón entre las actividades completadas durante la semana y las actividades asignadas en el comité de obra anterior a la semana de evaluación; por otra parte para calcular el indicador “ porcentaje de cumplimiento de contratistas” sólo se tendrán en cuenta aquellas actividades que no presentaron restricción externa para ser cumplidas, por ejemplo; si el contratista de

mampostería no pudo cumplir la actividad “levantamiento de muros piso 15” a causa de falta de material, esta actividad no se tendrá en cuenta para calcular el porcentaje de cumplimiento de actividades puesto que representó una restricción externa no imputable al contratista. A pesar que las asignaciones no cumplidas por causas externas al contratista no sean tenidas en cuenta para su calificación, la obra si se ve afectada por el incumplimiento de estas asignaciones en el período.

Figura 20. Formato Last planner asignación y cumplimiento de actividades semanales

PLANIFICACIÓN SEMANAL LAST-PLANNER																		
			Fecha de Inicio:			20 de Junio de 2016			Semana:			1						
			Fecha de Culminación:			25 de Junio de 2016			Elaboró:			Tania L Guerrero - Miguel Esper Rueda						
			Fecha de Evaluación:			27 de Junio de 2016			Versión:			1						
No	Actividad	Responsable	Meta		Porcentaje de Actividades Completadas P.A.C	Cumplimiento Contratista	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Del Contratista	No imputables al Contratista						Observaciones
			Comprometido	Alcanzado			Lunes	Martes	Miércoles	Jueves		Viernes	Sábado	Falta del personal	Falta de materiales	Mal tiempo	Pre-resultado	
ESTRUCTURA HD CONSTRUCCIONES / JUANCARLOS DELGADO																		
1	FUNDIR COLUMNAS DEL PISO 23 AL 24		SI	SI	1	1												
2	FUNDIR EL 25% DE LA PLACA DEL PISO 23		SI	SI	1	1												
3	FUNDIR ESCALERAS 6 PISO 22 - 23		SI	NO	0	0												Problemas con el concreto
4	FUNDIR ESCALERAS 7 PISO 19 - 20		SI	NO	0	0												Problemas con el concreto
5	MURO DE CONTENCIÓN CONTRA MONTEARROLLO		SI	NO	0	0												
6	FUNDIR VIGA CIMENTACIÓN MAMPOSTERÍA		SI	NO	0	0												
7	CUMPLIR CON EL ASEO A BAÑOS DIA MARTES		SI	SI	1	1												
CALIFICACIÓN CONTRATISTA 1																		
					43%	60%												


La tabla 12 describe la clasificación de causas de no cumplimiento de actividades, de acuerdo a sí son imputables o no imputables al contratista. Las causas no imputables al contratista representan las restricciones externas.

Tabla 12. Clasificación causas de No cumplimiento de actividades

	CAUSA
CAUSAS IMPUTABLES AL CONTRATISTA	Falta de Personal
	Mala Planeación
	Olvido
	Otros
CAUSAS NO IMPUTABLES AL CONTRATISTA	Proveedor
	Herramientas-Equipos
	Mal tiempo
	Pre-requisito
	Falta de Especificaciones
	Cambio en las Especificaciones

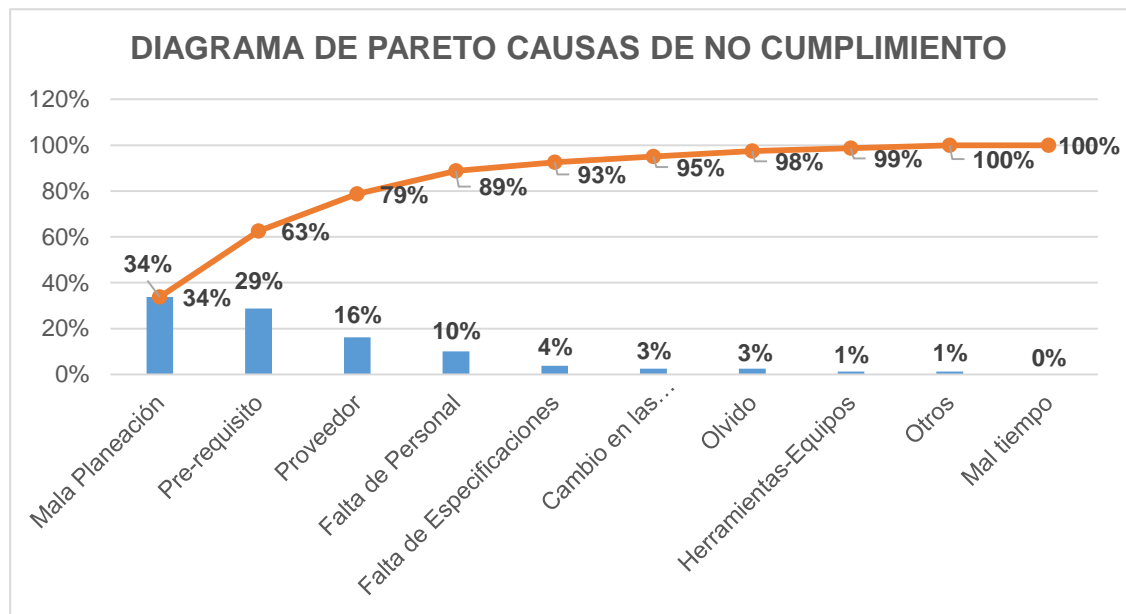
La figura 21 corresponde al formato de calificación general de los contratistas, el cual además de contener el ítem porcentaje de cumplimiento contiene otros criterios que se tuvieron en cuenta para la calificación semanal. La descripción de estos criterios y su ponderación respecto de la calificación final se encuentran detallados en el ANEXO G en el archivo denominado “criterios calificación a contratistas”.

Figura 21. Formato calificación a contratistas.

												
PERIODO A EVALUAR (SEMANA# 4 11 de Julio de 2016 al 16 de Julio de 2016)												
CONTRATISTAS	CUMPLIMIENTO	ORDEN Y ASEO	CALIDAD			SEGURIDAD INDUSTRIAL				ATENCIÓN DE SOLICITUDES	CALIFICACIÓN SEMANAL	
	30%	15%	20%			25%				10%		
	Cumplimiento	Orden y Aseo	Producto	Elaboraciones	TOTAL	Índice Gravobid	Pago puntual SS	Uso de EPP's	TOTAL	Atención de Solicitudes		
ESTRUCTURA DH CONSTRUCCIONES / JUANCARLOS DELGADO	100%	100%	90%	10%	100%	50%	30%	20%	100%	100%	5,90	REGULAR
ESTRUCTURA INGETENSA	10	5	10	5	10	10	10	5	9	10	8,90	BUENO
MUROS DIVISORIOS DURAPANEL PAMEC S.A.S / PASCUAL GAMBOA	0	0	10	5	10	10	10	10	10	10	5,40	REGULAR
MUROS DIVISORIOS MAMPOSTERIA TECNO OBRA M&N S.A.S / JUAN PABLO MÉRCHAN	0	0	5	5	5	10	10	5	9	5	3,75	MALA
REDES HIDROSANITARIAS - GAS E INCENDIOS / INSTALACIONES HIDROSANITARIAS SG / SEGUNDO	0	0	5	5	5	10	10	10	10	10	4,50	MALA
REDES ELÉCTRICAS Y DE COMUNICACIONES. ELECTRO ESNORT S.A.S	0	10	5	5	5	10	10	10	10	10	6,00	REGULAR
URBANISMO / URIBE DELGADO	0	0	5	5	5	10	10	5	9	10	4,25	MALA

6.1.3 Generación de informes semanales y mensuales. Durante el proceso de implementación de la herramienta last planner, se elaboraron informes semanales y mensuales socializados con el staff administrativo del proyecto y sus contratistas (Ver Anexo G). Estos informes contenían el resultado de los indicadores que se obtenían al finalizar cada semana, la calificación general de los contratistas y el análisis de las causas de no cumplimiento. Para el análisis de dichas causas se utilizó la herramienta “diagrama de Pareto”, con el objetivo de determinar cuáles de estas causas exhibían un mayor porcentaje y de esta manera formular planes de mejoramiento enfocados a la minimización de éstos porcentajes.

Figura 22. Diagrama de Pareto, causas de no cumplimiento durante el mes 1



6.2 IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN INTERMEDIA “LOOK AHEAD”

Como parte fundamental del proceso de planificación en el proyecto AQUA TOWER, se realiza la programación “look ahead” o planificación intermedia, la cual asegura

que las restricciones externas del proyecto sean analizadas y se generen planes de acción para mitigar su efecto en el proceso de planificación semanal. La planificación “look ahead” debe desarrollarse mensualmente y anterior al proceso de planificación semanal. En los comités de compra del proyecto AQUA TOWER, que se llevan a cabo los primeros días de cada mes; se realizó la primera reunión el día 02 de agosto del presente año, allí se analizaron las restricciones externas detectadas en el primer informe mensual “Last planner”.

Las restricciones que se analizan son las concernientes a materiales, herramientas, equipos, diseños, contratos y seguridad. Cada actividad derivada del plan maestro de obra debe contener una breve descripción de la restricción a la cual se encuentra sometida y la fecha de seguimiento, la cual debe ser atada al compromiso que se acuerde en la reunión de planificación. En el Anexo G se encuentra registrada la información correspondiente a las reuniones de planificación intermedia realizadas para el proyecto AQUA TOWER.

Figura 23. Formato planificación intermedia “Look Ahead”

ACTIVIDADES		DURACIÓN			MATERIALES		HERRAMIENTAS		EQUIPOS		DISEÑOS		SEGURIDAD		PRE-REQUISITO		RESPONSABLE	OBSERVACIONES	
Nº	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DESCRIPCIÓN	SEGUIMIENTO	DESCRIPCIÓN	SEGUIMIENTO	DESCRIPCIÓN	SEGUIMIENTO	DESCRIPCIÓN	SEGUIMIENTO	DESCRIPCIÓN	SEGUIMIENTO	DESCRIPCIÓN	SEGUIMIENTO				
1	PLACA PISO 23-23	n2	02-08-16	04-08-16	Concreto Horno Formidero Carpintero	Disponible En alzado de obra En obra Disparo como Horno	Biselles de madera y metálicos 08 de Agosto										Ing. Javier Rentería	Se han presentado inconvenientes con la programación de actividades de fundido con la planta VALCO	
2	PLACA PISO 24-25	n2	10-08-16	17-08-16	Concreto Horno Formidero Carpintero	Disponible En alzado de obra En obra Disparo como Horno	Biselles de madera y metálicos 15 de Agosto											Ing. Javier Rentería	
3	PLACA PISO 26-27	n2	18-08-16	25-08-16	Concreto Horno Formidero	Disponible En alzado de obra En alzado de obra	Biselles de madera Biselles Metálicos 22 de Agosto	Guía	22 de Agosto	Arquitectos	22 de Agosto							Ing. Javier Rentería	Problemas con el abastecimiento de material prima, Solución con el proveedor.
4	PLACA PISO 28-29	n2	24-08-16	02-09-16	Concreto Horno Formidero	Disponible En alzado de obra En obra	Biselles de madera Biselles Metálicos 29 de Agosto	Guía	29 de Agosto	Arquitectos	29 de Agosto							Ing. Javier Rentería	
5	PANTALLAS, COLUMNAS PISO 22-23	n3	02-08-16	04-08-16	Concreto Horno Formidero Carpintero	Disponible En obra En obra Disparo como Horno	Biselles de madera y metálicos 08 de Agosto											Ing. Javier Rentería	

6.3 AVANCE DE LA PLANIFICACIÓN

El sistema de planificación “Last planner” se comienza a implementar el día 20 de junio de 2016. La figura 26 muestra el porcentaje de actividades completadas en cada uno de los meses sometidos al proceso de implementación de la herramienta. En esta figura se refleja la evolución positiva del indicador y cabe resaltar que para la última semana de implementación; se logra un porcentaje de actividades completadas del 75% (meta establecida al inicio del proceso de implementación la herramienta Last planner). Los datos obtenidos semana a semana se analizan mensualmente para generar oportunidades de mejora en las causas de no cumplimiento, así como se muestra en la figura evolución del porcentaje de actividades acumuladas PAC Aqua Tower, donde se refleja una evolución progresiva que evidencia la aceptación y acoplamiento de los participantes al sistema implementado.

