

**Propuesta de Mejora de los Procesos en Constructora LPC SAS a partir de la  
Filosofía Lean Construction.**



Claudia Marcela Pachón, Jhoan Manuel Acuña

Mayo 2022.

Universidad Antonio Nariño.

Facultad de Ingeniería Industrial.

**Propuesta de Mejora de los Procesos en Constructora LPC SAS a partir de  
la Filosofía Lean Construction.**

Claudia Marcela Pachón, Jhoan Manuel Acuña

Mayo, 2022.

Universidad Antonio Nariño.

Facultad de Ingeniería Industrial.

Dirigido por:

Ing. Fredy Guillermo García.

**Notas del autor**

Claudia Marcela Pachon Cárdenas, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad  
Antonio Nariño, Duitama.

Jhoan Manuel Acuña Alba, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad  
Antonio Nariño, Duitama.

El presente proyecto tuvo colaboración de la empresa LPC SAS.

**Nota de Aceptación**

Nombre y firma jurado 1

---

Nombre y firma jurado 2

---

Nombre y firma presidente

---

Nombre y firma secretario

---

## **Dedicatoria**

*Este trabajo de grado se lo queremos dedicar a nuestros padres y hermanos por el acompañamiento y apoyo para alcanzar nuestros sueños y siempre impulsarnos a ser mejores personas y profesionales.*

**Agradecimientos**

*Damos nuestros agradecimientos tanto al personal administrativo como técnico de la CONSTRUCTORA LPC SAS por su colaboración y apoyo durante el desarrollo del presente trabajo, también agradecemos a los ingenieros de la facultad de Ingeniería Industrial UAN especialmente al ingeniero Fredy Guillermo García por su apoyo y dedicación como director de este proyecto.*

## Resumen

La presente tesis tiene como fin, exponer una propuesta de mejora a los procesos de la empresa Constructora LPC SAS a partir de la filosofía lean Construction, la cual busca reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las que si lo hacen, para identificar las mudas se diseñó un instrumento de recolección de información (entrevista) el cual se aplicó entre los colaboradores de la constructora LPC SAS, así, cada colaborador dio de acuerdo con su criterio información valiosa, esto junto con una observación directa de los procesos en los diferentes proyectos, permitió determinar las mudas que se encuentran en la constructora. Luego de tener la caracterización de mudas se procedió a analizar las herramientas lean y lean construction que permitieran reducir o eliminar las mudas observadas durante las 20 visitas a obra, se escogieron las 4 herramientas con mayor porcentaje las cuales fueron 5S's, Last planner system, Justo a tiempo y prueba de los 5 minutos. Como una herramienta anexa, se decidió incorporar TPM para el mantenimiento autónomo de herramienta y maquinaria, aportando a que la vida útil de las herramientas se prolongue. Se encontró, que las mudas que más se repetían tenía que ver con maquinaria y herramienta, evidenciando 16 veces en observaciones la repetición de este problema. Donde había colaboradores esperando a que se desocupara una maquina o herramienta, o se presentaban inconvenientes en cuanto al estado de estas, y en ocasiones el colaborador en medio de su tarea se veía obligado a hacer algún tipo de reparación o ajuste subestándar a la misma, para conseguir desarrollar su actividad. Esto anteriormente mencionado, va ligado como bien se expuso con esperas.

Estas se presentaban en repetidas ocasiones, a causa de áreas de trabajo con actividades en poco avance, que retrasaban las que subsiguen, entre otras. Estos fueron algunos aspectos de los que se exponen con mayor énfasis en el desarrollo de esta tesis. Posteriormente, se procedió a realizar la propuesta para la implementación de estas herramientas mencionadas anteriormente en la constructora LPC SAS.

***Palabras Clave:*** Lean Construction, Desperdicio, Last Planner System, BIM  
Revit,

### **Abstract**

The purpose of this thesis is to present a proposal to improve the processes of the company Constructora LPC SAS based on the lean construction philosophy, which seeks to reduce or eliminate activities that do not add value to the project and optimize those that do. To identify the mudas, an information gathering instrument was designed (interview) which was applied among the collaborators of the construction company LPC SAS, thus, each collaborator gave valuable information according to his criteria, this together with a direct observation of the processes in the different projects, allowed to determine the mudas found in the construction company. After having the characterization of the mudas, we proceeded to analyze the lean and lean construction tools that would reduce or eliminate the mudas observed during the 20 site visits, the 4 tools with the highest percentage were chosen, which were 5S's, Last planner system, Just in time and the 5 minutes test. As an additional tool, it was decided to incorporate TPM for the autonomous maintenance of tools and machinery, contributing to extend the useful life of the tools. It was found that the most repeated changes had to do with machinery and tools, showing 16 times in observations the repetition of this problem. There were employees waiting for a machine or tool to be unoccupied, or there were inconveniences regarding the condition of these, and sometimes the employee in the middle of his task was forced to make some kind of repair or substandard adjustment to it, in order to carry out his activity. As mentioned above, this was linked to waiting times.

These occurred repeatedly, due to work areas with activities in little progress, which delayed the following activities, among others. These were some of the aspects

that were exposed with greater emphasis in the development of this thesis. Subsequently, we proceeded to make the proposal for the implementation of these tools mentioned above in the construction company LPC SAS.

***Keywords:*** Lean Construction, waste, Last Planner System, BIM Revit.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	16
Planteamiento del Problema .....	18
Descripción del Problema .....	18
Formulación del Problema .....	19
Justificación .....	21
Objetivos .....	24
General .....	24
Específicos .....	24
Marco Referencial.....	25
Antecedentes .....	25
Marco Teórico.....	27
<input type="checkbox"/> AHP (Analytical Hierarchy Process) .....	27
<input type="checkbox"/> Lean Construction .....	27
<input type="checkbox"/> Just in Time (Justo a tiempo) .....	31
<input type="checkbox"/> Metodología 5S's.....	31
Marco Conceptual .....	33
Marco Geográfico .....	36
Marco Legal .....	38
V. Decretos, resoluciones y circulares relacionadas con el tema .....	38
Diseño Metodológico.....	40
Tipo y Enfoques de Investigación.....	40
Recolección y Análisis de Datos.....	40
Unidad de Estudio o Muestra.....	40
Fases y Actividades Metodológicas.....	41
Diagnóstico de la Constructora LPC SAS .....	42
Descripción de la Empresa.....	42
Misión .....	43
Visión.....	43
Mapa de Procesos .....	43
Descripción de Procesos .....	44
Fase de Diseño .....	44
Fase de Construcción .....	44
Fase de Entrega.....	45
Análisis de Resultados .....	46
Análisis e Identificación de Mudras y Herramientas Lean Susceptibles de Implementar .....	52
Inventarios.....	59
Movimientos Innecesarios: .....	60
Máquinas:.....	61
Reprocesamiento:.....	62

Esperas: .....	63
Ambiente de Trabajo.....	64
Talento Humano : .....	65
Diseño Propuesta de Mejora .....	66
Propuesta para la Implementación de la Herramienta 5 S's. ....	67
Pasos para implementar la metodología 5S's .....	68
Sistema del Ultimo Planificador (Last Planner System).....	76
Mudas Impactadas por la Herramienta. ....	77
Pasos para Implementar Last planner System .....	77
Just in Time (Justo a Tiempo).....	83
Formatos de Control de Inventarios LPC SAS .....	84
Formato LPC SAS para Selección de Proveedores .....	87
Formatos Selección de Contratistas. ....	88
Prueba de los Cinco Minutos para el Análisis de Pérdidas.....	88
Mudas Impactadas por la Herramienta Lean. ....	88
Pasos a Seguir para la Toma de Tiempos .....	89
Mantenimiento Productivo Total .....	90
Mantenimiento AutónomoX .....	90
Fuentes de Contaminación y Áreas de Difícil Acceso.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Plan de Formación en Algunos Aspectos de Mantenimiento Autónomo .	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Formato de Cronograma de Mantenimiento a Maquinaria y Herramienta	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Mejoras Implementadas en la Constructora LPC. ....	91
Conclusiones .....	94
Recomendaciones .....	96
Lista de referencias .....	98
Anexos .....	102

### Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Normativa colombiana para construccion .....</i>	<b>38</b>
<b>Tabla 2</b>	<i>Porcentaje de incidencia sobre el costo total del proyecto. ....</i>	<b>57</b>
<b>Tabla 3</b>	<i>Desperdicios de material más representativos en cimentación. ....</i>	<b>57</b>
<b>Tabla 4</b>	<i>Desperdicios más representativos en estructura y mampostería .....</i>	<b>58</b>
<b>Tabla 5</b>	<i>Desperdicios más representativos en urbanismo y equipamiento comunal. ....</i>	<b>59</b>
<b>Tabla 6</b>	<i>Porcentajes de impacto de las herramientas en las mudas. ....</i>	<b>66</b>
<b>Tabla 7</b>	<i>Mudas Impactadas por la herramienta lean 5 S. ....</i>	<b>67</b>
<b>Tabla 8</b>	<i>Lista de chequeo 3 primeras "S". ....</i>	<b>74</b>
<b>Tabla 9</b>	<i>Criterios clasificación puntaje total. ....</i>	<b>75</b>
<b>Tabla 10</b>	<i>Mudas Impactadas por la herramienta lean construction last planner system. .....</i>	<b>77</b>
<b>Tabla 11</b>	<i>Mudas Impactadas por la Herramienta Lean Just in Time. ....</i>	<b>83</b>
<b>Tabla 12</b>	<i>Mudas impactadas por la herramienta prueba 5 minutos. ....</i>	<b>88</b>

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b>	Ubicación proyecto conjunto residencial villa sahara.....	<b>36</b>
<b>Figura 2</b>	Ubicación conjunto residencial portobelo Belen Boyaca.....	37
<b>Figura 3</b>	Fases metodológicas.....	41
<b>Figura 4</b>	Organigrama Constructora LPC SAS.....	42
<b>Figura 5</b>	Mapa de procesos constructora LPC SAS.....	43
<b>Figura 6</b>	Descripción procesos de construcción. ....	45
<b>Figura 7</b>	Pregunta 1: ¿Ustedes generan desperdicio de material al desarrollar sus actividades?.....	48
<b>Figura 8</b>	Pregunta 2: ¿Considera que los tiempos de entrega del proyecto podrían mejorarse?.....	48
<b>Figura 9</b>	Pregunta 4: ¿De acuerdo con la distribución del proyecto cree usted que se presentan movimientos innecesarios?.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 10</b>	Pregunta 15: ¿Ustedes deben repetir procesos frecuentemente?.....	50
<b>Figura 11</b>	Pregunta 20: ¿Considera que el almacén cuenta con las características adecuadas para almacenar los materiales?.....	51
<b>Figura 12</b>	Pregunta 21: ¿Se presentan demoras en sus actividades debido a actividades que preceden la Suya?.....	52
<b>Figura 13</b>	Pareto caracterización de mudas LPC SAS.....	54
<b>Figura 14</b>	Diagrama causa y efecto mudas LPC SAS. ....	54
<b>Figura 15</b>	Mudas y Submudas de Materiales Observadas. ....	56
<b>Figura 16</b>	Mudas y submudas de inventarios observadas.....	60
<b>Figura 17</b>	Mudas y submudas movimientos innecesarios. ....	61
<b>Figura 18</b>	Mudas y submudas maquinas.....	62
<b>Figura 19</b>	Mudas y submudas reprocesamiento.....	63
<b>Figura 20</b>	Mudas y submudas esperas. ....	64
<b>Figura 21</b>	Mudas y submudas ambiente de trabajo.....	65
<b>Figura 22</b>	Mudas y submudas talento humano. ....	65
<b>Figura 23</b>	Pasos a seguir para implementación herramienta 5S's. ....	68
<b>Figura 24</b>	Formato asignación de zonas para la jornada de limpieza inicial. ....	70
<b>Figura 25</b>	Selección de elementos necesarios e innecesarios. ....	71
<b>Figura 26</b>	Pasos a seguir para implementar seiton.....	72
<b>Figura 27</b>	Pasos para implementación seiso. ....	73
<b>Figura 28</b>	Ejemplo plan maestro inicial proyecto villa sahara.....	78
<b>Figura 29</b>	Formato planificación intermedia. ....	79
<b>Figura 30</b>	Formato de registro planificación semanal. ....	81
<b>Figura 31</b>	Formato porcentaje de actividades completadas. ....	82
<b>Figura 32</b>	Material en stock.....	84
<b>Figura 33</b>	Entrada de material.....	85
<b>Figura 34</b>	Salida de material.....	86
<b>Figura 35</b>	Proceso seleccion de proveedores mediante metodologia AHP.....	87
<b>Figura 36</b>	Formato medición de pérdidas prueba de los 5 minutos. ....	89

<b>Figura 37</b>	Ficha técnica maquinas. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 38</b>	Tabla de valores acción correctiva. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 39</b>	ECRS para fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 40</b>	Plan de formación y entrenamiento. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 41</b>	Cronograma mantenimiento autónomo retroexcavadora. ...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 42</b>	Tabla de valores. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 43</b>	.....	91
<b>Figura 44</b>	Señalización y demarcación de zonas peligrosas. ....	93
<b>Figura 45</b>	Acopios temporales .....	93

**Lista de Anexos**

<b>Anexo 1</b>	<i>Entrevista.</i>	<b>102</b>
<b>Anexo 2</b>	<i>Formato Auditoria 5 S's.</i>	<b>103</b>
<b>Anexo 3</b>	<i>Formato Programacion Intermedia</i>	<b>1</b>
<b>Anexo 4</b>	<i>Formato Planificacion Semanal</i>	<b>2</b>
<b>Anexo 5</b>	<i>Formato medición de pérdidas prueba de los 5 minutos.</i>	<b>3</b>
<b>Anexo 6</b>	<i>Formato gestion de inventario LPC SAS</i>	<b>4</b>
<b>Anexo 7</b>	<i>Mantenimiento autónomo, ficha técnica.</i>	<b>5</b>
<b>Anexo 8</b>	<i>Plan de formación y entrenamiento.</i>	<b>6</b>

## **Introducción**

A través de la historia, el sector de la construcción ha tenido varios cambios, los cuales han permitido el avance y mejora de los procesos productivos. Esto se debe a la búsqueda de eliminar procesos y/o actividades que no aportan valor al proyecto y mejorar aquellas que, si lo hacen, pero se evidencia no se realizan de manera óptima, dentro de estas se puede encontrar que existen tiempos de retraso dentro de actividades y tareas, reprocesamientos en algunas de las mismas, errores en cualesquiera de los procesos misionales del sector y demás aspectos que afectan el óptimo rendimiento de los proyectos constructivos. En el año 1993, el modelo de creación tiene un cambio, que comenzó en el área del automóvil con el razonamiento de Lean Manufacturing, y después se ajustó a diferentes áreas. La utilización del nuevo modelo de creación para el desarrollo como Lean Construction, surgió a nivel académico hace mucho tiempo y a nivel de ejecución a partir de 2007 principalmente en los Estados Unidos, según estudios y exámenes, se confirmó que las organizaciones que han aplicado herramientas empapadas en el pensamiento lean para la disminución o eliminación de los ciclos, ejercicios y diligencias que no crean valor, han obtenido grados elevados de ejecución en la disminución de los costos, la eficiencia ampliada, el cumplimiento de las limitaciones de tiempo, mejor calidad, la seguridad ampliada y el nivel más serio de la lealtad del consumidor, (Pons,2014).

Según el Lean Construction Institute (2013), Lean construction instruye la forma de pensar en donde el objetivo principal es disminuir o eliminar los ejercicios que no mejoran la empresa y racionalizar los ejercicios que sí lo hacen, se centra en una

estrategia especializada para sortear la elaboración de herramientas explícitas aplicadas a los procesos en la ejecución de tareas y un flujo de procesos de creación decente. En consecuencia, es posible comprender que dentro de la forma de pensar lean, el método a través de los instrumentos limita el despilfarro.

El Proyecto de tesis tiene como objetivo fundamental el realizar la propuesta de mejora de los procesos en la empresa LPC SAS con el fin de establecer lineamientos que guíen a la optimización de recursos, el mejoramiento y la ejecución de las obras en la empresa LPC SAS. Los procedimientos actualmente utilizados en la empresa carecen de controles, debido a la poca organización y a una gestión deficiente sobre los recursos. Al realizar esta propuesta de mejora se busca definir las causas de las utilidades por debajo de los niveles de óptimo, sobrecostos y retrasos en la ejecución de las obras, este trabajo se realiza con el fin de obtener el título como Ingenieros Industriales.

## **Planteamiento del Problema**

### **Descripción del Problema**

El área de desarrollo en construcción es de los puntales de la economía con mayor compromiso en Colombia, siendo clave en el mejoramiento de la nación en cuanto a equipamiento, arquitectura, transporte, hospedaje y negocios, el desarrollo como parte de la acción financiera participó con el 6.9% del utilizado, y eso implica que el área utilizó 1.53 millones de individuos (DANE ,2020) ,el sector ha tenido un crecimiento elevado gracias a los diferentes subsidios y programas del gobierno destinados a este sector permitiendo que familias y personas tengan acceso a una vivienda digna propia, debido a esto las constructoras civiles se han visto con el deber de satisfacer estas necesidades, lo que hace más complejo el control de calidad, logística y cumplimiento de objetivos en el tiempo requerido inicialmente de los proyectos (García, 2012). Debido a la alta demanda es difícil el control y ejecución de los proyectos, ya que cada vez se hacen más grandes para obtener una mayor utilidad, y esto se ve reflejado en desperdicios demasiado altos, pagos de horas extras para cumplir con las entregas, incrementos en las cantidades presupuestadas, reprocesos por diseños mal ejecutados. Por esta razón es necesario mejorar los procesos aplicando la filosofía Lean Construction, mostrando los beneficios y como su aplicación puede impactar en la ejecución de los proyectos haciéndolos más rentables (García, 2012).

Habitualmente se pensaría que el concepto de pérdidas en construcción se asocia únicamente con material, como arena, gravilla, cemento, madera y de más. Sin embargo, son considerados desperdicios o perdidas en construcción todos los consumos de recursos

como tiempo, componentes, maquinaria, mano de obra y materiales en cantidades superadas por el mínimo necesario para la ejecución de los proyectos, estos recursos, son los que no agregan valor al proyecto, (Alarcón, 2002).

