UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS:

APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE APLICACIÓN DE SLURRY SEAL EN LA EMPRESA CONCAR S.A.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Bach. Milián Calderón, Noé

Asesor:

Mg. Ing. Carrascal Sánchez, Jenner

Línea de investigación:

Gestión de Operaciones y Logística

Pimentel – Perú
2018

APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE APLICACIÓN DE SLURRY SEAL EN LA EMPRESA CONCAR S.A.

Bach. Milián Calderón, Noé
Autor

Mg. Ing. Arrascue Becerra, Manuel Alberto
Presidente de Jurado

Mg. Ing. Quiroz Orrego, Carlos Alberto
Secretario de Jurado

Mg. Ing. Carrascal Sánchez, Jenner
Vocal de Jurado

Dedicatoria

A mi familia por su apoyo y compañía, para no dejar que desista nunca de lograr las metas y objetivos en mi vida. A mis amigos por sus buenos consejos y alegrías. A mis compañeros de CONCAR S.A. por ayudarme a desarrollar esta investigación y enseñarme a ser buen profesional.

Agradecimiento

Agradezco a la ingeniera Clara Risco Villa, la persona que me ayudo a lograr este gran sueño llamado “universidad”, gracias por creer en mí, y por brindarme su apoyo incondicional en los momentos claves de mi vida personal y darle un impulso a mi carrera universitaria y profesional.

APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE APLICACIÓN DE SLURRY SEAL EN LA EMPRESA CONCAR S.A.

APPLICATION OF THE LEAN CONSTRUCTION TO OPTIMIZE THE PROCESS OF APPLICATION OF SLURRY SEAL IN THE COMPANY CONCAR S.A.

Noé Milián Calderón[1]

Resumen

La presente investigación está enfocada en la aplicación de la filosofía Lean Construction, haciendo uso del Last Planner System, como herramienta para optimizar el proceso de aplicación de Slurry Seal en la empresa CONCAR S.A., con la finalidad de contribuir en la mejora de la calidad y productividad de sus proyectos.

Mediante la observación y análisis de sus operaciones, se realizó un diagnóstico de la situación actual del proceso de aplicación de Slurry Seal, teniendo en cuenta cada uno de las actividades que se ejecutan para lograr dicha labor. Dicho análisis se realizó in situ, pudiendo presenciar el desarrollo de las actividades en mismo lugar donde se realizan los trabajos de aplicación de Slurry Seal, y contando con el apoyo y participación del personal directamente involucrado en las tareas a realizar, tanto del área de producción como del área de control de calidad. Los aspectos evaluados fueron cuantificados con una puntuación porcentual de un 17% de tiempos muertos, estableciendo como prioridades las actividades relacionadas con estas demoras que se pretenden corregir. En la encuesta realizada se detectó la falta de capacitación y difusión de procesos y políticas por parte del área de calidad y de producción. Finalmente se realizó la relación Beneficio Costo encontrado se pudo determinar que aplicando las herramientas del Lean Construction es posible optimizar el proceso de aplicación de Slurry Seal, con lo cual el incremento de la productividad de la empresa está asegurado, haciendo esta propuesta rentable.

Palabras clave: *Lean Construction, Last Planner System, Slurry Seal.*

[1] Adscrito a la Escuela Académica de Ingeniería Industrial Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: nmilianc@crece.uss.edu.pe Código ORCID: https://orcid.org./0000-0003-2881-5781

Abstract

The present research is focused on the application of the Lean Construction philosophy, making use of the Last Planner System, as a proposal to optimize the application process of Slurry Seal in the company CONCAR SA, with the purpose of contributing to the improvement of quality and productivity of their work.

Through the observation and analysis of its operations, a diagnosis was made of the current situation of the Slurry Seal application process, taking into account each one of the activities that are executed to achieve this task. Said analysis was carried out in situ, being able to witness the development of the activities in the same place where the Slurry Seal application works are carried out, and with the support and participation of the personnel directly involved in the tasks to be carried out, both in the production area as of the quality control area.

The aspects evaluated were quantified with a percentage score of 17% of downtime, establishing as priorities the activities related to these delays that are intended to be corrected. In the survey conducted, the lack of training and dissemination of processes and policies by the quality and production area was detected**.**

Finally, the relation Cost Benefit was found, it could be determined that applying the tools of Lean Construction it is possible to optimize the application process of Slurry Seal, with which the increase of the productivity of the company is ensured, making this proposal profitable.

Keywords: *Lean Construction, Last Planner System, Slurry Seal.*

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 1
1.1 Realidad problemática 1
1.1.1 Realidad problemática internacional 1
1.1.2 Realidad problemática nacional 2
1.1.3 Realidad problemática regional 3
1.2 Trabajos previos 5
1.2.1 Trabajos previos de estudio internacional 5
1.2.2 Trabajos previos de estudio nacional 6
1.3 Teorías relacionadas al tema 7
1.3.1 Metodología del Lean Construction. 7
1.3.2 Optimizar el proceso de aplicación de Slurry Seal. 19
1.4 Formulación del problema 33
1.5 Justificación e importancia 33
1.6 Hipótesis 34
1.7 Objetivos 34
1.4.1 Objetivo General 34
1.4.2 Objetivos Específicos 34
II. MATERIAL Y MÉTODOS 36
2.1 Tipo y diseño de la investigación 36
2.1.1. Tipo de la Investigación 36
2.1.2. Diseño de la Investigación 36
2.2 Métodos de investigación 36
2.3 Población y muestra 36
2.3.1. Población 37
2.3.2. Muestra 37

2.4 Variables y Operacionalización 37
2.4.1. Variables 37
2.4.2. Operacionalización de las Variables 37
2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de información 49
2.6 Validación y confiabilidad de instrumentos 50
III. RESULTADOS 52
3.1 Diagnóstico de la empresa 52
3.1.1 Información general 52
3.1.2 Descripción de los procesos 56
3.1.3 Análisis de la problemática 71
3.1.4 Situación actual de la variable dependiente 92
3.2 Propuesta de investigación 103
3.2.1 Fundamentación 103
3.2.2 Objetivos de la propuesta 105
3.2.3 Desarrollo de la propuesta 105
3.2.4 Situación de la variable con la propuesta 123
3.2.5 Análisis beneficio / costo 128
3.3 Discusión de resultados 134
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 134
4.1 Conclusiones 135
4.2 Recomendaciones 136
REFERENCIAS 137
ANEXOS 138

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. TRAYECTORIA DE CONCAR S.A. 53
FIGURA 2. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA 54
FIGURA 3. PROCESO CONSTRUCTIVO DE CARRETERAS 69
FIGURA 4. PROCESO DE APLICACIÓN DE SLURRY SEAL 70
FIGURA 5. ENCUESTA - PREGUNTA Nº 1 82
FIGURA 6. ENCUESTA - PREGUNTA Nº 2 83
FIGURA 7. ENCUESTA - PREGUNTA Nº 3 84
FIGURA 8. ENCUESTA - PREGUNTA Nº 4 85
FIGURA 9. ENCUESTA - PREGUNTA Nº 5 86
FIGURA 10. ENCUESTA - PREGUNTA Nº 6 87
FIGURA 11. ENCUESTA - PREGUNTA Nº 7 88
FIGURA 12. ENCUESTA - PREGUNTA Nº 8 89
FIGURA 13. ENCUESTA - PREGUNTA Nº 9 90
FIGURA 14. ENCUESTA - PREGUNTA Nº 10 91
FIGURA 15. CAUSA - EFECTO - APLICACIÓN DE SLURRY SEAL 97
FIGURA 16. CAUSA - EFECTO - RECARGA DE MICROPAVIMENTADORA 98
FIGURA 17. FÓRMULA - Nº OBSERVACIONES 99
FIGURA 18. PORCENTAJE DE EFICIENCIA DE TIEMPO 111
FIGURA 19. CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO 112
FIGURA 20. GRÁFICA DE NO CUMPLIMIENTO 112
FIGURA 21. COSTOS DE PERSONAL 128
FIGURA 22. COSTOS DE ALQUILER DE EQUIPOS 129
FIGURA 23. COSTOS DE MATERIALES E INSUMOS 129

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 BENEFICIOS LEAN CONSTRUCTION 9
TABLA 2 BENEFICIOS DE SLURRY SEAL..... 21
TABLA 3 GRANULOMETRÍAS DE AGREGADOS ISSA 23
TABLA 4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 47
TABLA 5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 49
TABLA 6 PRINCIPALES SERVICIOS DE CONCAR S.A. 56
TABLA 7 SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS..... 56
TABLA 8 TAMICES PARA AGREGADOS UTILIZADOS EN EL SLURRY SEAL 57
TABLA 9 ESPECIFICACIONES PARA EMULSIONES CATIÓNICAS..... 58
TABLA 10 ABSORCIÓN DE ENSAYO DE ARENA 60
TABLA 11 COMPOSICIÓN DE SLURRY SEAL 60
TABLA 12 FORMA DE PAGO DE SLURRY SEAL 68
TABLA 13 VALORES DE CALIFICACIÓN DE BPM 71
TABLA 14 EVALUACIÓN DE INSTALACIONES FÍSICAS..... 71
TABLA 15 EVALUACIÓN INSTALACIONES SANITARIAS 72
TABLA 16 EVALUACIÓN DE PERSONAL..... 73
TABLA 17 EVALUACIÓN DE SANEAMIENTO 74
TABLA 18 EVALUACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO 75
TABLA 19 EVALUACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL 77
TABLA 20 EVALUACIÓN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD 78
TABLA 21 RESUMEN DE DIAGNÓSTICO BPM..... 79
TABLA 22 ENCUESTA - PREGUNTA Nº 1 82
TABLA 23 ENCUESTA - PREGUNTA Nº 2 83
TABLA 24 ENCUESTA - PREGUNTA Nº 3 84
TABLA 25 ENCUESTA - PREGUNTA Nº 4 85
TABLA 26 ENCUESTA - PREGUNTA Nº 5 86
TABLA 27 ENCUESTA - PREGUNTA Nº 6 87
TABLA 28 ENCUESTA - PREGUNTA Nº 7 88
TABLA 29 ENCUESTA - PREGUNTA Nº 8 89
TABLA 30 ENCUESTA - PREGUNTA Nº 9 90
TABLA 31 ENCUESTA - PREGUNTA Nº 10 91

TABLA 32 DEMORA DE ACTIVIDADES - SEMANA 1 92
TABLA 33 DEMORA EN ACTIVIDADES - SEMANA 2 92
TABLA 34 DEMORA DE ACTIVIDADES - SEMANA 3 93
TABLA 35 DEMORA DE ACTIVIDADES - SEMANA 4 93
TABLA 36 DEMORA EN ACTIVIDADES - SEMANA 5 94
TABLA 37 CAUSA - EFECTO, APLICACIÓN SLURRY SEAL 97
TABLA 38 CAUSA - EFECTO, RECARGA DE MICROPAVIMENTADORA 98
TABLA 39 REGISTRO DE TIEMPOS DIA 1 100
TABLA 40 REGISTRO DE TIEMPOS DIA 2 100
TABLA 41 REGISTRO DE TIEMPOS DIA 3 100
TABLA 42 REGISTRO DE TIEMPOS DIA 4 100
TABLA 43 REGISTRO DE TIEMPOS DIA 5 101
TABLA 44 REGISTRO DE TIEMPOS DIA 6 101
TABLA 45 INVENTARIO Y ESTADO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS 102
TABLA 46 ESQUEMA DEL SISTEMA LPS 103
TABLA 47 EJEMPLO DE DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES 107
TABLA 48 RESTRICCIONES DEL PROCESO 108
TABLA 49 TEMAS DEL MÓDULO LPS 117
TABLA 50 NUEVOS TIEMPOS PROPUESTOS DE ACTIVIDADES 125
TABLA 51 NUEVOS TIEMPOS PROPUESTOS DE ACTIVIDADES 125
TABLA 52 EQUIPOS PARA APLICACIÓN DE SLURRY SEAL 130
TABLA 53 CÁLCULO COSTO - BENEFICIO 131
TABLA 54 COSTO DE PROPUESTA 133
TABLA 55 COMPARATIVO COSTO-BENEFICIO 134

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

1.1.1 Realidad problemática internacional

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

En una empresa Lean, las personas representan un activo fundamental, la mano de obra está mejor formada, juega un papel más enérgico en la mejora continua y la contratación de personal se lleva a cabo de una manera más ordenada, sostenible y con visión a largo plazo, dando como resultado una mayor calidad laboral. Este sistema fomenta el trabajo en equipo, mejora la comunicación, facilita la visión de conjunto de todo el proceso, ayuda a la identificación temprana de errores seguida de una resolución eficaz y rápida de problemas, y conduce hacia una mayor autogestión. La gestión integral de todo el proyecto pasa del modelo tradicional jerarquizado de mando y orden a un sistema colaborativo y de autoridad distribuida; y de un modelo contractual de tipo transaccional a uno de tipo relacional y de riesgo compartido, en el que se pueden contemplar diferentes niveles de colaboración (PONS ACHELL, 2014).

Con respecto al cliente, el sistema de gestión tradicional que se ha utilizado hasta ahora ha estado más focalizado en los procesos que en la entrega de valor al cliente. Esto es un hecho que hemos podido constatar en los últimos años, ya fuera en la construcción de un edificio de viviendas, una infraestructura pública o un edificio destinado a ofrecer servicios públicos. Los usuarios y consumidores están siendo cada vez más exigentes y ahora están mejor informados, demandan mayor calidad a un menor coste y una entrega de valor que se ajuste más a sus necesidades y condiciones actuales. El cliente – propietario o usuario final pasa a jugar un papel clave dentro de todo el ciclo de vida del proyecto, y es este quien definirá o ayudará a definir los principales valores por los que se regirá el proyecto. Esto requiere más competitividad por parte de las empresas y agentes sociales que intervienen en todo el proceso constructivo. (PONS ACHELL, 2014)

1.1.2 Realidad problemática nacional

Tradicionalmente la Industria de la Construcción se ha caracterizado por la poca planeación que existe desde la propia apertura de la empresa, sus objetivos sociales y la forma como es constituida ésta, en realidad es un problema casi mundial, ya que en general la industria de la construcción, a diferencia de otros sectores productivos donde se usan hasta procesos robotizados, se encuentra técnicamente retrasada, poco industrializada, a pesar de contar con maquinaria y equipo computarizado y profesionales altamente calificados. (MORAN BERMUDEZ & QUISPE CCORIMANYA, 2014)

Pero sin duda la principal característica de este sector es la gran presión de trabajo que deben soportar todos los trabajadores, incluidas las jefaturas, lo cual provoca que no siempre se den soluciones apropiadas a los problemas que se presentan en terreno principalmente porque se vive el día a día. Otro ingrediente de dicha problemática, es el hecho de que el país ha transitado constantemente en los últimos 20 años por problemas de estabilidad económica, habiendo sido la industria de la construcción, el principal termómetro de la economía y la primera que resiente estos trastornos.

Pocas empresas constructoras tienen plantillas fijas de trabajo y otras tantas capacitan a su personal técnico y obrero en algún sector de su proceso, sin embargo, casi nunca tienen control sobre las variables que modifican constantemente las condiciones de producción, poniendo en riesgo a su personal y al patrimonio de estas empresas. Los proveedores que suministran materiales a las empresas constructoras, pocas veces visitan las obras, solo se conforman con vender sus productos sin involucrarse en los procesos de construcción, alteran los volúmenes de suministro y los tiempos en los que deben llegar los insumos a los sitios de utilización, teniéndose flujos de materiales intermitentes que de pronto abarrotan los almacenes del contratista o por el contrario lo que es aún peor los desabastecen. (MORAN BERMUDEZ & QUISPE CCORIMANYA, 2014)

Un buen sistema de planificación mejora en gran manera los inconvenientes nombrados anteriormente. Durante mucho tiempo se han aplicado métodos de planificación tradicionales, los cuales sin duda han sido de gran ayuda durante muchas décadas. En ellos está la esencia de la planificación como tal, por lo que no hay nunca que olvidar estos fundamentos. Sin embargo, los grandes cambios que han experimentado los proyectos de construcción han acarreado cambios en los métodos constructivos, lo cual es completamente

esperable ya que con el desarrollo de nuevos avances tecnológicos se ha logrado modernizar bastante el sector. Estos cambios han acarreado nacimientos de nuevos métodos de planificación, que tratan de adaptarse de mejor manera a los cambios de la industria. Según mi apreciación nunca es malo mejorar los sistemas aplicados, sin embargo, hay que evitar caer en el error de desechar los principios de la planificación tradicional.

Además podemos encontrar un sistema de planificación que en teoría es muy eficaz; pero eso no quiere decir que en la práctica también lo sea. Todas las obras de construcción son de distinta naturaleza, por lo que sólo implementando y adecuando un sistema global podremos ver si los resultados obtenidos en un proyecto en particular son beneficiosos. Además toda implementación de nuevos sistemas tiene su parte difícil ya que cuesta mucho cambiar la forma de enfrentar el trabajo de gente acostumbrada a trabajar de una determinada manera. Es por esto que hay que evaluar los pro y los contra de cada sistema para poder evaluar los resultados netos de la implementación y verificar si es o no tan efectivo como se plantea. (MORAN BERMUDEZ & QUISPE CCORIMANYA, 2014)

1.1.3 Realidad problemática regional

En las regiones de Piura, Lambayeque y Trujillo el desarrollo económico generado por el sector construcción se acentúa en las últimas dos décadas, esto como resultado del intercambio comercial y laboral sostenible, contribuyendo al crecimiento de la industria de la construcción nacional no solo de viviendas sino además a carreteras y lo competente al desarrollo vial de los pueblos.

En el Perú la infraestructura vial es la arteria principal para el desarrollo económico nacional pues facilita el transporte de mercancías, acorta los tiempos de traslados entre zonas distantes, promueve e incentiva el turismo, y representa una de los principales vías para el transporte de las personas, por estas razones nos es de vital importancia optimizar los procesos en infraestructura vial con el fin de garantizar a los usuarios y/o clientes finales carreteras seguras y de calidad. Así no solo contaremos con más y mejores proyectos sino que también seguiremos aportando al desarrollo del país.

Tomando el sistema de Lean Construction como referente y modelo a aplicar para incrementar la productividad de las empresas constructoras en general, y sobre todo en aquellas dedicadas al sector de infraestructura vial, las regiones antes citadas se convierten en un mercado potencial para invertir y obtener muy buenas ganancias, por ello es que el

sistema se encargaría de analizar, controlar e inspeccionar el proceso de acuerdo a los lineamientos del Lean Construction, para garantizar que esa inversión genere no solo utilidades para la empresa si no que otorgue renombre a las obras que la empresa ejecute.