Figura 24. Porcentaje de actividades completadas por meses

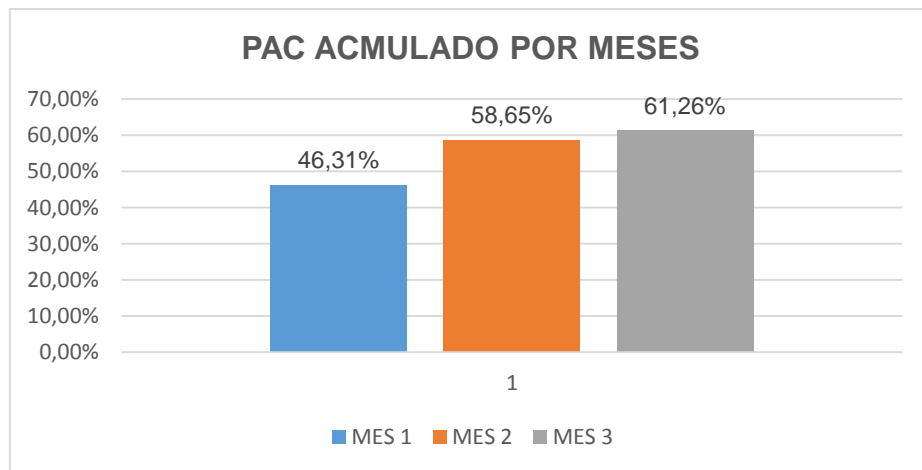
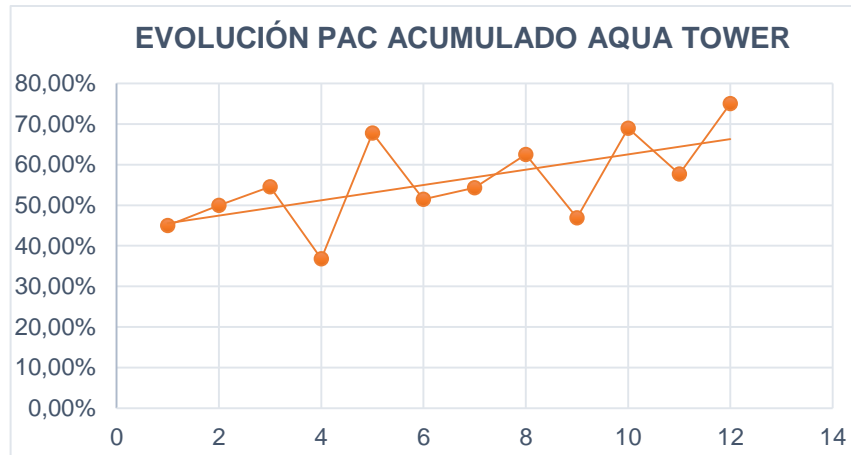
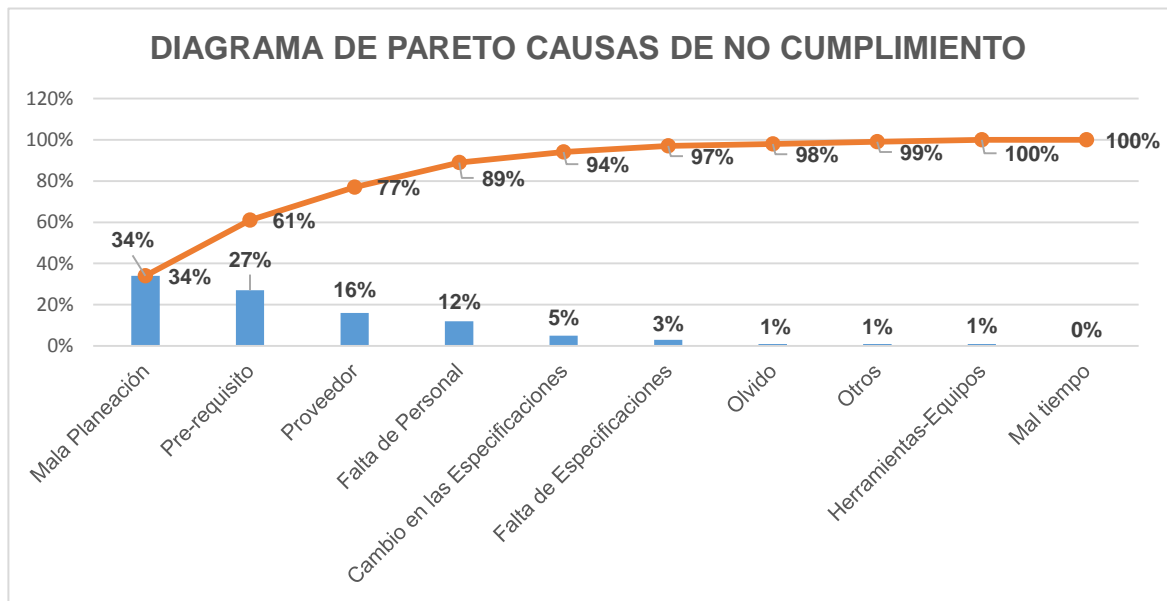


Figura 25. Evolución PAC acumulado Aqua Tower



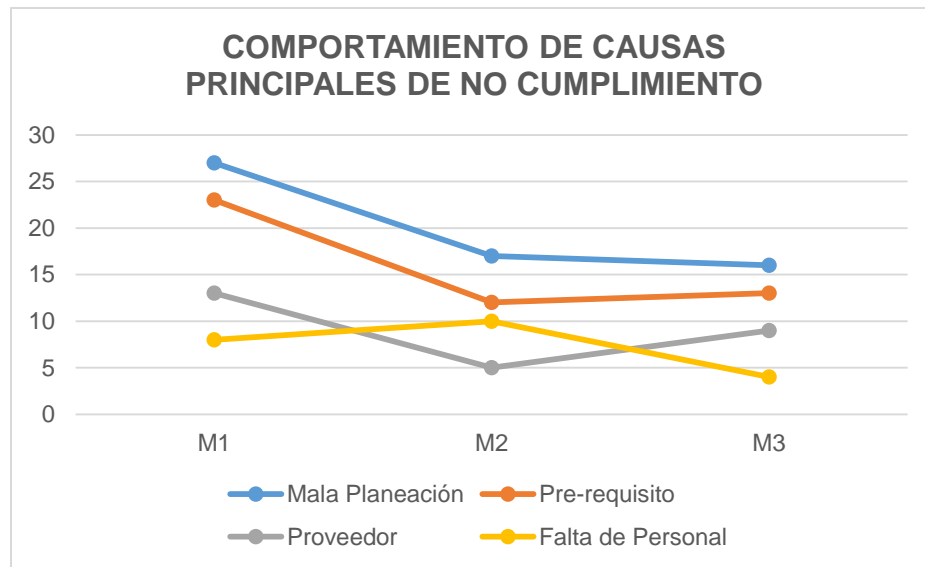
Posteriormente, se realiza el análisis de causas de no cumplimiento de actividades acumulado para las 12 semanas, a partir de la figura 26 se puede concluir que las principales causas de no cumplimiento por parte de los contratistas son las siguientes: mala planeación, pre requisitos, proveedor y falta de especificaciones.

Figura 26. Causas de no cumplimiento.



Se analiza el comportamiento que tuvieron las principales causas de no cumplimiento a lo largo del periodo implementado y se detecta que durante el periodo trabajado dichas causas mostraron un comportamiento de disminución, lo cual se refleja en forma positiva en el porcentaje de actividades completadas semanal.

Figura 27. Comportamiento de principales causas de no cumplimiento.



Puesto que las causas de no cumplimiento se pueden dividir en controlables y no controlables, se hace especial relevancia en las causas controlables, ya que estas suministran gran oportunidad de mejora para aumentar el porcentaje de actividades completadas semanal en la obra y así ver reflejado efectos positivos en la programación. En la figura 28 “frecuencia de causas de no cumplimiento” se muestra la evolución acumulada de dichas causas.

Tabla 13. Frecuencia de causas de no cumplimiento

		M1	M2	M3
Causas controlables	Falta de Personal	8	10	4
	Mala Planeación	27	17	16
	Herramientas-Equipos	1	1	1
	Pre-requisito	23	12	13
	Olvido	2	0	0
	Otros	1	1	0
Causas no controlables	Proveedor	13	5	9
	Mal tiempo	0	0	0
	Falta de Especificaciones	3	2	0
	Cambio en las Especificaciones	2	7	0

Como se puede apreciar en la figura 28, las causas de mala planeación y pre-requisitos son las que presentan mayor incidencia sobre el porcentaje de actividades completadas (PAC) del proyecto AQUA TOWER; pero su comportamiento a través del tiempo fue descendente al igual que las otras causas, lo cual representa un efecto positivo producto de la implementación del proceso de planificación semanal “Last planner” y planificación intermedia “Look ahead”.

7. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PLANES DE MEJORAMIENTO

Como resultado de las mediciones de pérdidas realizadas durante el muestreo de trabajo, los diagramas causa-efecto, análisis de layout y del sistema de planificación “Last Planner”, se diseñaron e implementaron los siguientes planes de mejoramiento con el objetivo de reducir las restricciones presentes en el sistema de construcción del proyecto AQUA TOWER y disminuir el impacto de las causas generadoras de pérdidas en los procesos del sistema estructural.

7.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA 5'S.

El proceso de implementación del programa 5'S realizado en el proyecto AQUA TOWER se describe en la Figura 28 denominada **Plan para la implementación del programa 5'S**. El primer paso para lograr el éxito en la implementación de este programa radica en que la alta gerencia del proyecto estuviese plenamente convencida de la efectividad de esta herramienta Lean y de los grandes beneficios que puede aportar al sistema estructural; es por ello que las primeras reuniones tuvieron como objetivo capacitar a la alta gerencia del proyecto, y, posterior a la aprobación del programa, la capacitación fue realizada a los ingenieros residentes (líderes de los procesos) para decidir sobre cuáles actividades se trabajaría.

Figura 28. Plan para la implementación del programa 5'S



Luego de capacitar a todos los ingenieros y lograr que la alta gerencia del proyecto se convenciera de la importancia de la implementación de esta herramienta para generar un cambio favorable en los procesos de construcción tradicionales, se programaron las actividades a desarrollar, para dar inicio a las capacitaciones pertinentes en las diferentes cuadrillas de trabajo, en la figura 29 denominada **socialización y capacitación del programa 5'S**, se puede evidenciar las reuniones y capacitaciones con el personal perteneciente a las cuadrillas de trabajo de la fase de estructura.

Figura 29. Socialización y capacitaciones del programa 5'S



La metodología desarrollada para la implementación del programa 5'S define cuatro etapas para su ejecución en el proyecto:

- **Registro de la situación actual:** Es muy importante tomar fotografías como evidencia del lugar de trabajo donde se va a actuar. Estos registros serán muy útiles cuando el método de las 5'S este en plena actividad.
- **Establecimiento del cronograma de implementación de cada S:** Se ha de establecer la frecuencia con la cual se desarrollará la implementación de cada S en los lugares de trabajo, se puede definir 1 S por día o 1 S por semana. De

igual manera se establecieron los días que se asignaron para cada actividad, así como los participantes y los responsables de desarrollar dicha implementación.

- **Desarrollo de la implementación:** Con las cuadrillas de cada actividad se desarrollaron los trabajos de clasificación, organización y estándares de limpieza para cada una de ellas. Definido los estándares para cada lugar de trabajo se procedió a socializar el trabajo realizado a los trabajadores, facilitadores, contratistas y a la administración del proyecto.
- **Seguimiento y documentación:** Los estándares resultantes de la implementación de cada S permitieron actualizar las listas de chequeo de 5'S existentes, que generaron un punto de partida para la estandarización de los procesos de cada una de las actividades constructivas. El seguimiento a cada uno de los estándares definidos se realizará semanalmente y los resultados obtenidos serán publicados a los trabajadores para estimular su compromiso con la metodología.

En las imágenes mostradas a continuación se puede observar como resultado de la implementación del programa; una mejor adecuación de los espacios para la ubicación de materiales, lo cual afectó directamente de forma positiva la productividad de las actividades, la disminución de despilfarro presente y la disminución de la tasa de accidentalidad por obstrucción del paso cuando los trabajadores se desplazan por toda la placa en construcción.

Figura 30. Resultados obtenidos de la implementación 5'S



Figura 31. Resultados obtenidos de la implementación 5'S



Figura 32. Resultados obtenidos de la implementación 5'S



Figura 33. Resultados obtenidos de la implementación 5'S



Los accidentes ocurridos en el proyecto son una situación crítica que mediante la implementación 5'S se permitió reducir de 14 accidentes en junio a 4 en septiembre.

Figura 34. Evolución de accidentes de trabajo 2016.

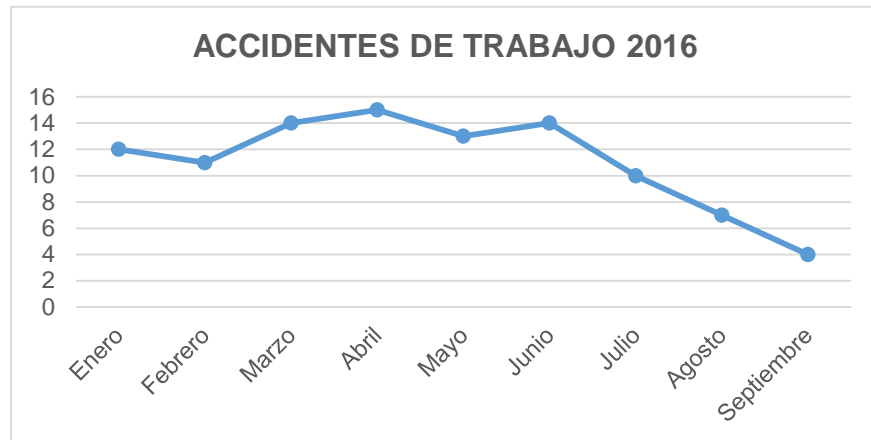
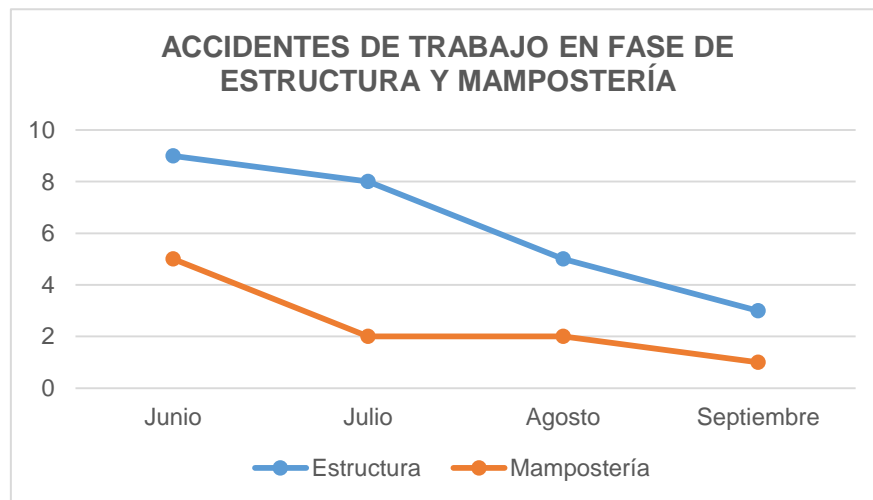