### **Formulación del Problema**

LPC S.A.S es una empresa familiar constituida en el año 2010 con amplia experiencia en el sector constructivo especialmente en proyectos de vivienda de interés social y prioritario a lo largo del territorio nacional. En el año 2012 gracias a la alianza estratégica entre la empresa privada, el gobierno nacional y las cajas de compensación familiar, se trabajó en la reubicación de la población damnificada de la ola invernal del fenómeno de la niña 2010-2011, en proyectos de vivienda de interés prioritario VIP en el departamento de Boyacá y Cundinamarca.

Para el año 2017 se dio inicio con el fondo de adaptación la reubicación y construcción del sitio de viviendas de interés prioritario en los departamentos de Córdoba, Sucre y Antioquia cuyo alcance fue la construcción de más de 600 viviendas en la región de la mojana y el oriente antioqueño. Con todo lo anteriormente mencionado se evidencia que LPC SAS se enfoca en ofrecer viviendas de buena calidad a precios cómodos; esto les ha permitido estar en un punto privilegiado de trayectoria y reputación en el sector.

Al evaluar en cada proyecto y en totalidad el aprovechamiento de material por parte del inspector de obra se evidencia que existe un manejo inadecuado en la distribución de recursos y materiales lo que con lleva a desperdicios de tiempo, operarios y personal ocioso estando a la espera de la llegada de nuevo material o de material que

pueda suplir el faltante, esto en el desarrollo del proyecto afecta el avance óptimo del mismo retardando los procesos y si se busca adelantar al ritmo establecido obligatoriamente se tiene que contratar más colaboradores para el proyecto.

La empresa trabaja con una holgura teórica de desperdicios del 5% en cada material; arena, gravilla, madera, hierro, cemento, cableado eléctrico, tubería, entre otros, aunque al llevar a la realidad el estudio por desperdicios de material en los proyectos las cantidades son superadas del 5 % presupuestado y el verdadero problema radica en que no se lleva un control acertado del consumo y desperdicio de material por parte del personal que labora en cada proyecto; todos los problemas anteriormente mencionados conllevan a la pregunta de investigación siguiente:

¿Cómo el uso de la filosofía Lean Construction ayudará a LPC SAS, a mejorar la productividad a partir de la eliminación de los desperdicios?

## Justificación

Últimamente, el sector constructivo se ha encontrado con un desarrollo considerable, “el 2017 fue un año de recuperación lenta y pausada para el sector de la construcción y para el 2018 proyecta un crecimiento del 4,6%, sin embargo la implementación de nuevas tecnologías en Colombia, respecto a la construcción, dejan aun en bajos niveles a los constructores en comparación con los avances internacionales, estudios revelan que en Colombia tan solo un 14% de constructores están de acuerdo con la aplicación de mejores practica con tecnología”(CAMACOL, 2017).

Actualmente la empresa LPC S.A.S desarrolla los proyectos de manera artesanal utilizando procesos subestándar, lo que afecta el crecimiento de la empresa, esto genera desperdicios de material y tiempo, también sobrecostos y baja productividad, por esta razón es necesario que la empresa implemente la metodología Lean Construction en sus diferentes proyectos, ya que busca que el área de desarrollo abarque una progresión de pasos que les lleve a diseñar, programar, normalizar ciclos y completar encuentros posteriores que permitan mejorar y disminuir el despilfarro en la obra, y así mismo aumentar la productividad.

La tesis doctoral de Picchi (1993), demostró que si se construye un proyecto de vivienda de tres torres de apartamentos la tercera torre se construiría con el desperdicio generado por las otras dos ya que este era tanto que constituía un 30% del costo total.

“El uso de la filosofía Lean ha sido muy beneficioso en las empresas que la han puesto en práctica, generándoles mayores ganancias, resultados confiables, calidad de trabajo, reducción de costos, mayor satisfacción del cliente y menores plazos de

construcción. Los cinco principios de identificación de valor, el mapeo de la corriente de valor, el logro de la atracción de los clientes, el aumento del flujo de valor y la mejora continua son propósitos para reducir los residuos y aumentar la cadena de valor de un método constructivo basado en la filosofía Lean. En Reino Unido, Estados Unidos, Australia, Brasil, Finlandia, Singapur, Perú, Chile y Dinamarca está corroborado que Lean Construction sirve para mejorar el rendimiento de sus proyectos. Teniendo como respuesta que las empresas obtuvieron gran productividad a partir de implementarlas, según lo mencionado por el 77% de quienes lo emplearon” (Burghart y Ghosh, 2019. p. 1-21).

“En la aplicación de Lean Construction para viviendas en América Latina se demuestra que se logra una disminución de inventario de encofrados en 25%, disminución del presupuesto en 20% y del tiempo empleado en construcción de las viviendas. Así también se implementan tecnologías de información que ayudan a la planificación, reduciendo el tiempo de entrega de las viviendas en 2 días, mostrando beneficios importantes en los costos y tiempos empleados y entrega en el proyecto” (Martínez, Reíd, y Tommelein, 2019. p. 570-593). Todo esto, para la empresa LPC SAS es oportunidad de sobrepasar y sobreponerse a situaciones que se presentan. Se eliminarían o reducirían eventos tales como retrasos en la culminación y entrega de los proyectos de vivienda, desperdicio de material y tiempo de los colaboradores, también se reduce accidentalidad y lesiones laborales causadas por el desorden en áreas de trabajo. Por medio de las herramientas lean involucradas en la filosofía lean construction, la empresa LPC SAS aumentaría su productividad, perfilándose como una de las mejores

constructoras, no solo por la buena reputación ya ganada que tiene en el mercado debido a la calidad de sus proyectos, que también aumentaría notablemente con lean construction, sino que adicionalmente, brindaría oportunidad de mejora y conocimiento en los procesos a sus colaboradores, para aplicarlos con el fin de elevar el valor económico y social de la constructora.

## **Objetivos**

### **General**

Realizar la Propuesta de mejora de los procesos en Constructora LPC SAS a partir de la filosofía Lean Construction.

### **Específicos**

- Realizar un diagnóstico de los procesos actuales de la Constructora LPC SAS.
- Analizar e identificar mudas y herramientas Lean susceptibles de implementar.
- Diseñar propuesta de implementación de la filosofía Lean Construction mediante herramientas Lean en la Constructora LPC SAS.

## **Marco Referencial**

### **Antecedentes**

González (2013), en su tesis denominada “Aplicación de herramientas lean en la gestión de proyectos de edificación”, nos muestra opciones para trabajar en los marcos de preparación y asociación de proyectos de desarrollo convencionales a la luz de los dispositivos del procedimiento lean, luego nuevamente Tejada (2014), en su propuesta denominada el uso del razonamiento de desarrollo lean como estrategia de ordenamiento, ejecución y control de un proyecto de desarrollo creado en Lima, retrató los dispositivos del modo de pensamiento lean y su aplicación en las tareas, ejecución y control de un proyecto de desarrollo creados en Lima, retrató los dispositivos del lean y su aplicación en proyectos. Ambos trabajos de proposición tuvieron la opción de exhibir las ventajas de llevar a cabo el lean en sus emprendimientos ya que ampliaron la eficiencia durante la ejecución de los emprendimientos disminuyendo el desperdicio y logrando la consistencia con los tiempos establecidos en el cronograma. Sin embargo, Saleh y Arain (2019) investigaron sobre el nivel de aplicación de las técnicas de LC en cuanto a reducción de accidentes en proyectos de construcción obteniendo como resultado varios componentes de LC los cuales reducen los accidentes en los proyectos de construcción. Los componentes arrojados son: comunicación y planificación, participación de los trabajadores y uso de equipos de seguridad, el componente más alto en los proyectos de construcción fue la comunicación y planificación, este estudio abrirá la puerta para darse cuenta de los beneficios del LEAN CONSTRUCTION para mejorar la seguridad en los proyectos constructivos.

El artículo "Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda", se realizó como prueba piloto en el año 2002 con una reunión de organizaciones de desarrollo significativas en la ciudad de Medellín y se determinó iniciar como programa de mejoramiento de ejecutivos de desarrollo en el año 2003, se basó en los estándares de Lean Construction y se introdujo como una ayuda para mejorar la eficiencia en el área de desarrollo en proyectos de vivienda, con la intención de trabajar en el desempeño y ampliar la seriedad de las organizaciones de desarrollo

“La utilización de los conceptos de Lean Construction bajo la metodología propuesta en la investigación, favorece el mejoramiento de la productividad, como lo demuestran los resultados de la constructora 8, participante durante 2 años en la investigación aplicada (2002-2003). Se requieren algunas condiciones especiales para que los resultados sean positivos, como el compromiso a nivel gerencial, la capacitación y activa participación del personal de producción y la implementación de planes con acciones de mejoramiento propuestas después de las observaciones realizadas y el diagnóstico inicial de las obras” (Botero y Álvarez, 2004).

### ***Marco Teórico***

- **AHP (Analytical Hierarchy Process)**

Utilizada para la selección de proveedores.

Técnica desarrollada por el profesor Thomas L. Saaty, que apoya la toma de decisiones en problemas no estructurados.

Se ejecuta mediante un modelo jerárquico que permite coordinar los datos sobre un tema, descomponerlo y examinarlo fraccionadamente, imaginar los impactos de los cambios en los diferentes niveles y la posterior conclusión.

El AHP “se trata de desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de los subproblemas en una conclusión”, (Thomas Saaty, 1998).

- ***Lean Construction***

“Según el Lean Construction Institute (ILC), Lean construction es una filosofía que tiene como objetivo principal reducir y/o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, creando herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un sistema de producción que minimice las mudas o desperdicios” (Orihuela, 2011).

- **Herramientas Lean Construction**

Para la implementación de lean construction es fundamental usar herramientas que simplifiquen su uso, tales como 5S's, JIT, TPM, LPS, prueba de los cinco minutos, entre otras.

- **Sistema del Ultimo Planificador- Sup (Last Planner System)**

“El Sistema del Último Planificador fue desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell, es un sistema de planificación y control de la producción que sirve para mejorar la variabilidad en los proyectos de construcción y reducir la incertidumbre en las actividades programadas. El sistema propuesto por Ballard y Howell controla la incertidumbre de la planificación al superar obstáculos como convertir la planificación en un sistema, medir el desempeño de la aplicación del sistema de planificación y analizar e identificar los errores cometidos en la planificación”. (Porras, Sánchez y Galvis ,2014, p.39)

- **Estructura del SUP**

El Sistema del Último Planificador cuenta con tres fases de planificación, estos niveles son:

- **Planificación General o Programa Maestro.**

“La planificación general es la programación de todas las actividades necesarias para realizar la construcción de los elementos estructurales, arquitectónicos entre otros que hacen parte del proyecto. La programación maestra se hace en forma de diagrama de Gantt, estableciendo los tiempos de todas las tareas necesarias para culminar la etapa de construcción en los proyectos” (Porras, Sánchez y Galvis, 2014, p.41).

- **Planificación Intermedia**

“La planificación intermedia consiste en desglosar la programación general para evitar la pérdida de tiempo y material; se destacan aquellas

actividades que deberían hacerse en un futuro cercano. Aquí se controlan los proveedores, los recursos humanos, los requisitos previos para hacer las actividades y la información para que los equipos de trabajo cumplan con sus objetivos en obra” (Porras, Sánchez y Galvis, 2014, p.41).

➤ **Planificación Semanal**

La planificación semanal es la etapa final de SUP y representa el nivel más alto de detalle antes de completar la tarea; esta es realizada por los directores de obra y/o ingenieros residentes. El porcentaje de programa cumplido (PPC) se mide para determinar el nivel del trabajo planificado que realmente se completó en obra, midiendo así la efectividad de la semana, el orden del progreso y además clasificar los fundamentos para los que el PAC no estaba al 100%, para abordarlos en la siguiente semana, (Porras, Sánchez y Galvis, 2014, p.42).

• **Porcentaje de Programa Cumplido**

El cálculo del PPC, para esto es importante tener cerca el número total de actividades que realmente se pueden terminar, por lo que es esencial mantener una configuración en la que cada movimiento personalizado tendrá sólo una de dos situaciones potenciales con: terminadas o no terminadas. De esta forma podemos obtener el total de actividades completadas y no completadas (Porras, Sánchez y Galvis ,2014, p.42).

El PPC se calcula como, ecuación 1:

$$PPC = \frac{TOTAL\ ACTIVIDADES\ CUMPLIDAS}{TOTAL\ ACTIVIDADES\ PROGRAMADAS} X 100 \quad (1)$$

- **Prueba de los Cinco Minutos para el Análisis de Pérdidas**

“En el proceso de aplicación de Lean construction lo primero es realizar un estudio cuantitativo del tiempo de permanencia en obra de los trabajadores, para estimar que tan productiva es la labor de todo el personal en la obra, analizar cómo están distribuyendo el tiempo que debe ser dedicado para trabajar en la obra y así tener un estimado del tiempo dedicado realmente a hacer labores para optimizarlo y tomar medidas de corrección en cuanto al el tiempo desperdiciado”(Porras, Sánchez y Galvis, 2014, p.43).

“El procedimiento consiste en realizar un muestreo aleatorio simple de la población de estudio (obreros de la construcción) en las actividades laborales más representativas y analizar a que se dedica en un tiempo de cinco minutos/obrero” (Porras, Sánchez y Galvis, 2014, p.43). En el tramo de tiempo estudiado, un colaborador de los procesos productivos de la constructora puede implicar el tiempo de tres maneras:

**Tiempo Productivo TP:** Es el tiempo que el especialista dedica a la creación de una unidad de desarrollo, (Porras, Sánchez y Galvis, 2014, p.43).

**Tiempo Contributivo TC:** Es el tiempo que se compromete a resultar importante para completar las actividades útiles, (Porras, Sánchez y Galvis, 2014, p.43).

**Tiempo no Contributivo TNC:** Es el tiempo sin representación útil para trabajar, por ejemplo, el descanso, el tiempo de inactividad, el tiempo utilizado para cubrir las necesidades fisiológicas, entre otros, (Porras, Sánchez y Galvis, 2014, p.43).

- **BIM como Herramienta de Lean Construction**

“Building Information Modeling (BIM) es el proceso de generación y modelado de datos de la construcción durante todo su ciclo de vida. Es también una herramienta y un proceso que aumenta la productividad y precisión en el diseño y construcción de edificios. Para el modelado dinámico de la construcción BIM utiliza el software en tres dimensiones y opera en tiempo real con la disponibilidad continua de diseño del proyecto, alcance, cronograma, y la información de costos que debe ser de alta calidad, fiable, integrada y totalmente coordinada. Todo el proceso produce el modelo del edificio, abarcando su geometría, información geográfica, las cantidades de obra y las propiedades de los componentes del edificio” (Porras, Sánchez y Galvis, 2014, p.48).

- **Just in Time (Justo a tiempo)**

“Es una filosofía que consiste en la reducción de desperdicio (actividades que no agregan valor). Es decir, todo lo que implique subutilización en un sistema, desde la adquisición de materia prima, hasta la entrega del producto final a la siguiente célula de producción” (Pérez, 2020).

- **Metodología 5S's.**

El procedimiento de las 5S es una estrategia de administración japonesa que proviene del negocio automotor de Toyota en 1960 en vista de cinco normas básicas.

Cada uno de ellos se compara con una palabra cuyo subyacente es la letra "S", el primero es Seiri que se relaciona con seleccionar, elegir, sacar y disminuir, el segundo es Seiton que se compara con la clasificación, agrupación y la prueba de distinción de cada cosa, el tercero Seiso que es limpiar y solicitar, el cuarto Seiketsu es la disciplina y normalización, por último Shitsuke que se relaciona con la disciplina para proteger la solicitud, la asociación y el orden de la organización, (Aldavert, Vidal, Lorente J, 2016).

Su objetivo principal es conectar con los grupos de trabajo en la realización de entornos de labor más organizados, eficientes y limpios de forma coherente para una efectividad más notable, la seguridad y un mejor espacio de trabajo en general, (Thinkl, 2021).

Al utilizar la técnica de las 5S, se consigue una mayor eficiencia al tiempo que se reducen las variables que la acompañan: ejercicios no valorados, despilfarro, artículos dañados, contratiempos, niveles de stock, migraciones superfluas y tiempo para encontrar instrumentos y materiales, (Joe, 2016).

### ***Marco Conceptual***

**Agregados:** “Los agregados son un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, junto con el agua y el cemento, conforman el trío de ingredientes necesarios para la fabricación de concreto. La importancia del uso, tipo y calidad correcta del agregado no se puede subestimar. Los agregados fino y grueso ocupan cerca del 60% al 75% del volumen del concreto, e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las propiedades de la mezcla del concreto” (Concretos supermix, 2018).

**Cimentación:** Según Santalla (2010) “Cimentación es la parte del edificio cuya función principal es transmitir las cargas del mismo edificio al terreno, distribuyéndolas de tal forma que no superen su presión admisible ni se produzcan cargas zonales. Contrariamente a lo que pueda crear, los cimientos no solo sirven para absorber compresiones, sino que, mediante esfuerzos de rozamiento y adherencia, llegan a soportar cargas de tracción y horizontales, anclando el edificio al terreno si fuese necesario”.

**Desperdicio:** En la filosofía lean, el despilfarro es cualquier componente dentro del ciclo de creación (contando las regiones de administración y regulación) que añade cualquier deficiencia en la utilización de recursos, material, trabajo o capital. Incorpora la frecuencia del material despilfarrado y la exposición del trabajo superfluo, para lean manufacturing el desperdicio: Se ve directamente afectado por pérdida de dinero.

**Justo a Tiempo:** Para Hera Criado, (2019). “El Just in time o Justo a tiempo significa producir lo que se nos pide, en las cantidades que se solicitan y en el momento que lo quiere el cliente.” (p.59).