De acuerdo a lo observado en la empresa CONCAR S.A. durante el proceso de aplicación de Slurry Seal, los nodos que afectan la productividad son: la etapa de asignación de personal y maquinaria; la cual genera retraso en el inicio de las actividades, retraso ocasionado como resultado de una mala planificación o falta de organización en la distribución de las labores, del personal asignado a dichas labores y de los operadores responsables y encargados de la maquinaria utilizada durante el proceso. En muchas ocasiones la empresa cuenta con personal experimentado mas no calificado.

La recarga de Micropavimentadora; en ocasiones no se realiza en zonas apropiadas generando retraso en el proceso sino también representa una situación de riesgo para el personal a cargo de dicha actividad, en este punto también se presentan inconvenientes debido a la fallas en el abastecimiento de los insumos utilizados para la aplicación del Slurry Seal, los cuales no son entregados a tiempo o en su defecto son sobre abastecidos en los puntos de almacenamiento mayormente ubicados en zonas específicas a lo largo de la vía misma de la carretera, con lo cual se exponen dichos insumos a agentes externos como el clima, la temperatura y los hurtos, alterando las características físicas y químicas de los insumos, ocasionando pérdidas de tiempos y económicas para la empresa.

Durante la aplicación misma del Slurry Seal, debido a los problemas descritos en los párrafos anteriores; alteran la calidad y composición de la mezcla al no cumplir con los requisitos técnicos recomendados por el laboratorio de suelos y pavimentos de la empresa, área que se encarga de desarrollar el diseño de la mezcla y garantizar su correcta aplicación en el campo mediante los ensayos de laboratorio correspondientes realizados ínsito. Esto lleva a realizar acciones correctivas fuera del cronograma de actividades diarias, para lograr la calidad deseada. Como es política de la empresa de no alcanzar la calidad deseada los trabajos se detienen hasta lograr la óptima calidad de la mezcla y de no ser así se puede incluso llegar a suspender la jornada laboral.

Al presentarse esta problemática, no se puede cumplir con los plazos especificados y planificados por lo que se tiene que revisar parte del proceso y aplicar en este punto las herramientas del sistema Lean Construction, que nos permitan mejorar y optimizar

el proceso de aplicación de Slurry Seal, ya que esta actividad es el eje principal de las obras viales que realiza la empresa.

1.2 Trabajos previos

Los antecedentes de estudio de investigaciones realizadas similares y parecidas a esta investigación están enmarcados en antecedentes de estudio nacional e internacional que describen el diseño de un control interno y administrativo.

1.2.1 Trabajos previos de estudio internacional

(VILLAMIZAR ROA & ORTIZ CONTRERAS, 2016) "Implementar la metodología Lean Construction en la obra ARBORETTO de la constructora COLPROYECTOS S.A.S. ubicada en el municipio de Villa El Rosario, aplicando el Last Planner (último planificador) y el Layout".

Mediante este trabajo de investigación lo que se busca es presentar una guía de referencia para ser aplicada a las obras civiles desde la planeación, hasta su liquidación; optimizando la programación de obra lo que le permita a la empresa incrementar su productividad.

Haciendo uso de las herramientas Lean Construction – Layout, se pusieron en debate posibles soluciones que pueden ser aplicadas y mejorarían sustancialmente el proceso productivo de la empresa; buscando eliminar las actividades improductivas, las restricciones, mejorando y estandarizando las tareas diarias y haciendo una planificación asertiva, lo que le permita a la empresa alcanzar un alto nivel de producción.

(ALPÍZAR ÁVALOS, 2017) "Diseñar el procedimiento de aplicación de la metodología Last Planner System a proyectos de vivienda social de FUPROVI, para optimizar el proceso de las obras".

Su metodología se basa en controlar las actividades programadas, reducir su variabilidad, aumentar la confiabilidad y disminuir la incertidumbre de la planificación mediante la implementación del sistema de planificación "Last Planner" en la obra. Identificar y categorizar las pérdidas presentadas en las actividades de conversión del proceso de estructura en busca de la generación de planes de mejoramiento que evidencia un aumento de la eficiencia del trabajo productivo, disminución del tiempo dedicado al contributivo y reducir al mínimo el tiempo no contributivo.

El sistema “Last Planner” permite reducir los plazos contractuales de ejecución de los proyectos de construcción, al reducir los plazos, permite importantes reducciones de costo ya que se limita la utilización de recursos que se estimaron hasta la fecha.

(NIETO, CANO, & ARANGO, 2017) Implementación de la metodología Lean Construction en la empresa Grammar S.A para desarrollar obras eficientes, optimizando (tiempos, alcance y costos de ejecución, etc.) desde la planificación y control gerencial; y lograr un mejor rendimiento de los recursos dispuestos para los proyectos de la empresa y potencializar las actividades a realizar.

La filosofía Lean es eso, una filosofía y no una receta de pasos a seguir. Para convertir una empresa cualquiera a una empresa Lean, pueden existir una infinidad de caminos diferentes. La aplicación del Lean Construction en la construcción provocaría una serie de mejoras y un cambio de mentalidad en todos los niveles, se empezaría a aplicar el concepto de mejora continua y a dividir las actividades entre las que agregan valor y las que no.

1.2.2 Trabajos previos de estudio nacional

(MORAN BERMUDEZ & QUISPE CCORIMANYA, 2014). “El objetivo principal de este estudio es mostrar cómo se maneja la producción en la construcción de un condominio aplicando algunos conceptos de Lean Construction”.

Su metodología está basada en la Recopilación de información de campo que conforma el expediente técnico de la obra, Extraer información de campo para verificar la productividad en periodo de 3 meses en (la fase de estructuras, rendimientos y recursos), Analizar la documentación obtenida en campo con los datos obtenidos en el expediente técnico (Rendimiento y programación), Constatación de datos de campo con los datos de línea de base.

La filosofía Lean Construction abarca todo el universo del proyecto, desde la definición del proyecto, hasta su uso. La presente tesis se ha enfocado únicamente a la etapa donde se maneja más dinero, la etapa de construcción (lo que Lean llama ensamblaje sin perdidas) y sobre todo haciendo uso de básicamente productividad en la obra.

(Guzmán Tejada, 2014) El objetivo principal de este trabajo es la difusión de los conceptos de la filosofía de construcción llamada Lean Construction, que viene mostrado interesantes resultados en los países en los que se aplica y poco a poco viene ganando terreno en el Perú. Esto se debe a que las empresas del sector están conscientes del grado artesanal que tiene la construcción en nuestro país y le abren las puertas a una nueva metodología que mejorara indudablemente el estado del sector, alentara su crecimiento y por ende el del país.

De los beneficios observados de cada herramienta Lean se puede concluir que la sectorización y los trenes de trabajo son 2 de las herramientas más sencillas de aplicar y que a su vez son las que más aportan en cuanto a mejoras del proyecto con respecto a la visión tradicional. Estas herramientas replantean totalmente la manera de trabajar pasando de un sistema push a un sistema pull, acortan tiempos de ejecución de los proyectos gracias a la superposición de actividades y brindan mejoras en la productividad debido a que se designa cuadrillas específicas para cada tipo de trabajo. Mencionado estos puntos es normal que el uso de estas herramientas se haya divulgado mucho más que otras herramientas más complejas de la filosofía Lean dado las mejoras que representan.

(CHÁVEZ ESPINOZA & DE LA CRUZ AQUIJE, 2014) "Determinar en qué medida influye a la productividad la aplicación de la filosofía Lean Construction en la etapa de construcción en una obra de edificación".

Con las herramientas aplicadas de la Filosofía Lean Construction se mejoró la productividad en las partidas más relevantes de la obra el cual se demostró con la optimización del rendimiento del personal obrero. Se realizó cuadros que muestran las tendencia del rendimiento promedio de las partidas analizas las cuales evolucionaron positivamente generando ganancia al término de las actividades.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Metodología del Lean Construction.

1. ¿Qué es un sistema Lean?

El Lean Lexicon2 define Lean Production o producción ajustada como un sistema de negocio, desarrollado inicialmente por Toyota después de la Segunda Guerra Mundial, para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores, que requiere menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para fabricar productos con menos defectos según los deseos precisos del cliente, comparado con el sistema previo de producción en masa. (PONS ACHELL, 2014).

El uso del término Lean obedece al hecho de que este sistema utiliza menos de todo comparado con la producción en masa: la mitad de esfuerzo humano en la fábrica, la mitad de espacio en la fabricación, la mitad de inversión en herramientas, la mitad de horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto en la mitad de tiempo. Además, requiere mantener mucho menos de la mitad del inventario necesario en el sitio, dando lugar a muchos menos defectos y produce una mayor e incluso creciente variedad de productos (Womack, Jones y Ross 1990). (PONS ACHELL, 2014).

2. Origen de Lean Construction

Durante su estancia en la Universidad de Stanford, California, USA, en 1992, el finlandés Lauri Koskela escribió el documento Aplicación de la nueva filosofía de la producción a la construcción, en el que estableció los fundamentos teóricos del nuevo sistema de producción aplicado a la construcción. El trabajo pionero de Koskela fue un hito clave en el desarrollo de una corriente de investigación sobre la aplicación del sistema de producción Toyota y la filosofía Lean a la industria de la construcción. El término Lean Construction fue acuñado por los fundadores del Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC) en 1993. (PONS ACHELL, 2014)

3. Definición de Lean Construction

Según el Lean Construcción Institute (LCI) en su página web lo define así: "Lean Construction es un enfoque basado en la gestión de la producción para la entrega de un proyecto - una nueva manera de diseñar y construir edificios e infraestructuras". La gestión de la producción Lean ha provocado una revolución en el diseño, suministro y montaje del sector industrial. Aplicado a la gestión integral de proyectos, desde su diseño hasta su entrega, Lean cambia la forma en que se realiza el trabajo a través de todo el proceso

de entrega. Lean Construction se extiende desde los objetivos de un sistema de producción ajustada - maximizar el valor y minimizar los desperdicios - hasta las técnicas específicas, y las aplica en un nuevo proceso de entrega y ejecución del proyecto. (PONS ACHELL, 2014)

4. Beneficios que aporta la implantación de Lean Construction

Un informe sobre el estado de Lean en la Construcción en EE. UU. (2012) y otro informe más reciente de McGraw Hill Construction (2013) sobre la aplicación de Lean Construction en proyectos de edificación revelan que en aquellas empresas que ya han utilizado prácticas Lean entre el 70% y el 85% han alcanzado un nivel alto o medio sobre una amplia variedad de beneficios, entre los que se incluyen como resumen los indicados en la siguiente tabla:

Tabla 1 *Beneficios Lean Construction*

Informe sobre el estado de *Lean* en la Construcción en EE. UU. (2012)	**Informe de McGraw Hill Construction sobre la aplicación de *Lean Construction***
Mejor cumplimiento del presupuesto	Mayor calidad en la construcción.
Menor número de cambio de órdenes y Pedidos	Mayor satisfacción del cliente.
Rendimiento más alto de entregas a	Mayor productividad.
Menor número de accidentes	Mejora de la seguridad.
Menor número de demandas y reclamaciones	Reducción de plazos de entrega.
Mayor entrega de valor al cliente	Mayor beneficio y reducción de
Mayor grado de colaboración	Mejor gestión del riesgo.

Fuente: (PONS ACHELL, 2014)

5. Herramientas del Lean Construction

El Lean Construction cuenta con siete herramientas para una mejor gestión en la programación de obras, dichas herramientas son las siguientes:

A. Variabilidad

Podemos definir la variabilidad para el caso de los proyectos de construcción como la ocurrencia de eventos distintos a los previstos por efectos internos y externos al sistema, está presente en todos los proyectos y se incrementa con la complejidad, velocidad, ubicación y magnitud de los mismos. Estos eventos son aleatorios y no se pueden predecir ni eliminar en su totalidad, es decir se puede predecir que ocurrirán imprevistos mas no sabemos de qué tipo ni cuando, aun así se deben de tomar en cuenta ya que no hacerlo hará que se incrementen significativamente y que generen un impacto mayor en el proyecto. Para el caso específico de los proyectos de construcción la variabilidad es gran problema debido a la cantidad de actividades que se tiene dentro de todo el proceso de construcción. Se sabe que la confiabilidad de una actividad predecesora es del orden del 95%, lo cual es una buena confiabilidad tratándose de un proceso, pero al tener muchas actividades predecesoras el porcentaje de confiabilidad cae enormemente hasta un valor del 8% para 50 actividades predecesoras. (Guzmán Tejada, 2014)

B. Just in time.

El Just in time (justo a tiempo) tiene una ideología simple, que el inventario es una perdida para la producción porque incurre en costos innecesarios, por tal motivo este modelo de gestión de recursos que está basado en los principios del Lean Poduction trata de minimizarlo al máximo gestionando adecuadamente el abastecimiento de materiales. Just in time es un sistema para la producción o suministro de la cantidad correcta de materiales o productos en el momento justo que es necesario para la producción. (Guzmán Tejada, 2014)

Implementar la ideología del Just in time en las obras del Perú y en particular de Lima, requiere de un arduo trabajo en la planificación por parte de la obra y en la búsqueda de proveedores serios que tengan interés de practicar esta metodología como política de funcionamiento en su propia empresa, ya que como sabemos los proyectos de construcción dependen en gran parte de los proveedores que nos abastecen de material y aunque existan

medios para gestionar adecuadamente los recursos a utilizar en obra como por ejemplo el Lookahead, combinarlo con la ideología que presenta el Just in Time seria asumir demasiados riesgos porque estamos poniendo el avance de obra en las manos de los proveedores y dependemos del tipo de servicio que ellos brindan el cual siempre es distinto al que prometen y además nos exponemos a los efector de la variabilidad que en general la filosofía Lean Construction busca reducir. (Guzmán Tejada, 2014)

C. Curva de aprendizaje.

El concepto de curva de aprendizaje fue descrito por primera vez por T.P. Wright en 1936 en un estudio de tiempos requeridos para hacer piezas de aviones, en este estudio se observó que a medida que el trabajo se realiza los trabajadores van adquiriendo mayor experiencia en las labores y por consiguiente el tiempo de ejecución del trabajo se reduce. Wright encontró una relación entre el porcentaje de aprendizaje y la disminución de tiempos en el trabajo asignado, nos dice que cuando una persona haga el trabajo el doble de veces (2n) el tiempo de ejecución se verá reducido al porcentaje de aprendizaje. Finalmente cabe mencionar que este concepto es muy utilizado por el Lean Construction, ya que se enfoca en asignar trabajos específicos a cada cuadrilla para que los trabajos se hagan repetitivos y así poder aprovechar este concepto. (Guzmán Tejada, 2014)

D. Sectorización.

Se llama sectorización al proceso de división de una actividad o tarea de la obra en porciones más pequeñas llamadas sectores, cada sector deberá comprender un metrado aproximadamente igual a los demás para así mantener un flujo continuo entre sectores. El metrado asignado a los sectores deberá ser factible de realizarse en un día. La sectorización está relacionada con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, ya que al dividir el trabajo en sectores más pequeños estamos dividiendo nuestro lote de producción en lotes más pequeños que serán los que transferimos a las actividades siguientes (lotes de transferencia). Asimismo al sectorizar se está optimizando los flujos de recursos en la obra, lo cual genera un beneficio para todo el sistema de producción. La sectorización en la construcción se hace con la finalidad de dividir el trabajo en partes más manejables y poder formar lo que llamamos el tren de trabajo, con esto se podrá separar las cuadrillas por especialidad y optimizar los rendimientos de cada cuadrilla haciendo uso de la curva de aprendizaje. (Guzmán Tejada, 2014)

E. Tren de actividades.

El tren de actividades es una metodología similar a las líneas de producción en las fábricas, en las cuales el producto avanza a lo largo de varias estaciones transformándose en cada una de ellas. Para el caso de la construcción que no es una industria automatizada como las fábricas y no se tiene la posibilidad de mover el producto a lo largo de varias estaciones se creó el concepto de tren de actividades, según el cual las cuadrillas de trabajo van avanzando unos tras otros a través de los sectores establecidos anteriormente en el proceso de sectorización, con esto se pretende tener un proceso continuo y ordenado de trabajo, además de poder identificar fácilmente los avances a través de la ubicación de las cuadrillas en un sector determinado. (Guzmán Tejada, 2014)

F. Buffers.

Se entiende como Buffer un colchón o amortiguador, como sería su traducción al español, que se tiene como alternativa para contrarrestar los efectos negativos de la variabilidad en la construcción. Los Buffers pueden ser de 3 tipos:

- Buffer de Inventario:

El Buffer de inventario es muy común en los proyectos de construcción y es necesario debido a la poca confiabilidad que tienen los proveedores de este rubro. Se entiende como buffer de inventario el tener una cantidad mayor a la necesaria de materiales y/o equipos para evitar que el flujo se detenga ante la falla en la entrega de algún recurso.

- Buffer de Tiempo:

El Buffer de tiempo representa generar un colchón de tiempo para el proyecto que se pueda usar en el caso de que haya complicaciones y de esa manera no salirnos del plazo establecido. En el caso de los proyectos de EDIFICA es común el uso de este tipo de Buffers, ya que en nuestras programaciones solo se cuentan 5 días útiles por semana (Lunes a Viernes) dejando el día sábado como un Buffer de tiempo para realizar los trabajos que no hayan sido cumplidos en los 5 días contados en la programación y de esta manera mejorar el porcentaje del PPC que se mide con el Last Planner.

- Buffer de Capacidad

Los Buffers de Capacidad son principalmente partes o partidas no críticas de la obra que se dejan de programar o realizar según el curso normal del proyecto para que se realicen cuando sea necesario un lugar de trabajo para el personal debido a la falta de frente o para colocar los materiales excedentes. En el caso de EDIFICA se usa este tipo de Buffer en varias actividades como por ejemplo se deja la nivelación del último sótano para ocasiones en las que no se tenga un frente de trabajo para una determinada cuadrilla y para no perder las horas de ese personal se le asigna dicha actividad. (Guzmán Tejada, 2014).