Figura 35. Accidentes de trabajo durante la implementación 5'S



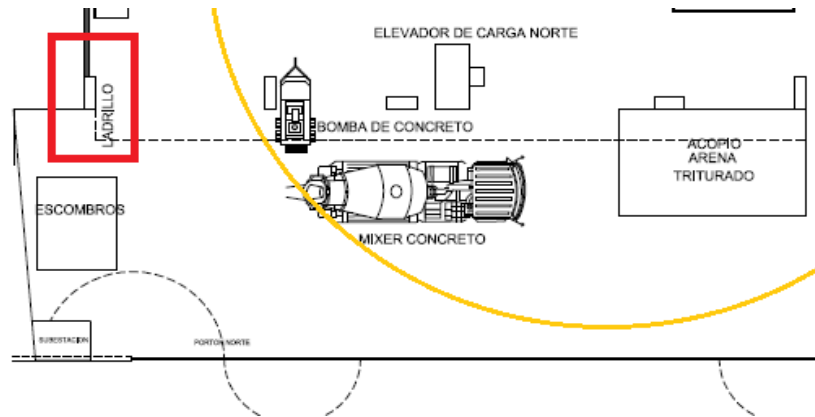
7.2 LAYOUT DE OBRA

7.2.1 Layout cargue y descargue de materiales. La necesidad de realizar transporte de materiales, recursos y personas en dirección tanto horizontal como vertical en la construcción, requiere de la utilización de 2 tipos de “Layout” en los proyectos: “Layout de placa” y “Layout de obra”. La finalidad de la distribución en placa consiste en organizar estos elementos de manera que se asegure la fluidez del trabajo, materiales, personas e información a través del sistema constructivo, esto se traduce en disponer de los materiales en un lugar más cercano a los centros de trabajo, distancias sin barreras y un “Layout flexible” en su actualización y manejo.

En la fase diagnóstica del proyecto AQUA TOWER se pudo encontrar grandes falencias que existían en los tiempos productivos generados por tiempos no contributivos, el transporte fue una de las causas que exhibió mayor porcentaje tanto en tiempos contributivos como en tiempos No contributivos, durante la realización del muestro de trabajo se observó que los trabajadores permanentemente gastaban tiempo desplazándose por toda el área de placa transportando materiales y herramientas que se encontraban alejadas del centro de trabajo.

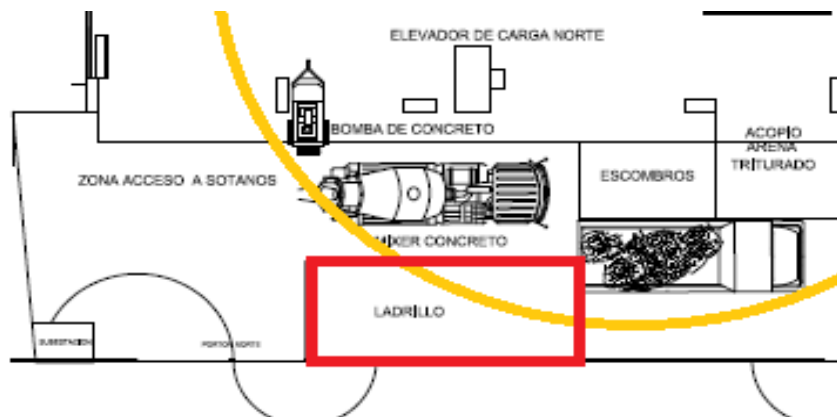
En la **imagen layout inicial de obra**, se puede evidenciar la ubicación que se le daba a los ladrillos utilizados para la fase de mampostería, los cuales quedaban fuera del alcance de la torre grúa e implicaban un transporte de siete metros hasta la canastilla para su posterior traslado a los diferentes pisos de la obra; siempre y cuando no se estuviera realizando actividad de fundida de vigas, placas y columnas; ya que cuando se estaba realizando dicha actividad el transporte aumentaba a quince metros.

Figura 36. Layout inicial de obra



Dadas las condicionales iniciales anteriormente mencionadas, se presentó ante el comité del proyecto AQUA TOWER las diferentes falencias encontradas en el layout inicial de obra y se presentó una propuesta para la reestructuración de dicho layout; esta reestructuración fue aprobada por la dirección y el comité de obra, y una vez contando con la respectiva aprobación se procedió a implementar el nuevo layout. En la imagen mostrada a continuación se puede observar que el almacenamiento del ladrillo se deja en un área que tenga alcance por la torre grúa para de esta manera no incurrir en transportes innecesarios y así disminuir los tiempos no contributivos generados por la causa transporte.

Figura 37. Reestructuración layout de obra.



El rango de acción de la torre grúa plasmado en el Layout de obra, permite definir el área con la que se dispone para el almacenamiento de los materiales. Al definir la zona de descargue bajo el campo de acción de la grúa, los descargues de materiales se efectúan rápidamente y utilizando las zonas de almacenamiento definidas en el Layout. Una vez los materiales se encuentren en el lugar asignado, las cuadrillas de trabajo solo deberán utilizar la grúa para realizar el transporte de los materiales hasta la placa.

Como parte de las implementaciones lean realizadas en el proyecto, se define una herramienta visual que permite identificar fácilmente los accesos al proyecto, zonas de descargue y zonas de almacenamiento de los materiales necesarios para el desarrollo de los procesos estructurales. De igual manera se identifican las oficinas del personal administrativo, área de casino, campamentos y baños habilitados para los trabajadores.

7.2.2 Layout de patio de materiales. Se programaron reuniones con los ingenieros líderes y contratistas donde se reflejó la necesidad de estandarizar el layout del patio de materiales; teniendo en cuenta los siguientes aspectos: la llegada de varios proveedores, el espacio reducido para desarrollar los descargues, las zonas habilitadas para el acopio de los materiales y la facilidad para realizar los transportes internos de materiales.

Se formula una propuesta para el mejoramiento del layout de patio de materiales en busca de optimizar los tiempos no contributivos detectados en el muestreo inicial de obra.

- **Reunión 5 minutos.** Se estableció una reunión con una duración de cinco minutos todas las semanas donde los trabajadores junto con los contratistas proporcionaban ideas para establecer la mejor adecuación posible para el layout de patio de materiales, el objetivo de la reunión además de buscar la

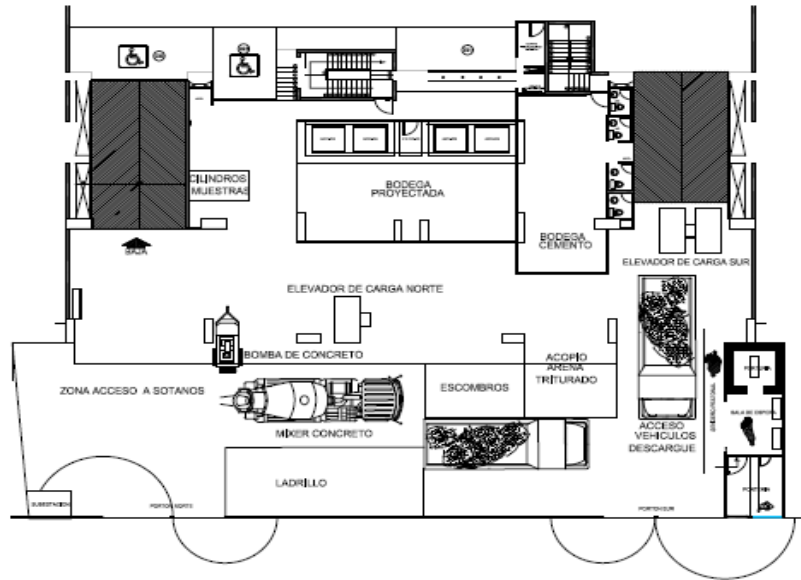
participación activa de contratistas y trabajadores, fue el de encontrar un layout flexible para la ubicación de los materiales.

La falta de coordinación y comunicación referente a temas logísticos, restrictivos y presupuestales, generaba una tardía creación de estrategias efectivas en las actividades administrativas y de construcción. Por tal motivo, se plantea la ejecución de reuniones de cinco minutos, buscando la creación de un espacio para:

- Incentivar y propiciar la comunicación en pro de generar un conocimiento general de lo que ocurre en obra en un periodo de tiempo determinado.
- Mejorar la logística de materiales y de entrada al proyecto.
- Optimizar el transporte de materiales del lugar de acopio al lugar de trabajo.

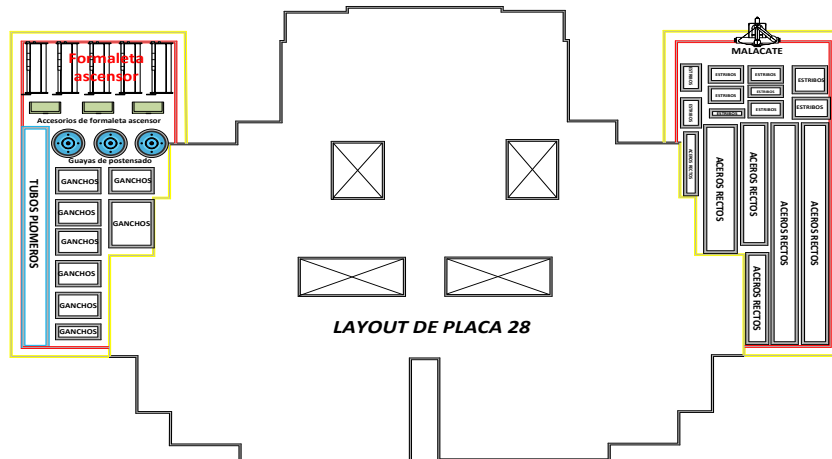
Por las razones anteriormente expuestas, se decide elaborar e implementación un nuevo layout de patio, el cual se socializo con todo el personal administrativo, contratistas y los trabajadores de las diferentes cuadrillas. La elaboración e implementación del layout de obra tuvo en cuenta como aspectos principales el alcance de la torre grúa, los espacios para parqueo de los camiones Mixer y demás camiones, y se estableció un área delimitada para almacenamiento de arena y su posterior cernida.

Figura 38. Layout de patio de materiales, proyecto Aqua Tower



7.2.3 Layout de Placa. El proyecto Aqua Tower en su diseño arquitectónico presenta una disminución en su área a partir de la placa 29 de 800 m² a 500 m², lo cual nos brinda en placa 28 un espacio de 300 m² sobresalientes que fueron aprovechados para generar el layout de placa; este espacio benefició a los contratistas de Estructura, Ingetensa, plomeros y eléctricos, ya que se pudo disponer de un patio exclusivo para materiales utilizados en placa.

Figura 39. Layout de placa



Se presentó una propuesta antes de la construcción de la placa 28 al staff administrativo del proyecto, el cual aprobó la utilización de este espacio como patio para materiales. Se realizó un análisis de cálculos para la placa 28 puesto que debía ser reforzada para soportar carga de materiales; una vez adecuada la placa se procedió a socializar la propuesta con el personal que conforma las cuadrillas de trabajo de estructura, proporcionando instrucciones precisas para la distribución y acomodación de los materiales. Se hizo entrega del plano al operario de la torre grúa y el placa 28 fue impreso y puesto el plano con el fin de que los trabajadores pudiesen visualizarlo y comprendieran la distribución y organización planteada.

7.3 IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES CRÍTICOS EN OBRA

Siendo los materiales uno de los recursos y factores clave en cualquier proyecto de construcción y que afecta de forma directa tanto los costos como la productividad del mismo, se hace necesario establecer un mecanismo que permita el control de las materias primas empleadas en cada uno de los procesos y en cada una de las actividades llevadas a cabo durante la ejecución de un proyecto. La metodología **Lean construction** le apunta a la identificación, mitigación o eliminación de cualquier tipo de despilfarro presente en un proyecto de construcción; y, los materiales por supuesto, son foco de estudio ya que representan un recurso fundamental para cualquier tipo de proyecto en la industria de la construcción.

A través del diagnóstico cualitativo y cuantitativo del proyecto AQUA TOWER, se pudo establecer que la gestión que se realiza sobre los materiales incluye los métodos logísticos tales como la planificación, el aprovisionamiento, la distribución y el almacenaje de los mismos; pero se evidencia la ausencia de una metodología para medir y controlar los porcentajes permisibles de despilfarro para cada uno de estos materiales. Dado los objetivos que persigue la metodología Lean construction, es de vital importancia realizar un análisis sobre las materias primas utilizadas en obra, a fin de establecer un sistema que permita medir y controlar el porcentaje de

utilización y de despilfarro permisible de los materiales; ya que como se mencionó anteriormente, los materiales constituyen un recurso clave que afecta directamente tanto los costos como la productividad del proyecto, sin dejar a un lado el impacto energético y medioambiental que generan.

Para realizar el análisis de los principales materiales del proyecto AQUA TOWER se utilizarán las siguientes herramientas: matriz de priorización de recursos, diagrama de Pareto y el modelo ABC, a fin de establecer cuáles son los materiales críticos y en consecuencia cuáles de ellos deben ser objeto de medición y control de despilfarro.