**Lean Construction:** “El Lean Construction se define como la optimización de las actividades que agregan valor a un proyecto constructivo mientras se reducen o eliminan las que no lo hacen. Para ello, Lean Construction desarrolla herramientas específicas aplicadas a la ejecución de obra y a instaurar un sistema productivo que elimine o minimice los residuos. En el Lean Construction se establecen 8 categorías de desperdicios o residuos: Talento no utilizado, Inventario, Movimiento, Espera, Transporte, Defectos, Sobre-producción, Sobre-procesamiento” (Muños, 2019).

**Mampostería Estructural:** “La mampostería estructural es un sistema compuesto por bloques de concreto u otros materiales que conforman sistemas monolíticos que pueden resistir cargas de gravedad, sismo y viento” (Comunidad 360, 2015).

**Productividad:** “La productividad se define como la relación de cantidad de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos o materiales que se utilizan.” (Kanawaty, 1996, p.4).

**Proyecto:** “Conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura o de ingeniería. También, es el primer esquema o plan de cualquier trabajo que se realiza como prueba previamente a dar un resultado”. (RAE, 2014).

**Viga:** “Elemento de la construcción del cual depende el soporte de todas las estructuras, las vigas no solo están pensadas para soportar presión y peso, sino también para hacer flexión y tensión”. (Arcus Global, 2015).

**Zapata:** “Son elementos estructurales que permiten transmitir el peso de la construcción que soportan las columnas, muros de carga o pilares, más el peso propio de ellos. El peso es soportado y distribuido hasta abajo del suelo, que es donde las zapatas se encuentran” (homify.com.mx, 2018).

### ***Marco Geográfico***

La empresa LPC SAS actualmente se encuentra realizando la construcción de los proyectos denominados Conjunto residencial Villa Sahara en Duitama y Conjunto residencial Portobelo en Belén Boyacá. Villa Sahara, es un Proyecto de vivienda que se encuentra ubicado en el barrio Camilo Torres en la calle 24 # 39B-86. El proyecto está conformado por 40 unidades de vivienda distribuidas así: 2 torres de 5 pisos, con 4 apartamentos por piso, con un área construida de 46m<sup>2</sup>.

### **Figura 1**

*Ubicación proyecto conjunto residencial villa sahara.*



*Nota:* Elaboración propia a partir de Google maps.

El proyecto denominado Conjunto Residencial Portobelo se localiza en la carrera 3e N° 8<sup>a</sup>-223 Barrio la esmeralda, en el municipio de Belén, departamento de Boyacá. El proyecto está conformado por 120 unidades residenciales distribuidos en 6 torres de 5 pisos.

**Figura 2**

*Ubicación conjunto residencial portobelo Belen Boyaca.*



*Fuente:* Elaboración propia a partir de Instituto geográfico Agustín Codazzi.

## Marco Legal

### V. Decretos, resoluciones y circulares relacionadas con el tema

**Tabla 1**

*Normativa colombiana para construcción*

Normativa	Descripción
Norma sismo-resistente NSR-10	<p>“El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), encargado de la regulación de las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable; el título A estudios geotécnicos establece realizar exploración del subsuelo en el lugar de la construcción, título C Concreto estructural proporciona los requisitos mínimos para el diseño y la construcción de elementos de concreto estructural de cualquier estructura construida según los requisitos del NSR-10, título C mampostería Estructural establece los requisitos mínimos de diseño y construcción para las estructuras de mampostería y sus elementos” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).</p>
Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE	<p>“Reglamento que establece medidas para garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo y minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico” (Ministerio de Minas y Energía, 2008).</p>
Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP	<p>“En este reglamento se establecen los requisitos que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, para garantizar: los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados por la instalación y uso de sistemas de iluminación” (Retie Ingeniería y Gestión, 2021).</p>

Normativa	Descripción
Ley 976 de 2016	Esta ley establece medidas para proteger a los compradores de vivienda mejorando la seguridad de los edificios. En la nueva ley se establecen cuatro aspectos fundamentales: Inspección independiente de proyectos de construcción, supervisión técnica independiente, Certificado técnico de la profesión, Fortalecer el sistema de tareas profesionales.
Plan de ordenamiento Territorial POT	Es el principal instrumento, tal como lo define la Ley N° 388 de 1997, para que las ciudades y municipios autónomos del país puedan planificar ordenadamente el territorio. El POT consiste en un conjunto de metas, políticas, estrategias, objetivos, programas, actividades y reglas que rigen el desarrollo físico de un área y el uso o uso de la tierra. A través del POT se organizan las áreas urbanas y rurales hasta el desarrollo de programas y proyectos a ser implementados en los próximos 12 años.
Reglamento agua potable y saneamiento básico RAS2000	Norma técnica en la que se especifican los requisitos técnicos que deben cumplir los proyectos, estructuras y procesos relacionados con el campo del agua potable y saneamiento básico.
NTC 2505	Establece los requisitos a seguir en el diseño y construcción de instalaciones de suministro de gas para propiedades comerciales y residenciales, así como las pruebas a realizar en estas instalaciones para verificar su operación confiable y segura.

*Nota:* Elaboración propia

## **Diseño Metodológico**

### **Tipo y Enfoques de Investigación**

La investigación es de tipo mixto al recolectar datos cuantitativos y cualitativos, con enfoques: Exploratorio, Descriptivo, aplicado; Exploratorio al usar fuentes de información primaria, Descriptivo al diagnosticar el estado de LPC SAS frente a la filosofía Lean Construction y aplicado ya que las mejoras propuestas serán susceptibles de llevar a cabo en la organización anteriormente mencionada.

### **Recolección y Análisis de Datos**

Fase 1, Diagnostico: Se realizará un diagnostico actual de la empresa mediante las siguientes actividades:

- Diseño y aplicación de entrevista dirigidas al área administrativa y operativa de la empresa LPC SAS.
- Recolección de información y trabajo de campo

Fase 2, Análisis: Se realizará análisis cualitativo, diagrama causa y efecto, y diagrama de Pareto.

Fase 3, Propuesta: Se hace respecto a la información recolectada en la fase 1 y al análisis realizado en la fase 2. Se realiza proceso de implementación de herramientas Lean Construction con el fin de reducir o eliminar las mudas en los procesos de la constructora.

### **Unidad de Estudio o Muestra**

La unidad de estudio serán los procesos misionales de la empresa LPC SAS.

### Fases y Actividades Metodológicas

La presente propuesta tendrá tres fases de investigación las cuales se explican continuación: Diagnóstico se describirá la situación de la organización respecto a la filosofía Lean Construction a partir de las siguientes actividades, se realizará un análisis a partir de la información recolectada en la fase anterior se identificarán las mudas existentes y sus posibles soluciones.

### Figura 3

*Fases metodológicas.*



*Nota:* Elaboración propia

## Diagnóstico de la Constructora LPC SAS

### Descripción de la Empresa

Constructora LPC SAS se dedica al diseño, dirección construcción y comercialización de proyectos según especificaciones técnicas. Con amplia experiencia en la construcción de viviendas tipo VIS, NO VIS Y VIP en diferentes regiones del país. Actualmente se encuentra realizando los proyectos Conjunto residencial Villa Sahara (Duitama Boyacá), Brisas del Nevado (Soata Boyacá) y el conjunto residencial Porto Belo (Belén Boyacá). Actualmente cuenta con 29 trabajadores entre administrativos y de proyectos, sus principales clientes son Constructora Valu, Camacon SAS e Inversiones y proyectos González y Álvarez con las cuales realiza contratos de mano de obra y/o contratos a todo costo.

### Figura 4

*Organigrama Constructora LPC SAS.*



*Nota:* Elaboración propia a partir de estructura organizacional LPC SAS.

## Misión

Ser líderes en proyectos de ingeniería y administraciones de desarrollo coordinadas tanto en el ámbito de la construcción y desarrollo como el de la infraestructura y obra civil, con calidad eficiencia y eficacia, con personal altamente calificado y así satisfacer las necesidades y requerimientos de nuestros clientes.

## Visión

En 2023 seremos líderes en la construcción de todo tipo de viviendas de interés social y prioritario velando por el cumplimiento de requisitos, satisfacción y rentabilidad de nuestros clientes. Posicionar en el departamento de Boyacá la empresa para ser reconocida por su calidad y cumplimiento.

## Mapa de Procesos

### Figura 5

*Mapa de procesos constructora LPC SAS.*



*Nota:* Elaboración propia a partir de estado actual de la empresa LPC SAS.

## **Descripción de Procesos**

La empresa LPC SAS tiene tres procesos o fases para el desarrollo de los diferentes proyectos.

### ***Fase de Diseño***

En esta fase se realiza un diseño preliminar, después de aprobado este diseño preliminar el director de proyectos se encarga de verificar el certificado de parámetros urbanísticos de acuerdo con la ciudad o municipio donde se planea realizar el proyecto. El diseño preliminar se adapta a las especificaciones y normas del certificado de parámetro y luego son revisados y aprobados por el gerente general, director de proyectos y director de obra, luego estos son enviados a los diferentes especialistas para realizar los siguientes planos: Planos estructurales, Planos eléctricos, Planos hidrosanitarios y Planos de gas

Después estos planos son presentados como proyecto en la ciudad o municipio donde se va a desarrollar el proyecto para obtener la licencia de construcción, después de obtener la licencia se inicia con la fase de construcción.

### ***Fase de Construcción***

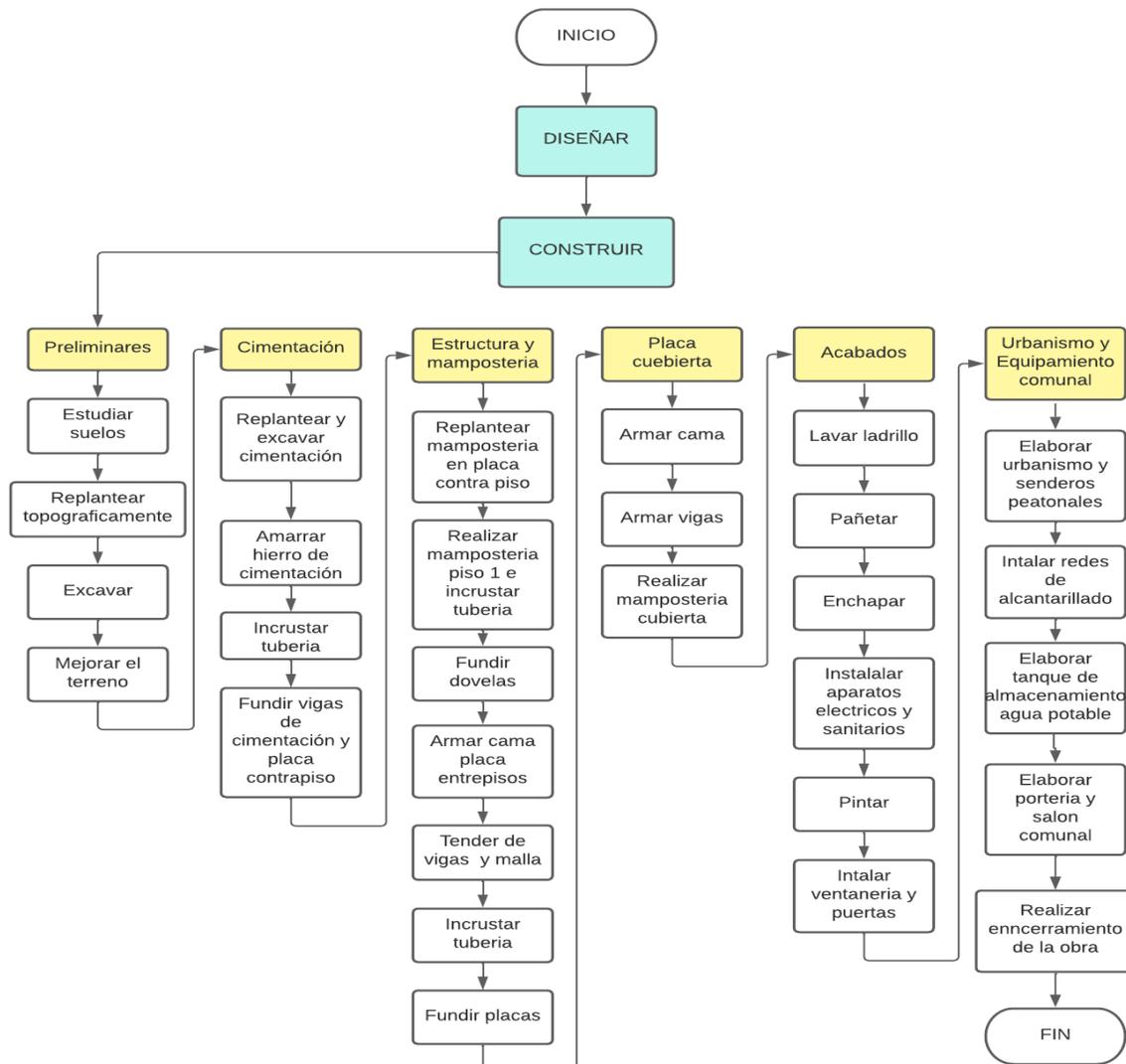
En esta fase se ejecuta el proyecto y se invierten los mayores recursos esta fase está compuesta por: Preliminares, Cimentación, Estructura y mampostería, Placa cubierta, Urbanismo y Equipamiento comunal.

### ***Fase de Entrega***

Una vez realizadas todas las actividades se procede a entregar la obra a los dueños del proyecto o a los clientes.

### **Figura 6**

*Descripción procesos de construcción.*



*Nota:* Elaboración propia.

## **Análisis de Resultados**

Al ejecutar la entrevista como instrumento de selección de datos para el diagnóstico en la organización de desarrollo de esta tesis; LPC SAS, el resultado en curso fue el 32,3% de ejecución de las herramientas Lean, presentando las deficiencias de la constructora. Se observó que el 63% de los colaboradores de la constructora dijeron que

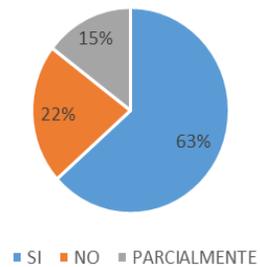
si había una generación de desperdicios de material al desarrollar las respectivas actividades. Durante las 20 visitas realizadas a obra, se constató lo arrojado por las entrevistas realizadas, donde se evidenció que existía desperdicio de material, desperdicio de tiempo, desanimo en los colaboradores a la hora de realizar sus tareas, mala gestión en los inventarios, inconvenientes para la selección de proveedores, y de igual manera con los contratistas. Se recibió información por parte de los directivos y parte administrativa que manifestaba que, en ocasiones la cantidad de material no alcanzaba y se tenía que pedir más, esto por el inadecuado control de inventarios que entregaba material sin ningún tipo de inspección, y a la indebida manipulación de las cantidades de material por parte de los colaboradores.

Encabezando la lista de los más desperdiciados está: acero, mezcla, ladrillo y arena entre otros, se observó que al momento de descargar la arena a la obra, esta no se dispone en un lugar específico si no que se descarga en superficies inadecuadas y sucias; esto genera que al momento de utilizarla este mezclada con tierra y otros elementos y ya no sirva, el ladrillo es uno de los materiales más desperdiciados ya que en el transporte desde la ladrillera hasta la obra se rompen demasiados, también al momento del descargue los ladrillos se quiebran y al no prever la modulación de los muros se realizan cortes de ladrillos del cual solo se utiliza una parte y el restante queda como desperdicio. Respecto a la mezcla, el desperdicio principalmente se debe la poca experiencia del personal y la alta rotación por parte del subcontratista, se observa en el grosor de los pañetes y grosor de los alistados de pisos, según los diseños estructurales, muchas veces

se debe realizar cortes a las mallas electrosoldadas y cortes de varillas, de estos sobrantes que se convierten en desperdicio. Véase figura 7.

### Figura 7

*Pregunta 1: ¿Ustedes generan desperdicio de material al desarrollar sus actividades?*



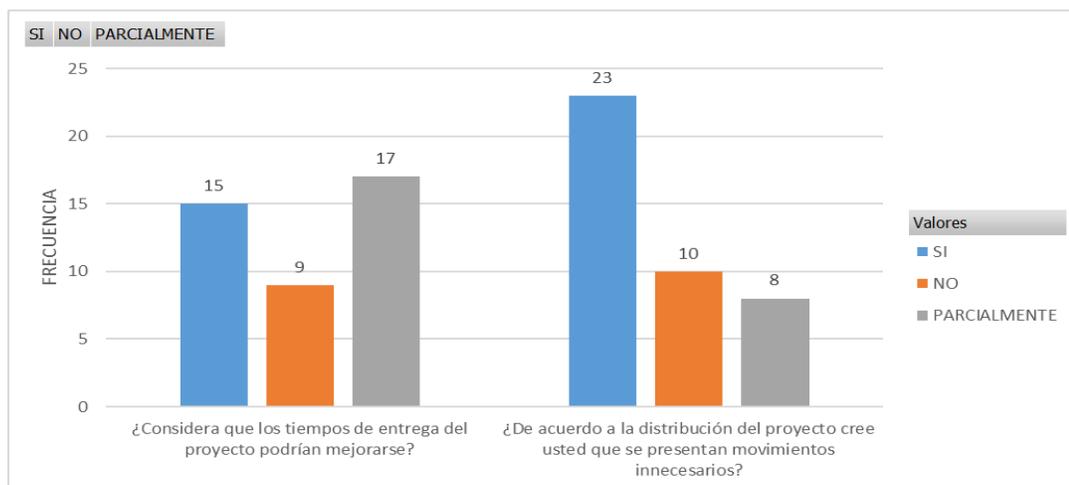
*Nota:* Elaboración propia.

Considerando los tiempos que tarda la constructora en entregar sus proyectos de construcción, el 41% de los colaboradores opinaron que las entregas se podían mejorar teniendo una mejor planeación, comprando los materiales requeridos a tiempo, más organización y/o contratando más personal, también realizando una mejor selección de proveedores ya que los materiales comprados no llegan en los días pactados lo que genera que el personal quede en stand by esperando los materiales que necesitan para realizar sus diferentes actividades. Véase en la Figura 8.