G. Last Planner System.

El Last Planner System es una herramienta de la filosofía Lean Construction que se ubica dentro del LPDS en la fase de control de la producción y engloba otras herramientas de control de producción como la planificación maestra, planificación por fases, lookahead, plan semanal, porcentaje de plan cumplido y causas de no cumplimiento. El "Last Planner" o ultimo planificador es el que ejecuta el LPS, se define como la persona o grupo de personas que tienen la función específica de asignar el trabajo y transmitirlo directamente a campo, es decir están en el último nivel de planificación y se encargan de que toda la planificación se transmita efectivamente a los trabajadores de campo. Adicionalmente la función del último planificador es lograr que lo que queremos hacer coincida con lo que podemos hacer y finalmente ambas se conviertan en lo que vamos a hacer. La teoría del último planificador está enmarcada en un esquema de planificación a corto plazo con el fin de asignar trabajos que tengamos la seguridad de que serán cumplidos y a través del cumplimiento de las programaciones cortas se pueda cumplir la programación a largo plazo. (Guzmán Tejada, 2014).

a) Planificación maestra.

La planificación maestra o master Schedule es un plan que identifica los principales acontecimientos o hitos de un proyecto (Inicio, entrega al cliente, procura de componentes de largo plazo, movilizaciones en campo, diseño completo, licencias, etc.) y sus fechas. A menudo es la base para los acuerdos contractuales entre el cliente, contratista y otros miembros del equipo de trabajo del proyecto. Esta programación es la base para todo el sistema Last Planner, ya que de esta se desprenderán las programaciones de mediano

y corto plazo, por lo tanto es muy importante que esta se realice teniendo en cuenta el desempeño real de la empresa en obra. (Guzmán Tejada, 2014)

b) Líneas de Balance.

La Línea de Balance es una técnica de planificación que nos permite mostrar cada actividad a realizarse en un proyecto de construcción como una sola línea en vez de una serie de actividades como se haría en un diagrama de barras, resultante de CPM, PDM o PERT. Este método es recomendable para el caso de proyectos repetitivos, ya sea un edificio o varias unidades de viviendas que requieren el mismo tipo de trabajo a lo largo de todo el proceso de producción. (Guzmán Tejada, 2014)

c) Phase Plan o Pull Plan (Pull Planning)

La programación por fases es usada para desarrollar un planeamiento de trabajo más detallado que el cronograma general de obra que especifica hitos en cada fase importante del proyecto. En la programación por fases se analiza los trabajos a realizarse para cumplir con el hito, las interacciones entre los distintos especialistas involucrados en la fase y los entregables de cada responsable. Los entregables o restricciones establecidas en el programa de fase quedan como acuerdos que tiene que cumplir todo el equipo de trabajo. La planificación de la fase se realiza bajo técnicas "pull" (realizar solo el trabajo que sea necesario para una actividad sucesora), para esto se inicia la planificación desde la fecha de entrega hacia atrás, logrando así realizar solo el trabajo que será necesario para trabajos inmediatamente siguientes, con esto se logra enfocarnos en los trabajos que agregan valor y reducir la sobreproducción (uno de los 7 tipos de desperdicios) que genera inventario de trabajo ejecutable. La metodología establecida por el LCI para realizar la programación por fases se basa en hojas o post it que se colocan a lo largo de una pizarra en la cual se detallan las fases y el tiempo del proyecto, cada post it representa una actividad o restricción que debe ser liberada para poder continuar con los trabajos, estos se colocan en la pizarra con un responsable, una fecha de entrega y un requerimiento ya sea de trabajo o información. Para realizar la programación por fases primero se debe establecer la secuencia lógica de actividades según el proceso constructivo y ordenar los post it de la pizarra acorde a esa secuencia, luego se debe determinar la duración de cada actividad puesta en la pizarra para establecer la duración total de la fase (se debe colocar el tiempo real o ideal de cada actividad, sin incluir holguras). Una vez establecido esto el equipo de trabajo debe reexaminar en plan

en cuanto a la lógica del proceso y la duración de actividades para definir la holgura de la fase y qué hacer con ella, para esto se tienen 3 opciones (1. Asignarlo a la actividad o actividades con mayor potencial de variabilidad, 2. Retrasar el inicio de la fase, 3. Acelerar el inicio de la fase). (Guzmán Tejada, 2014)

d) Look Ahead Plan

Según el LCI, el lookahead plan es una planificación de intervalo corto, basado en la planificación de fase, que identifica todas las actividades a ser ejecutadas en las próximas semanas (el número de semanas puede variar en función de la variabilidad y el tiempo necesario para el levantamiento de restricciones de cada proyecto). El Lookahead plan es actualizado cada semana y siempre identifica las actividades nuevas que ingresan al plan (6 semanas después) para que de esta manera el equipo de gestión del proyecto pueda adoptar las medidas necesarias para asegurar que el trabajo esté listo para ejecutarse en la semana indicada. Como su nombre lo explica el Lookahead (mirar adelante) tiene la finalidad de dirigir los esfuerzos de la construcción no a controlar la programación para evitar errores, sino a prevenirlos gestionando lo necesario para las actividades que se esperan ejecutar en el futuro cercano, promoviendo tomar acciones en el presente para obtener buenos resultados en el futuro. Para poder cumplir con su finalidad el lookahead no solo incorpora una programación de las actividades a realizar en el periodo determinado para el lookahead, sino también se incorporan los requerimientos que harán posible que las actividades del plan pasen a la programación semanal. (Guzmán Tejada, 2014)

e) Inventario de trabajo ejecutable (Workable backlog)

Cuando liberamos las restricciones de alguna actividad, esta actividad pasa inmediatamente a una lista de actividades que podemos ejecutar. Esta lista es el llamado inventario de trabajos ejecutables. En esta etapa, estamos pasando desde las actividades que se deben hacer, hacia las actividades que se pueden hacer. En el inventario de trabajo ejecutable no sólo pueden haber tareas de las semanas futuras, sino que también puede haber tareas que se debían o podían haber ejecutado en la semana en curso; pero que no lo hicieron al no ser consideradas en las asignaciones semanales. Esto es muy común ya que la idea es mantener un ITE que asegure un trabajo realizable por unidades con el doble de capacidad que las que se tienen efectivamente en obra, esto con el objetivo de no tener nunca unidades ociosas por el motivo de no tener potenciales trabajos para ejecutar en caso que falle la

realización de alguna actividad considerada en el programa semanal. No hay que ser siempre tan negativos y podemos ponernos en el caso que las actividades programadas se cumplan antes de lo esperado. Esto también puede ser un foco de tiempo ocioso para la unidad si es que no hubiera trabajo listo para ejecutar. Entonces, teniendo un inventario de tareas potencialmente realizables, puedo elegir qué haré desde un universo de lo que puedo hacer. (Guzmán Tejada, 2014)

f) Programación semanal (Weekly work plan)

La programación semanal es un programa de corto plazo que se desprende del lookahead en el cual se ha hecho un análisis de restricciones previo para eliminar las restricciones y así asegurar que los trabajos que se vayan a programar puedan contar con los recursos necesarios, es decir se toman las actividades que fueron libradas de restricciones y por lo tanto formaban parte del ITE. Las metodologías de medición que aplica el lean están basadas principalmente en las programaciones semanales, tal es el caso del PPC (porcentaje de plan cumplido), por consiguiente es muy importante para obtener buenos resultados que estos programas se cumplan en la mayor parte posible y algunas características fundamentales para lograr este propósito son las siguientes:

- Levantar restricciones en el lookahead.
- La cantidad de trabajo asignada debe ser la adecuada según la cuadrilla.
- Escoger correctamente la secuencia de los trabajos a realizar.
- Definir correctamente los trabajos y asegurarse que llegue a campo de manera entendible para los encargados.

g) Programación diaria

La programación diaria es el último escalón en la metodología de planificación y programación que propone el sistema Last Planner dentro de la filosofía Lean Construction, esta programación se desglosa de la programación semanal, la cual es una programación de corto plazo, con la finalidad de ser transmitida a campo para que todos los equipos tengan claro las actividades que tienen que realizar en la jornada de trabajo. Esta programación la elabora el último planificador partiendo de los resultados del día y siguiendo lo programado para la semana, por lo cual también se usa para controlar los avances diarios dentro de la obra para que a partir de estos se controlen los avances semanales y de esto

realizar el PPC correspondiente. La programación diaria al ser una programación que va de la oficina técnica de la obra al campo tiene que tener características distintas a las anteriores, ya que se necesita que todos los involucrados en el proceso de construcción (maestro, capataces, operarios, etc.) entiendan la información que se trata de transmitir, por consiguiente se puede realizar de manera gráfica en pequeños planos separando las actividades para que se puedan identificar con facilidad y evitar confusiones al momento de asignar tareas en campo, o de manera textual detallando adecuadamente los elementos y su respectiva ubicación. (Guzmán Tejada, 2014)

H. La Teoría de las Restricciones (Theory of Constraints)

La Teoría de las Restricciones (TOC) establece que un conjunto de procesos interrelacionados y dependientes entre sí generan una producción según la capacidad del proceso más lento. La forma de aumentar la velocidad del conjunto es incrementando la capacidad del proceso más lento.

Esta teoría se centra en los factores limitantes a los cuales los denomina como restricciones o "cuellos de botella". En toda empresa existe por lo menos una restricción, caso contrario esta generaría ganancias ilimitadas16. Siendo las restricciones los factores que bloquean la obtención de dichas ganancias, se induce que toda gestión debe apuntar a encontrar y controlar las restricciones. La teoría de restricciones se aplica para una línea de producción o un sistema compuesto por varios procesos. La construcción se divide en varios procesos pequeños que trabajan uno después de otro similar a una línea de producción de una fábrica con la única diferencia que en el caso de las fabricas el producto pasa por las estaciones de trabajo y en la construcción son las estaciones de trabajo las que recorren el producto, es así que estos conceptos son totalmente aplicables para el campo de la construcción y es de aquí de donde nace la optimización de flujos y procesos que describe la filosofía lean. (Guzmán Tejada, 2014).

1. El concepto muda o desperdicio

Lean es crear valor para el cliente y eliminar desperdicio. Según la filosofía Lean, todo lo que no es valor para el cliente es muda o desperdicio que puede ser eliminado o minimizado. Por lo tanto, es necesario comprender primero el significado de muda o

desperdicio para seguir avanzando en el conocimiento del sistema Lean. (PONS ACHELL, 2014)

2. Clasificación de los desperdicios

Taiichi Ohno clasificó los 7 desperdicios que causaban la mayor parte de las interrupciones del flujo dentro de la cadena o flujo de valor en la planta de producción que él mismo dirigía. Además agrego el desperdicio del talento y la falta de creatividad según fue definido por Jeffrey Liker. (PONS ACHELL, 2014)

a) Sobreproducción. Producción de cantidades más grandes que las requeridas o más pronto de lo necesario; planos adicionales (no esenciales, poco prácticos o excesivamente detallados); uso de un equipamiento altamente sofisticado cuando uno mucho más simple sería suficiente; más calidad que la esperada.

b) Esperas de Tiempo de inactividad. Esperas, interrupciones del trabajo o tiempo de inactividad debido a la falta de datos, información, especificaciones u órdenes, planos, materiales, equipos, esperar a que termine la actividad precedente, aprobaciones, resultados de laboratorio, financiación, personal, área de trabajo inaccesible, iteración entre varios especialistas, contradicciones en los documentos de diseño, retraso en el transporte o instalación de equipos, falta de coordinación entre las cuadrillas, escasez de equipos, repetición del trabajo debido a cambios en el diseño y revisiones, accidentes por falta de seguridad.

c) Transporte innecesario. Se refiere al transporte innecesario relacionado con el movimiento interno de los recursos (materiales, datos, etc.) en la obra. Por lo general, está relacionado con la mala distribución y la falta de planificación de los flujos de materiales e información. Sus principales consecuencias son: pérdida de horas de trabajo, pérdida de energía, pérdida de espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas de material durante el transporte.

d) Sobreprocesamiento. Procesos adicionales en la construcción o instalación de elementos que causan el uso excesivo de materia prima, equipos, energía, etc. Monitorización y control adicional (inspecciones excesivas o inspecciones duplicadas).

e) Exceso de inventario. Se refiere a los inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material (por deterioro,

obsolescencias, pérdidas debidas a condiciones inadecuadas de stock en la obra, robo y vandalismo), personal adicional para gestionar ese exceso de material y costes financieros por la compra anticipada.

f) Movimientos innecesarios. Se refiere a los movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo. Pérdida de tiempo y bajas laborales.

g) Defectos de calidad. Errores en el diseño, mediciones y planos; desajuste entre planos de diseño y planos de estructura o instalaciones, uso de métodos de trabajo incorrectos, mano de obra poco cualificada. Las dos consecuencias principales de la mala calidad son: la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente.

h) Talento. Se pierde tiempo, ideas, aptitudes, mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje y de conseguir altos rendimientos por no motivar o escuchar a los empleados y por tener una mano de obra poco cualificada, poco formada, mal informada y con falta de estímulos y recursos para la mejora continua y la resolución de problemas. (PONS ACHELL, 2014)

1.3.2 Optimizar el proceso de aplicación de Slurry Seal.

1. Optimización de procesos

En las décadas de los 60 y 70 se presentó un enorme desarrollo en la magnitud y complejidad de las organizaciones industriales. La toma de decisiones administrativa se ha vuelto muy compleja e implica grandes cantidades de trabajadores, materiales y equipo. El papel del ingeniero industrial es ayudar a la administración en la toma de estas decisiones sobre una base más rutinaria y objetiva. Desde el punto de vista del ingeniero industrial, una decisión es una recomendación para el "mejor" diseño u operación de un determinado sistema o proceso de ingeniería, de manera que se reduzcan al mínimo los costos o que las ganancias se eleven al máximo. Al emplear el término "mejor" se implica que se dispone de un conjunto o elección de cursos alternativos de acción para tomar una decisión. El término "optimo" se usa generalmente para denotar máximo o mínimo y el proceso general de maximización o minimización se denomina "optimización". El ingeniero industrial no solo

trata problemas de optimización en el diseño de sistemas industriales y de servicio, sino también los de fabricación y operación de estos sistemas una vez que están diseñados.

a) Elementos claves de un estudio de optimización.

Límites del sistema. Antes de emprender cualquier estudio de optimización, es importante definir claramente los límites del sistema que se investiga. En muchos casos es necesario, a fin de analizar un sistema dado, expandir los límites del mismo para incluir ciertos sistemas interconectados que influyen en la operación del que se estudia. Es importante reconocer que lo óptimo es específico solamente para el sistema que se investiga, y puede no ser aplicable a un sistema mayor que abarque al sistema que se estudia.

Criterios. Los criterios que se emplean en un estudio de optimización se relacionan con las medidas de efectividad que se usan para comparar diferentes alternativas. La mayoría de los estudios de optimización comprenden varias medidas de efectividad. Las más importantes se determinan durante la definición del sistema y la etapa de estudio de objetivos. En muchos sistemas físicos y económicos, generalmente el criterio es costo, ganancia o productividad, pero un sistema social puede tener muchos criterios que se deben optimizar.

Variables independientes de decisión. El tercer elemento clave en un estudio de optimización es la determinación de las variables independientes de decisión que están bajo control administrativo. Es indispensable hacer una distinción entre las entradas o insumos, que se dan constantes respecto al estudio de optimización y las variables de decisión, que son las diferentes alternativas en investigación. Una elección deficiente o inadecuada de las variables e decisión podría desviar los resultados de un estudio de optimización y producir resultados erróneos. Las alternativas que no se tienen en cuenta no se pueden usar aun cuando se sepa que son convenientes.

Variables incontrolables. Otro elemento clave es determinar las variables incontrolables que tienen efecto sobre sobre las operaciones del sistema. Estas no están bajo control administrativo, pero pueden cambiar y afectar el comportamiento del sistema que se estudia.

b) Propósito de un estudio de optimización.

El propósito fundamental de todos los estudios de optimización no siempre consiste en tratar de determinar la “verdadera” operación “óptima” del sistema.

En la práctica, algunos de los beneficios primarios se asocian con el conocimiento del sistema que se estudia y con la descripción cuantitativa de este en términos de tablas. Por si misma, esta descripción cuantitativa sugiere áreas de mejoramiento de operaciones y posibles cuellos de botella en el sistema. Un estudio de optimización permite, identificar variables importantes en el sistema (tanto controlables como incontrolables).

2. Mortero Asfaltico (Slurry Seal).

Mortero asfáltico ó llamado también en inglés, Slurry Seal es una mezcla de finos, agregados con granulometría densa mezclados con emulsión asfáltica, agua y Filler los cuales pueden ser aplicados en capas delgadas sobre la superficie desgastada del pavimento. Normalmente es preparada y aplicada por una mezcladora-pavimentadora especialmente diseñada, pero pueden ser mezclados en mezcladores portátiles simples y aplicados manualmente. El Slurry Seal es una mezcla rica en asfalto usada principalmente para el mantenimiento preventivo ó para corregir defectos menores en rutas principales ó interestatales, urbanas y zonas residenciales, pistas de aeropuertos y áreas de parqueos, estacionamientos y aceras. Es normalmente diseñado no más grueso que 1 ½ veces más el agregado de mayor tamaño, típicamente 3-14 mm (1/ 8-9 / 16” de espesor). El Slurry Seal puede ser aplicado a nuevas o superficies negras existentes (pavimento asfáltico), concreto, para estabilizar bases y sobre nuevos o usados tratamientos superficiales. Los riego de liga son normalmente requeridos excepto en concreto. La compactación no es generalmente requerida excepto para áreas en donde no hay tráfico, como playas de estacionamiento y pistas de aeropuertos. (ASFALTOS, 2014).

Tabla 2 *Beneficios de Slurry Seal*

Slurry Seal

- Impermeabilidad (sellado).
- Sellado de fisuras
- Resistencia al deslizamiento en carreteras de bajo tráfico.
- Color o textura definida
- Estético, proporciona una superficie uniforme de color negro.
- Superficie para nuevas señalizaciones viales
- Sellado de carpeta base.
- Capa base para tratamientos superficiales en superficies duras.
- Estabiliza superficies mostrando menor deformaciones.
- Regula la base debajo del micro-pavimento.
- Riego de liga bajo asfalto poroso.