7.3.1 Matriz de priorización. La matriz de priorización es un método para seleccionar la materia prima de acuerdo a su nivel de importancia en la ejecución de un proyecto, y verificar el impacto que puede tener cualquier material con respecto a los demás. La matriz tiene por objetivo identificar a cuáles de los materiales se les debe hacer un control estricto durante su manipulación y cuales actividades se deben de seguir más cerca.

Para cada uno de los materiales se les debe dar un puntaje de acuerdo a nivel de importancia con respecto a los demás, de acuerdo a la siguiente escala:

- ✚ **IGUAL IMPORTANCIA: 3**
- ✚ **MENOR IMPORTANCIA: 1**
- ✚ **MAYOR IMPORTANCIA: 5**

Podemos considerar **materiales de alto impacto** a aquellos que se encuentren por debajo del 40% en la matriz de priorización. Por consiguiente si deseamos controlar los costos de un proyecto de construcción, la mejor forma de hacerlo es controlando

estrictamente las materias primas que corresponden al mayor porcentaje en los costos del proyecto.

Para la elaboración de la matriz de priorización se contó con el apoyo del Ingeniero residente Diego Ruiz y de la arquitecta Andrea Gutiérrez, los cuales aportaron sus conocimientos y experiencia sobre el manejo de los materiales críticos en obra, como resultado de lo anterior se obtuvo la siguiente matriz de priorización:

Figura 40. Matriz de priorización de recursos AQUA TOWER

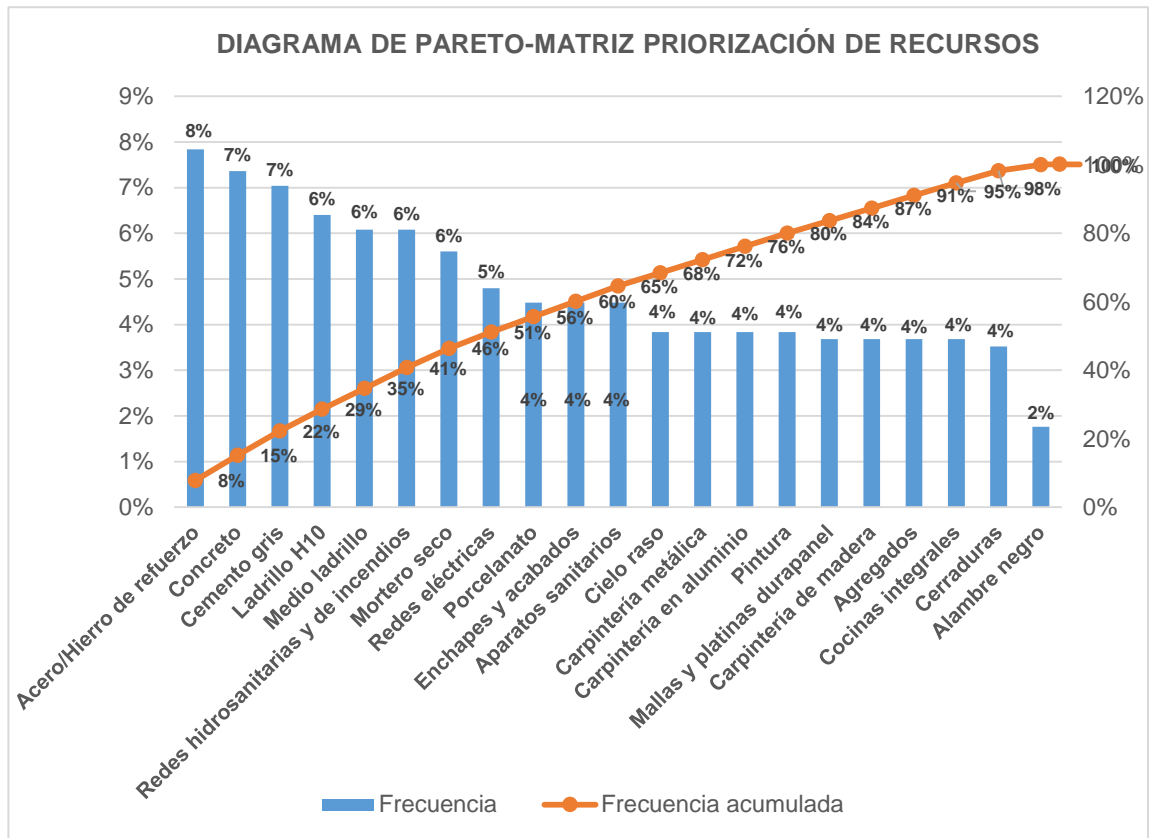
No	MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	TOTAL
1	Concreto	5	3	5	3	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	92
2	Acero/Hierro de refuerzo	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	98
3	Cemento gris	1	1	5	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	88
4	Alambre negro	3	1	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22
5	Mortero seco	1	1	1	5	5	3	3	3	3	5	5	5	5	1	1	3	5	5	5	5	5	70
6	Porcelanato	3	1	1	5	3	5	3	3	3	3	3	3	3	1	1	5	3	3	3	3	3	56
7	Aparatos sanitarios	3	1	1	5	3	3	5	3	3	3	3	3	3	1	1	5	3	3	3	3	3	56
8	Ladrillo H10	1	1	3	5	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	80
9	Medio ladrillo	1	1	3	5	3	3	3	1	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	76
10	Cielo raso	1	1	1	5	1	3	3	1	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	48
11	Cerraduras	1	1	1	5	1	3	3	1	1	1	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	3	44
12	Carpintería de madera	1	1	1	5	1	3	3	1	1	3	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	3	46
13	Carpintería metálica	1	1	1	5	1	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	48
14	Carpintería en aluminio	1	1	1	5	1	3	3	1	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	48
15	Redes hidrosanitarias y de incendios	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	76
16	Enchapes y acabados	1	1	1	5	1	1	1	1	1	3	5	5	3	3	3	3	3	3	5	5	5	56
17	Redes eléctricas	1	1	1	5	3	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	60
18	Pintura	1	1	1	5	1	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	48
19	Mallas y platinas durapanel	1	1	1	5	1	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	46
20	Cocinas integrales	1	1	1	5	1	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	46
21	Agregados	1	1	1	5	1	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	46

7.3.2 Diagrama de Pareto.

Tabla 14. Materiales diagrama de Pareto

MATERIAL	Frecuencia	Frecuencia acumulada
Acero/Hierro de refuerzo	8%	8%
Concreto	7%	15%
Cemento gris	7%	22%
Ladrillo H10	6%	29%
Medio ladrillo	6%	35%
Redes hidrosanitarias y de incendios	6%	41%
Mortero seco	6%	46%
Redes eléctricas	5%	51%
Porcelanato	4%	56%
Enchapes y acabados	4%	60%
Aparatos sanitarios	4%	65%
Cielo raso	4%	68%
Carpintería metálica	4%	72%
Carpintería en aluminio	4%	76%
Pintura	4%	80%
Mallas y platinas durapanel	4%	84%
Carpintería de madera	4%	87%
Agregados	4%	91%
Cocinas integrales	4%	95%
Cerraduras	4%	98%
Alambre negro	2%	100%

Figura 41. Diagrama de Pareto Matriz de priorización de recursos AQUA TOWER



7.3.3 Modelo ABC. El modelo ABC es un método de clasificación de inventarios; dependiendo del peso que cada uno de los materiales tenga en el presupuesto del stock programado para la obra, se clasificarán en categoría A, B o C. Siendo los materiales tipo A los que representan un 80% del presupuesto, aproximadamente, y un 20% del total de las existencias de materiales. Lo anterior obedece claramente al principio de Pareto. Para los materiales tipo B y C se manejan porcentajes del 15% y el 5% en cuanto al presupuesto y del 30% y el 50% en cuanto a las existencias, respectivamente. Sin embargo, más adelante se establecerán otro tipo de criterios para esta clasificación, basados en aspectos cualitativos y cuantitativos con los cuales se valora el proyecto.

Este modelo, es un modelo cualitativo, y permite clasificar inventarios de acuerdo a las necesidades particulares y a los patrones que establezca cada empresa, por ejemplo, al nivel de importancia del insumo, su incidencia en el costo, su facilidad de obtención, su manejo en almacenamiento, entre otros. Todo lo mencionado anteriormente se convierte en variables cualitativas que van a depender exclusivamente de la dirección de obra que plantee el modelo.

Es recomendable, para que el grupo evaluador conserve siempre los mismos parámetros de análisis, definir claramente y con anterioridad intervalos numéricos para calificar cada una de las variables que componen la metodología de análisis; así se evitan cambios de criterio debidos a cambios de personal encargado del análisis, o clasificaciones muy subjetivas. Si se afecta la ponderación se puede afectar la clasificación del insumo y su nivel de importancia en la gestión de inventarios.

En la gestión de inventarios en la construcción de obras civiles es muy importante aplicar el modelo de clasificación ABC ya que permite identificar los insumos más importantes y de mayor cuidado en la gestión, pedido y recepción de los mismos. Lo que hace más estricto el cumplimiento en el cronograma para la entrega, determinando en gran medida el inicio y desarrollo de actividades críticas en la obra.

Además, se debe complementar lo anterior con un adecuado manejo logístico dentro de la obra para minimizar tiempos y distancias de transportes, mantener condiciones adecuadas de almacenamiento y permitir un manejo y control adecuado de desperdicios, entre otros.

Para el proyecto AQUA TOWER, se efectuó un análisis de gestión de materiales de la construcción, para 20 materiales típicos por medio del modelo ABC. Se tomó

como referencia un total de diez variables; la justificación de ellas se encuentra detallada en el anexo K.

- **Variables utilizadas para construir el modelo ABC.**

- Costo.
- Demanda.
- Ubicación de Proveedores.
- Número de Proveedores.
- Capacidad de Almacenamiento.
- Capacidad Financiera.
- Calidad.
- Condiciones de Entrega.
- Condiciones de pago.
- Propiedades físico-químicas.

Las variables más relevantes varían de acuerdo con el contexto de la obra y la tipología de la misma, por lo tanto, el criterio por parte de la dirección aún no es reemplazado por ningún método ni técnica puntual.

El despliegue del modelo ABC junto con la tabla de clasificación de los materiales seleccionados se encuentran en detalle en el anexo J.

Una vez obtenidos los resultados de la matriz de priorización y del modelo ABC, se decide junto con el staff administrativo del proyecto AQUA TOWER, que los materiales a los que debería hacerseles un control de estricto del porcentaje de despilfarro en cada corte o cierre mensual teniendo en cuenta las variables anteriormente mencionadas son los siguientes:

- ✚ Acero/Hierro de refuerzo.
- ✚ Concreto.

- ✚ Cemento gris.
- ✚ Ladrillo H10.
- ✚ Ladrillo medio.
- ✚ Redes hidrosanitarias y de incendios.
- ✚ Mortero Seco.
- ✚ Enchapes y acabados.
- ✚ Porcelanato.

La metodología utilizada para la identificación, medición y evaluación, intervención y control de los materiales seleccionados se encuentra detallada en el Anexo K.

Identificados los materiales críticos en obra, el siguiente ítem abordará la formulación de una propuesta de mejora que permita controlar no sólo el consumo de los materiales utilizados en obra, si no el porcentaje de despilfarro permisible de cada uno de ellos, asociando cada uno de los recursos a actividades, destinos, y contratista responsable de su utilización.

7.4 ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LOS PROCESOS LOGÍSTICOS INTERNOS

Para la elaboración del estudio y análisis de los procesos logísticos internos del proyecto AQUA TOWER se hizo necesaria la realización de las siguientes actividades:

- ✚ Reconocimiento de los espacios físicos
- ✚ Layout de obra.
- ✚ Organigrama de la obra.
- ✚ Reconocimiento de la estructura del almacén y los sistemas de entradas y salidas de recursos.
- ✚ Actividades realizadas y responsables de la ejecución.
- ✚ Observación sobre conformación de cuadrillas en los diferentes frentes.

- ✚ Valoración de los mecanismos de comunicación al interior de la obra.
- ✚ Valoración de los mecanismos de transporte vertical y horizontal.

La información recopilada en cada una de estas actividades mencionadas anteriormente se describe en detalle en el Anexo J.