### Figura 8

*Pregunta 2: ¿Considera que los tiempos de entrega del proyecto podrían mejorarse?y*

*Pregunta 4 ¿De acuerdo con la distribución del proyecto cree usted que se presentan movimientos innecesarios?*



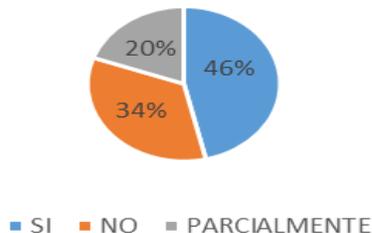
*Nota:* Elaboración propia.

El 56% de los colaboradores de la constructora LPC SAS opinó que se presentan la mayoría de los desplazamientos innecesarios por lejanía del almacén y búsqueda de material y herramientas; en muchas ocasiones estas se utilizan y no son dejadas en el cuarto de herramienta, esto ocasiona que cuando otra persona necesite utilizarlas tenga que recorrer la obra buscándolas y/o preguntando donde están, generando retraso en sus actividades. Debido a la lejanía del almacén es necesario que los trabajadores recorran distancias largas y en ocasiones esperar a la persona encargada del almacén para que les entregue el material requerido, al no contar con un almacén en buenas condiciones y no realizar un adecuado layout de obra al iniciar los proyectos, muchas veces se necesita realizar acopio de material provisional y desplazarlo a otros lugares antes de usarlo, esto genera deterioro de los mismos y pérdida de tiempo de los trabajadores que se colocan a realizar esta labor.

Respecto a los reprocesos que ocurren en la constructora LPC SAS el 46% de los colaboradores opinan que existen, el 34% dijeron que no había reprocesamiento y el 20% de los colaboradores tienen una opinión parcial sobre el tema, esta muda se presenta por la escasa experiencia del personal al igual que la falta de capacitación por parte de la empresa, también se debe a la poca supervisión por parte del director de obra y el ingeniero residente. Véase Figura 10.

### Figura 9

Pregunta 15: ¿Ustedes deben repetir procesos frecuentemente?



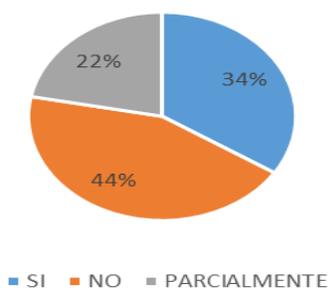
*Nota:* Elaboración propia.

El 44% de los colaboradores opinaron que las características de las instalaciones del almacén no son apropiadas para el acopio del material, el 34% opinaron que si son adecuadas y el 22% restante dijo que estaban parcialmente adecuadas para dicho fin, el almacén es muy pequeño para la gran cantidad de materiales que llegan continuamente a obra, esto genera que se tengan que almacenar en acopios temporales a la intemperie lo que genera que los materiales se dañen al no contar con las instalaciones adecuadas para

ser almacenados hasta que se utilicen, el almacén es demasiado desordenado ya que no cuenta con estantes para ordenar los materiales y al momento de necesitar algún material el personal se demora mucho tiempo buscándolo. Véase figura 11.

### Figura 10

*Pregunta 20: ¿Considera que el almacén cuenta con las características adecuadas para almacenar los materiales?*

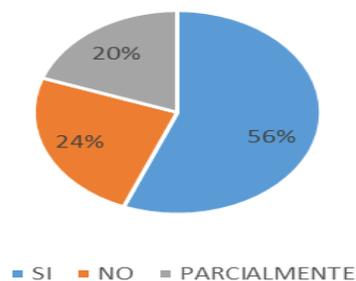


*Nota:* Elaboración propia.

Ya que en la construcción hay tareas y actividades que nos pueden realizar de manera simultánea a otras es necesario esperar a que se siga la secuencia de actividades para la realización de los proyectos, debido a esto, el 56% de los colaboradores de la constructora opino que si se presentaban demoras respecto a las actividades que les preceden a la propia, esto se debe principalmente a que no se cuenta con los materiales necesarios a tiempo, los proveedores no cumplen con las fechas de entregas pactadas también porque los subcontratistas no cuentan con el personal adecuado para desarrollar las actividades para las que fueron contratados, el 24% opino que no se presentaban las demoras y el 20% restante dijeron que las demoras son ocasionales o parciales,. Véase figura 12.

**Figura 11**

*Pregunta 21: ¿Se presentan demoras en sus actividades debido a actividades que preceden la Suya?*



*Nota:* Elaboración propia.

### **Análisis e Identificación de Mudanzas y Herramientas Lean Susceptibles de Implementar**

Para identificar las mudanzas se diseñó un instrumento de recolección y selección de información (entrevista) el cual se aplicó entre los colaboradores de la constructora LPC SAS, así, cada colaborador dio, de acuerdo con su criterio información valiosa, esto junto con una observación directa de los procesos en los diferentes proyectos permitió determinar las mudanzas que se encuentran en la constructora. Cabe aclarar que los recorridos por obra se realizaron en varias oportunidades y considerando situaciones y momentos puntuales del desarrollo de las actividades permitiendo evidenciar la recurrencia en las mudanzas identificadas.

La información recolectada por medio de la entrevista complementó lo observado en las visitas y dio claridad a algunos aspectos e información lo cual permitió desarrollar

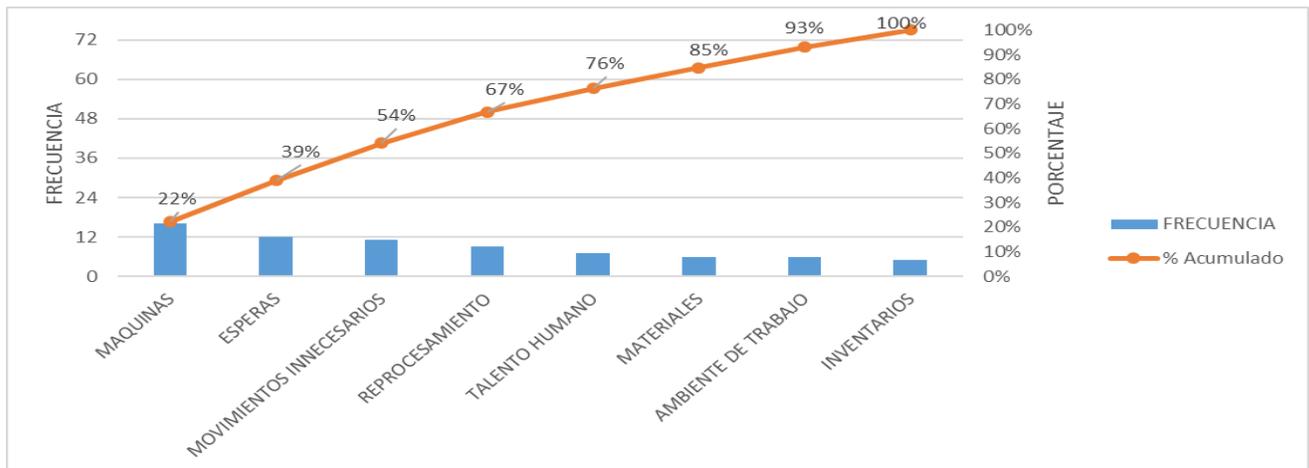
la tabla de caracterización de mudas. Véase anexo CARACTERIZACIÓN DE MUDAS LPC SAS.

En la determinación de la afectación que tenían las mudas sobre los procesos de LPC SAS se realizó una ponderación porcentual en la tabla de caracterización de mudas por medio de la recolección de información de los directivos y trabajadores de la empresa, además se realizó análisis de las mudas utilizando algunas herramientas de la calidad como lo es diagrama de causa y efecto para identificar las causas que generan la baja productividad, los sobrecostos, los retrasos en la ejecución de las obras etc., esto con el fin de determinar las diferentes mudas y submudas presentes en la constructora seguido por un diagrama de Pareto para establecer la priorización respecto a las observaciones realizadas en las visitas a obra.

Para el diagrama de Pareto se utilizaron las observaciones realizadas; 16 para máquinas, 12 para esperas, movimientos innecesarios 11, reprocesamiento 9, talento humano 7, materiales 6, ambiente de trabajo 6 e inventarios 5.

**Figura 12**

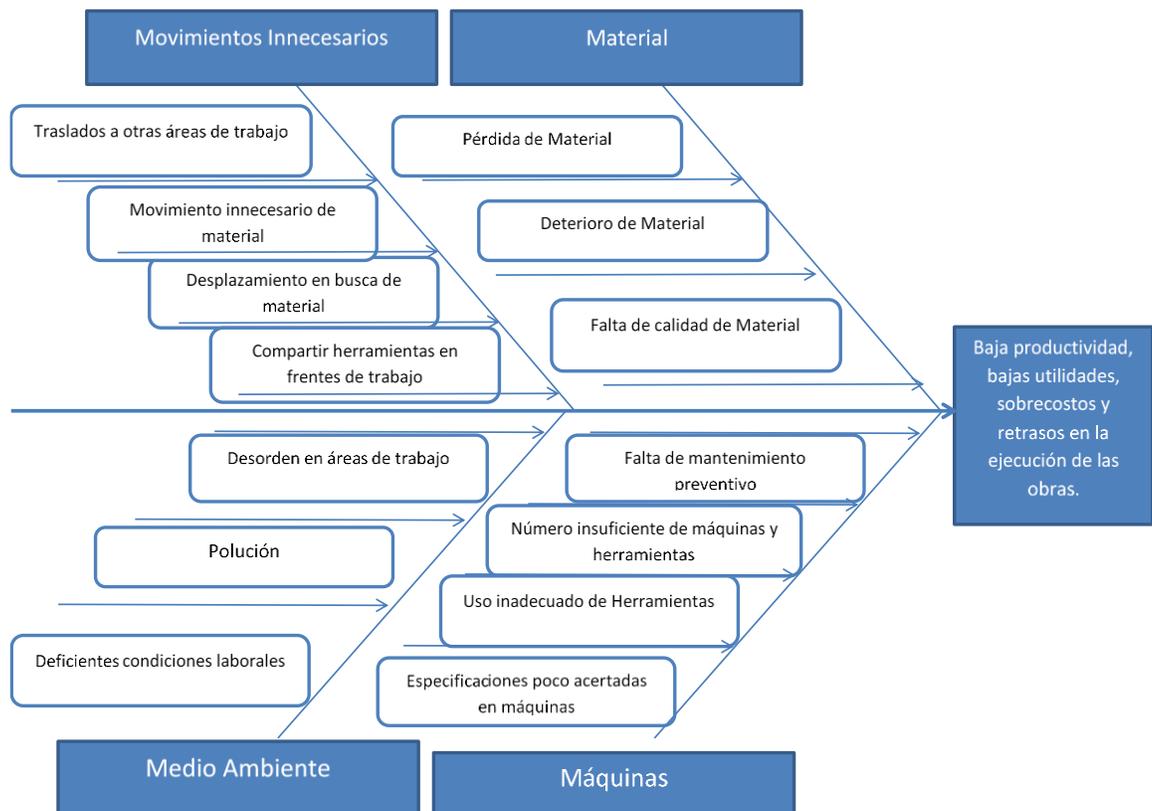
*Pareto caracterización de mudas LPC SAS*



*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 13**

*Diagrama causa y efecto mudas LPC SAS.*



*Nota:* Elaboración propia.

En el caso de los materiales, se realizó una prueba que consistió en la recolección de algunos de ellos en lo posible, separándolos y dimensionándolos. Poniendo como ejemplo, los ladrillos de mampostería que quedan a la vista en la construcción; se separaron los que quedaron enteros, y se contaron los que estaban rotos o quebrados, que el tamaño fuera proporcional a la mitad de uno entero, se juntaron en pares y cada par se contó como una unidad, luego se realizó la suma de ladrillos y se dividió en la cantidad total de estos que se había pedido, luego se multiplicó por cien para obtener el porcentaje de desperdicio. Respecto a la arena se recopila en lo posible la sobrante, se pesa y se realiza de igual manera que con los ladrillos el cálculo, el número de kilogramos

sobrantes divididos en los kilogramos o toneladas pedidas y el resultado se multiplica por cien para obtener el porcentaje de desperdicio. Véase ecuación 2.

Así se realizó con los materiales sobrantes y desperdiciados.

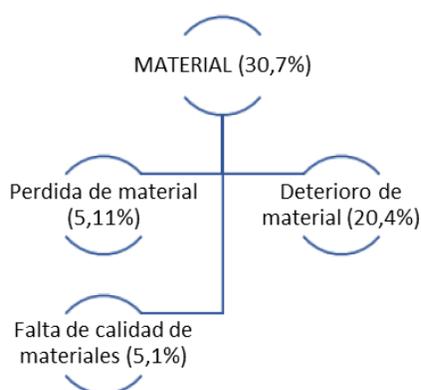
Indicador de desperdicio

$$\text{Desperdicio} = \frac{Q (\text{desperdicio o sobrante})}{Q (\text{cantidad pedida})} \times 100 \quad (2)$$

**Material:** (13%) Se analizaron diversas fallas en la constructora dentro de su proceso misional, empezando por los materiales la cual es la mayor afectación que tiene la constructora LPC SAS, con repetición de 6 observaciones para un peso porcentual del 30,7%; dentro de este se analizaron tres variables:

#### Figura 14

*Mudas y Submudas de Materiales Observadas.*



*Nota:* Elaboración propia.

Con el fin de conocer los desperdicios de material más representativos de la empresa LPC SAS se estudiaron las actividades que tienen mayor porcentaje de

incidencia sobre el costo total del proyecto ya que están representando 64% del proyecto y al presentar altos consumos pueden representar grandes pérdidas al proyecto, para esto se estimaron los porcentajes obteniendo que las actividades más representativas son:

Cimentación, Mampostería y estructura y urbanismo como se puede observar en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Porcentaje de incidencia sobre el costo total del proyecto.*

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>% INCIDENCIA SOBRE COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>
PRELIMINARES	2%
CIMENTACION	11%
MAMPOSTERIA Y ESTRUCTURA	43%
PISOS Y PAÑETES	2%
ENCHAPES PISOS Y PINTURA	8%
APARATOS SANITARIOS	2%
INSTALACIONES	5%
HIDROSANITARIAS Y DE GAS	5%
INSTALACIONES ELECTRICAS	6%
CARPINTERIA METALICA Y	5%
MADERA	5%
OTROS COSTOS DIRECTOS	1%
URBANISMO Y EQUIPAMIENTO	15%
COMUNAL	

*Nota:* Elaboración propia.

Después de detectar las actividades con mayor peso económico en el proyecto se procedió a recopilar datos de desperdicios más representativos de estas actividades.

**Tabla 3**

*Desperdicios de material más representativos en cimentación.*

<b>%</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>DESPE</b>	<b>PRESUPUEST</b>	<b>PRESUPUEST</b>	<b>DESPERDICI</b>	<b>DESPERDICI</b>
<b>RDICIO</b>	<b>ADA/TORRE</b>	<b>ADA/TORRE</b>	<b>ADA/TORRE</b>	<b>ADO/TORRE</b>

<b>CONCRETO (m2)</b>	6%	289	\$ 30.446.317	17	\$ 1.826.779
<b>ALA4MBRE (Kg)</b>	10%	1645	\$ 12.934.635	165	\$ 1.293.464
<b>ACERO REFUERZO (Kg)</b>	5%	9297	\$ 48.706.983	465	\$ 2.435.349
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 92.087.935</b>		<b>\$ 5.555.592</b>

*Nota:* Elaboración propia.

**Tabla 4**

*Desperdicios más representativos en estructura y mampostería*

	% DESPE RDICIO	CANTIDAD PRESUPUEST ADA/TORRE	VALOR PRESUPUEST ADA/TORRE	CANTIDAD DESPERDICIA DA/TORRE	VALOR DESPERDICIA DO/TORRE
LADRILLO ESTRUCTU RAL (m2)	8%	4745	\$ 151.109.270	380	\$ 12.088.742
CEMENTO (Kg)	6%	31500	\$ 143.109.400	1890	\$ 8.586.564
AGUA(m3)	7%	167	\$ 309.859	12	\$ 21.690
ALAMBRE (KG)	10%	2345	\$ 4.352.320	235	\$ 435.232
MALLA ELECTROS OLDADA (KG)	4%	9162	\$ 44.921.286	366	\$ 1.796.851
ACERO REFUERZO (KG)	5%	11562	\$ 60.573.318	578	\$ 3.028.666
ARENA (m3)	5%	497,5	\$ 31.342.500	25	\$ 1.567.125
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 435.717.953</b>		<b>\$ 27.524.870</b>

*Nota:* Elaboración propia.

**Tabla 5**

*Desperdicios más representativos en urbanismo y equipamiento comunal.*

	<b>% DESPERDICIO</b>	<b>CANTIDAD D PRESUPUESTADA</b>	<b>VALOR PRESUPUESTADO</b>	<b>CANTIDAD DESPERDICIA</b>	<b>VALOR DESPERDICIA DO</b>
BLOQUE CONCRETO(m2)	7%	301	\$ 14.427.944	21	\$ 1.009.956
ENCHAPE(m2)	6%	99	\$ 4.134.741	6	\$ 248.084
MALLA ELECTROSOLDADA(KG)	5%	4361	\$ 21.381.983	218	\$ 1.069.099
ACERO REFUERZO(KG)	5%	2371	\$ 12.421.669	119	\$ 621.083
ADOQUIN VEHICULAR(m2)	3%	859	\$ 32.352.645	26	\$ 970.579
TOTAL			\$ 39.944.668		\$ 3.918.802

*Nota:* Elaboración propia.

Como se puede observar en las Tablas 3, 4 y 5 se evidencia un incremento de los costos directos del presupuesto inicial evidenciando que financieramente es mejor invertir en medidas eficientes para reducir el porcentaje de desperdicios que asumir la variación en el presupuesto inicial de los proyectos.