Fuente: (ASFALTOS, 2014)

a) Principios del Slurry Seal

Emulsión, agua, agregado y Filler son mezclados en una mezcladora-pavimentadora móvil para dar la consistencia al mortero, luego es esparcido sobre la superficie del pavimento. Tan pronto como los componentes son mezclados, comienza un proceso que conlleva a la eventual ruptura de la emulsión. La velocidad de este proceso depende de la química del agregado y del Filler, la formulación de la emulsión, el tipo y concentración de aditivos y la temperatura. En orden a asegurar que el mortero sea esparcido en la superficie del pavimento, un tiempo de mezcla mínimo de 30-180 segundos es requerido dependiendo del diseño de la máquina, durante el cual el mortero permanece fluido y puede ser distribuido sobre la superficie del pavimento. Trabajo manual puede requerir un largo tiempo de mezclado. Una vez esparcido en el pavimento el mortero rompe gradualmente cuando la emulsión no demora en ser separada y el agua libre es expulsada. El sellado se torna de marrón a negro. Este tiempo de ruptura es también asociado con un inicial desarrollo de cohesión, la cual puede ser medida. Eventualmente el sellado construye suficiente cohesión para permitir la abertura al tráfico. La pérdida de gran parte de agua puede ocurrir en 24-48 horas, según el espesor de capa del Slurry Seal y puede tomar algo de tráfico para reducir los vacíos. Debido a su alto contenido de asfalto y espesor, los sellos con mortero curan y densifican más rápidamente.

El Slurry Seal puede ser formulado para romper lentamente, variando el tiempo de abertura al tráfico de 2-4 horas. Morteros de ruptura lenta son generalmente más tolerantes a las variaciones en condiciones y requiere un equipo simple para pavimentar. (ASFALTOS, 2014)

b) Componentes del Slurry Seal

Agregado. La Asociación Internacional de Recubrimientos con Mortero (Internacional Slurry Surfacing Association - ISSA) describe tres granulometrías de agregados, Tipo I, II y III. Granulometrías más gruesas con un tamaño mayor de 11 mm fueron usadas satisfactoriamente para llenado de fisuras y agregados de granulometría clasificada, con ó sin aditivos de fibras, son también especificados en algunos países.

Filler mineral. Morteros generalmente contienen un Filler como cemento Portland o cal hidratada en un nivel hasta de 2%. El Filler puede modificar el comportamiento de ruptura de la superficie de mortero y puede ser incluido en diseños de mezcla en laboratorio. Pavimentos con morteros permiten la dosificación separada del Filler y la adición podría ser ajustada en el campo para proporcionar el adecuado flujo y características de ruptura del mortero. Fibras ó pigmentos pueden ser incorporados en el mortero, en cuyo caso ellos son generalmente añadidos en el pavimento. Ciertas carpetas con emulsiones podrían estar ya pigmentadas.

Emulsión asfáltica. Emulsiones asfálticas adecuadas para un sello con mortero son normalmente del tipo CSS-1h, pero ellas necesitan ser probadas específicamente en compatibilidad y reactividad con el agregado usado. Las emulsiones pueden incorporar polímero. El nivel de asfalto en el diseño de mezcla es primeramente determinado por el uso y propiedades de adhesión del sellado.

Agua - agua es añadida para proporcionar la adecuada consistencia al mortero, generalmente alrededor del 10% en peso del agregado seco. (ASFALTOS, 2014)

Tabla 3 *Granulometrías de agregados ISSA*

TIPO	I	II	III

TAMAÑO DE TAMIZ			
9.5 mm (3/8”)	100	100	100
4.75 mm (Nº4)	100	90 - 100	70 - 90
2.36 mm (Nº8)	90 - 100	65 - 90	45 - 70
1.18 mm (Nº16)	65 - 90	45 - 70	28 - 50
600 microns (Nº30)	40 - 65	30 - 50	19 - 34
300 microns (Nº50)	25 - 42	18 - 30	12 - 25
150 microns (Nº100)	15 - 30	10 - 21	7 - 18
75 microns (Nº200)	10 - 20	5 - 15	5 - 15
Contenido de asfalto en mortero %	10 - 16	7.5 – 13.5	6.5 - 12
Tasa de aplicación típica kg/m2 (lb/yd2)	3.6 - 5.4 (8 - 12)	5.4 - 9.1 (12 - 20)	8.2 - 13.6 (18 - 30)
Contenido de asfalto en micropavimento %	-	5.5 - 9.5	5.5 - 9.5
Tasa de aplicación típica kg/m2 (lb/yd2)	-	5.4 - 9.1 (12 - 20)	8.2 - 13.6 (18 - 30)

Fuente: (ASFALTOS, 2014)

3. Métodos de Ensayos Mortero Asfáltico

La ISSA tiene publicados métodos de ensayos y una guía para el diseño de superficies con mortero y algo forma parte de las normas ASTM. Además de los ensayos convencionales para determinar la granulometría y calidad del agregado, han desarrollado métodos específicos para las propiedades del mortero. Los principales ensayos se resumen a continuación:

a. Ensayo de mezcla (Mix Test)

Muestras de agregado de 100 g ó 200 g son mezcladas manualmente, primero con Filler, luego agua (opcionalmente contiene aditivo de control), luego emulsión. Después de 30 segundos parte de la mezcla es retirada y la que permanece se mezcla hasta que la emulsión rompa (tiempo de mezclado).

En la muestra que fue apartada se trata de observar la exudación del agua utilizando un papel de filtro. Cuando el agua es liberada se obtiene aproximadamente el tiempo de ruptura. Tiempos de mezcla en el rango de 30-180 segundos pueden ser aceptados

dependiendo del tipo de pavimentadora de mortero usada. Trabajos manuales pueden requerir tiempos de mezcla mayores.

b. Ensayo de Adherencia en Húmedo (Wet Stripping Test)

Ensayo de recubrimiento (en ebullición) del sello curado.

c. Contenido de asfalto en exceso por el ensayo de Rueda Cargada

(Loaded Wheel Tester, LWT). Una pequeña capa de mortero se coloca en el espesor necesario usando un molde especial y cuando es completamente curado, es sometido a un dispositivo de rueda cargada durante 1000 ciclos. Arena caliente es esparcida sobre el sello y se completan 1000 ciclos más. El asfalto en exceso es determinado por el peso adherido a la arena.

d. Ensayo de abrasión en húmedo (Wet Track Abrasión Test, WTAT)

Un espécimen circular de mortero es preparado con un molde especial y cuando es completamente curado, es humedecido por inmersión en agua por un periodo especificado de 1 hora o 6 días. Luego este es sometido a la abrasión bajo agua por una pesada rueda de caucho montada en un agitador planetario. La pérdida de peso es una medida de la durabilidad de la superficie. El ensayo incluye curado a 60°C (140°F) pero algunas autoridades modifican el ensayo y especifican que el curado se haga a temperatura ambiente.

e. Resistencia a la Deformación Permanente por el Ensayo de Rueda Cargada (LWT)

El ensayo es particularmente aplicable a un micro-pavimento usado en gruesas capas por ejemplo llenado de fisuras. Una muestra de ½" espesor de mortero asfáltico es preparada usando un molde especial y curado completamente a 60 ° C durante 18-20 horas. La superficie es colocada bajo el dispositivo de rueda cargada y sometida a 1000 ciclos. La deformación es medida por una nueva medida del ancho y espesor. La gravedad específica después del ensayo indica la compactación bajo la carga. (ASFALTOS, 2014)

4. Diseño de mezcla

La ISSA da recomendaciones en cuanto a los procedimientos para ser utilizados en el diseño de mezclas basadas en los ensayos mencionados y en otros. Un procedimiento típico es como sigue:

a. Un agregado es seleccionado si cumple con la granulometría, equivalente de arena y otros requerimientos de uso en mortero asfáltico.

b. El punto de inicio es el contenido de emulsión (dentro del rango permitido) ya sea calculado a partir de la granulometría, estimada usando el ensayo de equivalente de arena.

c. La formulación de la emulsión que da el correcto tiempo de mezclado y el contenido de agua que da la adecuada consistencia del mortero, es determinada por especímenes mezclados manualmente. El nivel de Filler mineral puede ser ajustado si es necesario.

e. El comportamiento de curado de la mezcla es determinado por ensayos de cohesión en especímenes pequeños. La formulación de la emulsión, contenido de Filler ó tipo de Filler puede ser ajustado.

f. Las características de uso de sello son ensayadas por el WTAT. Para superficie con mortero el nivel de asfalto puede ser incrementado hasta que la mínima abrasión sea lograda. En algunos casos la formulación de la emulsión ó contenido de Filler mineral ó tipo pueden necesitar ser ajustados en este punto.

g. El asfalto en exceso ó máximo contenido de asfalto para evitar el sangrado del sello es verificado por el LWT.

h. La resistencia a la deformación es determinada en diferentes contenidos de asfalto y aquel diseño que da resultados satisfactorios en ambos ensayos WTAT y LWT, es elegido.

i. La adhesión de los componentes puede ser confirmada por el ensayo de adherencia en húmedo. (ASFALTOS, 2014)

5. Proceso Constructivo

Según (ASFALTOS, 2014) La estabilización de suelos con materiales asfálticos busca una impermeabilización y adhesión (cohesión) del material, mejorando así la

resistencia al corte por cohesión y reducción de resistencia por penetración de agua. Los materiales comúnmente utilizados para ser estabilizados con materiales asfálticos, son las arenas y gravas, utilizando para la estabilización emulsiones de curado y rompimiento medio y lento.

El proceso constructivo incluye una serie de variables que dependen del aditivo, del material e inclusive del equipo que se utilice para la construcción. En los casos en los que la estabilización se realice con bitumen, el procedimiento de construcción consta de etapas similares a las de la cal y el cemento, con algunas diferencias. Una de ellas es el proceso de aireación que se requiere antes de la compactación. A la mayoría de los diluyentes que hacen trabajable la mezcla con bitumen en frío se les debe permitir la evaporación. En la mayoría de los casos, esto ocurre durante el mezclado y la colocación, por lo que en estos casos es requerida muy poca aireación, pero alguna ayuda extra es requerida ocasionalmente para acelerar el proceso y disipar el exceso de diluentes, esto permitirá que la mezcla esté lo suficientemente aireada, pues de lo contrario los compactadores tendrían dificultad de desplazarse y se requerirán excesivas energías de empuje para la compactación. El proceso constructivo consta de los siguientes pasos;

1.- Toma de muestras de la base, análisis granulométrico

2.- Escarificar, pulverizar y pre humedecer el suelo.

3.- Esparcir la Emulsión y mezclar.

4.- Reconformar la superficie.

5.- Aplicar agua, mezclar y compactar

6.- Nivelar, afinar, Curar.

7.- Colocar Slurry Seal de 1 cm (carpeta existente)

8.- Colocar Slurry Seal 2 cm (carpeta no existente) (ASFALTOS, 2014)

6. Definición conceptual de la terminología empleada

1. **A pie de obra:** se dice de los materiales colocados dentro del recinto de **la obra.**
2. **Acabado áspero:** terminado áspero de la capa superficial de una calzada.

3. **Acera:** parte de la vía urbana o de una obra de arte destinada exclusivamente al tránsito de peatones.
4. **Adherencia (ligantes):** resistencia a la separación de un ligante en contacto con agregados, bajo el efecto de acciones exteriores.
5. **Adherencia (transito):** poder de unión de las ruedas con la superficie de rodamiento del camino, en relación al peso aplicado. También denominado fricción.
6. **Adhesivo:** aditivos de distintos tipos empleados para mejorar la adherencia entre el asfalto y los agregados.
7. **Aditivo:** modificador de la calidad de un material para conferirle las características adecuadas para el objeto de su empleo.
8. **Agregado:** material árido que actúa como inerte en morteros y hormigones.
9. **Alcantarilla:** canal o conducto que da salida a las aguas.
10. **Alimentador:** dispositivo destinado a proveer de material a las máquinas de elaboración.
11. **Alineamiento:** eje trazado de una vía.
12. **Año horizonte:** año para cuyo tráfico previsible debe ser proyectada la carretera.
13. **Arena:** material granular resultante de la desintegración molienda o trituración de la roca, cuyas partículas pasan por la malla cuadrada de 4.76 m (#4) y son retenidas por la malla de 0.077 m (#200).
14. **Asfalto:** uno de los líquidos residuales de la destilación del crudo de petróleo, que se encuentra en estado natural u se obtiene por medios mecánicos.
15. **Bache:** hoyo en una superficie de rodadura.
16. **Bacheo:** arreglo de una via mediante el relleno de sus baches.
17. **Badén:** cruce empedrado que se hace en una carretera para dar paso a un corto caudal de agua.
18. **Baranda:** estructura instalada en un puente o en los bordes de una vía para protección de los peatones y seguridad de los vehículos.
19. **Barredera sopladora:** maquina remolcada o autopropulsada provista de uno o más cepillos giratorios y de un dispositivo soplador, que se utiliza principalmente para el barrido y eliminación de polvo en trabajos de pavimentos generalmente asfalticos y en limpieza de calles y superficies de tránsito.

20. **Base:** capa o capas de agregados o suelos tratados, destinos a distribuir las cargas provenientes del peso de los vehículos, sobre la subbase o la superficie subrasante de la vía, y encima de las cuales va la capa de rodadura.
21. **Berma:** franja longitudinal, pavimentada o no, comprendida entre el borde exterior de la calzada y la cuneta o talud.
22. **Bifurcación:** división de una vía en ramales uno de los cuales cuando menos se aparta de la dirección primitiva.
23. **Bombeo:** pendiente transversal de la superficie de rodadura en las tangentes de una obra vial, que tiene por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua.
24. **Brea:** residuo liquido en caliente y solido en frio, obtenido por destilación de alquitranes, etc. Cuando no especifica el oxígeno se sobrentiendo que la brea procede del alquitrán de hulla.
25. **Cantera:** yacimiento rocoso susceptible de explotación industrial.
26. **Carretera:** vía de transito público en zonas no urbanas, que tiene especificaciones mejores que las de un camino.
27. **Cemento asfáltico:** el resultante de la refinación del petróleo crudo por métodos apropiados, su densidad está comprendida entre 40 y 300 grados.
28. **Cemento portland:** producto obtenido de la pulverización de clinca portland, mezclada con sulfato de calcio finamente molido. Tiene la propiedad de fraguar por hidratación y obtener gran dureza, especialmente bajo el agua.
29. **Cohesión:** fuerza de unión entre las partículas de un suelo, cuya magnitud depende de la naturaleza del mismo. Está representada por el termino C de la fórmula de Coulomb.
30. **Compactación:** operación mecanizada para dar a los suelos y agregados la densidad conveniente.
31. **Control de exudación:** tratamiento destinado a fijas la superficie de un pavimento asfaltico mediante la incorporación de arena o agregados.
32. **Cuarteo (suelos):** proceso que se practica con una muestra de suelo para obtener una cantidad representativa, adecuada y menor que la original.
33. **Cuneta:** zanja construida al borde de la carretera para recoger y evacuar las aguas superficiales.
34. **Densidad seca (suelos):** peso de un material seco por unidad de volumen.

35. **Docilidad:** facilidad con que una mezcla puede ser elaborada, distribuida, conformada y terminada.
36. **Dren:** excavación en forma de zanja, rellena con material filtrante, que aleja las aguas o impide que estas alcancen niveles perjudiciales.
37. **Eje:** línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal.
38. **Empalme:** conexión de una carretera con otras, acondicionada para el tráfico vehicular.
39. **Emulsión:** sistema en equilibrio estable de dos líquidos no miscibles, disperso el uno en el otro.
40. **Ensayo de adherencia en ligantes:** el que se hace para determinar la mayor o menor adherencia del asfalto a la piedra.
41. **Ensayo de asentamiento:** el que se hace para medir la consistencia de un mortero u hormigón.
42. **Estabilidad de una emulsión:** capacidad de una emulsión para mantener la unión intima de sus componentes.
43. **Excavación de corte:** extracción de materiales con equipo a o a mano para la construcción de una carretera u obra de arte.
44. **Exudación:** aparición de un líquido en forma de gotas, en la superficie de la calzada, por su ascensión a través de los vacíos que existen en el pavimento.
45. **Factor de hora – pico:** relación entre el volumen real de transito durante la hora-pico y el calculado a base del máximo ocurrido en un periodo de n minutos, el cual se considera constante para toda hora.
46. **Filtración:** paso del agua a través de una capa permeable o por fisuras.
47. **Fisura:** hendidura fina en la superficie de una calzada u obra de arte.
48. **Fraguado:** proceso exotérmico en el cual la pasta acuosa de un conglomerante adquiere trabazón y consistencia iniciales, merced a las modificaciones físico-químicas que tienen lugar entre el conglomerado y el agua.
49. **Granulometría:** características de un agregado que se refiere a la distribución de sus partículas según sus dimensiones.
50. **Grava:** material granular resultante de la desintegración natural de las rocas, cuyo tamaño oscila entre 2.0 mm y 76.2 mm

51. **Guardavías:** sistema de contención de vehículos empleado en los márgenes y separadores de las carreteras.
52. **Imprimación:** operación consistente en extender un ligante hidrocarbonado en estado líquido sobre una capa de base no asfáltica, para facilita la adherencia entre esta y cualquier tratamiento o pavimento asfaltico que se vaya a realizar sobre su superficie.
53. **Itinerario:** recorrido entre dos o más puntos con indicación de rutas, de puntos intermedios o de ambos.
54. **Lean Construction:** constituye una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas). Este modelo denominado "construcción sin pérdidas". (Koskela, 1992).
55. **Ligante:** material que posee la propiedad de aglutinar partículas sólidas, para formar una masa coherente.
56. **Mejora de pavimento:** operación consistente en colocar capas de pavimento sobre una carretera.
57. **Metrado:** es la cuantificación de las diversas partidas que intervienen en la ejecución de una obra civil. Que sieven para calcula un presupuesto.
58. **Mortero:** mezcla uniforme de agregados finos, agua y un cementante.
59. **Muda:** Muda es una palara japonesa que significa desperdicio, en el sentido de toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor: fallos que precisan rectificación, producción de artículos que nadie desea y el consiguiente amontonamiento de existencias y productos sobrantes, pasos en el proceso que no son realmente necesarios, movimientos de empleados y transporte de productos de un lugar a otro sin ningún propósito, grupos de personas en una actividad aguas abajo en espera porque una actividad aguas arriba no se ha entregado a tiempo, y bienes y servicios que no satisfacen las necesidades del cliente (Womack y Jones 1996).
60. **Muestra:** porción representativa de material para su ensayo.
61. **Obra vial:** diversas infraestructuras ejecutas por el hombre para facilitar sus necesidades de movilidad terrestre, haciendo posible el aprovechamiento y control del medio físico, natural y de sus recursos, así como de las comunicaciones.
62. **Partida:** actividades que se realizan en la ejecución de una obra. Sirven en la elaboración de los presupuestos.