La siguiente figura describe el estado de la logística de obra del proyecto AQUA TOWER:

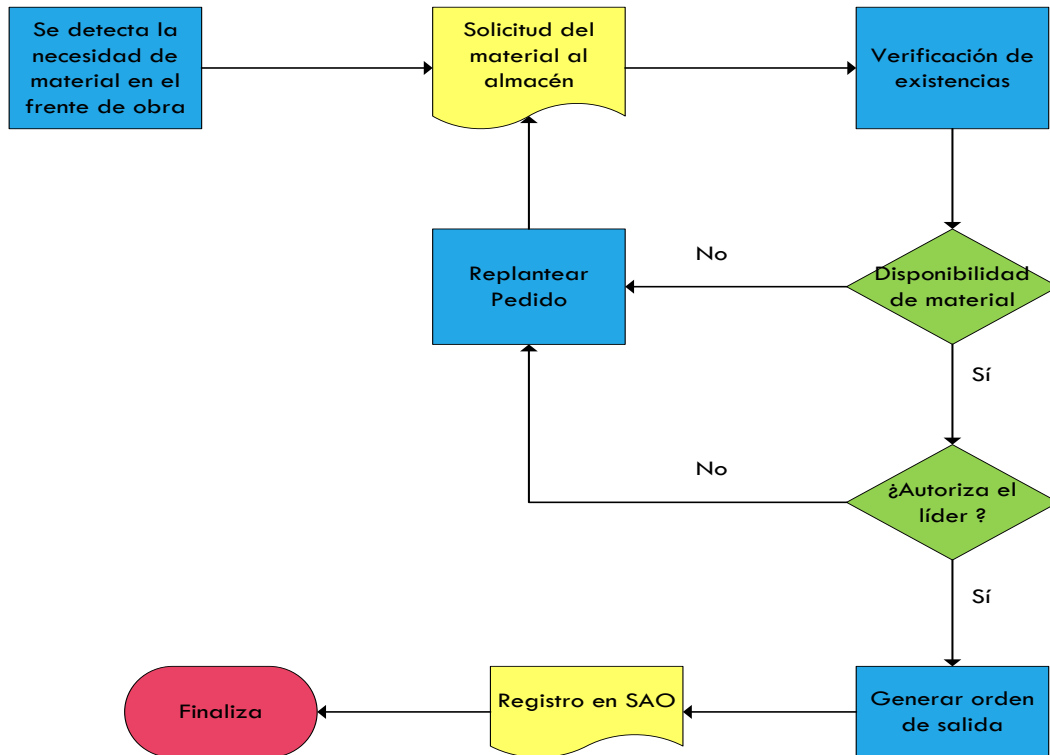
Figura 42. Estado de la logística de obra del proyecto AQUA TOWER

TIPOLOGÍA DE OBRA	Obra Vertical	Observaciones: 8 semanas en la Implementación de la herramienta Last Planner.			
Repetitividad	sí				
Área construida sin contar Urbanismo	20.000 m2 Aprox.				
Sistema Estructural	Sistema Aporticado				
ROLES		Medios de comunicación e información	Requerimiento de Materiales	Recepción y Almacenamiento	Contratistas
EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN	1 Ingeniero Residente, 1 Arquitecta, 1 Interventora de obra, 2 maestros Generales (estructura y mampostería) y 222 trabajadores totales en las cuadrillas de trabajo	Radioteléfono y comunicación verbal	Mediante solicitud verbal al almacén, con aprobación de cada residente de obra o del director de obra. En caso de aprobación del pedido el almacén expide un recibo de salida.	Entrada con remisión del proveedor y acopio aleatorio en el sitio de almacén. Para ciertos materiales están establecidos lugares en el patio de materiales o en el segundo piso.	Admon: 20 Estructura: 46 Mampostería: 54 Eléctricos: 22 Plomeros: 17 Urbanismo: 9 Acabados: 24 Pintura: 15 Grúa-Malacates: 3 Durapanel: 10 Planta de concreto: 2
EQUIPO LOGÍSTICO	1 Ingeniera Directora de Obra, 1 Ingeniero Residente, 1 Pasante de Ingeniería Civil, 20 trabajadores.	Radioteléfono y comunicación verbal			
EQUIPO ADMINISTRATIVO	1 Ingeniera Directora de Obra, 1 Ingeniero Residente, 2 Pasantes de Ingeniería Industrial, 1 Inspector SISO, 1 Auxiliar SISO	Radioteléfono, comunicación verbal, excel,project, SAO y correo electrónico			
EQUIPO DE SUMINISTRO	1 almacenista, 1 auxiliar de almacén	Radioteléfono, comunicación verbal, SAO, excel			

7.4.1 Gestión de materiales. A continuación, se describe el procedimiento para llevar a cabo los pedidos de material tipo B y tipo C: Primero se detecta la necesidad de aprovisionamiento de materiales por parte de los trabajadores de las cuadrillas en la obra; luego, se le comunica la inquietud al maestro de obra o al líder encargado, posteriormente se le hace la solicitud verbal al almacenista. El almacenista chequea la disponibilidad del recurso y en caso tal de tener acceso al material realiza la entrega a los trabajadores de la cuadrilla; dicha estructura se

puede considerarse como una cadena de suministros con jerarquías en la toma de decisiones, lo cual contribuye a que se extienda el lead time.

Figura 43. Gestión de pedido en el almacén para materiales tipo B Y C



Para realizar un pedido en caso tal de que no exista disponibilidad de material, los líderes de cada una de las actividades elaboran la correspondiente solicitud y el Ingeniero Diego Ruiz es el encargado de tramitar las correspondientes órdenes de compra. Para muchos de los materiales tipo B y para la totalidad de los materiales tipo A, el filtro de los ingenieros está presente en el trámite del pedido.

Los tiempos identificados que se emplean para el trámite del pedido en desarrollo de determinada actividad bajo el esquema anterior son:

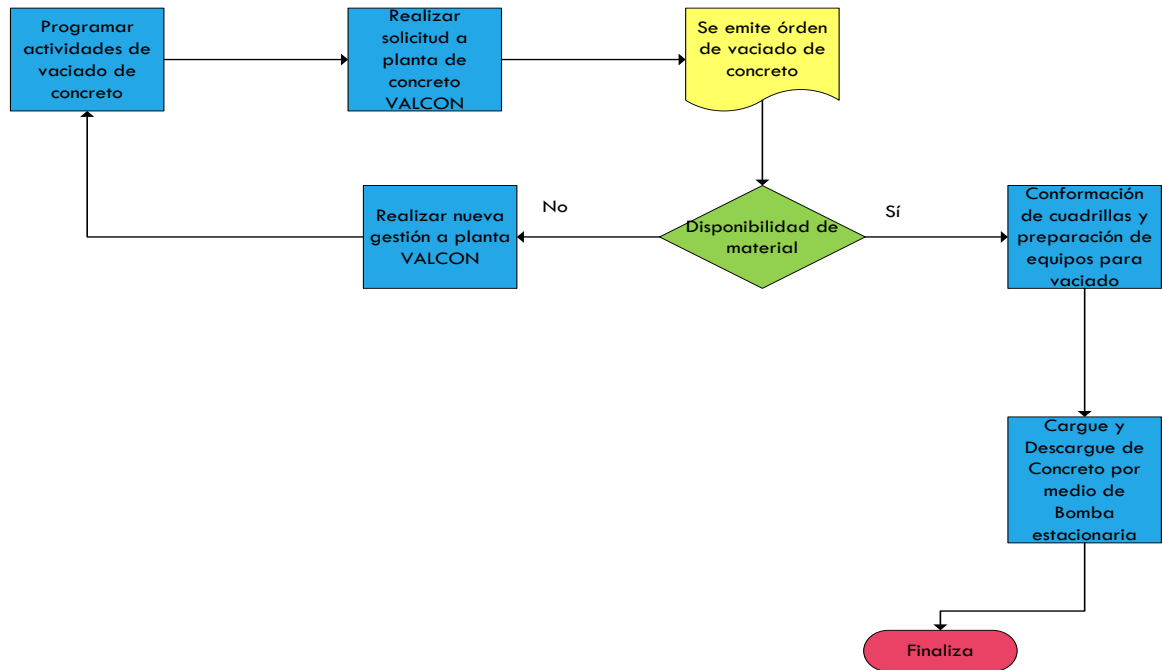
- Tiempo empleado para que un trabajador del frente de obra contacte al maestro o al líder encargado de solicitar el pedido.

- Tiempo empleado por el maestro o líder encargado para solicitar el pedido.
- Tiempo empleado por el almacenista para verificar existencias.
- Tiempo empleado por la dirección para autorizar el pedido.
- Tiempo empleado por el almacenista para generar la orden y replantear cantidades existentes.
- Tiempo empleado para registrar la salida de material.
- Tiempo empleado por un trabajador del frente de obra o el líder de actividades para desplazarse al sitio de almacén para diligenciar la orden de pedido.

Lo anterior refleja lo compleja que se vuelve la cadena de suministros para una estructura de pedidos, aparentemente sencilla. Es importante considerar que todos estos tiempos al totalizarse para todos los materiales que se manejan por almacén, representan tiempos que no agregan valor. Cabe destacar que dichos tiempos no son uniformes y varían según las condiciones del proyecto.

La gestión de materiales tipo A, como el concreto en la obra, se efectúa bajo el siguiente esquema:

Figura 44. Gestión de materiales tipo A



El esquema que expone la figura 44 funciona en forma continua si la planta de concreto VALCÓN, puede garantizar producción y disponibilidad continua para las actividades de vaciado que estén programadas. El manejo de este tipo de materiales no es tan dispendioso como el de los materiales tipo B y C, dándose en forma más explícita siempre y cuando no haya deficiencias en su aprovisionamiento. Por lo general, este tipo de materiales corresponden a actividades que pertenecen a la ruta crítica del proyecto, luego se deben garantizar inventarios de seguridad que aseguren la disponibilidad de los recursos.

7.4.2 Desarrollo del prototipo logística interna wifi para el proyecto AQUA TOWER.

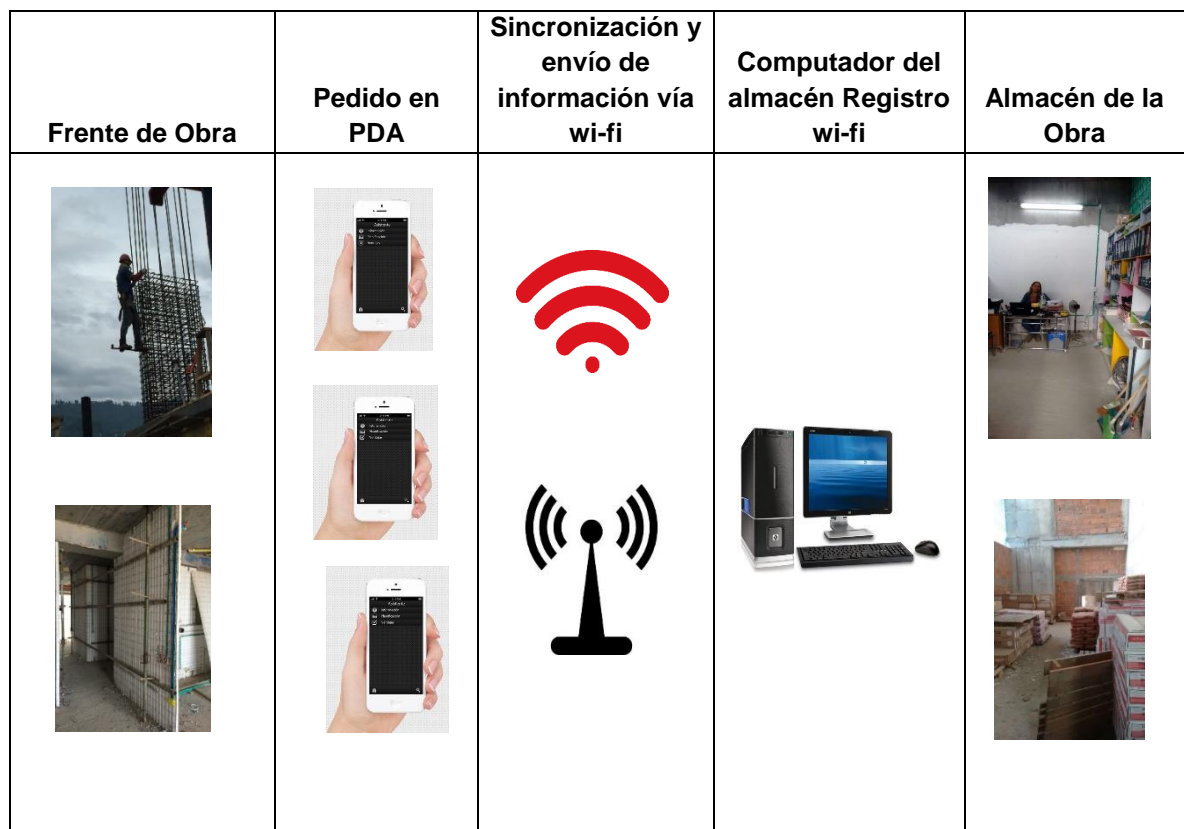
Detectadas las dificultades de comunicación y manejo de información, obtenidas a partir del diagnóstico en el PROYECTO AQUA TOWER, se pretende desarrollar un prototipo para la futura implementación de una herramienta TIC denominada (Software logístico Wifi). A través de la investigación realizada sobre buenas prácticas para la gestión de procesos logísticos en el sector de la construcción, se encontró que en países como Chile, Brasil y el Reino Unido; esta

herramienta es ampliamente utilizada para la gestión de pedidos en un proyecto de construcción.

El objetivo fundamental de implementar una herramienta TIC para la gestión de procesos logísticos internos es el de comenzar a observar la construcción como un fenómeno en donde convergen flujos logísticos de materiales, personal, información y equipos y que deben ser controlados mediante planificación logística para la obtención del objetivo fundamental del sector, que es la transformación de materiales según los requerimientos específicos del cliente y en el menor tiempo posible.

El esquema de funcionamiento del software logístico wi-fi se presenta en la siguiente figura:

Figura 45. Esquema de funcionamiento software logística wi-fi



De manera general no es más **que la detección de necesidades de material en el frente de obra**, desde donde se verifica su disponibilidad de inventario en el almacén y se generan vales de pedido desde el dispositivo PDA; la señal wi-fi sirve de puente para sincronizar dicha información con el computador del almacenista, quien hace las veces de servidor. Una vez la información se recibe en el computador del almacenista, se procede con la aceptación o el rechazo del vale de pedido; en caso de que sea aprobado dicho vale, se programa la fecha y hora tentativa para el envío de dicho material, o bien, para la entrega en la puerta del almacén a la persona responsable. El estado del pedido puede ser revisado en forma remota por el usuario del dispositivo PDA. Por lo tanto, se puede decir que las dos partes, emisor y receptor del vale, en forma recíproca, tienen acceso a determinada información referente a las órdenes de pedido emitidas desde el frente obra. La metodología anterior implica la eliminación de vales de pedido en físico y la actualización del Kardex de la obra en tiempo real.