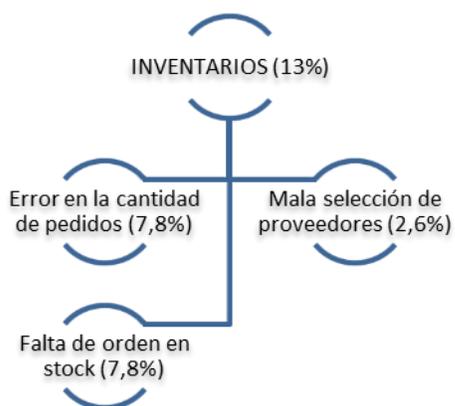
De aquí en adelante cabe aclarar que los valores y pesos porcentuales a las mudas se asignaron tomando en cuenta el número de veces que se repetían las mudas respecto a observaciones en obra.

***Inventarios:*** Con 5 observaciones con un porcentaje de (13%)

Toma en cuenta los errores en la cantidad de los pedidos ya que en ocasiones no se tiene claridad de la cantidad de material a pedir principalmente por el contratista y el residente de obra, en muchas ocasiones el contratista pide más material de lo necesario lo que se evidencia al finalizar el proyecto, no se realiza una adecuada selección de proveedores se tiene solo en cuenta el precio, disponibilidad de material y tiempo de entrega, los proveedores no cumplen con los tiempos pactados inicialmente lo que genera retraso en las actividades programadas y trabajadores en tiempo ocioso, por la falta de orden principalmente en el almacén y al no separar los materiales por secciones, los trabajadores y los encargados del almacén demoran mucho buscando accesorios o materiales necesarios para desarrollar las diferentes actividades, también al no conocer con exactitud la cantidad de material en stock se procede a comprar materiales que no se necesitan

### Figura 15

*Mudas y submudas de inventarios observadas.*

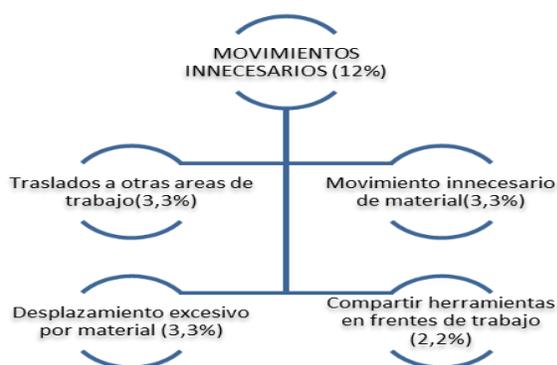


**Movimientos Innecesarios:** Con 11 observaciones para un peso porcentual del 13%.

Son los que tienen que realizar los colaboradores dentro de la obra, esto se relaciona con pérdida de tiempo en el recorrido que tiene que hacer el colaborador en busca de material o herramientas para desempeñar su labor.

**Figura 16**

*Mudas y submudas movimientos innecesarios.*

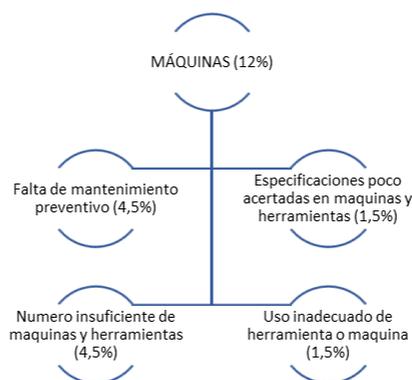


*Nota:* Elaboración propia.

**Máquinas:** Con 16 observaciones para un peso porcentual del 12%, toma en cuenta las pérdidas causadas por motivos que tienen que ver con la maquinaria que interviene en los procesos productivos de la constructora.

**Figura 17**

*Mudas y submudas maquinas.*

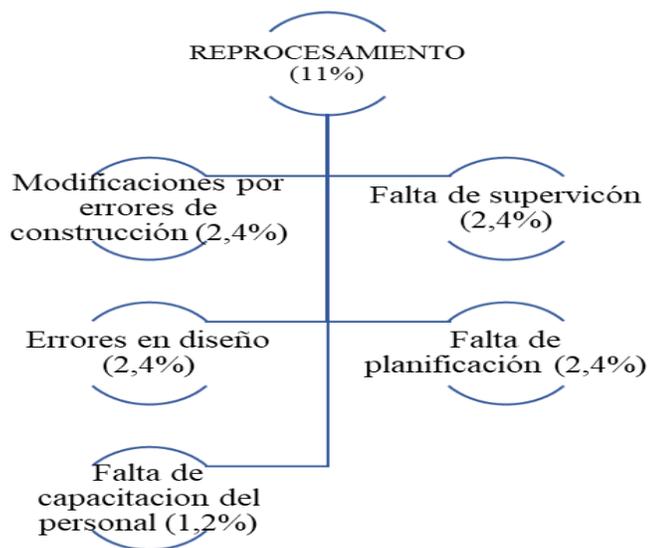


*Nota:* Elaboración propia.

**Reprocesamiento:** Con 9 observaciones para un peso porcentual del 11% toma en cuenta actividades en las que hay pérdida de tiempo y recursos que se invirtieron en el mismo sitio de forma innecesaria, falta de supervisión por parte del director de obra y residente lo que ocasiona que las actividades se realicen erróneamente como por ejemplo en el pañete, también debido a la falta de planeación al inicio de la obra. Al desarrollo de esta se observa que se improvisa mucho y esto genera errores, no se coordinan o programan las actividades con precisión.

**Figura 18**

*Mudas y submudas reprocesamiento.*

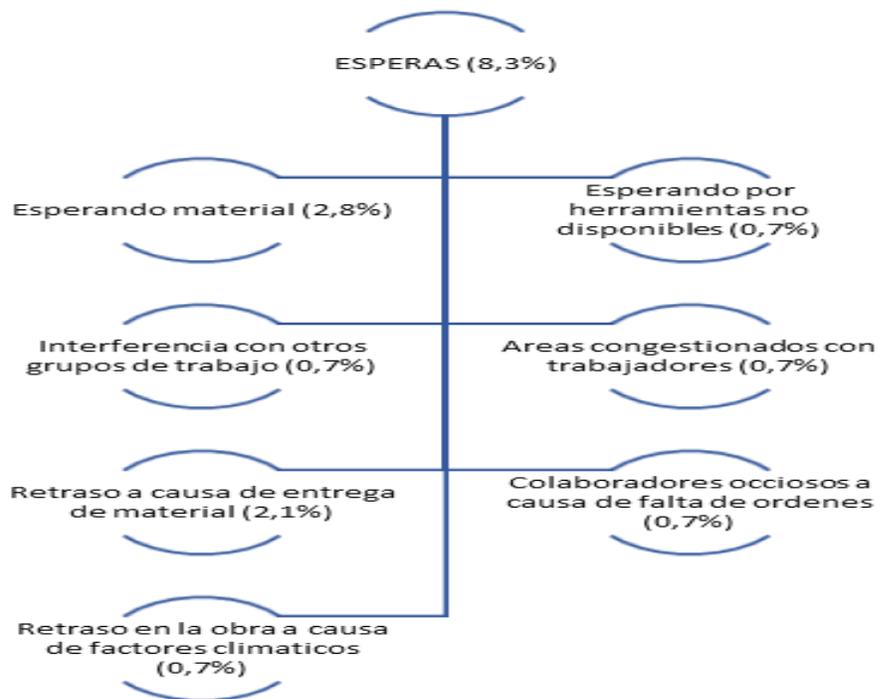


*Nota:* Elaboración propia.

**Esperas:** Con 12 observaciones para un peso porcentual de 8,3%. Se presenta principalmente cuando la actividad predecesora no se ha culminado y se llega el momento de iniciar con la siguiente, por lo tanto se genera un cuello de botella en el proceso, en ocasiones al verse el retraso en una tarea se asigna un número elevado de trabajadores a la misma, esto dificulta aún más el trabajo restando espacio para la movilidad del personal, también debido a que no se encuentra en la obra el material para que el personal pueda ejecutar su actividad, en época de lluvias es muy común tener que detener las labores a causa de truenos, relámpagos y condiciones ambientales adversas

**Figura 19**

*Mudas y submudas esperas.*

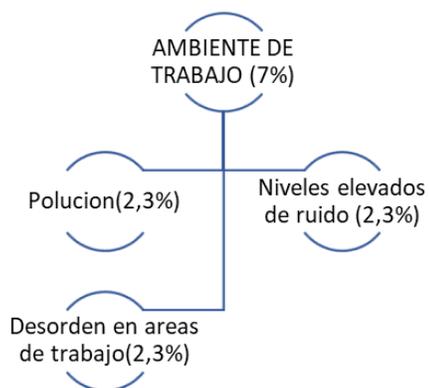


*Nota:* Elaboración propia.

**Ambiente de Trabajo:** con 6 observaciones para un peso porcentual de 7%. La polución se presenta en diversas áreas de trabajo por ejemplo en el área de la cortadora también cuando se realiza corte con pulidora de ladrillo y enchapes, muchos de los colaboradores no cuentan con los EPP's adecuados o si los tienen no les dan un buen uso, que puedan guardar su salud de este material particulado, se han presentado accidentes según información proporcionada por parte administrativa de la empresa (Analista SST), debido a la mala disposición de herramientas y materiales que no son evidentes a primera vista y, que son solucionables si se reacomodaran de mejor manera.

**Figura 20**

*Mudas y submudas ambiente de trabajo.*

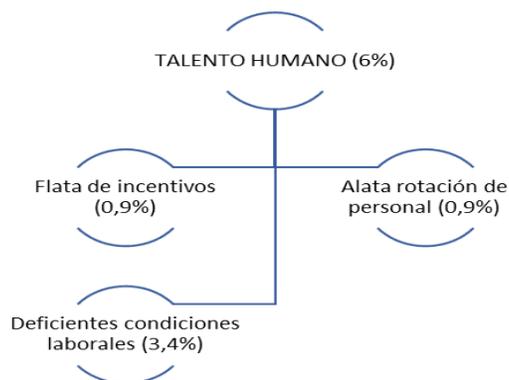


*Nota:* Elaboración propia.

**Talento Humano:** con 7 observaciones para un peso porcentual del 6%

**Figura 21**

*Mudas y submudas talento humano.*



*Nota:* Elaboración propia.

Todo lo anterior se evidencio por medio de setenta y dos (72) observaciones, realizadas a lo largo de aproximadamente 20 visitas a las obras de la constructora LPC SAS.

### Diseño Propuesta de Mejora

Después de tener la caracterización de mudas se procedió a analizar las herramientas tanto lean Construction como lean manufacturing que permitieran reducir o eliminar las mudas observadas durante las 20 visitas a obra, se escogieron las 4 herramientas con mayor porcentaje las cuales fueron 5S's, Last planner system, Justo a tiempo y prueba de los 5 minutos las cuales obtuvieron porcentajes de 39%,38%,28% y 15% respectivamente y luego se procedió a realizar la propuesta para la implementación de estas cuatro herramientas en la constructora LPC SAS.

Para el cálculo porcentual se realizó la suma de los porcentajes respectivamente de la submuda que corresponda, es decir, para la herramienta 5'S hay 11 submudas que pueden ser impactadas por la herramienta, entonces el porcentaje de observación de cada una de las 11 submudas se suman y ese es el resultado de 39% para 5'S. De igual manera se hizo con las herramientas, Last planner system, justo a tiempo y prueba de los cinco minutos. Véase anexo CARACTERIZACIÓN DE MUDAS.

**Tabla 6**

*Porcentajes de impacto de las herramientas en las mudas.*

	Last Planner System	Prueba de los 5 minutos	Gestión Visual	Justo a Tiempo	TPM	Poka Yoke	5'S	Bim REVIT
<i>Numero de mudas que son impactadas por la herramienta.</i>	11	7	5	8	1	1	7	2
<i>% de impacto de la herramienta</i>	38%	15%	10%	28%	5%	2%	39%	5%

	<b>Last Planner System</b>	<b>Prueba de los 5 minutos</b>	<b>Gestión Visual</b>	<b>Justo a Tiempo</b>	<b>TPM</b>	<b>Poka Yoke</b>	<b>5'S</b>	<b>Bim REVIT</b>
<i>sobre las mudas.</i>								
<i>Secuencia de importancia.</i>	2	4	5	3	6	8	1	7

*Nota:* Elaboración propia.

### **Propuesta para la Implementación de la Herramienta 5 S's.**

Al interior de obra se evidencia el deficiente manejo de materiales, herramientas y falta de orden en las áreas de trabajo. Surgen problemas relacionados con la falta de comprensión de la zona de materiales y equipos, los residuos y la recogida de estos componentes, así como su ubicación errónea, esto conduce a pérdida de tiempo, movimientos innecesarios, accidentes laborales y pérdidas económicas por desperdicio

Al realizar la implementación de la herramienta 5 S's. podemos atacar las mudas que se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 7**

*Mudas Impactadas por la herramienta lean 5 S.*

<b><i>Mudas LEAN</i></b>	<b><i>Descripción</i></b>	<b><i>%</i></b>
<b>MOVIMIENTOS INNECESARIOS</b>	Movimiento innecesario de material	3,3%
<b>ESPERAS</b>	Retrasó a causa de entrega de material	2,1%
<b>INVENTARIOS</b>	Falta de orden en stock	2,6%
<b>TALENTO HUMANO</b>	Deficientes condiciones laborales	3,4%

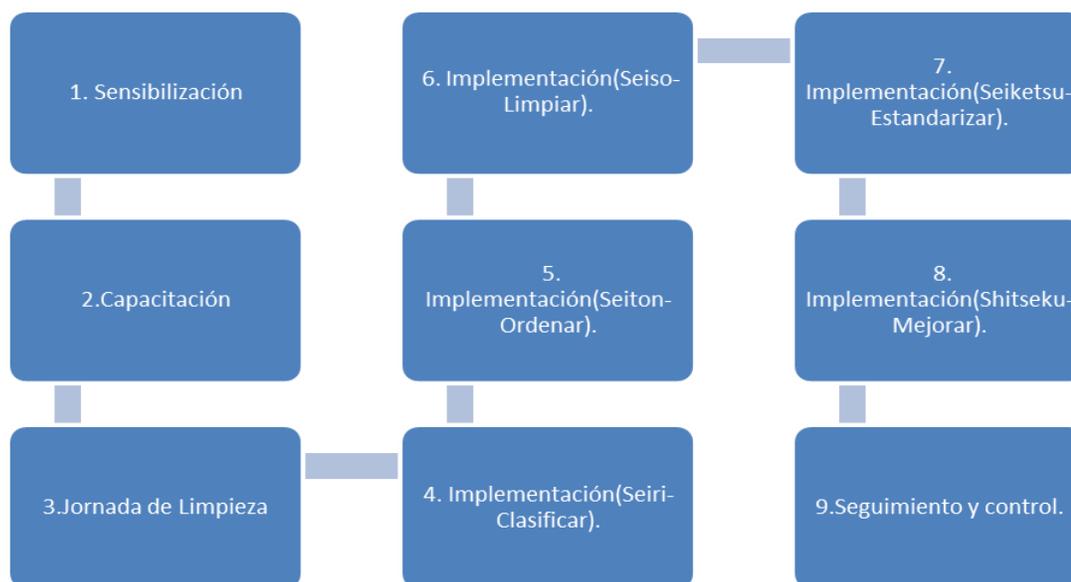
<i>Mudas LEAN</i>	<i>Descripción</i>	<i>%</i>
<b>MATERIALES</b>	Pérdida de material	5,1%
	Deterioro de material	20,4%
<b>AMBIENTE DE TRABAJO</b>	Desorden en áreas de trabajo	2%
<b>PORCENTAJE TOTAL</b>		<b>39%</b>

*Nota:* Elaboración propia.

### *Pasos para implementar la metodología 5S's*

#### **Figura 22**

*Pasos a seguir para implementación herramienta 5S's.*



*Nota:* Elaboración propia.

#### **Sensibilización**

El primer paso para la implementación de las 5S's es sensibilizar al personal tanto administrativo como operativo sobre los beneficios que brinda la herramienta.

Se propone que antes de iniciar un proceso de capacitación sobre la herramienta lean 5S's y sus componentes, sea conveniente generar expectativa al colaborador

- Charlas que impartan información sobre la metodología 5S's cada vez que comienza el turno.
- Entrega de folletos sobre la metodología para que los trabajadores se familiaricen con la temática. Ver anexo folleto 5S's.

### **Capacitación**

Después que los trabajadores han tenido acercamiento a la metodología 5S's, se propone realizar capacitación que le permita a los trabajadores conocer los principios básicos de la metodología. Ver anexo capacitación 5S's

### **Jornada de Limpieza**

Debido al deficiente estado de aseo y orden en los diferentes proyectos de constructora LPC SAS, se propone la realización de una jornada de limpieza inicial de todas las instalaciones. Con anterioridad se deben asignar áreas de limpieza a los diferentes equipos de trabajo para monitorear su trabajo a lo largo del día y confirmar el progreso (antes y después) con registros fotográficos, para esto se diseñó el siguiente formato. Véase figura 23.

**Figura 23**

*Formato asignación de zonas para la jornada de limpieza inicial.*

 <b>CONSTRUCTORA LPC SAS</b> <b>PRIMERA JORNADA DE LIMPIEZA - FECHA: _____</b>									
EQUIPO	ZONA	ACTIVIDADES A REALIZAR	REGISTRO FOTOGRÁFICO		FRECUENCIA				RESPONSABLES
			ANTES	DESPUES	Diaria	Semanal	Quincenal	Mensual	
<i>ADMINISTRACIÓN</i>	Oficinas								
<i>MAMPOSTEROS</i>	Unidades Sanitarias								
<i>TERMINADOS</i>	Almacén								
<i>ELECTRICOS</i>	Áreas comunes								
<i>PROMEROS</i>	Áreas comunes								

**Nota: Elaboración propia.**

### **Implementación de las 5S's (Seiri – Clasificar)**

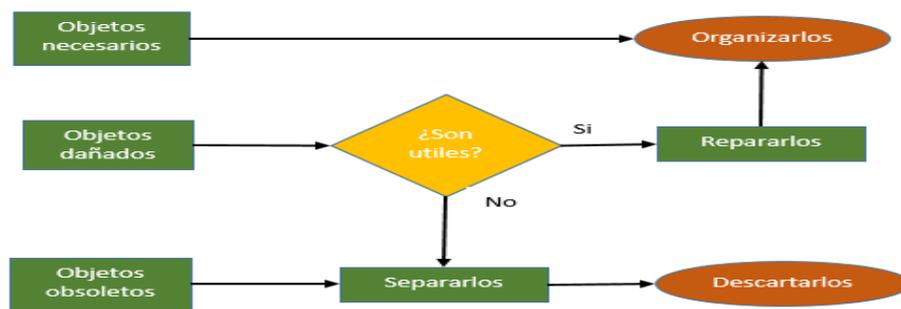
Para la implementación lo primero que se debe realizar es determinar la cantidad exacta de material y herramientas necesarias en el sitio de trabajo, ya que en las visitas a obra se observó gran cantidad de herramientas y materiales que no son utilizados diariamente en obra, en el área de trabajo solo deben estar los elementos que se van a utilizar en el día a día, es por esto que se recomienda clasificar lo que se necesita y retirar lo que no se vaya a utilizar en los próximos días.