63. **Pavimentadora asfáltica:** maquina autopropulsada de uso en la construcción de pavimentos asfálticos, que se componen de varios elementos para la preparación y distribución de la mezcla, y la conformación y acabado del pavimento.
64. **Pavimento:** superestructura de una vía, constituida sobre la subrasante y compuesta normalmente por la subbase, la base y la capa de rodadura, cuya función principal es soportar las cargas rodantes y transmitir los esfuerzos al terreno, distribuyéndolas en tal forma que no produzcan deformaciones perjudícales así como proveer una superficie lisa y resistente para los efectos del tránsito.
65. **Peralte:** inclinación dad al perfil transversal de una carretera en los tramos en curva horizontal, para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento.
66. **Perfilado:** operación general que consiste en dar forma a una superficie según un perfil o un contorno determinado.
67. **Presupuesto:** es una suposición inteligente del valor de un producto. En una obra es la sumatoria de los metrados costeados, gastos generales, utilidades e impuestos.
68. **Productividad:** es una relación entre la cantidad producida y los recursos empleados. Sin embargo la productividad no se puede concebir sin que exista un alto estándar de calidad, es decir la productividad involucra eficiencia y efectividad. (Serpell, 2002).
69. **Red vial:** conjunto de vías debidamente clasificadas.
70. **Rendimiento:** son las variables determinadas por la capacidad y eficiencia de cada uno de los elementos que intervienen en una partida de un obra.
71. **Rugosidad:** arrugas onduladas en un pavimento asfáltico.
72. **Slurry Seal:** Agregados finos con granulometría densa son mezclados con emulsión y agua para formar un mortero que es esparcido sobre la superficie del camino con espesores en rangos de 3-30 mm dependiendo del agregado de mayor tamaño.
73. **Trabajo contributivo:** es el tiempo que emplea el trabajador realizando labores de apoyo necesarias para que se ejecuten las actividades productivas. (Botero Botero, 2006).
74. **Trabajo no contributivo:** se define como cualquier otra actividad realizada por los obreros y que no se clasifica en las anteriores categorías por lo tanto se consideran perdidas. (Botero Botero, 2006).

75. **Trabajo productivo:** definido como el tiempo empleado por el trabajador en la producción de alguna unidad de construcción. (Botero Botero, 2006).
76. **Tramo plano:** tramo de carreta a nivel.
77. **Valor:** se define como el grado de satisfacción del cliente final, o sea a sus requerimientos sean cumplidos sin inconvenientes. (Iván, 2011).
78. **Vía:** carretera, camino o calle para la circulación de vehículos.

1.4 Formulación del problema

¿La propuesta de aplicar la metodología del Lean Construction, mejorará el proceso de aplicación de Slurry Seal en la empresa CONCAR S.A.?

1.5 Justificación e importancia

Debido a los problemas que presenta la empresa en su proceso productivo, el sistema Lean Construction le permite a la empresa solucionar problemas de costos, plazos y productividad. Haciendo uso de herramientas como el Last Planner, reduciendo las actividades que no generan valor, el Just in time, que reduce los tiempos de respuesta de procesos y abastecimiento, así como también el ciclo de producción, reducir la variabilidad del proceso, podemos lograr optimizar el proceso y asegurar un sistema de mejora continua, lo que nos lleva a optar por este método de trabajo. De no aplicar estas herramientas la empresa seguiría teniendo los problemas mencionados en tiempos y procesos, afectan directamente a la productividad de la empresa incrementando los costos.

a) Justificación social

Socialmente se beneficiará a la empresa convirtiéndola en más competitiva en relación a las obras que realiza pues cumplirá con sus requisitos, a los pobladores para que así estén satisfechos con el servicio realizado, y finalmente a los trabajadores ya que mientras la empresa cumpla con las normas de calidad generara seguridad a los clientes internos como externos y por ende existiría más trabajo.

b) Justificación económica

La mejora del proceso de aplicación de Slurry Seal reducirá costos y riesgos por lo tanto habrán mayores utilidades y mejorará la calidad de la empresa, también en el ámbito económico. En este contexto, permitirá a la empresa obtener ventajas económicas y ser más competitivas por haber organizado sistemáticamente la gestión del proceso por la mejora de los controles de riesgos durante la aplicación de Slurry Seal.

c) Justificación técnica

La propuesta de aplicación del Lean Construction como herramienta para mejorar el proceso de aplicación de Slurry Seal, toma en cuenta a la gestión de riesgos, que tiene por finalidad evitar los riesgos y/o reducir los efectos negativos, a través del uso de estrategias del Lean Construction en la aplicación del Slurry Seal para manejar las contenciones de riesgo ya sean físicos, o legales (desastres naturales, incendios, accidentes); por otra parte la gestión de riesgos también se centra en el segmento financiero y comercial, con el uso de los instrumentos adecuados se logra la mejora de estos. La gestión de riesgos en general mejorara la calidad de la empresa.

d) Justificación medio ambiental

Con respecto al medio ambiente el Lean Construction toma en cuenta la Norma ISO 14000 que esta direccionada a la mejora del medio ambiente, con la aplicación de dicho estudio en la empresa CONCAR S.A., pretende reducir los desechos producto de la aplicación de Slurry Seal que hasta la fecha se dan por desperdicio de producto en el proceso, contribuyendo así con la mejora del medio ambiente.

1.6 Hipótesis

La propuesta de aplicación de las herramientas del Lean Construction permitirá optimizar proceso de aplicación de Slurry Seal en la empresa CONCAR S.A.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Optimizar el proceso de aplicación de Slurry Seal aplicando en la metodología Lean Construction, para las obras viales que ejecuta la empresa CONCAR S.A.

1.7.2 Objetivos Específicos

1. Analizar y realizar un diagnóstico actual de la empresa en cuanto al proceso de aplicación de Slurry Seal.

2. Evaluar puntos críticos del proceso de aplicación de Slurry Seal, y de acuerdo a ello determinar el plan necesario que permita mejorar dicho proceso, basado en la metodología Lean Construction.
3. Aplicación del Last Planner System como herramienta del Lean Construction para mejorar la eficiencia del proceso de aplicación de Slurry Seal.
4. Evaluación económica de la propuesta.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Tipo y diseño de la investigación

2.1.1. Tipo de la Investigación

En este proyecto de tesis el tipo de investigación es de carácter explicativo - aplicativo; explicativo, esto debido a que busca demostrar la relación causal existente entre dos variables, la variable independiente - aplicación del Lean Construction, y la variable dependiente - optimizar el proceso de aplicación de Slurry Seal en la empresa CONCAR S.A. Es aplicativo pues busca generar nuevas estrategias de trabajo, basándose en las teorías citadas en el contexto de situaciones problemáticas o planteamiento de soluciones en problemas específicos.

2.1.2. Diseño de la Investigación

En esta investigación el diseño de investigación es no experimental, que consiste en manipular de forma intencional las variables que se están estudiando y que se observaron los elementos ya existentes en la situación problemática del proceso de aplicación de Slurry Seal en la empresa; y es propositiva porque se presenta la propuesta de aplicar las herramientas de la filosofía Lean Construction en la problemática existente dentro de la empresa con la finalidad de poder optimizar el proceso de aplicación del Slurry.

2.2 Métodos de investigación

A. Análisis: Debido a que el objeto de estudio será descompuesto para conocer propiedades. Por lo que tendrá que el proceso de elaboración.

Proceso de conocimiento que se inicia por la identificación de cada una de las partes que caracterizan una realidad de esa manera se establece la relación causa-efecto entre los elementos que compone el objeto de investigación.

B. Síntesis: Proceso de conocimiento que procede de lo simple a lo complejo, de la causa a los efectos, de la parte al todo, de los principios a las consecuencias.

2.3 Población y muestra

Los clientes internos y/o socios de la empresa CONCAR S.A.

2.3.1. Población

La población en este estudio está conformada por todos los proyectos de mejoramiento de infraestructura vial de la empresa CONCAR S.A.

2.3.2. Muestra

La muestra está conformada por todos los proyectos de Slurry Seal que la empresa está ejecutando.

2.4 Variables y Operacionalización

2.4.1. Variables

Variable Independiente

Aplicación de Lean Construction.

Variable Dependiente

Optimizar el proceso de aplicación de Slurry Seal en CONCAR S.A.

2.4.2. Operacionalización de las Variables

Tabla 4 *Operacionalización de Variables*

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	SUBINDICADORES	%	TÉCNICAS	INSTRUMENTO
INDEPENDIENTES						
Lean Construction	Curva de aprendizaje	Inicio de las labores	Tiempo de desplazamiento del personal dentro del área de trabajo.	%	Estudios de tiempos	Guía de Observación
			Cambio de programación diaria inesperada.	%	Análisis de documentos	Registros de producción
	Mejora a través del sistema Last Planner Sistem	Cumplimiento de cronograma de obra	Retraso en la llegada de insumos al punto de recarga.	%	Observación	Hoja de encuesta
			Demora en la recarga de la Micropavimentadora	%	Observación	Guía de observación
			Presencia de humedad e impurezas en insumos y agregados.		Análisis de documentos	Registro de producción
			Fallas mecánicas en la Micropavimentadora.	%	Observación	Guía de observación
			Slurry Seal no cumple con especificaciones técnicas.	%	Observación Ensayos de laboratorio	Guía de observación Registro de calidad

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	SUBINDICADORES	%	TECNICA	INSTRUMENTO
DEPENDIENTE						
Optimización del proceso de aplicación de Slurry Seal en CONCAR S.A.	Optimización del proceso de Slurry Seal	Optimización de los recursos.	Eficiencia de la mano de obra Eficiencia de la maquinaria	%	Entrevista Análisis de documentos Observación Estudio de tiempos	Entrevista Análisis de documentos Observación Estudio de tiempos
		Optimización de los costos.	Costos de producción	%	Entrevista Análisis de documentos Observación Estudio de tiempos	Entrevista Análisis de documentos Observación Estudio de tiempos
	Productividad del proceso de Slurry Seal	Producción MT	Producción diaria bajo el método tradicional	%	Entrevista Análisis de documentos Observación Estudio de tiempos	Entrevista Análisis de documentos Observación Estudio de tiempos
		Producción LPS	Producción diaria bajo el método Last Planner Sistem	%	Entrevista Análisis de documentos Observación Estudio de tiempos	Entrevista Análisis de documentos Observación Estudio de tiempos

Fuente: Elaboración Propia

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de información

En la Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos tenemos lo siguiente:

Tabla 5 *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Observación: Se observara directamente el proceso y las diferentes fases de aplicación de Slurry Seal de la empresa.	**Formatos de guías de observación:** Donde se especificara y registrara lo que se observó en las hojas tendrá en cuenta el área de aplicación de Slurry Seal.
Encuesta: Se aplicara la encuesta a los trabajadores de la empresa que están involucrados con el proceso de aplicación de Slurry Seal.	**Hoja de encuesta – Cuestionario:** Se estructurara preguntas que se les aplicara a las personas implicadas con el proceso de aplicación de Slurry Seal.
Entrevista: Se realizaran entrevistas a los trabajadores de la cuadrilla de Slurry Seal, para conocer cuánto conocen el proceso de aplicación de Slurry Seal y poder establecer cómo está el proceso de productivo dentro de esta área de la empresa.	**Hoja de entrevista – Cuestionario:** El cuestionario será estructurado con una base de preguntas dirigida a los responsables del área de la aplicación de Slurry Seal.
Análisis de documentos: Se revisaran los cronogramas de trabajo y el avance de obra de la empresa.	**Guía de análisis de documentos:** Se tomara en cuenta los formatos de la empresa para la aplicación de Slurry Seal.

Fuente: Elaboración Propia

Se tiene en este proyecto de Tesis que la validez del Instrumento de medición la cual será validada por el juicio de expertos.

2.6 Validación y confiabilidad de instrumentos

Con la finalidad de recabar datos (información), confiables y válidos, para su posterior procesamiento y análisis, a continuación se detalla la cantidad y calidad de materiales que son necesarios para llevar a cabo la presente investigación.

2.6.1 Métodos de investigación

A. Análisis:

Debido a que el objeto de estudio será descompuesto para conocer propiedades. Por lo que tendrá que el proceso de elaboración.

Proceso de conocimiento que se inicia por la identificación de cada una de las partes que caracterizan una realidad de esa manera se establece la relación causa-efecto entre los elementos que compone el objeto de investigación.

B. Síntesis:

Proceso de conocimiento que procede de lo simple a lo complejo, de la causa a los efectos, de la parte al todo, de los principios a las consecuencias.

2.7 Criterios Éticos

Los criterios éticos que se tomarán en cuenta y las acciones que se realizarán para garantizar esta investigación serán:

Confidencialidad: Se asegurará la protección de la identidad de la empresa y los empleados que participan como informantes de la investigación.

Consentimiento informado: Los participantes deben de estar de acuerdo con ser informantes conociendo sus derechos y responsabilidades

Objetividad: El análisis de la situación encontrada se basará en criterios técnicos e imparciales.

Originalidad: Se citarán las fuentes bibliográficas de la información mostrada, a fin de demostrar la inexistencia de plagio intelectual.

Veracidad: La información mostrada será verdadera, cuidando la confidencialidad de ésta.

Derechos laborales: La Elaboración de solución propiciará el respeto a los derechos laborales en la entidad de estudio.

2.8 Criterios de Rigor Científico

Los criterios de rigor científico que se tomarán en cuenta y las acciones o estrategias que se realizarán para garantizar esta investigación son:

Validez: La adecuada Operacionalización de las preguntas de investigación, de forma que las variables que se estudian sean relevantes y abarquen todas las dimensiones que incorporan las preguntas de la investigación.

Generalizabilidad: También llamada validez externa, consiste en que la muestra sea representativa de la población. Para ello debe evitar sesgos a través de marcos muéstrales adecuados y muestreos aleatorios.

Confiabilidad: Se realizaran evaluaciones con otros instrumentos de recolección de datos de otras investigaciones para la determinación del nivel de consistencia interna de los instrumentos de recolección de datos.

Fiabilidad: La medición ha de tener la precisión suficiente. Se relaciona con la minimización del error aleatorio y requiere de un tamaño de muestra suficiente.

Validación: Se validarán los instrumentos de recolección de datos y la propuesta de solución a través de Juicio de Expertos que estará conformado por docentes e investigadores especializados en el tema de la escuela de Ingeniería Industrial y de la Universidad Señor de Sipán.

Replicabilidad: Es la posibilidad de que se pueda repetir la investigación y que los resultados no se contradigan.

III. RESULTADOS

3.1 Diagnóstico de la empresa

3.1.1 Información general

Nombre : CONCAR S.A.

RUC : 20343443961

Ubicación : Av. Petit Thouars Nº. 4957 - Lima - Lima - Miraflores.

Gerente General: Pando Mendoza Oscar Orlando

TELEFONO : 213-6535 / TELEFAX: 213-6538

CONCAR S.A. es una empresa del Grupo Graña y Montero. Desde su creación en 1994, viene realizando sus actividades guiada por su misión de "brindar un servicio especializado en operaciones, conservación y gestión de infraestructura, dando oportunidades de crecimiento a nuestros empleados, contribuyendo a su seguridad y salud, respetando el medio ambiente y el bienestar de las comunidades aledañas a las zonas de trabajo".

Actualmente tiene la responsabilidad de mantener más de 4,600 kilómetros de carreteras, distribuidos en 12 proyectos a nivel nacional; además opera y realiza el mantenimiento en la Línea 1 del Metro de Lima. Cuenta para ello con un equipo de más de 3,000 colaboradores.

Nuestros Proyectos

		LONGITUD (KM)	PLAZO DE CONCESIÓN	TIPO DE OPERACION							TIPO DE MANTENIMIENTO		
				Peajes	Pesajes	CAE	Grúas	Ambulancias	Patrullaje	Puesta a punto	Rutinario	Periódico	Emergencia
1	Proyecto Norvial: Ancón - Huacho - Pativilca	182.7	25 años	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Proyecto Survial: San Juan de Marcona - Urcos	757.7	25 años	■	■	■	■		■	■	■		■
3	CVT: Tacna - La Concordia, Palca, Tarata, Pte. Camiara, Ilo	399.0	5 años			■			■	■	■	■	■
4	CVL: Límite Regional Lambayeque - Dv. Bayóvar, Olmos	261.7	5 años			■			■	■	■	■	■
5	Proyecto BAC: Dv. Buenos Aires - Canchaque	78.1	15 años	■	■	■	■		■	■	■	■	■
6	CVLM: Dv. Las Vegas - Tarma - La Merced - Satipo	230.4	5 años			■			■	■	■	■	■
7	CV Bappo: Dv. Bayóvar - Piura, Pto. Bayóvar - Piura	253.0	5 años			■			■	■	■	■	■
8	CV Sullana: Piura - Aguas Verdes, Sullana - Macara	437.6	5 años			■			■	■	■	■	■
9	CV Icapal: Ica - Palpa - Nazca - Atico	379.8	5 años			■			■	■	■	■	■
10	CV Red 1 - Cusco: Huancaro - Santo Tomás - Vellile - Yauri - Cebadapata	641.0	5 años			■					■	■	■
11	CV Red 3 - Cusco: Calca - Quillabamba - San Francisco	524.0	5 años			■					■	■	■
12	CV Cora Cora: Puquio - Cora Cora - Chala - Yauca - Pausa	526.0	5 años			■			■		■	■	■
	TOTAL	**4,671.0**											

kilómetros de carreteras conservadas por Concar

línea 1 Metro de Lima

		LONGITUD (KM)	PLAZO DE CONCESIÓN	OPERACION			TIPO DE MANTENIMIENTO
				Trenes	Seguridad Operativa	Venta y Recaudación	Material Rodante
1	Línea 1 - Metro de Lima	20.9	30 años	■	■	■	■
	TOTAL	**20.9 Km de vía férrea**					

Figura 1. *Trayectoria de CONCAR S.A.*
Fuente: CONCAR S.A.

Misión

Brindar un servicio especializado en operaciones, conservación y gestión de infraestructura, dando oportunidades de crecimiento a nuestros empleados, contribuyendo a su seguridad y salud, respetando el medio ambiente y el bienestar de las comunidades aledañas a las zonas de trabajo.

Visión

Ser reconocidos por los clientes, usuarios y entidades reguladoras como la mejor empresa de servicios de operación, conservación y gestión de infraestructura en el país.

Organización de la empresa

Se observa las unidades orgánicas que conforman la empresa.