La forma más eficiente como se puede operar el sistema dependerá de la organización al interior de la obra, las rutas internas para la movilización, los sistemas de aprovisionamiento del almacén y la definición de roles según lo previsto en el plan logístico. En adelante se pretende exponer las propiedades del sistema en forma paralela con los procedimientos necesarios para la elaboración del prototipo de la herramienta para la obra.

7.4.2.1 Asignación de roles para la herramienta TIC. El proyecto AQUA TOWER se considera un escenario ideal la implementación de “logística wi-fi”, básicamente por el sistema de gestión de calidad con el que cuenta la constructora, y por el ERP utilizado para la planificación, el control y la administración de recursos y personas; lo que permite contar con información actualizada de la obra en cualquier momento de la semana o del periodo de análisis. Esto sin duda favorece la operación del software, pues garantiza que la base de datos arroje indicadores más ajustados a la realidad de la logística interna del proyecto. La siguiente tabla muestra la

estructura del grupo de trabajo que conforma el equipo logístico y cuáles serían los roles para cada uno de ellos.

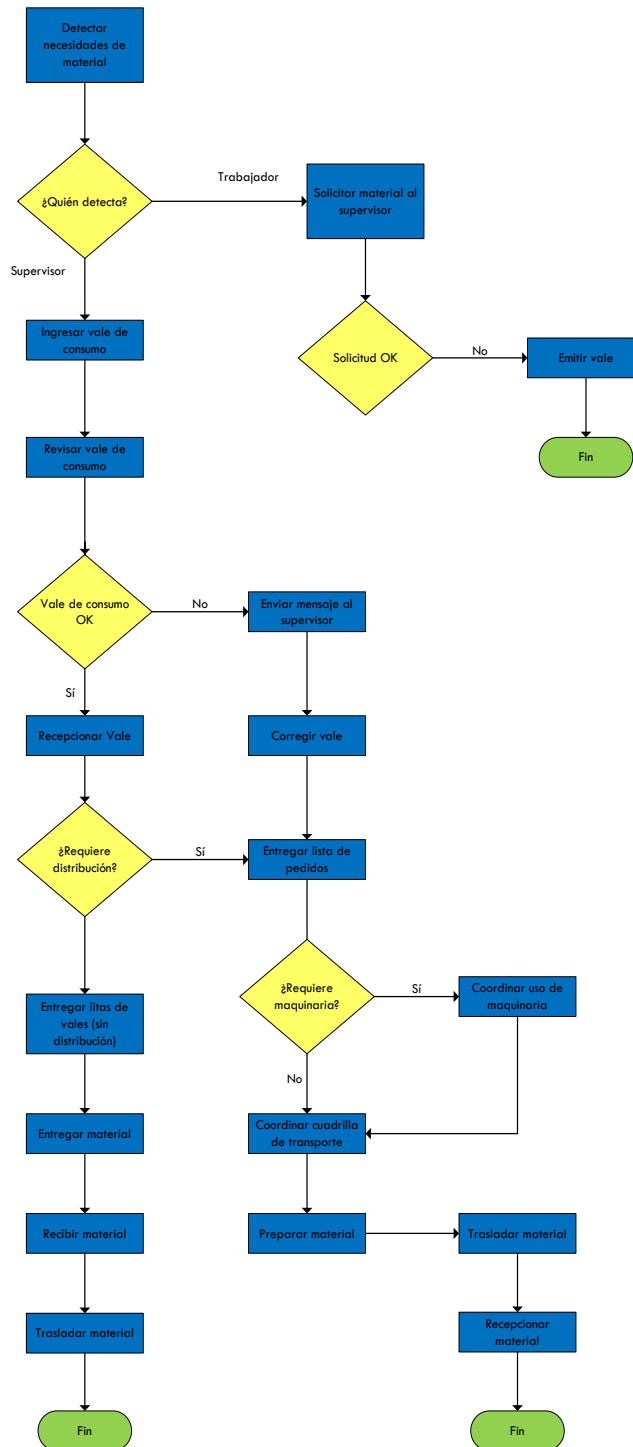
Tabla 15. Asignación de roles para la herramienta TIC

Cargo	Tipo de usuario		Perfil	
	PC	PDA	Administrador	Privilegios
Almacenista	X		X	
Auxiliar de Almacén	X			x
Maestro de obra		x		x
Director de obra	X	x		x
Ingeniero Residente		x	X	
Ayudante 1 cuadrilla logística		x		x
Ayudante 2 cuadrilla logística		x		x

Se detecta la necesidad de material desde el frente de obra. El responsable de hacer la solicitud al maestro se identifica con su nombre y apellido y la actividad que está realizando, el material y la cantidad de material a solicitar así como también el sitio físico de la obra dónde se encuentra (destino), el maestro de obra registra dicha información en la PDA, dónde configura el vale de pedido y lo sincroniza vía wi-fi con el usuario PC (almacenista). En el almacén se revisa frecuentemente el estado de los vales de consumo solicitados desde el frente de obra y se aprueba o se rechaza la solicitud. Una vez aprobado, se programa la fecha y la hora tentativa de entrega y se determina si dicha entrega requiere del apoyo de la cuadrilla logística.

Una vez se retira el material del inventario, se hace el respectivo registro en el ERP y de esta forma se configura la orden de salida. Dependiendo de la disponibilidad del personal, se hace uso de la respectiva cuadrilla de apoyo logístico.

Figura 46. Esquema de funcionamiento Software logística wi-fi

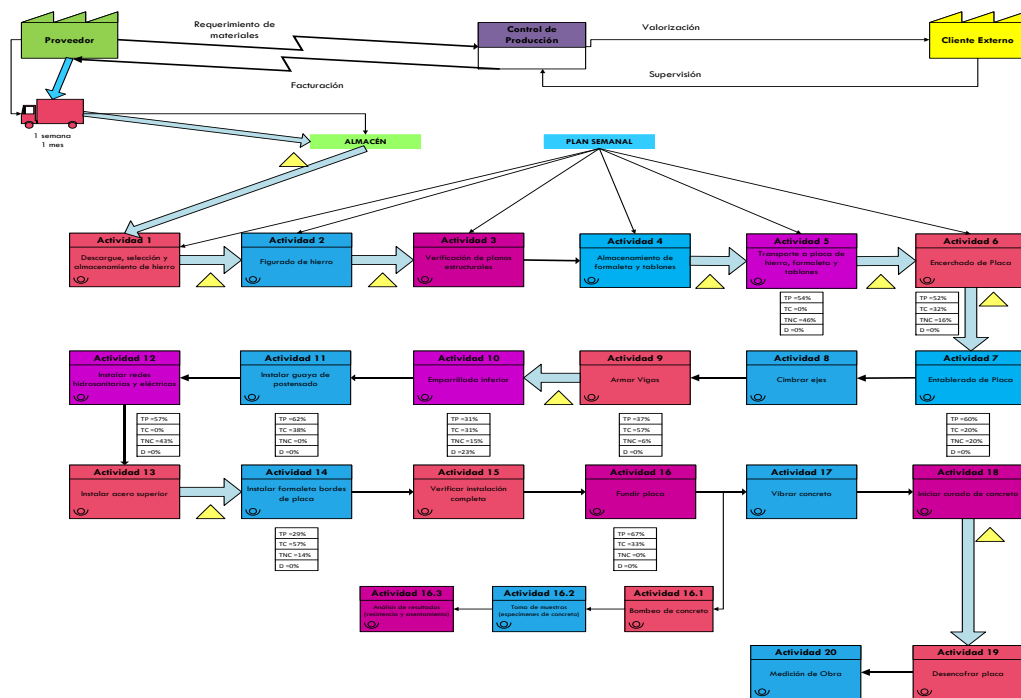


Dada la extensión de contenido del prototipo elaborado para el proyecto AQUA TOWER, en el Anexo J se describe en detalle cada una de las funcionalidades socializadas con el staff administrativo del proyecto. En dicho anexo se puede encontrar un despliegue de cada una de las funciones desarrolladas para el prototipo, así como un video interactivo de captura de pantalla que explica en detalle estas funciones.

7.5 IMPLEMENTACIÓN DIAGRAMA VSM PARA LAS ACTIVIDADES DE LA CADENA DE VALOR DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIGAS DE ENTREPISO Y PLACAS.

Una vez realizado el mapeo futuro de las actividades que conforman la cadena de valor del proceso de elaboración de vigas de entrepiso y placas, se realizó su implementación durante los meses de agosto y septiembre obteniendo los siguientes resultados:

Figura 47. Implementación diagrama value stream mapping



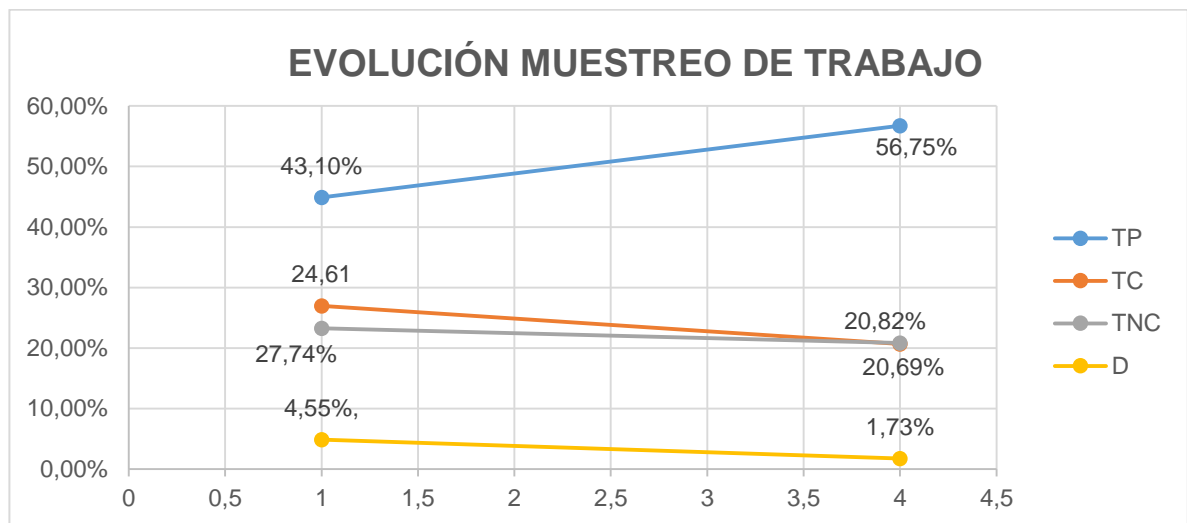
7.6 ANÁLISIS DE PÉRDIDAS

Al analizar la productividad que se tiene en obra indirectamente se puede identificar las pérdidas que existen en ella, es por ello que el estudio de muestreo por observaciones nos brinda en su análisis las diferentes causas de pérdidas que se presentan en la obra. La metodología para la identificación de pérdidas y análisis de causas se puede consultar en el anexo D.

Para las actividades de los procesos de mampostería y estructura se hizo un análisis inicial para el diagnóstico del proyecto, en el cual se detectaron y categorizaron las pérdidas generadas en los procesos de construcción del proyecto Aqua Tower, durante el transcurso de la práctica se hicieron propuestas enfocadas a mejorar dichas pérdidas, las cuales fueron aprobadas por los gerentes del proyecto para su posterior implementación.

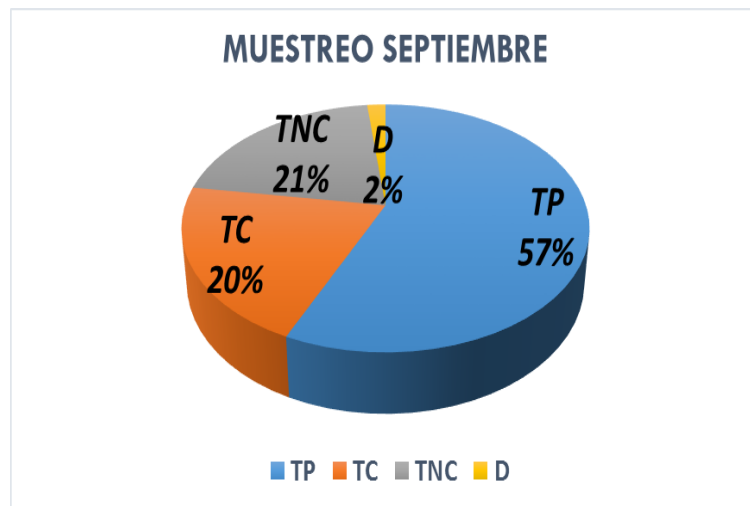
Luego de implementar cada una de las propuestas, se hizo nuevamente el muestreo de trabajo con el fin de cuantificar los beneficios generados de dichas propuestas y poder tomar futuras correcciones en los procesos de construcción.