Los elementos que no se vayan a utilizar en un periodo de tiempo corto se deben retirar del área de trabajo y se deben colocar en los almacenes.

Los elementos necesarios e innecesarios en el lugar donde se realizan las actividades deben identificarse para descartar los que no se necesitan en ese instante o labor, como se muestra en el siguiente diagrama:

**Figura 24**

*Selección de elementos necesarios e innecesarios.*



*Nota:* Elaboración propia.

Después se procederá a armar grupos de herramientas, equipos y materiales necesarios para desarrollar las respectivas, de esta manera se garantiza que estén disponibles, evitando pérdidas de tiempo por búsqueda y evitar que se congestionen en las áreas de labor partes o componentes que no son de utilidad.

### **Implementación de las 5S's (Seiton – ordenar)**

Colocar cada una de las partes a usarse en un sitio establecido, es decir en pocas palabras, un lugar para cada cosa, y todas las cosas donde deben estar.

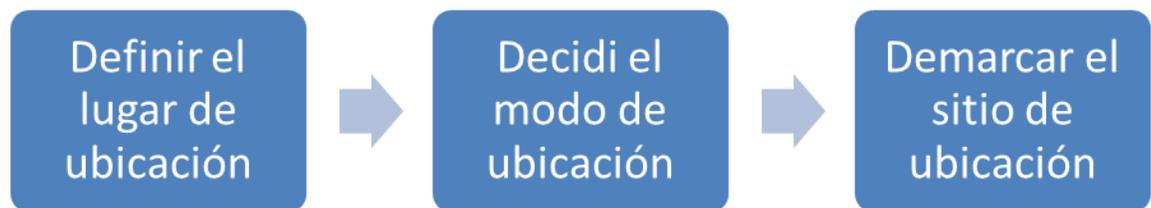
Después de implementar la primera "S" que consistía en clasificar se debe definir un lugar donde se deben ubicar los elementos que se necesitan con frecuencia, se debe buscar un lugar estratégico para reducir los tiempos de búsqueda, para esto se les debe

informar a los trabajadores el lugar donde se van a disponer los elementos necesarios para realizar sus actividades.

### **Pasos para Implementación Seiton**

#### **Figura 25**

*Pasos a seguir para implementar seiton*



*Nota:* Elaboración propia.

Después de clasificar se deben buscar áreas disponibles para ubicar de manera adecuada los elementos necesarios, se debe tener en cuenta la disponibilidad de espacio físico y ubicar en un mismo lugar los elementos destinados para actividades específicas y consecutivas.

Se debe indicar el sitio donde se van a colocar las herramientas, equipos y materiales, demarcar y señalizar los pasillos de acuerdo a los principios de seguridad y flujo óptimo, diseñar plano de distribución de áreas y señalar el sitio de las herramientas para visualizar si las herramientas están disponibles o si no regreso a su lugar determinar si alguien la está utilizando o se extravió.

### **Implementación de las 5S's (Seiso – Limpiar)**

Para que el área de trabajo permanezca limpia es importante el compromiso de todo el personal de la empresa, se propone que a cada equipo de trabajo se les asigne un área para su limpieza estas áreas pueden ser las mismas estipuladas en la jornada de limpieza inicial, para esto se debe tener en cuenta lo siguiente

Se debe realizar limpieza a todos los equipos y herramientas al terminar de utilizarlos y antes de guardarlos, no se debe botar nada al piso y procurar realizar diariamente limpieza a las áreas comunes para así tener un ambiente de trabajo ideal para trabajar de la mejor manera.

### **Pasos para Implementación Seiso.**

#### **Figura 26**

*Pasos para implementación seiso.*



*Nota:* Elaboración propia.

Es fundamental distinguir las causas que producen la suciedad en el espacio de trabajo, por el contrario, las actividades de asepsia y acondicionando serán actividades demasiado laboriosas y difíciles de mantener y podrían requerir de mayor tiempo.

La limpieza debe estar supervisada para asegurar el correcto funcionamiento de las maquinarias y herramientas para tener áreas de trabajo agradables, para esto se debe contar con los implementos y artículos de limpieza necesarios y en cantidades suficientes

### **Implementación de las 5S's (Seiketsu – Estandarizar)**

Después de implementar las tres primeras “S” lo siguiente es lograr una estandarización de lo realizado se deben realizar acciones para mantener el trabajo de limpieza, la clasificación de los objetos, el orden etc. El objetivo es mantener y mejorar las 3 primeras “S” para convertir las mejoras en hábitos y responsabilidades de todos los trabajadores.

También se deben verificar continuamente las 3 primera “S” para esto se propone la siguiente lista de chequeo que se debe realizar periódicamente.

#### **Tabla 8**

*Lista de chequeo 3 primeras "S".*

<b>Evaluación</b>	<b>Criterio</b>	<b>Calificación (0-3)</b>
Seiri	¿Hay elementos inútiles en el espacio de trabajo?	
Seiton	¿El espacio de trabajo está coordinado y limpio?	
Seiso	¿Están limpios los equipos, los aparatos de la máquina y demás en el espacio de trabajo?	
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		

*Nota:* Elaboración propia.

**Tabla 9**

*Criterios clasificación puntaje total.*

<b>Clasificación puntaje total</b>	
0-2	Deficiente
3-5	Regular
6-7	Bueno
8-9	Excelente

*Nota:* Elaboración propia.

Estas listas de chequeo nos ayudaran a identificar problemas y sus posibles causas para poder realizar acciones correctivas y anticiparse a posibles problemas.

### **Implementación de las 5S's (Shitseku – Mejorar)**

En esta etapa es importante estimular la práctica de la disciplina, Tanto directivos como trabajadores tienen un cargo fundamental para llevar a práctica la disciplina, los directivos deben instruir al personal sobre las normas del enfoque de la metodología 5S, se debe asignar el tiempo suficiente para realizar la implementación de esta metodología también se deben suministrar los recursos para la implementación

### **Seguimiento y Control**

Se recomienda programar auditorias de seguimiento y control, estas pueden ser programadas mensualmente y ser ejecutadas por los ingenieros residentes o por los líderes de cada grupo de trabajo. Para esto se realizó una tabla con los elementos de apreciación y se diseñó una serie de formatos de auditoría que permiten realizar un informe, donde se pueden observar los resultados obtenidos y el porcentaje de implementación al aplicar la auditoría conforme la herramienta 5S's. Véase anexo **FORMATO DE AUDITORIA 5S's LPC SAS.**

Para diligenciar el formato de auditoria tener en cuenta:

Fecha: Escribir la fecha en la que se realizó la auditoria.

Auditor: Escribir el nombre de la persona encargada de realizar la auditoria.

Ítem a evaluar: Leer cuidadosamente el ítem que se va a evaluar.

Valor criterios: Marcar con una X en la casilla que considere de mejor manera las condiciones de su área de trabajo, solo debe haber una X horizontalmente por cada ítem.

Puntaje obtenido: Si el diligenciamiento se realiza en el formato físico se deben sumar las X de cada una de las casillas y luego se debe multiplicar por el valor del criterio de cada casilla para obtener el puntaje obtenido, si se diligencia en medio magnético los resultados se generarán de manera automática.

### **Sistema del Ultimo Planificador (Last Planner System)**

Se trata de un sistema de organización y control de la producción para seguir desarrollando la capacidad de cambio en los trabajos de construcción y reducir la vulnerabilidad en los ejercicios registrados. El LPS es responsable de controlar mejor la exposición de los arreglos al vencer los factores de disuasión como la transformación de estos en un sistema, la estimación que elimina los factores de disuasión; por ejemplo, transformando el arreglo en un sistema, estimando la exposición de la aplicación del sistema de organización, diseccionando y distinguiendo los errores cometidos en la constructora.

Al realizar la implementación de esta herramienta podemos reducir o eliminar las mudas que se muestran en la Tabla 8.

***Mudas Impactadas por la Herramienta.***

**Tabla 10**

*Mudas Impactadas por la herramienta lean construction last planner system.*

<i>Mudas LEAN</i>	<i>Descripción</i>	<i>%</i>
<b><i>ESPERAS</i></b>	Retraso a causa de falta de material	2,1%
	Colaboradores ociosos a causa de falta de órdenes	0,7%
	Retraso en la obra a causa de factores climáticos	0,7%
	Modificaciones por errores de construcción	2,4%
<b><i>REPROCESAMIENTO</i></b>	Falta de supervisión	2,4%
	Falta de planificación	2,4%
	Falta de capacitación del personal	1,2%
<b><i>TALENTO HUMANO</i></b>	Falta de incentivos	0,9%
	Deficientes condiciones laborales	3,4%
	Desperdicio de experiencia del personal	0,9%
<b><i>MATERIALES</i></b>	Deterioro de materiales	20,4%
<b><i>PORCENTAJE TOTAL</i></b>		<b>38%</b>

*Nota:* Elaboración propia.

***Pasos para Implementar Last planner System***

El sistema de último planificador tiene tres fases:

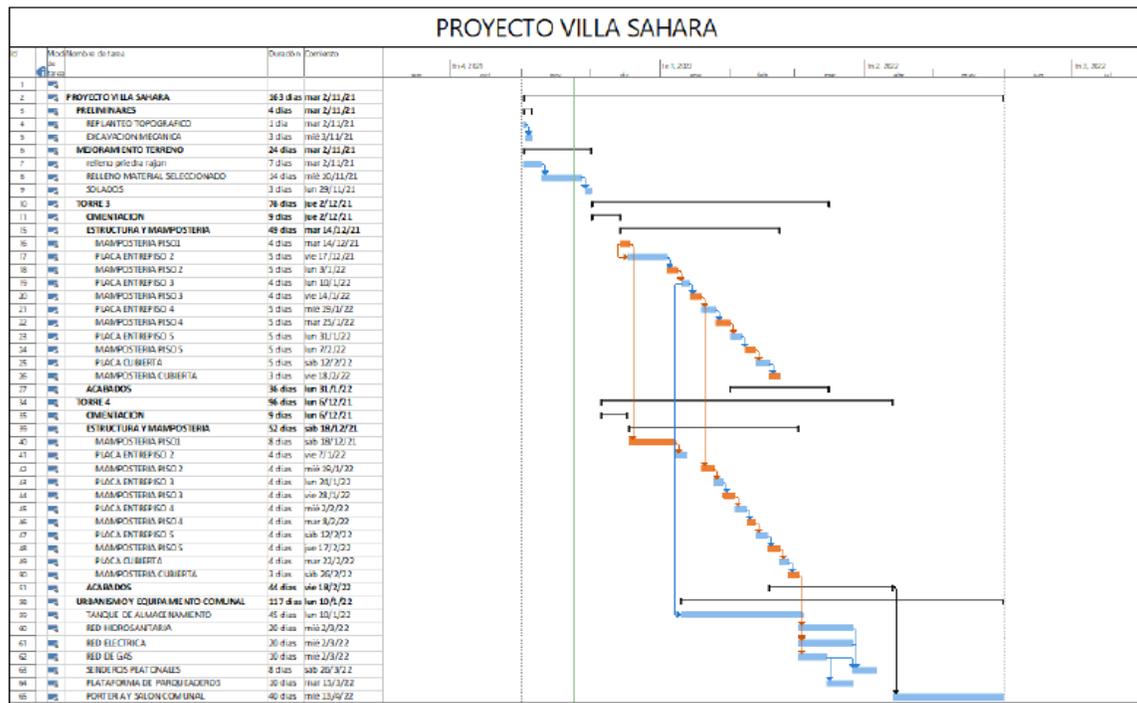
**Planificación General o Programa Maestro.**

En la empresa la planificación general normalmente es elaborada por los directivos e ingenieros directores de obra en esta planificación se definen fechas de inicio

y fechas finales de las actividades necesarias para la ejecución de los proyectos, como se muestra en la figura 27.

**Figura 27**

*Ejemplo plan maestro inicial proyecto villa sahara.*



*Fuente:* Elaborado por Ing. Andrés Flores director de obra proyecto Villa Sahara.

La herramienta last planner system busca que estas planificaciones no las realice una sola persona si no que se realiza en trabajo colaborativo con todas las partes interesadas y de esta forma tener cronogramas más reales.

Antes de iniciar cada proyecto es importante realizar reunión a la que es indispensable que asistan el director de obra, Ing. residente, maestro general, contratistas y subcontratistas con el fin de aprovechar su experiencia y realizar cronogramas de obra más reales y así definir la duración real de las actividades, analizar las posibles



para dejar pactada la fecha en la que se comprometen a realizar la actividad y dejar evidencia del compromiso adquirido para esto se propone acta de comité en la cual se registran los compromisos tanto de la programación intermedia como de la programación semanal. Véase anexo ACTA DE COMITÉ PLANIFICACION INTERMEDIA Y SEMANAL.

### **Formato Planificación Semanal**

Para implementar la planificación semanal es importante programar reuniones semanalmente estas pueden ser programadas para los días viernes o sábado, como se mencionó anteriormente es indispensable la asistencia de todas las partes interesadas para que todo el grupo de trabajo este enfocado en el mismo objetivo, al ya contar con el formato de planificación intermedia elaborado inicialmente en base a este se elabora la planificación semanal ya que las restricciones encontradas inicialmente ya están corregidas y las actividades ya pueden ser ejecutadas sin ningún tipo de restricción, se deben definir las actividades que se realizaran durante la semana y estas deben ser registradas en el formato de la figura 29.

**Figura 29**

Formato de registro planificación semanal.

REGISTRO PLANIFICACION SEMANAL																	
		PROYECTO												PERIODO INFORMADO		CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO Y MEDIDAS CORRECTIVAS	
														Desde el:			
ITEM		ACTIVIDAD	DURACION	COMIENZO	FIN	RESPONSABLE	METRADO PLANIFICADO	SEMANA					METRADO REAL	PAC SEMANAL			
								L	M	M	J	V		S	0%		
													SI	NO			
													0	1			
	ACTIVIDAD 1											0					
	ACTIVIDAD 2											0					
	ACTIVIDAD 3											0					
	ACTIVIDAD 4											0					
	ACTIVIDAD 5											0					
	ACTIVIDAD 6											0					
	ACTIVIDAD 7											0					
	ACTIVIDAD 8											0					
	ACTIVIDAD 9											0					
	ACTIVIDAD 10											0					
	ACTIVIDAD 11											0					
	ACTIVIDAD 12											0					
	ACTIVIDAD 13											0		X			

Nota: Elaboración propia.

Para diligenciarlo tener en cuenta:

Columna actividad: Describir la tarea que se va a desarrollar durante la semana.

Columna responsable: Se coloca información sobre la persona responsable de ejecutar la actividad.

Columna metrado planificado: Aquí se coloca el metrado planificado para realizar en la semana.

Columna semana: simplemente rellenarlo con lo que se completó cada día según lo programado.

Columna metrado real: Se calcula sumando los metrados realizados durante la semana.

Columna causas de incumplimiento y medidas correctivas: Sí la actividad no fue realizada al 100% colocar las causas por las cuales esta actividad no se terminó y establecer las medidas correctivas para tener en cuenta en la siguiente semana.

### Formato Porcentaje de Actividades Cumplidas

Este es un formato sencillo que permite cuantificar la coherencia con el programa maestro a través de la tasa de actividades completadas, en este formato podemos comparar lo que se planeó hacer según la planificación semanal con lo que realmente fue realizado en obra.

#### Figura 30

*Formato porcentaje de actividades completadas.*

	NOMBRE PROYECTO													
	RESPONSABLE:													
<b>TABULACION PAC</b>														
SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL ACUMULADO	
ACTIVIDADES COMPLETADAS	1	6	4											11
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	4	6	5											15
<b>PAC</b>	25%	100%	80%	##	###	###	###	###	###	###	###	###	###	#¡DIV/0!
<b>CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO</b>														
PROVEEDORES														0
CONTRATISTA														0
FACTORES CLIMATICOS														0
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS														0
FALTA DE PLANIFICACION														0
OTROS														0

*Nota:* Elaboración propia.

Se diligencia así:

Actividades programadas: Escribir en número las actividades programadas para cada semana.

Actividades completadas: Escribir en número cuántas actividades que se tenían programadas se completaron.

Porcentaje de actividades completadas: Este se obtiene de dividir las actividades completadas entre las actividades programadas y expresarlo en porcentaje.

Total, acumulado: Sumar las filas.

### **Just in Time (Justo a Tiempo)**

Implementando la herramienta Just in Time podemos impactar las siguientes mudas.

**Tabla 11**

*Mudas Impactadas por la Herramienta Lean Just in Time.*

<i>Mudas LEAN</i>	<i>Descripción</i>	<i>%</i>
	Traslados a otras áreas de trabajo	3,27%
<b>MOVIMIENTOS INNECESARIOS</b>	Movimiento innecesario de material	3,27%
	Desplazamiento excesivo por material	3,27%
	Esperando material	3%
<b>ESPERAS</b>	Retraso a causa de entrega de material	2%
	Error en la cantidad de pedidos	7,8%
<b>INVENTARIOS</b>	Mala selección de proveedores	2,6%
	Falta de orden en stock	2,6%
<b>PORCENTAJE TOTAL</b>		<b>28%</b>

*Nota:* Elaboración propia.