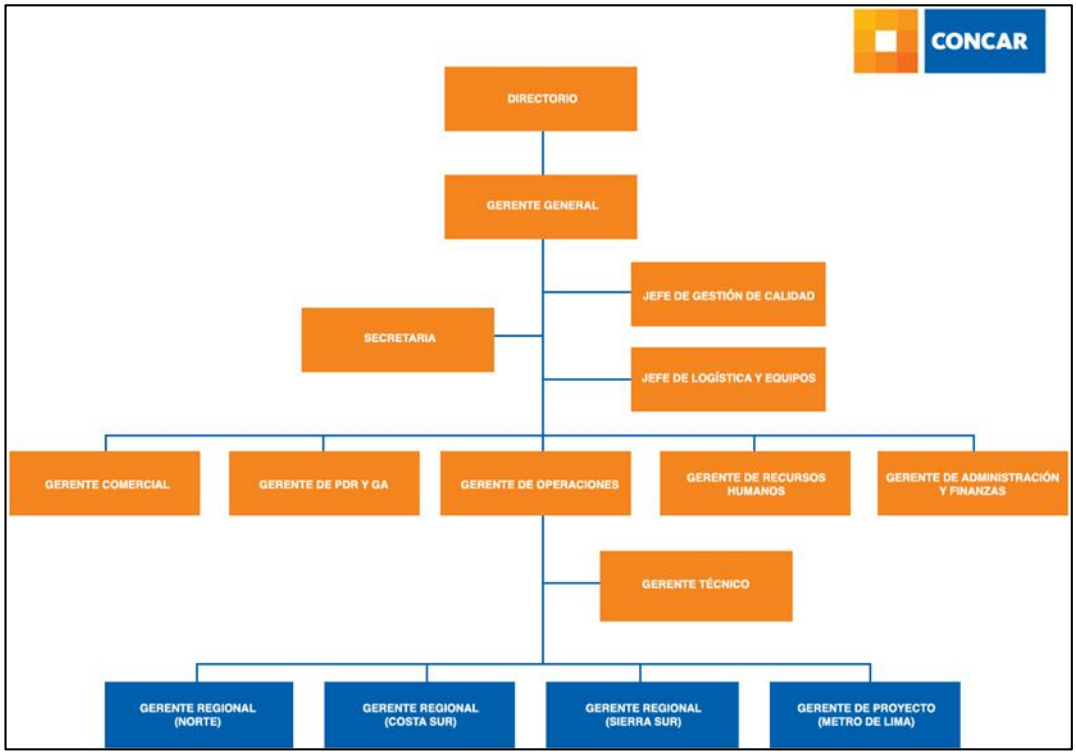

Figura 2. *Organigrama de la empresa*
Fuente: CONCAR S.A.

Clientes

Sector Privado:

- NORVIAL S.A.: Con la concesión de Red Vial 5, carretera que une Ancón, Huacho y Pativilca, con una extensión de 182.7 Km.
- SURVIAL S.A.: Con la concesión IIRSA Sur Tramo I, carretera San Juan de Marcona – Urcos, recorriendo los departamentos de Ica, Ayacucho, Apurímac y Cusco, con una extensión de 757.7 Km.
- Concesión Canchaque S.A.: Con la concesión de la carretera Buenos Aires - Canchaque, con una extensión de 78.1 Km.
- GyM Ferrovías S.A.: Con la concesión de la Línea1 del Metro de Lima (ex tren eléctrico), con una extensión de 20.9 Km.

Sector Público:

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones: A través de su unidad gestora PROVÍAS Nacional.
- Gobierno Regional del Cusco: Con los proyectos de Redes Viales Regionales Integración Cusco.

Objetivos Empresariales

A fin de mejorar el soporte de sus proyectos, en el año 2010 se crea el área de mantenimiento periódico, conformada por un equipo de colaboradores en constante capacitación y altamente especializados en trabajos de mantenimiento de mayor envergadura, como por ejemplo: tratamientos superficiales (Slurry Seal y Chip Seal), reparaciones mayores de pavimento y trabajos de puesta a punto. La excelente calidad alcanzada en la ejecución de sus actividades, motivada por una potente sinergia entre los miembros del equipo, ha generado significativos ahorros en los proyectos donde se han realizado las mismas.

Asimismo, impulsados por nuestra permanente búsqueda de calidad, Concar puso en marcha en el 2012 la Planta de Emulsiones Asfálticas, ubicada en las afueras de la ciudad de Nazca, capaz de producir 12 toneladas por hora de cualquier tipo de emulsión asfáltica. Esta planta asegura un abastecimiento continuo, afianzado por los laboratorios de suelos y pavimentos y el de análisis de asfaltos, donde se realizan ensayos y controles de calidad normados para la elaboración de un producto de alta calidad y a un menor costo, garantizando nuestra competitividad en el mercado.

Metas

La empresa se encuentra en una etapa de crecimiento continuo, con tres proyectos culminados (Arequipa – Matarani, IIRSA Norte y Ayacucho - Andahuaylas) y trece proyectos en ejecución, gracias al talento y dedicación de equipos de trabajo que juntos asumen y superan los más grandes retos, soportados por la Alta Dirección. Capacitación permanente del personal que labora dentro de la empresa.

3.1.2 Descripción de los procesos

Principales Servicios

Tabla 6 *Principales servicios de CONCAR S.A.*

	Principales Servicios
1	Servicio de operación de carreteras.
2	Servicio de mantenimiento de carreteras.
3	Servicio de operación y mantenimiento de infraestructura en general.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7 *Servicio de Mantenimiento de Carreteras*

Servicio de Mantenimiento de Carreteras
Mantenimiento rutinario.
Mantenimiento periódico (Aplicación de Slurry Seal).
Mantenimiento de emergencias.
Gestión vial.

Fuente: Elaboración propia.

A. Slurry Seal - Lechada asfáltica

Descripción. Este trabajo cosiste en la elaboración de una mezcla de agregados pétreos, agua, emulsión asfáltica, polvo mineral y eventualmente aditivos, y su posterior aplicación sobre la superficie de una vía, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas y secciones indicados en los planos o determinados por el supervisor. (Olivares, 2015)

Materiales. Los materiales a usar para la ejecución de este trabajo será:

a) Agregados pétreos y polvo mineral

Los agregados pétreos y el polvo mineral para la construcción de la lechada asfáltica deberán cumplir los requisitos de calidad exigidos por ellos en la subsección siguiente:

Tabla 8 *Tamices para agregados utilizados en el Slurry Seal*

Tamiz	**Porcentaje que pasa**				
	LA – 1	**LA – 2**	**LA – 3**	**LA - 4**	**LA – 5**
12.5 mm	100	-	-	-	-
9.5 mm	85 – 100	100	100	-	-
4.75 mm	60 – 85	70 – 90	85 – 100	100	100
2.36 mm	40 – 60	45 – 70	65 – 90	95 – 100	95 – 100
1.18 mm	28 – 45	28 – 50	45 – 70	65 – 90	85 – 98
600 mm	19 – 34	19 – 34	30 – 50	40 – 60	55 – 90
300 mm	12 – 25	12 – 25	18 – 30	24 – 42	35 – 55
180 mm	07 – 18	07 – 18	10 – 20	15 – 30	20 – 35
75 mm	04 – 08	05 – 15	05 – 15	10 – 20	15 – 25

Fuente: (ASFALTOS, 2014)

El tipo de Slurry Seal a utilizar estará indicada en los estudios técnicos del proyecto y dependerá del estado de la superficie y la función que vaya a cumplir, de acuerdo a lo requerido por el cliente.

b) Material bituminoso

Será una emulsión catiónica de rotura lenta y superestable del tipo CSS1 – h, que cumpla los requisitos indicados en la tabla siguiente:

Tabla 9 *Especificaciones para emulsiones catiónicas*

CARACTERÍSTICAS	ROTURA RÁPIDA				ROTURA MEDIA				ROTURA LENTA			
	CRS - 1		CRS - 2		CMS - 2		CMS - 2H		CSS - 1		CSS - 1H	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
1.- Ensayo sobre emulsiones	20	100	100	400	50	450	50	450	20	100	20	100
Viscosidad												
* Sayboll Furol a 25 C seg	20	100							20	100	20	100
* Sayboll Furol a 50 C seg			100	400	50	450	50	450				
Estabilidad de Almacenamiento												
* Sedimentación a los 7 días %		1		1		1		1		1		1
Destilación												
* Contenido de Asfalto Residual %	60		65		65		65		57		57	
* Contenido de Disolventes %		3		3		12		12				0
Tamizado												
* Retenido T 20 (850 mm)		0,1		0,1		0,1		0,1		0,1		0,1
Rotura												
* Dioctisulfoccinato sódico %												
* Mezcla con cemento %	40		40									2
Carga particular	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
Recubrimiento del agregado y resistencia de desplazamiento.												
* Con agregado seco					Buena							
* Con agregado seco y acción del					Satisfactoria							
* Con agregado húmedo					Satisfactoria							
* Con agregado húmedo y acción del					Satisfactoria							
Destilación												
Penetración (25ºC, 10 grs, 5 seg) 0,1 mm	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	40
Ductilidad (25ºC, 5cm/m) cm	40		40		40		40		40		40	
Tricloroetileno %	97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5	

Fuente (ASFALTOS, 2014)

c) Agua

El agua para la preenvuelta deberá ser blanda, potable y exenta de materia orgánica. Su calidad deberá se tal, que no afecte el proceso normal de elaboración, rotura y curado de la lechada. Su pH medido de acuerdo con la norma ASTM D – 1293, deberá estar entre 5.5 y 8, y el contenido de sulfatos, expresado como SO4= y determinado según norma de ensayo ASTM D – 516 no podrá ser mayor de 1 g/l.

d) Aditivos para control de rotura

Cuando las características del proyecto exijan un control especial de los tiempos de rotura y apertura al tránsito, se emplearan aditivos cuyas características se definirán en las especificaciones particulares de construcción. (Olivares, 2015)

B. Equipo

Todos los equipos deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del supervisor teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad de la presente especificación y de la correspondiente a la respectiva partida de trabajo.

El equipo deberá incluir elementos para la explotación y elaboración de agregados pétreos, una mezcladora móvil para la fabricación y extensión de la lechada, elementos para la limpieza de la superficie, elementos para el humedecimiento de la superficie y herramientas menores para correcciones localizadas durante la extensión de la lechada. La mezcladora móvil será de tipo continuo, dotada de las tolvas, tanques y dispositivos necesarios, sincronizados para dosificar los agregados, el llénate, el agua. La emulsión y los aditivos que requiera la lechada; tendrá además un mezclador y una capa repartidora provista de dispositivos para evitar pérdidas laterales y de una maestra regulable de caucho que permita el correcto reparto, extensión y buena terminación de la lechada. (Olivares, 2015)

C. Requerimiento de construcción

a) Explotación de materiales

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener la aprobación previa del supervisor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el contratista suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime dé la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayo que el máximo especificado para cada gradación, se deberán ejecutar en el sitio de explotación o elaboración y no se permitirá efectuarlos en la vía.

b) Diseño de la lechada y obtención de la fórmula de trabajo

La consistencia apropiada de la lechada (Slurry Seal) se determinará en el laboratorio por medio de la prueba del cono de consistencia (norma de ensayo MTC E-416). El contenido óptimo de ligante se determinara mediante los ensayos mecánicos de abrasión en pista húmeda, según la norma MTC E 417 y absorción de arena en la máquina de rueda cargada. Para la elección del óptimo, se tendrán en cuenta los siguientes criterios: Pérdida máxima admisible en el ensayo de abrasión = 0.08 g/cm2

Absorción máxima admisible de arena en el ensayo de rueda cargada:

Tabla 10 *Absorción de ensayo de arena*

Transito medio diario	**Absorción admisible**
Menos de 300	0.08
300 – 150	0.07
Más de 1500	0.06

Fuente (Olivares, 2015)

Tabla 11 *Composición de Slurry Seal*

TIPO DE AGREGADO	**LA – 1**	**LA – 2**	**LA – 3**	**LA – 4**	**LA – 5**

Ligante residual (% en peso sobreagregado)	5.5 – 7.5	6.5 – 12	7.5 – 13.5	10 – 16	12 – 20
Agua preenvuelta (% en peso sobreagregado)	8 – 12	10 – 15	10 – 15	10 – 20	10 – 20
Agua total (% en peso sobreagregado)	10 – 20	10 – 20	10 – 20	10 – 30	15 – 40
Cantidad de lechada (kg/m2)	15 – 25	10 – 15	7 – 12	02 – 6	02 – 5

Fuente (ASFALTOS, 2014)

c) Preparación de la superficie existente

Antes de proceder a la aplicación del Slurry Seal o lechada asfáltica, la superficie que habrá de recibirla se limpiara de polvo, barro seco o cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando barredoras mecánicas o maquinas sopladoras. Solo se permitirá el uso de escobas manuales en lugar inaccesibles al equipo mecánico. (Olivares, 2015)

d) Tramo de prueba

Antes de iniciar los trabajos, el contratista emprenderá un tramo de prueba para verificar el estado de los equipos determinar, en secciones de ensayo de ancho y longitud definidas de acuerdo con el supervisor, el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación de la mezcla o tratamiento, de manera que se cumplan los requisitos de respectiva especificación.

En el caso de la construcción de lechadas asfálticas se hace necesario la compactación en aquellas áreas donde el espesor sea mayor que ¼ "(6mm). Se definirán en esta fase sus tiempos de rotura y curado, con el fin de que se puedan tomar las provisiones necesarias en el control del tránsito público. El supervisor tomara muestras del tratamiento, lechadas o mezcla, para determinar su conformidad

con las condiciones especificadas que corresponden en cuanto a granulometría, dosificación, densidad y demás requisitos. (Olivares, 2015)

e) Elaboración y aplicación del Slurry Seal (lechada asfáltica)

Una vez preparada y antes de iniciar la extensión de Slurry Seal (lechada asfáltica), la superficie por tratar deberá ser humedecida con agua de manera uniforme en una cantidad que fijar el supervisor, a la vista del estado de la superficie y las condiciones climatológicas prevalecientes. La lechada preparada en el cajón mezclador de la maquina pasara a través de una compuerta vertedero a la caja esparcidora la cual se encargará de distribuirla de manera uniforme sobre la superficie.

El avance del equipo se hará paralelamente al eje de la carretera y su velocidad se ajustara para garantizar su aplicación correcta de la lechada y una superficie uniforme. No se permitirá la elaboración y aplicación de la lechada si la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie son inferiores a 10º Celsius o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra. (Olivares, 2015)

f) Juntas de trabajo

Las juntas de trabajo longitudinales no podrán presentar traslapos ni áreas sin cubrir y las acumulaciones que se produzcan serán alisadas manualmente de manera inmediata, antes de la rotura de la emulsión, los traslapos de las juntas transversales serán igualmente alisados antes de la rotura de la emulsión, de modo que se presenten cambios apreciables en la uniformidad de la superficie.

g) Aplicación en varias capas

En caso de estar prevista una segunda aplicación de la lechada, esta no podrá efectuarse hasta cuando haya curado por completo el material extendido en la primera aplicación.

h) Apertura al tránsito

Deberá impedirse la circulación de todo tipo de transito sobre las capas que no haya curado completamente. El tiempo requerido para dicho curado depende del tipo de emulsión, las características de la mezcla y las condiciones climáticas y será definido en la obra por el supervisor. (Olivares, 2015)

i) Reparaciones

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución del Slurry Seal tales como juntas irregulares, deficiencias o excesos de dosificación, irregularidades en el alineamiento, huellas del tránsito sobre la lechada sin curar, etc, deberán ser corregidos por contratista, sin costo para la entidad contratante a plena satisfacción del supervisor.

j) Aceptación de los trabajos

Los trabajos para su aceptación estarán sujetos a lo siguiente:

1. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar implementación para cada fase de los trabajos.
- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el contratista.
- Verificar las plantas de asfalto y de trituración estén provistas de filtros, captadores de polvo, sedimentadores de loso y otros aditamentos que el supervisor considere adecuados y necesarios para impedir emanaciones de elementos particulados y gases que puedan afectar el entorno ambiental.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado del tramo de prueba, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, asi como la manufactura, transporte, colocación y compactación de los tratamientos y mezclas asfálticas.

- Ejecutar ensayos de control de mezcla, de densidad de las probetas de referencia, de densidad de la mezcla asfáltica compactada in situ, para lechadas asfálticas.
- Ejecutar ensayos para verificar las dosificaciones de agregados y ligante en tratamientos superficiales, así como la granulometría de aquellos.
- Efectuar ensayos para verificar las dosificaciones de ligante en riegos de liga e imprimaciones.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y mezclas o lechadas asfálticas durante el periodo de ejecución de las obras.
- Efectuar pruebas para verificar la eficiencia de los productos mejoradores de adherencia, siempre que ellos se incorporen.
- Realizar las medidas necesarias para determinar espesores, levantar perfiles, medir la textura superficial y comprobar la uniformidad de la superficie, siempre que ello corresponda. (Olivares, 2015)

Condiciones específicas para el recibo y tolerancia

Tanto las condiciones de recibo como las tolerancias para las obras ejecutadas, se indican en las especificaciones correspondientes. Todos los ensayos y mediciones requeridas para el recibo de los trabajos especificados estarán a cargo del supervisor. Aquellas áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias deberán ser corregidas por el contratista, a su costo, de acuerdo con las instrucciones del supervisor y a satisfacción de este. (Olivares, 2015)

2. Calidad de la emulsión

La calidad de emulsión deberá ser sustentada para casa tanque de trasporte, por su certificado de calidad del fabricante según lo especificado.

3. Calidad del agua

Siempre que el supervisor tenga alguna sospecha en relación con la calidad del agua empelada, verificara su pH y su contenido de sulfatos.

4. Calidad de los agregados pétreos y el polvo mineral

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomaran cuatro muestras y de cada fracción de ellas se determinaran:

- El desgaste en la máquina de Los Ángeles, según norma de ensayo MTC E207.
- Las pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio o de magnesio, de acuerdo con la norma de ensayo MTC E209.
- El equivalente de arena, según norma de ensayo MTC E114.
- La plasticidad, en acuerdo a las normas MTC E111.
- Sales solubles totales MTC E219

Así mismo para cada procedencia del polvo mineral y para cualquier volumen previsto se tomaran cuatro muestras y sobre ellas se determinaran:

- La densidad aparente.
- El coeficiente de emulsibilidad.

Los resultados de tosas estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en las presentes especificaciones, so pena del rechazo de los materiales defectuosos. Durante la etapa de producción, el supervisor examinara las descargas a los acopios y ordenara el retiro de los agregados que a simple vista presenten resto de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superior al especificado. También ordenara acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación o plasticidad y vigilara la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuará las siguientes verificaciones:

- Determinación de la granulometría de los agregados MTC E204, 1/día.
- Determinación de la plasticidad de la fracción fina MTC E110, 1/día.
- Determinación del equivalente de arena MTC E114, 1/m3.
- Determinación de la adhesividad, 1/1000m3.