Figura 48. Evolución muestreo de trabajo general



Luego de las implementaciones hechas en obra se obtuvo un aumento en los tiempos productivos logrando un 13,65% de aumento, llegando a un 56,75%, mientras que los tiempos contributivos y no contributivos se logró una disminución del 3,92% y 6,92% respectivamente y las detenciones mostraron una reducción del 2,82% llegando al 1,73% del tiempo laborado lo cual es prácticamente despreciable, El despliegue de estos cálculos se encuentra en el Anexo No D. Los nuevos resultados del muestreo final se muestran en la siguiente ilustración:

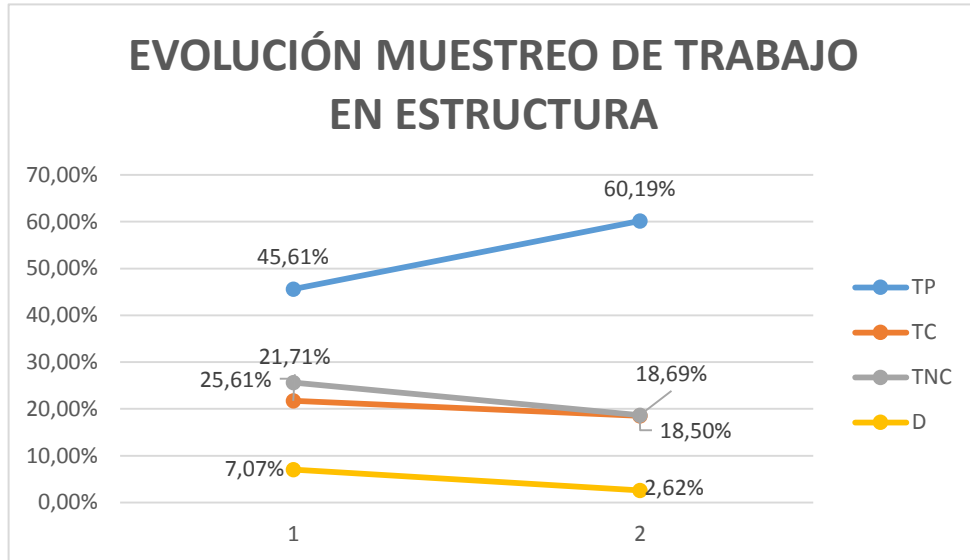
Figura 49. Muestreo de trabajo, septiembre.



A continuación, se desglosan los resultados generales obtenidos dividiendo el muestro de trabajo por observaciones en dos tipos de actividades: Muestreo de trabajo en actividades de Estructura y muestreo de trabajo en actividades de mampostería.

- **Muestreo de trabajo en estructura.**

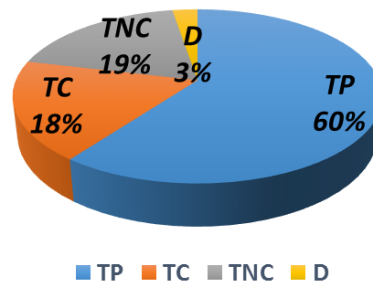
Figura 50. Evolución muestreo de trabajo en estructura



Se obtuvo un aumento en los tiempos productivos de 14,58%, mientras que en los tiempos contributivos y no contributivos se logró una disminución del 3,21% y 6,92%, respectivamente, mientras que en las detenciones se obtuvo una reducción del 4,45%.

Figura 51. Muestreo de trabajo en estructura, septiembre

MUESTREO PARA ESTRUCTURA, MES DE SEPTIEMBRE



Se hace un análisis a los tiempos contributivos y no contributivos que representan un total de 37,19% del tiempo laborado, identificando las principales causas, con el fin de definir futuras acciones de mejora acorde con los hallazgos del estudio de pérdidas.

Figura 52. Pareto tiempo contributivo para actividades de estructura

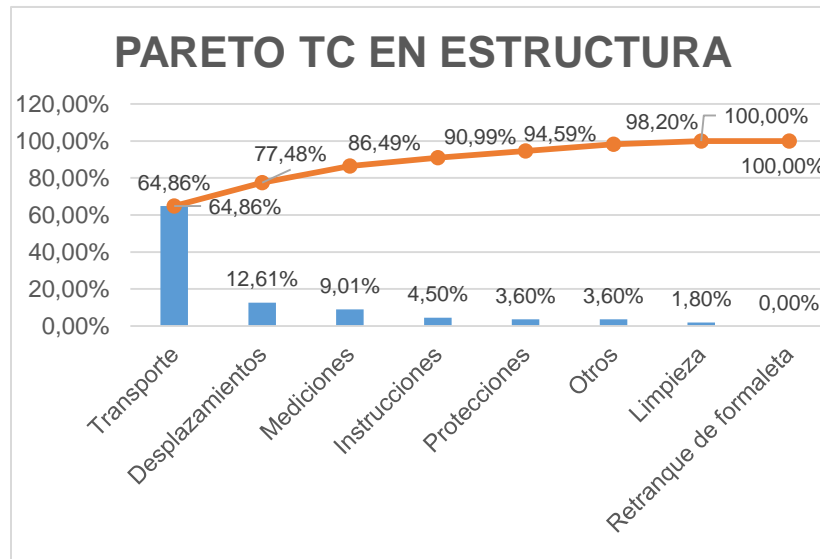
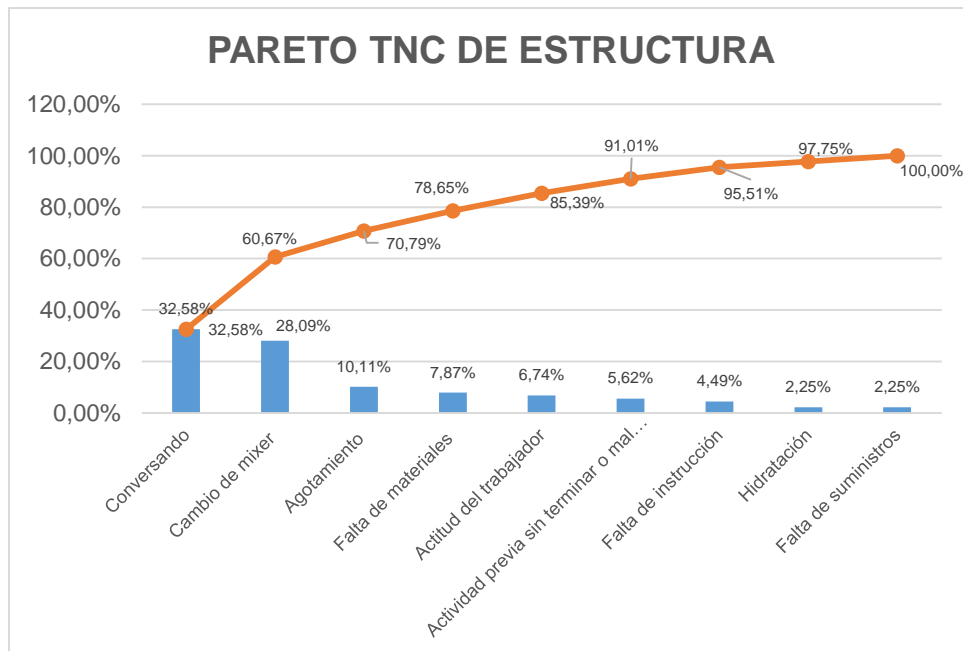
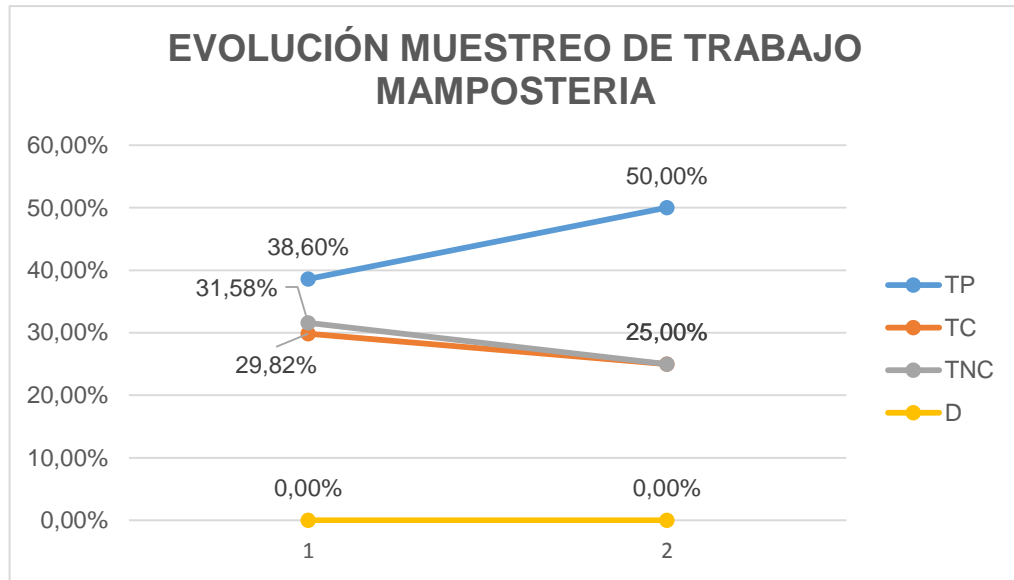


Figura 53. Pareto tiempo no contributivo para actividades de estructura



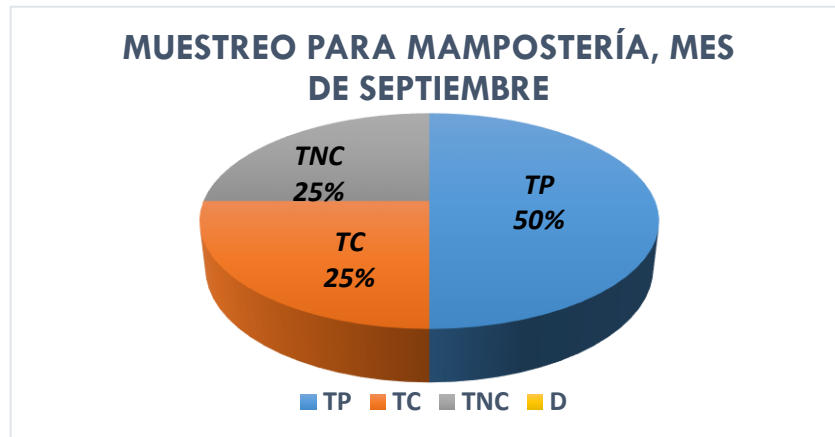
- **Muestreo de trabajo en mampostería.**

Figura 54. Evolución del muestreo de trabajo en mampostería.



Se obtuvo un aumento en los tiempos productivos logrando un 11,4% de aumento, mientras que los tiempos contributivos y no contributivos se logró una disminución del 4,82%, y 6,58% respectivamente, y las detenciones se mantuvieron nulas en mampostería.

Figura 55. Pareto tiempo no contributivo para actividades de mampostería.



Se hace un análisis a los tiempos contributivos y no contributivos que representan un total de 50% del tiempo laborado, identificando las principales causas, con el fin de definir futuras acciones de mejora acorde con los hallazgos del estudio de pérdidas.

Figura 56. Diagrama de Pareto tiempo contributivo para actividades de mampostería.

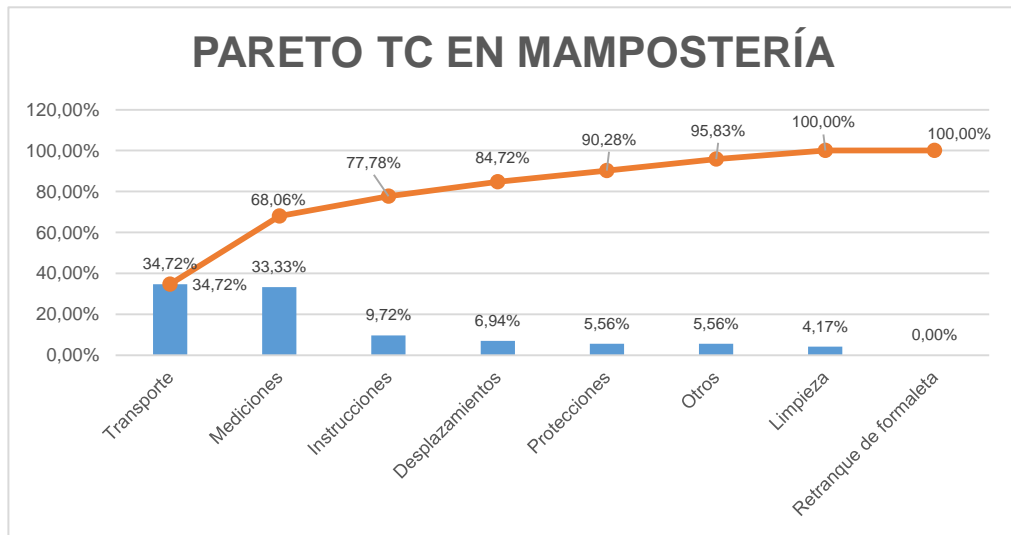
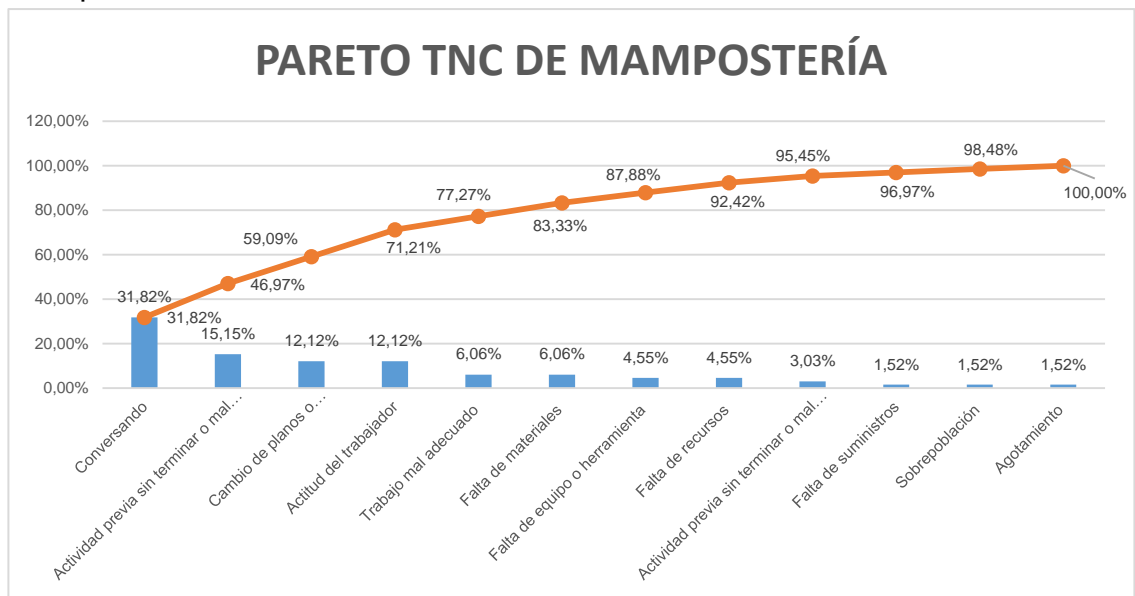


Figura 57. Diagrama de Pareto tiempo no contributivo para actividades de mampostería.