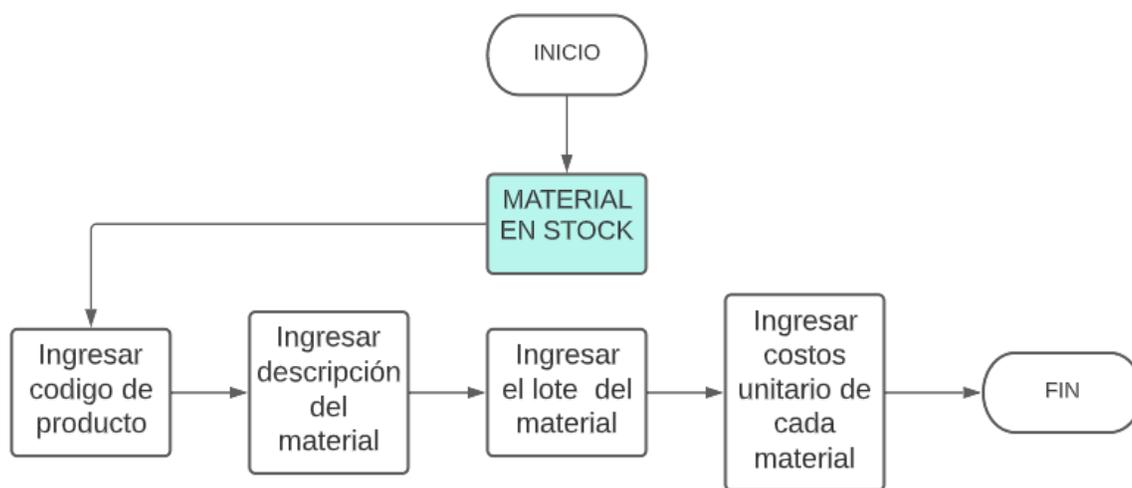
### ***Formatos de Control de Inventarios LPC SAS***

En la primera pestaña, MATERIAL EN STOCK, es el informe general de inventario o material en stock donde se muestra el estado actual de inventario.

En la primera pestaña de material en stock las únicas columnas que ingresa datos el usuario es el código del material, la descripción del material, el lote del pedido y el costo unitario, el resto de las columnas son de datos calculados los cuales no son de ingreso manual. Véase anexo CONTROL DE INVENTARIO LPC SAS, pestaña MATERIAL EN STOCK.

### **Figura 31**

#### *Material en stock*



*Nota:* Elaboración propia.

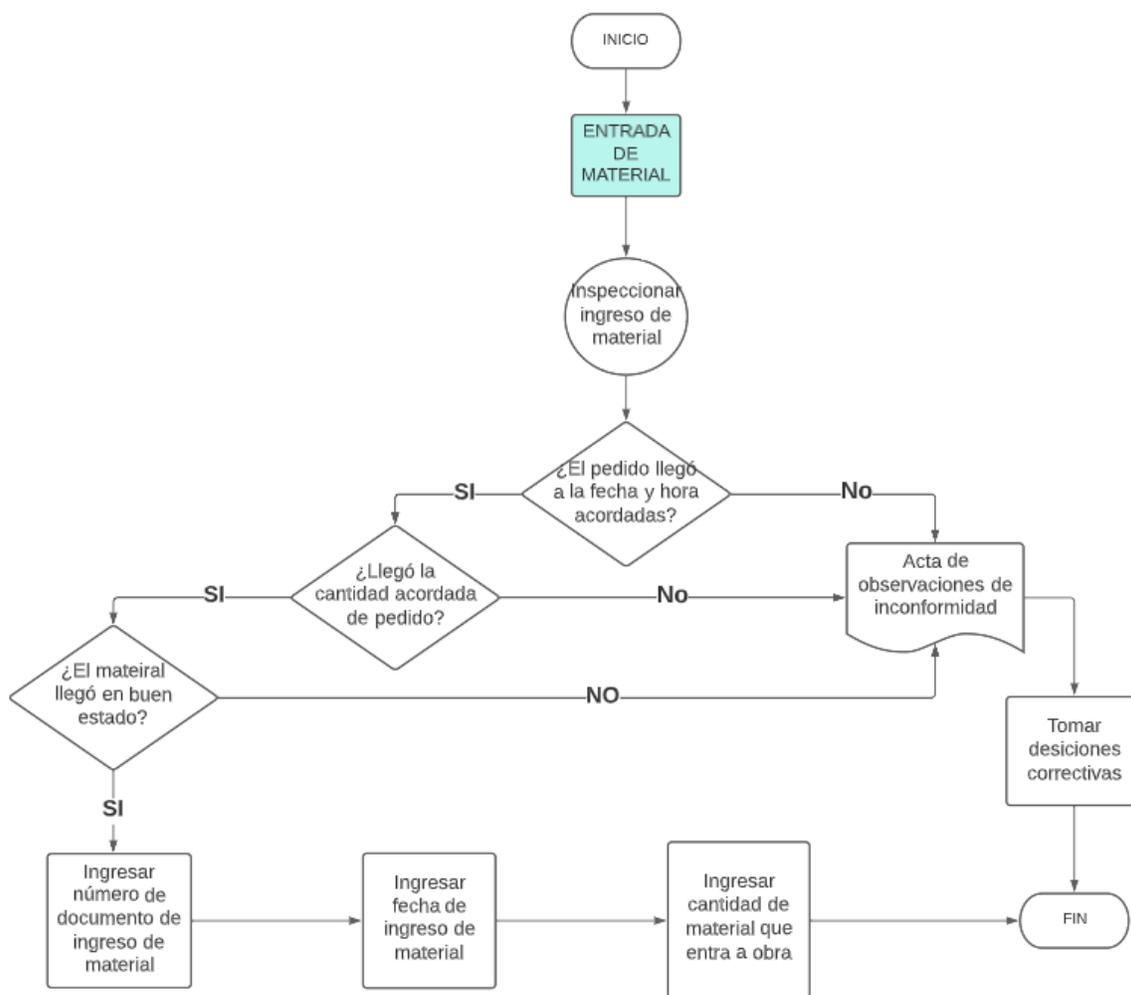
En la segunda pestaña, ENTRADA DE MATERIAL, se registra el ingreso de cada material previamente registrado con sus datos en la pestaña de material en stock.

En la ENTRADA DE MATERIAL las columnas de ingreso de datos manual son; la fecha de ingreso y se escribe el día en el que entra el material a la obra. la cantidad que ingresa el encargado. El código se selecciona de una lista desplegable.

Para verificar y llevar un control sobre la fecha, cantidad y estado del material que entra a obra se propone el formato de evaluación de llegada del pedido de material.

**Figura 32**

*Entrada de material*



*Nota:* Elaboración propia.

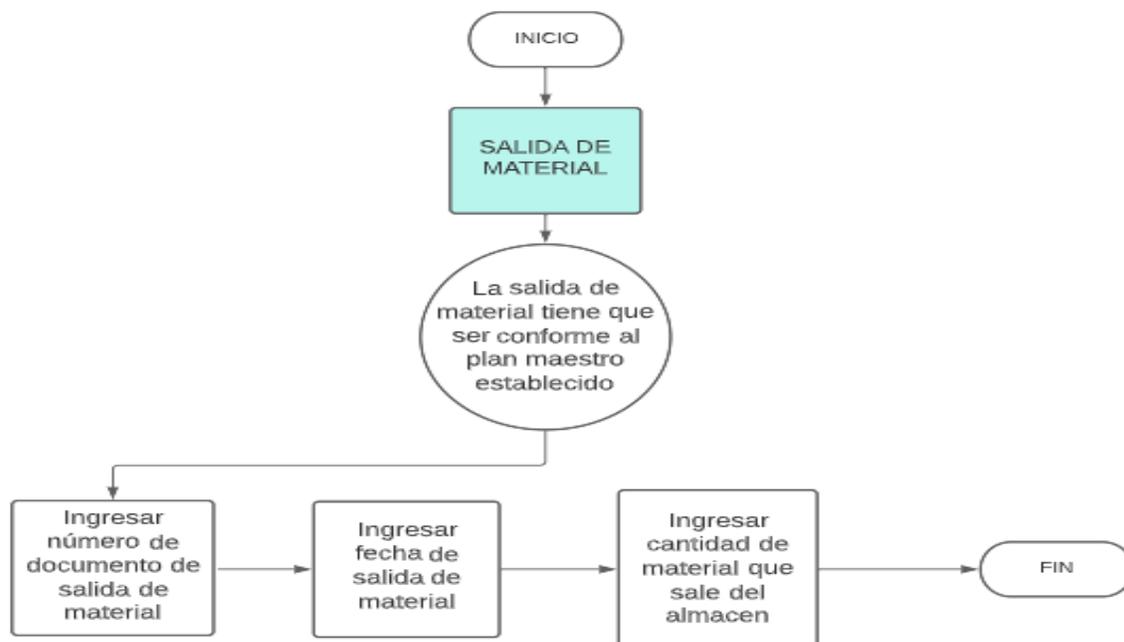
En la pestaña, SALIDA DE MATERIAL, está el registro de cada salida de material.

Datos de ingreso manual son; el número de documento, la fecha de salida se ingresa el día en el que sale el material para ser usado en la obra, la cantidad y el código que es de opción de selección, al momento de insertarlo se despliega una lista con todos los códigos de material que existen en la pestaña de material en stock.

El control de salida de material del almacén a obra tendrá que ir ligado a las cantidades proporcionadas al EDT según el plan maestro designado desde el comienzo del proyecto, esto con el fin de evitar el desperdicio y despilfarro de material donde se saque material sin control alguno.

### Figura 33

#### *Salida de material*



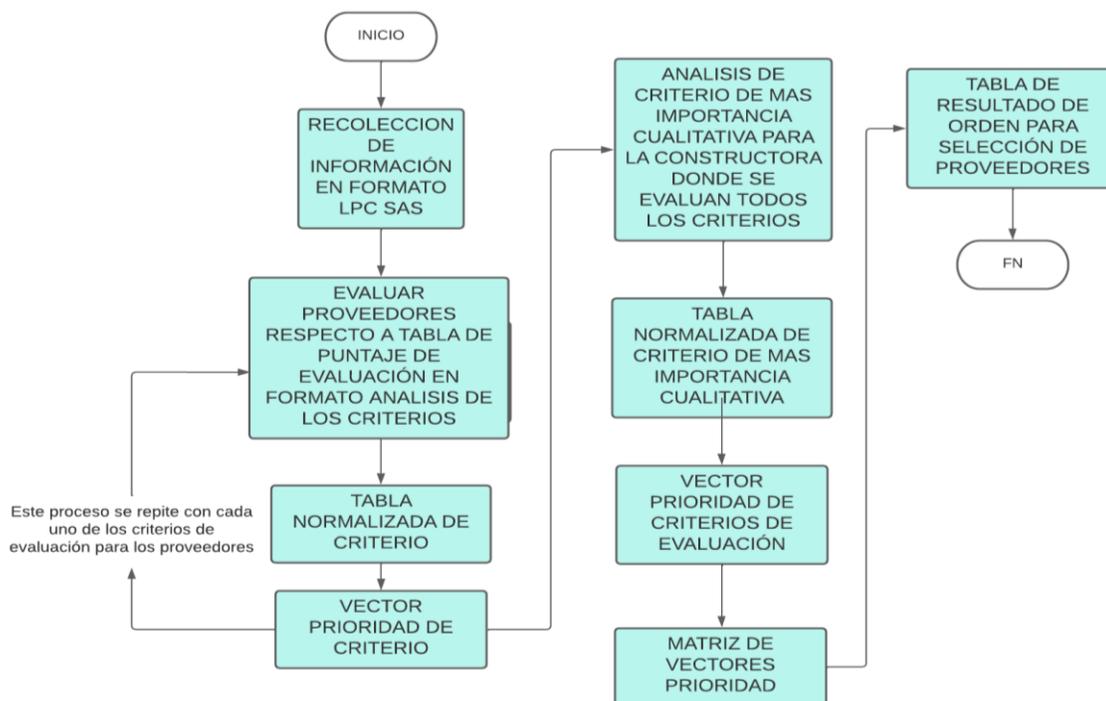
*Nota:* Elaboración propia.

### **Formato LPC SAS para Selección de Proveedores**

Para efecto de esta tesis se propone el método para la toma de decisiones bajo certidumbre de proceso de jerarquía analítica AHP para evaluación y selección de proveedores, se proponen diversos criterios para efectuar una evaluación más objetiva, tales como: pronta entrega, precios cómodos, cumplimiento de los requerimientos técnicos que exige la constructora, el ofrecimiento de materiales de mejor calidad, el correcto embalaje de los materiales para el posterior transporte de estos y disponibilidad de material. Véase anexo FORMATO SELECCIÓN DE PROVEEDORES LPC SAS.

**Figura 34**

*Proceso seleccion de proveedores mediante metodologia AHP.*



*Nota:* Elaboración propia.

### ***Formatos Selección de Contratistas.***

Para realizar la evaluación a contratistas se tiene una tabla que contiene los criterios a evaluar que son calidad, orden y aseo, manejo de personal y manejo de recursos. Véase anexo SELECCIÓN CONTRATISTAS LPC SAS.

El formato de evaluación de proveedores se diligencia calificando cada criterio de cada contratista respectivamente, la evaluación se hace según el criterio del evaluador de la constructora conforme a las características y los porcentajes conforme a la tabla de valores para selección de contratistas.

La calificación total se obtiene de multiplicar el porcentaje puesto para cada criterio de cada contratista por el valor porcentual de cada criterio. Véase anexo SELECCIÓN CONTRATISTAS LPC SAS.

### **Prueba de los Cinco Minutos para el Análisis de Pérdidas.**

Implementando la herramienta prueba de los 5 minutos podemos impactar las siguientes mudas:

#### ***Mudas Impactadas por la Herramienta Lean.***

**Tabla 12**

*Mudas impactadas por la herramienta prueba 5 minutos.*

<b><i>Mudas LEAN</i></b>	<b><i>Descripción</i></b>	<b><i>%</i></b>
<b>Movimientos innecesarios</b>	Traslados a otras áreas de trabajo	3,3%
	Movimiento innecesario de material	3,3%
	Compartir herramientas en frentes de trabajo	2,2%
	Esperando material	2,8%



Además, se creó el formato “criterios de clasificación de tiempo contributivo y no contributivo”. Véase anexo FORMATO PRUEBA 5 MINUTOS.

El objetivo fundamental de esta estimación es encontrar las razones de los infortunios en los procesos de desarrollo, tras realizar la estimación de los tiempos y después de conocer los criterios de los tiempos que contribuyen y los que son no contributivos. Continuamos elaborando las estaciones de los ejercicios, la toma de tiempos debe mantenerse en segundos para realizar un examen más puntual y detallado de los infortunios.

Con los datos recolectados se realiza la tabulación estadística con el objetivo de involucrar los datos recolectados en diagramas de Pareto.

## **Mantenimiento Productivo Total**

### ***Mantenimiento Autónomo***

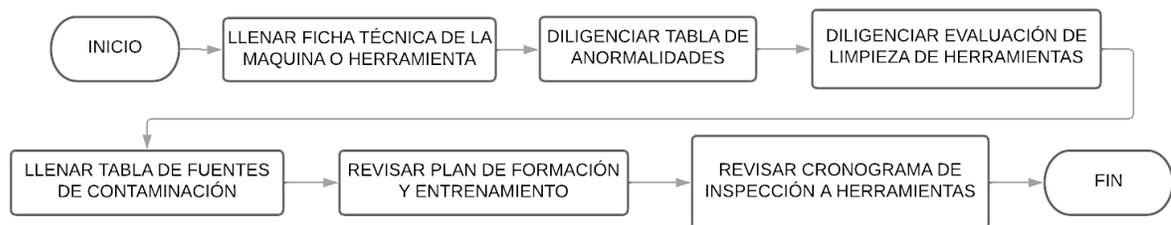
Véase anexo FORMATOS TPM LPC SAS.

Se establece mantenimiento autónomo dentro de la constructora para las máquinas y herramientas donde los mismos colaboradores que son los que están involucrados con el funcionamiento y desempeño de las mismas al trabajarlas, brinden informe de las anomalías, estado y fallas que puedan presentar que afecten su desempeño laboral y seguridad, para esto se realizó formato en el cual se diligencian las características de las máquinas y herramientas, esto permite tener más conocimiento de las capacidades reales que puede tener y su uso razonable también permite tener un panorama y una hoja de

vida de la máquina. De igual manera se revisa la maquinaria y cualquier anomalía se registra en las observaciones para tomar acciones correctivas.

### Figura 36

*TPM (mantenimiento autónomo herramientas y maquinas LPC SAS).*



*Nota:* Elaboración propia.

### Mejoras Implementadas en la Constructora LPC.

### Figura 37

*Antes y después de jornada de limpieza.*

ACTIVIDAD	ANTES	DESPUES
Se realizó programación para la limpieza de las unidades sanitarias		
Se organizaron las tuberías hidráulicas y sanitarias, se realizó estante con madera sobrante		
Se organizaron las tuberías eléctricas y se realizó estante para almacenarlas de mejor manera		
Se realizó instructivo para el correcto almacenamiento de cemento y así prevenir accidentes. (Ver anexo Folleto 5s).		
Limpieza de áreas locativas, para minimizar el riesgo de caídas.		
Se realiza jornada de orden y aseo de las áreas de trabajo		

*Nota:* Elaboración propia.

En conjunto con el equipo HSE se realizó señalización y demarcación de zonas peligrosas con el fin de prevenir futuros accidentes, además se realizó demarcación de los centros de acopio temporales para realizar la correcta disposición de materiales y así evitar el desorden en obra.

**Figura 38**

*Señalización y demarcación de zonas peligrosas.*



*Nota:* Fotos tomadas por autores.

**Figura 39**

*Acopios temporales*



*Nota:* Fotos tomadas por autores.

## Conclusiones

El desarrollo del trabajo de Investigación permite evidenciar que la adopción de herramientas Lean Construction representa beneficios importantes dentro de las organizaciones y que complementadas con las herramientas Lean Manufacturing contribuyen en la mejora de procesos.