- Determinación del desgaste Los Ángeles MTC E207, y la solidez MTC E209, 1/1000 m3. (Olivares, 2015)

5. Composición y resistencia de la lechada.

Contenido de asfalto

Para efectos del control se considerara como lote la lechada extendida en cada jornada de trabajo de la cual el supervisor extraerá un mínimo de 5 muestras de la mezcla en la descarga de la máquina de un peso aproximado de 2 kg cada una, las cuales empleara en la determinación del contenido de asfalto MTC E502 y la granulometría de los agregados MTC E503. El contenido medio de asfalto residual del tramo construido en la jornada (ARF %) en más de 0.5 %. A su vez, solo se admitirá un valor de contenido de asfalto residual de muestra individual (ARI %) que se aparte en más de 1 % del valor medio del tramo. Si alguno de estos requisitos se incumple, se rechazara el tramo construido durante la jornada.

Granulometría de los agregados.

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinara la composición granulométrica de los agregados. Para cada ensayo individual, la curva granulométrica deberá encaja dentro de la franja adoptada.

Resistencia.

Por cada jornada se extraerán 3 muestras de mezcla en la descarga de la máquina, con las cuales se elaboraran especímenes para los ensayos de abrasión en pista húmeda MTC E417 y absorción de arena en la máquina de rueda cargada. Si el desgaste medio (dm) o la absorción media de arena (Am) superan los valores definidos en la fórmula de trabajo (dt) y (At) en más de 10% se rechazara el tramo construido durante la jornada. (Olivares, 2015)

Calidad del producto terminado.

El pavimento terminado deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde del pavimento tratado con Slurry Seal, no podrá ser en ningún punto inferior a la señalada en los planos o la determinada por el supervisor. (Olivares, 2015)

Tasa de aplicación.

En sitios ubicados al azar, se efectuaran como mínimo tres determinaciones diarias de la tasa de aplicación de la lechada sobre la superficie. La tasa media de aplicación TMA en kg/m2 no podrá variar en más de 10% de la autorizada como resultado del tramo de prueba so pena del rechazo del tramo construido durante la jornada.

Textura.

Por jornada de trabajo deberán efectuarse, como mínimo 2 pruebas de resistencia al deslizamiento MTC E-1004 y 2 de profundidad de textura con el método del círculo de arena MTC E-1005. En relación con la primera ningún valor individual podrá presentar un valor inferior a 45 centésimas y respecto de la segunda el promedio de las dos lecturas deberá ser cuando menos igual a seis décimas de milímetro (0.06 mm), sin que ninguno de los dos valores PTI sea inferior en más de 10% al promedio mínimo exigido.

Rugosidad.

La rugosidad, medida en unidades IRI no podrá ser superior a 2 m/km salvo que las especificaciones particulares establezcan un límite diferente. Esta exigencia no se aplicara cuando la lechada asfáltica se construya sobre un pavimento existente. Todas las áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias indicadas en el presente numeran. Deberán ser corregidas por el contratista a su costo, de acuerdo con las instrucciones del supervisor y a satisfacción de este. (Olivares, 2015)

Medición.

La unidad de medida será el metro cuadrado (m2) aproximado al entero, de todo trabajo ejecutado a satisfacción del supervisor, de acuerdo a lo exigido en la especificación respectiva. El área se determinara multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho especificado en los planos u ordenado por el supervisor. El material bituminoso se medirá de acuerdo a lo indicado en la especificación respectiva. No se medirá ninguna área por fuera de tales límites.

Pago.

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado, para toda obra ejecutada de acuerdo con la respectiva especificación y aceptada a satisfacción del supervisor. (Olivares, 2015)

Tabla 12 *Forma de pago de Slurry Seal*

Ítem de pago	**Unidad de pago**
Lechada asfáltica	Metro cuadrado (m2)
Precio referencial	S/ 29.00

Fuente elaboración propia

El preciso aquí citado es referencial.

6. Procesos y Operaciones

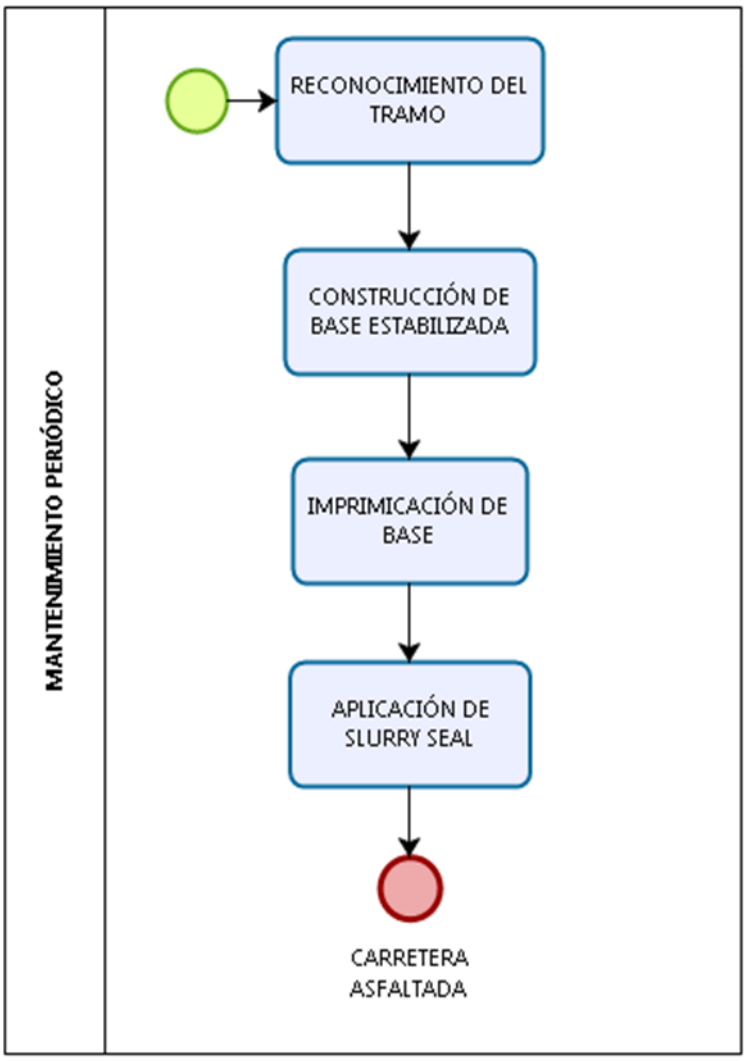

Figura 3. *Proceso Constructivo de Carreteras*
Fuente: Elaboración propia.

El proceso constructivo aplicado por la empresa CONCAR S.A., es como se muestra en la ilustración 3, iniciando con el recorrido del tramo a trabajar y realizar las tareas preliminares de movimientos de tierra, las cuales representan el punto de partida para todo el proceso constructivo. Luego se construye la base estabilizada, sobre la cual se aplica la imprimación de la base y luego como parte final del proceso constructivo se aplica el Slurry Seal.

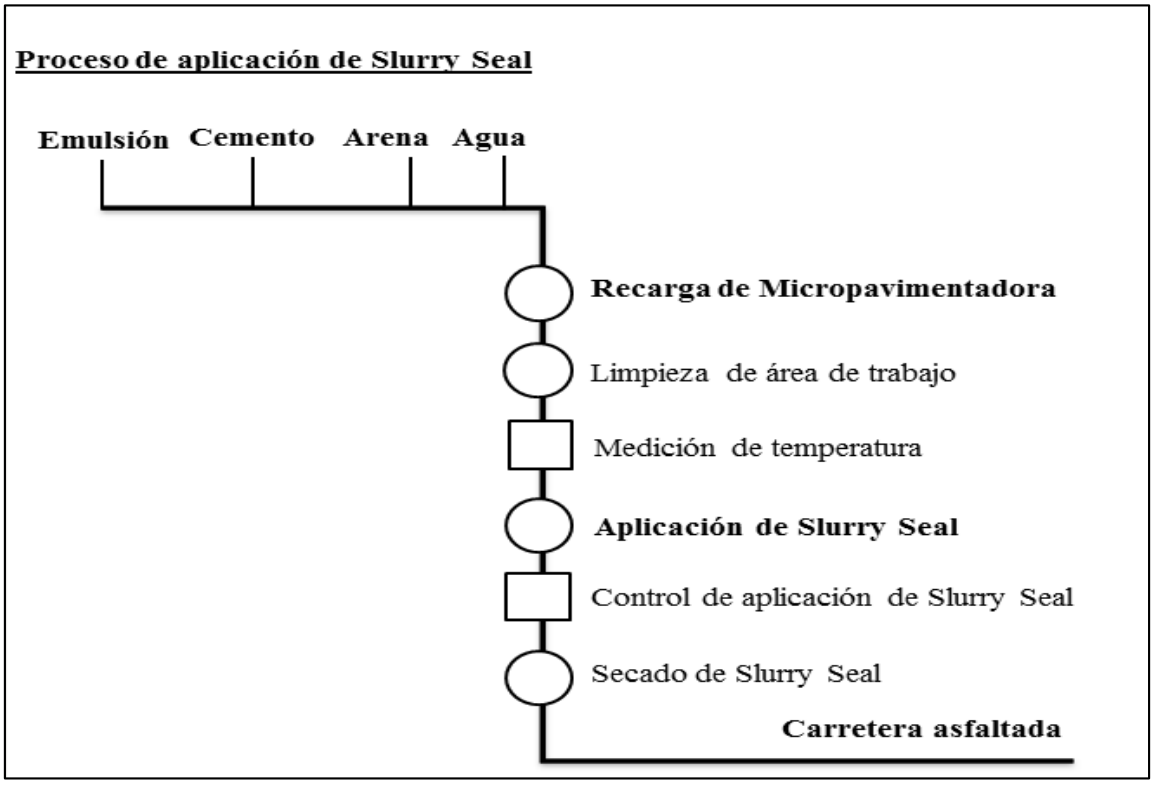

Figura 4. *Proceso de Aplicación de Slurry Seal*
Fuente elaboración propia

El proceso de aplicación de Slurry Seal se detalla en la ilustración 4, en el DOP expuesto podemos apreciar que los nodos donde se presenta demoras o "desperdicios" (según terminología LC) la recarga de Micropavimentadora y la aplicación de Slurry Seal. Además los trabajos preliminares como lo son asignación de personal y maquinaria, generan demora en el inicio de las actividades. Las tres actividades que tienen mayor incidencia sobre todo el proceso constructivo.

Cabe resaltar que se ha llegado a esta conclusión luego de haber observado todo el proceso de aplicación de Slurry in situ. Durante cinco semanas, tiempo con el que se dispuso para recabar la información sobre las actividades improductivas que retrasan los trabajos diariamente.

3.1.3 Análisis de la problemática

Evaluación de acuerdo a las buenas prácticas de manufactura

En las siguientes tablas se relacionan los aspectos evaluados, cuantificados con una calificación apreciativa en la que:

Tabla 13 *Valores de calificación de BPM*

2	= Cumple completamente.
1	= Cumple parcialmente.
0	= No cumple.
N.A	= No aplica.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14 *Evaluación de instalaciones físicas*

ASPECTO A CALIFICAR		
1.-	**INSTALACIONES FÍSICAS**	**CALIFICACIÓN**
1.1	El almacén está ubicado en un lugar alejado de focos de insalubridad o contaminación.	**1**
1.2	La construcción es resistente al medio ambiente.	**1**
1.3	El almacén presenta aislamiento y protección contra el libre acceso de animales o personas	**2**
1.4	El funcionamiento del almacén no pone en riesgo la salud y bienestar de la comunidad.	**1**
1.5	Los accesos y alrededores del almacén se encuentran limpios, con materiales adecuados y en buen estado de mantenimiento.	**1**
1.6	Los alrededores están libres de basura y objetos que afecten las características innatas de los agregados e insumos utilizados.	**1**
1.7	Existe clara separación física entre las áreas de recepción, producción, laboratorios, servicios sanitarios, etc.	**1**
1.8	La zona es estable segura y adecuada para el fácil acceso.	**1**
1.9	Se encuentran claramente señalizadas las diferentes áreas y secciones en cuanto a acceso y circulación de personas, servicios, seguridad, salidas de emergencia, etc.	**0**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15 *Evaluación instalaciones sanitarias*

ASPECTO A CALIFICAR		
2.-	**INSTALACIONES SANITARIAS**	**CALIFICACIÓN**
2.1	El tramo cuenta con servicios sanitarios bien ubicados, en cantidad suficiente, separados por sexo y en perfecto estado y funcionamiento.	**1**
2.2	Los servicios sanitarios están dotados con los elementos para la higiene personal (jabón líquido, toallas desechables o papel higiénico, etc.)	**1**
2.3	Existen vestidores en número suficiente, separados por sexo, ventilados, en buen estado y alejados del área de proceso.	**NA**
2.4	Se realizan el de mantenimiento a los servicios sanitarios, e instalaciones de aseo ubicadas en las instalaciones del tramo.	**1**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16 *Evaluación de personal*

ASPECTO A CALIFICAR		
3.-	**PERSONAL OPERADOR DE MAQUINARIA**	**CALIFICACION**
3.1	**PRÁCTICAS HIGIÉNICAS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD**	
3.1.1	Todos los empleados que manipulan las maquinarias y equipos llevan el EPP adecuado para las labores que realizan en el tramo.	**2**
3.1.2	Los trabajadores se encuentran libres de joyas y accesorios que les impidan laboral con facilidad.	**2**
3.1.3	Los EPP están en perfecto estado, listos para su uso adecuado.	**2**
3.1.4	Los empleados que están en contacto directo con el Slurry, no presentan afecciones en piel o enfermedades infectocontagiosas.	**1**
3.1.5	El personal en contacto directo con el Slurry utiliza mascarillas, lentes, casco, barbiquejo de forma adecuada y permanente.	**1**
3.1.6	Los operarios evitan prácticas antihigiénicas tales como rascarse, toser, escupir, etc.	**0**
3.1.7	Se observan operarios ubicados en lugares donde su integridad física pueda lesionarse.	**1**
3.1.8	Los trabajadores cumplen con todas las normas de higiene y seguridad: uniforme, casco, prácticas de higiene, etc.	**1**
3.1.9	Los operarios se protegen las manos (hasta el codo) cada vez realizan el mantenimiento a los equipos o manipulan productos químicos cada vez que sea necesario.	**1**
3.2	**EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN**	
3.2.1	Existe un Programa escrito de Capacitación en Slurry Seal.	**0**
3.2.2	Son apropiados los medios de difusión después de cualquier cambio de actividad.	**1**
3.2.3	Son adecuados los avisos alusivos a prácticas higiénicas, medidas de seguridad, ubicación de extintores etc.	**1**
3.2.4	Existen programas y actividades permanentes de capacitación en aplicación de Slurry Seal para el personal nuevo y antiguo y se llevan registros.	**0**
3.2.5	Los operarios conocen los procedimientos de aplicación de Slurry Seal.	**1**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17 *Evaluación de saneamiento*

ASPECTO A ALIFICAR		
4.-	**CONDICIONES DE SANEAMIENTO**	**CALIFICACION**
4.1.	**ABASTECIMIENTO DE AGUA**	
4.1.1	Existen procedimientos escritos sobre manejo y calidad del agua.	**0**
4.1.2	Existen parámetros de calidad para el agua potable.	**1**
4.1.3	Cuenta con registros de laboratorio que verifican la calidad del agua.	**0**
4.1.4	El suministro de agua es adecuado para todas las operaciones	**1**
4.1.5	La cisterna de almacenamiento de agua está protegido, es de capacidad suficiente.	**1**
4.2	**MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS**	
4.2.1	El manejo de los residuos líquidos dentro de la zona no representa riesgo de contaminación para los pobladores y medio ambiente.	**1**
4.3	**MANEJO Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS (BASURAS)**	
4.3.1	Existen suficientes, adecuados, bien ubicados e identificados recipientes para la recolección interna de los desechos sólidos o basuras.	**1**
4.3.2	Son removidas las basuras con la frecuencia necesaria para evitar generación de olores, molestias sanitarias, contaminación del producto y/o superficies y proliferación de plagas.	**2**
4.3.3	Existe un área destinada exclusivamente para el depósito temporal de los residuos sólidos adecuadamente ubicado, protegido y en perfecto estado de mantenimiento.	**1**
4.4	**LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO**	
4.4.1	Existen procedimientos escritos específicos de limpieza.	**1**
4.4.2	Existen registros que indican que se realiza inspección, limpieza y mantenimiento periódica en las diferentes áreas, equipos y herramientas.	**1**
4.4.3	Se tienen claramente definidos los productos utilizados para la limpieza y mantenimiento de los equipos.	**1**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18 *Evaluación del proceso constructivo*

ASPECTO A CALIFICAR		
5.-	**CONDICIONES DE PROCESO Y APLICACION**	**CALIFICACION**
5.1.	**EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**	
5.1.1	Los equipos y herramientas que están en contacto directo con insumos y materiales son adecuados para el trabajo realizado.	**1**
5.1.2	Las áreas de almacenaje de los equipos son de fácil acceso y limpieza.	**1**
5.1.3	Cuenta la empresa con los equipos mínimos requeridos para el proceso de producción.	**1**
5.1.4	Los equipos utilizados para los acabados del Slurry lisos, resistentes, de buena calidad.	**1**
5.1.5	Los equipos están diseñados de tal manera que se facilite su limpieza y mantenimiento (fácilmente desmontables, accesibles, etc.).	**1**
5.1.6	Los recipientes utilizados para materiales no comestibles y desechos zona prueba de fugas, debidamente identificados, de material impermeable, resistentes a la corrosión y de fácil limpieza.	**1**
5.1.7	Las Micropavimentadora se encuentran en buen estado y se realizan los mantenimientos programados.	**1**
5.1.8	Los procedimientos de mantenimiento de equipos son apropiados y no permiten presencia de agentes contaminantes en el producto (lubricantes, soldadura, pintura, etc.).	**1**
5.1.9	Existen manuales de procedimiento para la limpieza y mantenimiento (preventivo y correctivo) de equipos.	**1**
5.1.10	Los equipos están ubicados según la secuencia lógica del proceso tecnológico y evitan la contaminación cruzada.	**1**
5.1.11	Los equipos en donde se realizan operaciones críticas cuentan con instrumentos y accesorios para medición y registro de variables del proceso.	**1**
5.1.12	Se tiene programa y procedimientos escritos de calibración de equipo de instrumentos de medición.	**1**