8. INDICADORES DE SEGUIMIENTO

8.1 BENCHCOLOMBIA: SISTEMA DE REFERENCIACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN

BenchColombia es una plataforma web a la cual la Constructora VALDERRAMA Ltda. puede acceder con el objetivo de comparar en línea, el desempeño de los proyectos y las empresas de construcción a través de indicadores claves de desempeño, definidos conjuntamente por las empresas del sector.

El sistema fue desarrollado por el grupo GESCÓN y el centro de investigación CIDICO y hace parte del portal “Gestión de la Construcción” como uno de los productos y servicios que se ofrece a la empresa en pro del aumento de la productividad y competitividad.

Los indicadores para grandes proyectos incluyen: costos, plazos, calidad, satisfacción del cliente, clima organizacional, salud y seguridad, administración y finanzas y gestión ambiental. La descripción de cada indicador se efectúa en el anexo L.

Los indicadores diseñados e implementados para dar seguimiento a la productividad del proyecto AQUA TOWER durante la realización de la práctica empresarial fueron los siguientes:

- **Porcentaje de actividades completadas**

Descripción	Calcula el porcentaje de actividades completadas en la semana respecto del total de actividades programadas semanalmente en obra.
Cálculo	$\left(\frac{\text{Total actividades completadas}}{\text{Total actividades programadas}}\right) \times 100$
Unidad	%
Responsable	Ingenieros residentes
Frecuencia	Semanal
Información necesaria	Formato Last planner para el registro y seguimiento de las actividades programadas y asignadas semanalmente a cada uno de los contratistas.

- **Porcentaje de cumplimiento de contratistas**

Descripción	Calcula el porcentaje de actividades completadas en la semana por cada uno de los contratistas, que no presentaron restricción externa para su cumplimiento.
Cálculo	$\left(\frac{\text{Total actividades completadas que no presentaron restricción}}{\text{Total actividades programadas}}\right) \times 100$
Unidad	%
Responsable	Ingenieros residentes
Frecuencia	Semanal
Información necesaria	Formato Last planner para el registro y seguimiento de las actividades programadas y asignadas semanalmente a cada uno de los contratistas.

- **Despilfarro de materiales**

Descripción	Calcula la cantidad de despilfarro de material respecto al material total comprado.
Cálculo	$(1 - \frac{\text{material especificado en planos}}{\text{material utilizado}}) \times 100$
Unidad	%
Responsable	Ingenieros residentes, Almacenista.
Frecuencia	Quincenal
Información necesaria	Formato GC-FT-60 Salida de materiales.

- **Cantidades de Obra**

Descripción	Calcula las cantidades de obra que el contratista se compromete a ejecutar en determinado período de tiempo.
Cálculo	$(\frac{\text{cantidad de obra proyectada a ejecutar}}{\text{unidad de tiempo}}) \times 100$
Unidad	%, m ² , m ³
Responsable	Director de Ingeniería / Ingenieros Residentes
Frecuencia	Mensual
Información necesaria	Avance programación de obra / Plan maestro

- **Atención a solicitudes**

Descripción	Es la gestión oportuna que brinda el contratista para prestar apoyo a requerimientos o necesidades de las obras en momentos en que se requiera para ejecutar una labor específica de acuerdo con la especialidad. Aplica para (garantías, corrección de productos no conformes, corrección de observaciones reportadas en reuniones semanales, etc) Entendiendo como oportunidad las solicitudes gestionadas en las fechas pactadas con la obra.
Cálculo	$\left(\frac{\text{cantidad de solicitudes gestionadas}}{\text{total solicitudes realizadas por la obra}} \right) \times 100$
Unidad	%
Responsable	Director de Ingeniería / Ingenieros Residentes
Frecuencia	Semanal
Información necesaria	Formato Last planner para el registro y seguimiento de las actividades programadas y asignadas semanalmente a cada uno de los contratistas.

- **Índice de gravedad**

Descripción	En este ítem se evalúa la eficacia en Materia de Seguridad Industrial por parte del Contratista. La calificación de este Parámetro se hará teniendo en cuenta el Índice de Gravedad que relaciona el número de horas perdidas por incapacidad ocasionadas por AT/EP respecto al número de horas de exposición en un periodo de tiempo determinado (en nuestro caso una semana). El total de HH exposición se calcularán teniendo como base jornadas laborales de 8 horas/diarias.
Cálculo	$IG = \frac{\text{Total Horas de incapacidad por AL/EP}}{\text{Total horas – hombre en exposición al riesgo}} \times 100$
Unidad	%
Responsable	Inspector SISO
Frecuencia	Semanal
Información necesaria	Formato para el registro de incidentes y accidentes de trabajo/Programa seguridad y salud en el trabajo.

8.2 BENCHMARKING INTERNO: COMPARATIVO MENSUAL DE OBRAS

El benchmarking interno es un comparativo entre los proyectos de la misma empresa, en el que se propone evaluar mensualmente: el porcentaje de actividades completadas (PAC) de acuerdo a los compromisos adquiridos por los diferentes departamentos en la reunión de planificación intermedia “Look Ahead”, indicadores de productividad (tiempos productivos, contributivos y no contributivos), tasas de producción de la actividad con mayor impacto en el costo de la obra, índices de accidentalidad, número de acciones de mejoras implementadas e impacto económico, layout actualizado e implementado, número y costo de reprocesos, número de no conformidades encontradas en las auditorías internas, informe gerencial e informe presupuestal actualizados.

9. CONCLUSIONES

La implementación de planes y programas enfocados al mejoramiento, deben iniciarse con la creación de una cultura de medición y evaluación. A través del muestreo de trabajo realizado durante la fase diagnóstica en el proyecto AQUA TOWER, se pudo identificar y cuantificar los diferentes tipos de despilfarro presentes en las actividades de la fase de Estructura, lo cual se convirtió en pieza clave y fundamental para la posterior formulación de las propuestas de mejora enfocadas a la disminución y eliminación de los diferentes tipos de despilfarro.

La cultura 5's se convierte en herramienta fundamental de implementación en los proyectos de construcción, puesto que brinda una cantidad de beneficios no solo relacionados con la productividad de las zonas de trabajo sino también con la seguridad industrial, ítem crítico de los proyectos en Colombia; brindado lineamientos que permiten atacar directamente las zonas críticas para evitar accidentes.

La filosofía Lean Construction ofrece un sinnúmero de herramientas útiles para el análisis y el mejoramiento de los procesos, los diagramas Value Stream Mapping son una de ellas. Esta herramienta, además de ser diagnóstica y visual es de gran utilidad para identificar todas aquellas actividades que conforman un proceso productivo y así mismo las oportunidades de mejora que pueden encontrarse a lo largo del proceso.

La implementación del sistema de planificación y control Último planificador (Last Planner), aumentó la confiabilidad del sistema de planificación del proyecto AQUA TOWER. Durante las doce semanas de implementación, el proyecto no sólo mejoró en la forma como asignaba semana a semana sus actividades, sino que además se lograron metas de cumplimiento que nunca habían sido establecidas al interior del proyecto; la herramienta fue de gran utilidad para la programación, el control y

seguimiento no sólo de las actividades sino de todo el personal involucrado: ingenieros residentes, contratistas, trabajadores y staff administrativo.

La gestión logística no es entendida por los constructores como una herramienta integral que afecta solidariamente los procesos internos y externos de la obra. En la mayoría de los proyectos de las distintas constructoras, a pesar de tener definidos sistemas de gestión de calidad, no es evidente el enfoque al control de los flujos logísticos; esto, evidenciado a partir de la ausencia del diseño de un plan logístico y la respectiva cadena de suministros.

En la actualidad el sistema de planificación y control Último planificador (Last Planner), se está implementado en dos obras diferentes al proyecto AQUA TOWER y se encuentra en proyecto de implementación para los futuros proyectos de la constructora VALDERRAMA Ltda; esto, debido a los buenos resultados alcanzados durante la práctica empresarial.

10. RECOMENDACIONES

Se sugiere la adquisición de la tecnología “BIM”, un software especializado que permite integrar cada uno de los diseños y detectar posibles errores en ellos visualizando los proyectos en dimensión 3D; debido a que la etapa de diseño es una etapa crítica en los proyectos de construcción y sobre la cual se generan grandes errores que afectan a las siguientes fases.

La adecuada gestión de proveedores y materiales es clave para lograr un proceso constructivo sin interrupciones. La gran mayoría de atrasos en el sistema constructivo se debe a un extenso proceso de solicitud de materiales y equipos con largos tiempos para aprobaciones. El proceso ha presentado tiempos superiores a lo establecido y que no agregan valor cuando: los proveedores no cuentan con las unidades requeridas y se ha emitido la orden de compra sin realizar una verificación previa por la empresa y, cuando las especificaciones técnicas del material solicitado en obra no son plenamente conocidas por el personal de compras. Estas situaciones requieren un análisis del proceso de abastecimiento de materiales y la identificación de las causas generadoras de reprocesos de información; lo anterior con el objetivo de lograr un flujo de información sin interrupciones y la entrega de oportuna materiales en un menor tiempo a las obras.

Los constantes cambios de versiones en planos (reformas) dificultan el flujo continuo de los procesos constructivos. Se recomienda un mejoramiento en el proceso a través del cual se involucra al personal de diseño en el proceso de construcción.

El sector de la construcción brinda a estudiantes e ingenieros industriales grandes oportunidades para aplicar los conocimientos adquiridos durante sus carreras; siendo este uno de los sectores principales de la economía colombiana se hace imprescindible el mejoramiento de sus procesos.

Se recomienda a las empresas constructoras y estudiantes de ingeniería industrial, trabajar en futuros proyectos de construcción en la fase de diseño, puesto que en la actualidad existen grandes falencias en los procesos que conforman esta fase, haciendo de la metodología Lean Construction una herramienta de gran utilidad que puede contribuir a la reestructuración de esta fase.

BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN, Luis Fernando. “Mejorando la productividad de Proyectos con Planificaciones más confiables”. Investigación Revista BIT, Junio 2002, Chile.

ALARCÓN, Luis Fernando. “Herramientas para identificar y reducir pérdidas en proyectos de Construcción”, Revista Ingeniería de Construcción. Universidad Católica de Chile, 9 p.

ALARCÓN, Luis Fernando. “Organizándose para implementar prácticas Lean en empresas constructoras”, Revista Ingeniería de Construcción. Universidad Católica de Chile, 9 p.

ALARCÓN, Luis Fernando & SEQUEL, Loreto. “Desarrollando estrategias que incentiven la implementación de Lean Construction” 10° Congreso de Lean Construction, Gramado Brasil, 2002.

ALARCÓN, Diethelmand & ROJO. “Collaborative implementation of Lean Planning Systems in Chilean Construction Companies”. 10° Congreso de Lean Construction, Gramado Brasil, 2002.

BALLARD, Glenn. "The Last Planner." Northern California Construction Institute, Monterey, California. Abril 22-24, 1994.

BALLARD, Glenn. “Lean Project Delivery System”. LCI white paper-8. 2000, 7 p.

BALLARD, Glenn, “Look ahead Planning: The missing link in production control”, Informe técnico N°97-3, University of California, Berkeley.

BALLARD, G. and HOWELL, G. "Shielding Production: An Essential Step in Production Control." Technical Report 97-1, Construction Engineering. 1997.

BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Construcción sin pérdidas: Análisis de procesos y filosofía Lean Construcción. 2 ed. Colombia: LEGIS S.A., 2006.

CHASE, Richard B.; JACOBS, F. Robert y AQUILANO, Nicholas Jr. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. 10 ed. México: McGraw-Hill, 1995.

DOMINGUEZ MACHUCA, José Antonio, *et al.* Dirección de operaciones, aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. 1 ed. Madrid: McGraw-Hill, 1995.

FRANCÉS, Antonio. Estrategia y planes para la empresa con el cuadro de mando integral. 1 ed. México: Prentice Hall 2006.

GARCIA SOLARTE, Mónica, Gestión del cambio (Online), Facultad de ciencias de la administración Universidad del Valle.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. NTC 1486: Documentación, presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. NTC 4490: Referencias documentales para fuentes de información electrónicas.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. NTC 5613: Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura.

KOSKELA, L. "Application of the New Production Philosophy to Construction". Technical Report No. 72, Stanford, CIFE, Stanford University. 1992.

MELLES, B. and WAMELINK, J. Production control in construction. Delft University Press, The Netherlands. 1993.

OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO. (Ginebra). Introducción al estudio del trabajo. 4 ed. Editorial LIMUSA, 1998.

OHNO, Taiichi. 1988. Toyota production system. Productivity Press, Cambridge, MA. 143 p.

ORTIZ PIMIENTO, Néstor Raúl. Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa. Bucaramanga, 1999.

ROJAS VERA, Raúl. La Construcción (Online) Disponible en: www.monografias.com

SHINGO, Shigeo. Study of 'TOYOTA' Production System. Japan Management Association, Tokyo. 359 p. 1984.