Last planner system brinda información importante a todas las partes interesadas de los proyectos ya que permite tener un mejor control sobre el avance de obra determinando las restricciones que se puedan presentar y dando tiempo para tomar acciones correctivas y así cumplir con los tiempos de entrega establecidos.

La Empresa objeto de estudio, antes del desarrollo del Proyecto, no era consciente de la magnitud ni del impacto que sobre su actividad generaban los desperdicios y la mala gestión de actividades. El desarrollo del trabajo al analizar las diferentes actividades constructivas de los diferentes proyectos de CONSTRUCTORA LPC SAS los residuos producidos se pusieron de manifiesto, lo que permitió que tanto los directivos como los trabajadores funcionales tomaran conciencia de ello y se empeñaran en buscar medidas para disminuirlos o eliminarlos.

Dentro de las herramientas propuestas para atacar las mudas está la filosofía Just in Time donde se hicieron formatos para una correcta selección de proveedores los cuales evalúan criterios para los proveedores de manera cuantitativa, esto permite que la selección del proveedor sea asertiva ya que se respalda en una metodología cuantitativa que es más eficaz en la selección del proveedor, siendo de mucha facilidad para la

constructora evaluar los proveedores y permitiendo decidir cuál es el de mejor conveniencia.

El sector constructivo ha mostrado últimamente un gran desarrollo, por lo que es vital que la organización, desde la administración, busque formas de llevar a cabo nuevas filosofías que le permitan seguir desarrollándose y, posteriormente, desarrollar aún más la eficiencia.

## **Recomendaciones**

Antes de iniciar el armado de los diferentes muros se recomienda realizar la modulación de estos para determinar la longitud y el número de ladrillos requeridos, estas piezas se deben enviar cortadas a la zona de trabajo desde la cortadora para así eliminar las esperas y desplazamientos por parte de los mamposteros en búsqueda de piezas también se puede realizar la modulación de las instalaciones eléctricas e hidrosanitarias, para esto se recomienda realizar un despiece para establecer los materiales requeridos y así entregarle a los contratistas paquetes de materiales necesarios para cada apartamento esto le ayuda al ingeniero residente a tener un mejor control de materiales y de esta forma disminuir los desperdicios.

Al iniciar un proyecto se recomienda realizar comité para establecer el layout de obra verificar según planos y según lote el espacio disponible para la construcción de campamentos, almacén, oficinas, baños y de toda la infraestructura necesaria para la correcta ejecución del proyecto y tener un mejor orden y control de materiales.

La prueba de los 5 minutos es una herramienta que debe ser implementada por uno de los colaboradores de la empresa que conozca todos los pasos para desarrollar una actividad para que se clasifique correctamente los tiempos contributivos, no contributivos y productivos. Con esto se puede detectar lo que causa de los tiempos “no contributivos” que son los que generan desperdicios y pérdidas.

Realizar mantenimiento preventivo a las herramientas y equipos para prevenir fallas que afecten la ejecución de las actividades constructivas.

Antes de la implementación de los formatos propuestos para cada una de las herramientas es importante realizar capacitación al personal encargado en la cual se les debe explicar las ventajas de implementar los formatos y el impacto que pueden tener en los diferentes proyectos de la empresa.

### Lista de referencias

- Araque Gonzáles, G. A. (2010). Planeación e implementación de la filosofía Lean Construction en Base al estudio de pérdidas y aplicación del sistema Last Planner en un proyecto constructivo de la empresa Marval S.A. Piedecuesta, Santander, Colombia. [Tesis trabajo de grado, Universidad Pontificia Bolivariana]  
<https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/931>.
- Asocreto, A. (2015, June 5). Mampostería estructural: El qué y el cómo. Comunidad 360.  
<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/mamposteria-estructural>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Tomo 2. Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica.
- Bances Paz, R. G. (2017). *Implementación de lean manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmecánica Wensay Aceros sa, Puente Piedra, 2017*.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/1387/Bances\\_PR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/1387/Bances_PR.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Cámara Colombiana de la construcción CAMACOL. (28 de febrero de 2019). *Resultados de PIB del sector edificador son señales positivas que deben hacerse sostenibles*.  
<https://camacol.co/comunicados/%E2%80%9Cresultados-de-pib-del-sector-edificador-son-se%C3%B1ales-positivas-que-deben-hacerse>.
- Cano, H. Nieto, N. Arango. Implementación de la Metodología Lean Construction para la optimización de recursos en la empresa Gramar S.A. [Tesis de especialización,

- Universidad Católica de Colombia].  
<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/14785>.
- capazita. (2016). filosofía lean, conceptos de valor y muda o desperdicio. herramientas para eliminar el muda y beneficios de conseguirlo. <https://capazita.com/filosofia-lean-conceptos-de-valor-y-muda-o-desperdicio-herramientas-para-eliminar-el-muda-y-beneficios-de-conseguirlo/>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (18 de febrero de 2021). Estadísticas construcción. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion>
- Días, D. Rolon, O. El Lean Construction como estrategia de mejora continua en empresas dedicadas a la construcción de infraestructura vial en la ciudad de Cúcuta. [Tesis especialización de especialización, Universidad Libre seccional Cúcuta].  
<https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/18478>
- Evalore (18 de diciembre de 2019). *Qué es Lean Construction o Construcción sin Pérdidas*. <https://evalore.es/que-es-lean-construction>.
- García, O. A. (2012). *Aplicación de la metodología lean construction en la vivienda de intereses social* [Tesis de especialización, Universidad Ean].  
<https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/2417/GarciaOswaldo2012.pdf?se>
- Global, R. A. (2015, diciembre 8). ¿Qué son las vigas y para qué sirven? Arcus Global.  
<https://www.arcus-global.com/wp/que-son-las-vigas-y-para-que-sirven/>

- Gonzales Alcántara, D. (2013). *Aplicación de las herramientas lean en la gestión de proyectos de edificación*. Valladolid, España.  
<http://uvadoc.uva.es/handle/10324/7076>
- Hera Criado, N. D. L. (2019). *Estandarización de la recogida del material utilizado para la formación Justo a Tiempo Avanzado en la Escuela Lean*.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/232122497.pdf>
- Intendya. (2014). *LEAN MANUFACTURING: Herramienta de ámbito mundial para reducir costes y desperdicios*. <https://www.intendya.com/internacional/290/noticia-lean-manufacturing-herramienta-de-ambito-mundial-para-reducir-costes-y-desperdicios.html>
- Lean Construction Institute. (5 de octubre 2013). *What is Lean Construction*  
<http://www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-construction/>.
- Leal, Martínez, E. Reíd, C y Tommelein, D (2019). *Lean construction for affordable housing: a case study in Latin America*. [Archivo PDF].  
<https://doi.org/10.1108/CI-02-2019-0015>
- Ministerio de Minas y Energía (2008). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. Bogotá, Colombia: Ministerio de Minas y Energía.
- NTC-ISO 9000. (15 de diciembre de 2010) *Guía para la identificación de los peligros y valoración de riesgos en seguridad y salud en el trabajo*  
<https://idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/gtc450.pdf>
- Orihuela (2011). *Lean Construction en el Perú*. [Archivo PDF].  
[http://www.motiva.com.pe/articulos/Lean\\_Construction\\_Peru.pdf](http://www.motiva.com.pe/articulos/Lean_Construction_Peru.pdf)

Pérez Herrera. (202). Just in Time (JIT).

<https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/just-in-time-jit>

Pons Achell, J. (2014). *Introducción a Lean Construction Fundación laboral de la*

*Construcción*. [Archivo PDF]. <http://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction.pdf>.

Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual.

*Avances Investigación En Ingeniería*, 11(1), 32–53.

<https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298>

RAE (2014) *Proyecto*. <https://dle.rae.es/proyecto> Think Productivity. Como Aplicar la

Metodología 5S en la Construcción. <https://think-productivity.com/aplicar-5s-en-construccion/>

Universidad Antonio Nariño (2018). *Aspectos generales*

<https://www.uan.edu.co/facultad-de-ingenieria-industrial>.

*Zapatillas en la construcción: qué son y para qué sirven*. (2018, 19 de septiembre).

*homify.com.mx; homificar*

[https://www.homify.com.mx/libros\\_de\\_ideas/5898651/zapatillas-en-la-construccion-que-son-y-para-que-sirven](https://www.homify.com.mx/libros_de_ideas/5898651/zapatillas-en-la-construccion-que-son-y-para-que-sirven)

## Anexos

## Anexo 1

## Entrevista.

Marque con una (X), la opción más conveniente según la situación en su organización y complemente según se requiera.				
N	PREGUNTA	SI	PARCIALMENTE	NO
<b>VARIABLE INNOVACIÓN</b>				
1	¿Ustedes generan desperdicio de material al desarrollar sus actividades?			
		Cuales:		
2	¿Considera que los tiempos de entrega del proyecto podrían mejorarse?			
		Como:		
3	¿Cuenta usted con actividades que no agregan valor ?			
4	¿De acuerdo a la distribución del proyecto cree usted que se presentan movimientos innecesarios?			
		Cuales:		
5	¿Sus herramientas presentan averías frecuentemente?			
6	¿Se realiza mantenimiento frecuente a las herramientas?			
7	¿Cree usted que dentro del proyecto se presentan procesos innecesarios?			
8	¿El lugar de trabajo se encuentra organizado?			
9	¿Se presentan lesiones frecuentes al realizar las actividades?			
		Que lesiones?		
10	¿Las herramientas y equipo cuentan con espacios específicos de almacenamiento cuando no se están usando?			

## Anexo 2

## Formato Auditoría 5 S's.

	<b>CONSTRUCTORA LPC SAS</b>		Código:					
	<b>Documento 5 S's</b>		Revisión:					
	<b>FORMATO EVALUACION DE AUDITORÍA 5's</b>		Área:					
<b>FECHA</b>			<b>AUDITOR:</b>					
DD	MM	AA						
<b>PARTICIPANTES:</b>								
<b>ITEM A EVALUAR</b>			<b>VALOR CRITERIOS</b>					
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>T</b>
<b>CLASIFICAR / SEPARAR</b>								
Existen objetos innecesarios en el piso?							x	1
Existen equipos, herramientas y materiales innecesarios?					x			1
<b>PUNTAJE OBTENIDO</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>8</b>
<b>ORDENAR</b>								
Como es la ubicación/devolución, de herramientas, materiales y equipos?							x	1
Los equipos, herramientas, materiales, etc., están identificados?							x	1
Ubicación de máquinas y lugares?							x	1
<b>PUNTAJE OBTENIDO</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>LIMPIAR</b>								
Grado de limpieza de los pisos?							x	1
El estado de paredes, techos y ventanas?					x			1
Limpieza de máquinas y equipos?			x					1
<b>PUNTAJE OBTENIDO</b>			<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>9</b>
<b>ESTANDARIZAR</b>								
Se aplica las 3 primeras "S"?							x	1
Cómo es el hábitat de la obra?				x				1
Se hacen mejoras?						x		1
Se aplica el control visual?							x	1
<b>PUNTAJE OBTENIDO</b>			<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
<b>AUTODISCIPLINA</b>								
Se aplica las cuatro primeras "S"?							x	
Se cumplen las normas de la empresa y del grupo?							x	
Se cumple con la programación de las acciones "5S"?				x				
<b>PUNTAJE POSIBLE</b>			<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
<b>OBSERVACIONES</b>								



## Anexo 4

### Formato Planificacion Semanal

REGISTRO PLANIFICACION SEMANAL																	
		PROYECTO							PERIODO INFORMADO								
									Desde el:						Hasta el:		
									Fecha de corte:								
ITEM	ACTIVIDAD	DURACION	COMIENZO	FIN	RESPONSABLE	METRADO PLANIFICADO	SEMANA						METRADO REAL	PAC SEMANAL		CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO Y MEDIDAS CORRECTIVAS	
														100%			
							L	M	M	J	V	S		SI	NO		
	ACTIVIDAD 1											X					
	ACTIVIDAD 2											X					
	ACTIVIDAD 3											X					
	ACTIVIDAD 4											X					
	ACTIVIDAD 5											X					
	ACTIVIDAD 6											X					
	ACTIVIDAD 7											X					
	ACTIVIDAD 8											X					
	ACTIVIDAD 9											X					
	ACTIVIDAD 10											X					
	ACTIVIDAD 11											X					
	ACTIVIDAD 12											X					
	ACTIVIDAD 13											X					



## Anexo 6

### Formato gestion de inventario LPC SAS

GESTIÓN DE INVENTARIO CONSTRUCTORA LPC SAS							
CODIGO DEL PRODUCTO	DESCRIPCION	LOTE	INGRESO MATERIAL	SALIDA DE MATERIAL	STOCK ACTUAL	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
CEMENTO	BULTO DE CEMENTO	LT-001	100	67	33	\$ 24.000,00	\$ 792.000,00
VE 5/8	VARRILLA ESTRUCTURAL DE 5/8 "	LT-001	200	190	10	\$ 10.000,00	\$ 100.000,00
ANL	ARENA LAVADA POR m3	LT-001	1000	350	650	\$ 25.000,00	\$ 16.250.000,00
RCBC	RECEBO COMPACTADO m3	LT-001	3778,13	0	3778,13	\$ 39.200,00	\$ 148.102.696,00
CRR	CERRAMIENTO m	LT-001	462,3	0	462,3	\$ 14.520,00	\$ 6.712.596,00
LE	LADRILLO ESTRUCTURAL m2	LT-001	0	0	0	\$ 65.718,00	\$ -
MC	MURETE COCINA	LT-001	0	0	0	\$ 79.600,00	\$ -
AF	ANTEPECHOS FACHADA	LT-001	0	0	0	\$ 240.150,00	\$ -
DC	DUCTO COCINA	LT-001	0	0	0	\$ 149.195,00	\$ -
DV	DOVELAS	LT-001	0	0	0	\$ 38.056,28	\$ -
ARE	ACERO DE REFUERZO ESTRUCTURA	LT-001	0	0	0	\$ 5.280,00	\$ -
MESLD	MALLA ELECTROSOLDADA	LT-001	0	0	0	\$ 7.903,53	\$ -
PF	PINTURA DE FACHADA	LT-001	0	0	0	\$ 107.500,00	\$ -
ECHC	ENCHAPE CERAMICO	LT-001	0	0	0	\$ 49.943,00	\$ -
CRRT	CARRAPLAST TECHO apto	LT-001	0	0	0	\$ 10.000,00	\$ -



SIMBOLOGIA DE ESTADO DE STOCK O INVENTARIO

	EXCELENTE CANTIDAD DE MATERIAL EN STOCK
	CANTIDAD FUNCIONAL DE MATERIAL EN STOCK PERO YA HAY QUE PENSAR EN HACER PEDIDO
	CANTIDAD DEFICIENTE E INNEXISTENTE DE MATERIAL EN STOCK

## Anexo 7

Mantenimiento autónomo, ficha técnica.

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO						
FICHA TÉCNICA MÁQUINAS						
FICHA TÉCNICA DE PULIDORA CONSTRUCTORA LPC SAS						
DATOS TÉCNICOS			FOTOGRAFÍA			
NOMBRE:	Pulidora					
MARCA:	BOSH					
N. DE SERIE:	06018F60G1					
MODELO:	GWS 28-230 Vulcano					
AÑO DE ADQUISICIÓN:	2016					
ESPECIFICACIONES			DIMENSIONES			
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	Eléctrico AC		13,7cm	55cm	11,1cm	5,9 Kg
POTENCIA DE ENTRADA	2800W					
RPM (sin carga)	6500 rpm					
ROSCA DEL HUSILLO	M14					
INTERRUPTOR	Tri-Control/Paleta					
VOLTAJE	127 V					
TAMAÑO DE DISCO	9" (230 mm)					
CONDICIONES GENERALES						
ACTIVIDAD						
AÑOS DE SERVICIO						
SITUACIÓN ACTUAL						
OBSERVACIONES						
FICHA TÉCNICA DE TRONZADORA CONSTRUCTORA LPC SAS						
DATOS TÉCNICOS			FOTOGRAFÍA			
NOMBRE:	Tronzadora					
MARCA:	DEWALT					
N. DE SERIE:	D28730					
MODELO:	B3 14"					
AÑO DE ADQUISICIÓN:	2015					
ESPECIFICACIONES			DIMENSIONES			
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	Eléctrico AC		36cm	57,2cm	43,9cm	16Kg
POTENCIA DE ENTRADA	2300 W					
RPM (sin carga)	3800 rpm					
PESO DE DISCO	2 Kg					
INTERRUPTOR	Tri-Control/Paleta					
VOLTAJE	120 V					
TAMAÑO DE DISCO	14"					
CONDICIONES GENERALES						
ACTIVIDAD						
AÑOS DE SERVICIO						
SITUACIÓN ACTUAL						
OBSERVACIONES						

## Anexo 8

*Plan de formación y entrenamiento.*

PLAN DE FORMACIÓN Y ENTRENAMIENTO				
PLAN DE FORMACIÓN Y ENTRENAMIENTO				
 <b>CONSTRUCTORA LPC SAS</b>	AREA		RESPONSABLE	
	MAQUINA			
MECANICA	TIEMPO TOTAL	TIEMPO TEORICO	TIEMPO PRACTICO	FECHA
Conocimientos de mecánica	45 min	15 min	30 min	
Montaje y tensión de correas	30 min	10 min	20 min	
Pasadores	90 min	30 min	60 min	
Rodamientos	120 min	60 min	60 min	
HIDRAULICO	TIEMPO TOTAL	TIEMPO TEORICO	TIEMPO PRACTICO	FECHA
Procedimientos	40 min	20 min	20 min	
Limpieza y cambio de filtros	30 min	10 min	20 min	
ELECTRICO	TIEMPO TOTAL	TIEMPO TEORICO	TIEMPO PRACTICO	FECHA
Capacidad electrica	60 min	30 min	30 min	
Función de panel de control	40 min	15 min	25 min	
OTROS	TIEMPO TOTAL	TIEMPO TEORICO	TIEMPO PRACTICO	FECHA
Señalización y cuidados con uso de productos quimicos	60 min	30 min	30 min	