5.2	**MATERIAS PRIMAS E INSUMOS**	
5.2.1	Existen procedimientos escritos para control de calidad de materias primas e insumos, donde se señalen especificaciones de calidad.	**1**
5.2.2	Previo al uso las materias primas son sometidas a los controles de calidad establecidos.	**1**
5.2.3	Las condiciones y equipo utilizado en el descargue y recepción de la materia prima son adecuadas y evitan la contaminación de los mismos.	**1**
5.2.4	Las materias primas e insumos se almacenan en condiciones adecuadas, en áreas independientes y debidamente marcadas o señalizadas.	**1**
5.2.5	Las materias primas empleadas se encuentran cumplen con las especificaciones técnicas requeridas.	**1**
5.2.6	Las materias primas son conservadas en las condiciones requeridas por cada producto (temperatura, humedad).	**1**
5.2.7	Se llevan registros escritos de las condiciones de conservación de las materias primas.	**0**
5.2.8	Se llevan registros de rechazos de materias primas.	**1**
5.2.9	Se llevan fichas técnicas de las materias primas: procedencia, volumen, rotación, condiciones de conserva ,etc.	**1**
5.3	**OPERACIONES DE FABRICACIÓN**	
5.3.1	El proceso de aplicación del Slurry se realiza en óptimas condiciones que garantizan la calidad y conservación del mismo.	**1**
5.3.2	Se realizan y registran los controles requeridos en los puntos críticos del proceso para asegurar la calidad del producto.	**1**
5.3.3	Las operaciones de aplicación se realizan en forma secuencial y continua de manera que no se producen retrasos indebidos.	**1**

5.3.4	El proceso de aplicación de Slurry se realiza respetando rigurosamente el procedimiento de técnico establecido.	**1**
5.3.5	Los operarios involucrados directamente en las actividades relacionadas a la aplicación de Slurry se encuentran capacitados y calificados.	**1**
5.8	**CONDICIONES DE TRANSPORTE**	
5.8.1	Las condiciones de transporte excluyen la posibilidad de contaminación.	**0**
5.8.2	El transporte garantiza el mantenimiento de las condiciones de conservación requeridas de los productos.	**1**
5.8.3	Los vehículos se encuentran en adecuadas condiciones mecánicas y operación para el transporte de los insumos y materias primas.	**1**
5.8.4	Los productos dentro de los vehículos son transportados en ambientes debidamente acondicionados.	**0**
5.8.5	Los vehículos son utilizados exclusivamente para el transporte de productos químicos se encuentran rotulados.	**1**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19 *Evaluación de salud ocupacional*

ASPECTO A CALIFICAR		
6.-	**SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**	**CALIFICACION**
6.1	Existen equipos e implementos de seguridad en funcionamiento y bien ubicados (extintores, campanas extractoras de aire, barandas, etc.).	**2**
6.2	Los operarios están dotados y usan los elementos de protección personal requeridos (gafas, cascos, guantes, abrigos, botas, etc.).	**2**
6.3	El establecimiento dispone de botiquín dotado con los elementos mínimos requeridos.	**2**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20 *Evaluación de aseguramiento de la calidad*

ASPECTO A CALIFICAR		
7.-	**ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**	**CALIFICACION**
7.1	**VERIFICACIÓN DE DOCUMENTACIÓN Y PROCEDIMIENTOS**	
7.1.1	El proyecto tiene políticas claramente definidas y escritas de calidad.	**2**
7.1.2	Posee fichas técnicas de materias primas y producto terminado en donde se incluyan criterios de aceptación, liberación o rechazo.	**2**
7.1.3	Existen manuales, catálogos, guías o instrucciones escritas sobre equipos, procesos, condiciones de almacenamiento y distribución de los insumos.	**2**
7.1.4	Se realiza con frecuencia un programa de auto inspecciones o auditoria.	**1**
7.1.5	Existen manuales de las técnicas de análisis de rutina vigentes a disposición del personal a nivel físico químico de los insumos.	**1**
7.1.6	Cuenta con manuales de operación estandarizados para los equipos de control de calidad.	**2**
7.1.7	Los procesos de producción y control de calidad están bajo responsabilidad de profesionales o técnicos capacitados	**2**
7.1.8	Existen manuales de las técnicas de análisis de rutina vigentes y validados a disposición a nivel físico-químico.	**1**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21 *Resumen de diagnóstico BPM*

CONCAR S.A. **RESUMEN** **BPC**

ELABORADOPOR: NOÉ MILIÁN CALDERÓN

Numeral	Aspecto	Pt. Max	Pt. Obt	% Conf.
1	Instalaciones Físicas	18	9	50.00
2	Instalaciones Sanitarias	8	3	40.00
3	Personal Manipulador de Maquinaria	28	14	50.00
4	Condiciones de Saneamiento	24	11	45.84
5	Condiciones de Proceso y Producción	62	28	45.16
6	Seguridad y Salud Ocupacional	6	6	100.00
7	Aseguramiento y Control de Calidad	16	13	81.25
		162	**84**	**58.89**

Fuente, elaboración propia.

Del estudio y análisis realizado, según los resultados obtenidos en la Tabla N° 21 podemos concluir que solo existe un 59% de confiabilidad en los procesos que se realizan, por tal motivo es necesario corregir dichas falencias mediante la propuesta de aplicación de Lean Construction.

Herramientas de diagnóstico

- **Entrevista sobre la situación que se encuentra la empresa CONCAR S.A., con respecto al Lean Construction en el proceso de aplicación de Slurry Seal.**

NOMBRE: Ing. Víctor Ludueña

PUESTO DENTRO DE LA EMPRESA: Responsable Control de calidad

EMPRESA: CONCAR S.A.

RUC: 20343443961

DIRECCIÓN: Av. Petit Thouars N. 4957 - Lima - Lima - Miraflores

La visita se realizó el día 09 de septiembre por la mañana. En esta visita se entrevistó al Ing. Víctor Ludueña, quien cuenta con el puesto de jefe de control de calidad en la empresa

CONCAR S.A., empresa que se dedica al rubro de construcción y mantenimiento de carreteras. La empresa está situada en Lima, pero también tiene sedes de acuerdo a las obras que desarrolla a nivel nacional. Las preguntas planteadas en la entrevista tienen el objetivo de obtener información correspondiente al proceso de aplicación de Slurry Seal. De acuerdo a las respuestas del entrevistado de logra definir que la empresa cuenta con un manual de indicaciones de aplicación de Slurry Seal, también menciona que si existe un manual, pero que no se profundiza en la difusión a los trabajadores, esto se debe a que hay un cierto desconocimiento sobre lo que sería un manual por parte de los trabajadores, hace referencia también que por efectos de las fallas de las máquinas se producen tiempos muertos considerables, y que influye directamente en la aplicación del Slurry Seal. Menciona también que la empresa tiene sus políticas de calidad pero al igual que el manual no son muy difundidas a sus trabajadores, y que existe un descuido por parte de la empresa como de los trabajadores en este punto.

El ingeniero menciona que si existe capacitación a los trabajadores pero no a todos, lo que nos dice que los responsables directos del proceso no les comunican a los operadores o ejecutores de la aplicación del Slurry Seal. En cuanto a la inversión realizada en para establecer, implementar y actualizar un sistema Lean Construction, no se pudo obtener dato exacto debido a políticas de la empresa, pero de una forma positiva afirmo que la empresa está dispuesta a invertir pues es parte de la política de la empresa la búsqueda constante de le eficiencia de sus procesos.

Con esta información obtenida, es evidente que la empresa no aplica un plan de gestión de Lean Construction en el proceso de aplicación de Slurry Seal, es entonces una gran oportunidad para proponer el sistema Lean Construction. Planteando la propuesta el entrevistado mostro interés por el sistema Lean Construction y mencionó que los directivos de la empresa les interesaría plantear esta propuesta.

- **Encuesta realizada al personal de producción de la empresa CONCAR S.A.**

La encuesta realizada a la muestra poblacional de la Empresa CONCAR S.A., es un método que consiste en plantear una serie de preguntas con alternativas para sus respectivas repuestas, solicitando a los encuestados que respondan con la mayor objetividad y veracidad posible. Preparada por el investigador considerando todas las indicaciones previas para su elaboración. De esta forma, el encuestado puede, sin medición alguna y de manera anónima, expresar su opinión sobre la posibilidad de la implantación del sistema de Lean Construction con respecto al proceso de aplicación del Slurry Seal en la empresa.

Este método permite establecer la operatividad de la encuesta y el conocimiento de la muestra poblacional que tienen respecto a la realidad problemática del tema en mención.

Resultados de la aplicación

Los Resultados obtenidos a través de esta Técnica

Universo : Recursos Humanos de la empresa
Grupo Objetivo : Algunos Trabajadores de la empresa.
Tamaño Muestral: 27 Trabajadores del área de Aplicación de Slarry Seal
Metodología : Aplicación de una muestra probabilística
Técnica : Encuesta en la CONCAR S.A.

Resultados obtenidos a nivel de encuesta:

Pregunta1: ¿Conoce usted si la empresa cuenta con un manual con las indicaciones de la aplicación de Slurry Seal?

Tabla 22 *Encuesta - Pregunta Nº 1*

Alternativa	Trabajadores	Porcentaje
SI	8	29.63%
NO	19	70.37%
Total	27	100%

Fuente: Encuestas al personal de aplicación de Slurry Seal (Elaboración propia)

Figura 5. *Encuesta - Pregunta Nº 1*
Fuente: Tabla N° 22 (Elaboración: Propia)

Análisis: El 29.63% de los encuestados que si existe un manual para el proceso de aplicación de Slurry Seal, sin embargo un 70.37% desconoce que la empresa tenga un manual para este proceso.

Pregunta 2: ¿Existe una política de calidad que cubra la seguridad de la aplicación de Slurry Seal?

Tabla 23 *Encuesta - Pregunta Nº 2*

Alternativa	Trabajadores	Porcentaje
SI	16	59.26%
NO	11	40.74%
Total	27	100%

Fuente: Encuestas al personal de aplicación de Slurry Seal (Elaboración Propia)

Figura *6. Encuesta - Pregunta Nº 2*
Fuente: Tabla N° 23 (Elaboración: Propia)

Análisis: con respecto a que si existe políticas de calidad que resguarden la seguridad de aplicación del Slurry Seal un 59.26% respondió que si existen políticas de calidad, y un 40.74% contesta que no existen políticas de calidad que regulen dicho proceso de aplicación de Slurry Seal.

Pregunta 3: ¿Existe un comité de calidad, evaluador de la aplicación de Slurry Seal?

Tabla 24 *Encuesta - Pregunta Nº 3*

Alternativa	Trabajadores	Porcentaje
SI	8	30%
NO	19	70%
Total	27	100%

Fuente: Encuestas al personal de aplicación de Slurry Seal (Elaboración propia)

Figura 7. *Encuesta - Pregunta Nº 3*
Fuente: Tabla N°24 (Elaboración Propia)

Análisis: el 30% afirma que si existe un comité evaluador de la calidad de aplicación del Slurry Seal, sin embargo un 70% dice que no lo hace.

Pregunta 4: ¿Designa la empresa un responsable en cada área o zona de aplicación de Slurry Seal?

Tabla 25 *Encuesta - Pregunta Nº 4*

Alternativa	Trabajadores	Porcentaje
SI	8	30%
NO	19	70%
Total	27	100%

Fuente: Encuestas al personal de aplicación de Slurry Seal

Figura 8. *Encuesta - Pregunta Nº 4*
Fuente: Tabla N°25 - Elaboración: Propia

Análisis: gran parte responde la empresa no designa un personal en cada área o zona específica para inspeccionar la aplicación de Slurry Seal. Pero un 30% dice que si es posible que la empresa designe un personal encargado en la zona de aplicación.

Pregunta 5: ¿Se proporciona formación precisa (capacitación, programas de inducción, etc.) de la aplicación de Slurry Seal?

Tabla 26 *Encuesta - Pregunta Nº 5*

Alternativa	Trabajadores	Porcentaje
Mucho	0	0%
Regular	7	26%
Poco	13	48%
Nada	7	26%
Total	27	100%

Fuente: Encuestas al personal de aplicación de Slurry Seal (Elaboración propia)

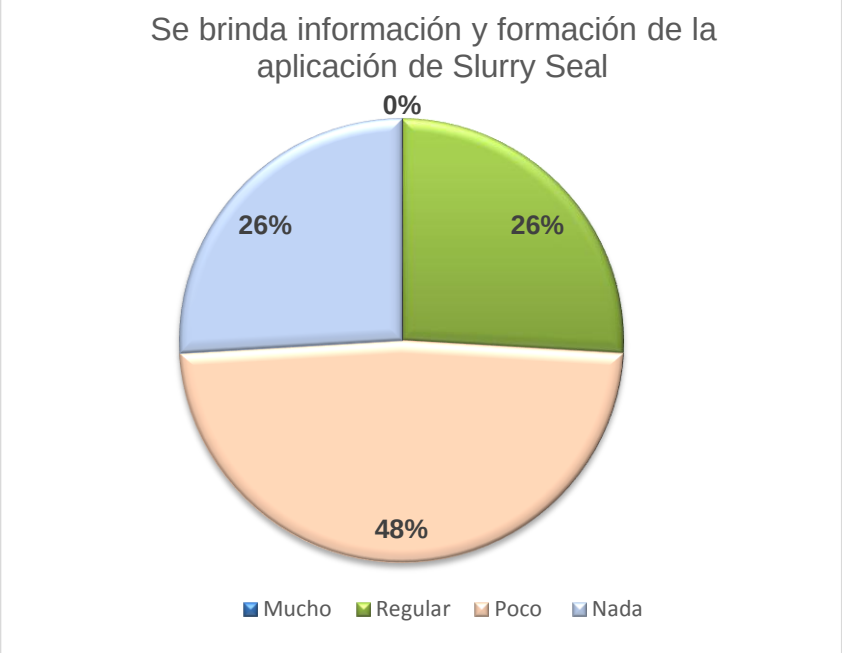

Figura 9. *Encuesta - Pregunta Nº 5*
Fuente: Tabla N° 26 Elaboración: Propia

Análisis: el 26% responde que recibe regular información y formación cerca de la aplicación de Slurry Seal, un 48% responde que recibe muy poca información, y otro 26% dice que no recibe nada de información y formación acerca de la aplicación, se puede deducir que si se brinda información y se da charlas acerca de la aplicación de Slurry Seal se lograría mejorar.

Pregunta 6: ¿Existe documentos o certificación del Lean Construction?

Tabla 27 *Encuesta - Pregunta Nº 6*

Alternativa	Trabajadores	Porcentaje
SI	4	15%
NO	23	85%
Total	27	100%

Fuente: Encuestas al personal de aplicación de Slurry Seal (Elaboración propia)

Figura 10. *Encuesta - Pregunta Nº 6*
Fuente: Tabla N°27 (Elaboración: Propia)

Análisis: el 15% responde que sí y el 85% que no. Esto nos da a conocer que si se requiere de una gestión acerca del Lean Construction, apuntando no solo a la mejora de la empresa con respecto a esta aplicación sino que también apuntando a una futura certificación del Lean Construction.

Pregunta 7: ¿El tiempo de respuesta del personal de mantenimiento ante una falla es el adecuado?

Tabla 28 *Encuesta - Pregunta Nº 7*

Alternativa	Trabajadores	Porcentaje
SI	2	7%
NO	25	93%
Total	27	100%

Fuente: Encuestas al personal de aplicación de Slurry Seal (Elaboración propia)

Figura 11. *Encuesta - Pregunta Nº 7*
Fuente: Tabla N°28 (Elaboración: Propia)

Análisis: El 7% de los encuestados manifiestan que si hay un presupuesto asignado a mejorar e implementar un sistema de mejora, pero por otra parte un 93% expresa que no.

Pregunta 8: ¿La empresa realiza auditorías internas para determinar si el proceso de aplicación del Slurry Seal está conforme con lo planificado?

Tabla 29 *Encuesta - Pregunta Nº 8*

Alternativa	Trabajadores	Porcentaje
SI	5	59%
NO	7	41%
Total	12	100%

Fuente: Encuestas al personal de aplicación de Slurry Seal (Elaboración propia)

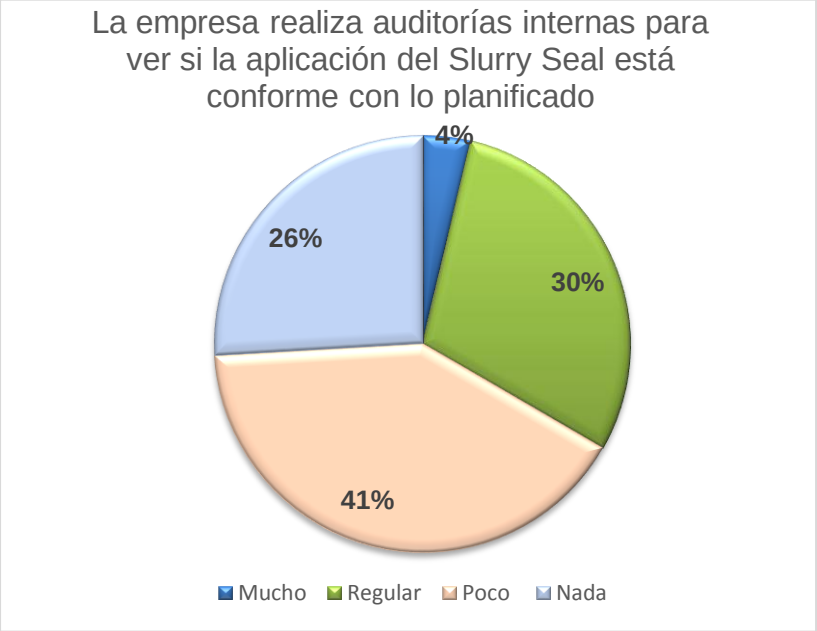

Figura 12. *Encuesta - Pregunta Nº 8*
Fuente: Tabla N°29 Elaboración: Propia

Análisis: llama la atención al verificar que el 41% que muy poco se hace auditorías para verificar la conformidad de lo planificado con lo que se está ejecutando en el proceso de aplicación de Slurry Seal.

Pregunta 9: ¿Se lleva a cabo correcciones y acciones correctivas cuando no se alcanzan los resultados planificados?

Tabla 30 *Encuesta - Pregunta Nº 9*

Alternativa	Trabajadores	Porcentaje
SI	27	100%
NO	0	0%
Total	27	100%

Fuente: Encuestas al personal de aplicación de Slurry Seal (Elaboración propia)

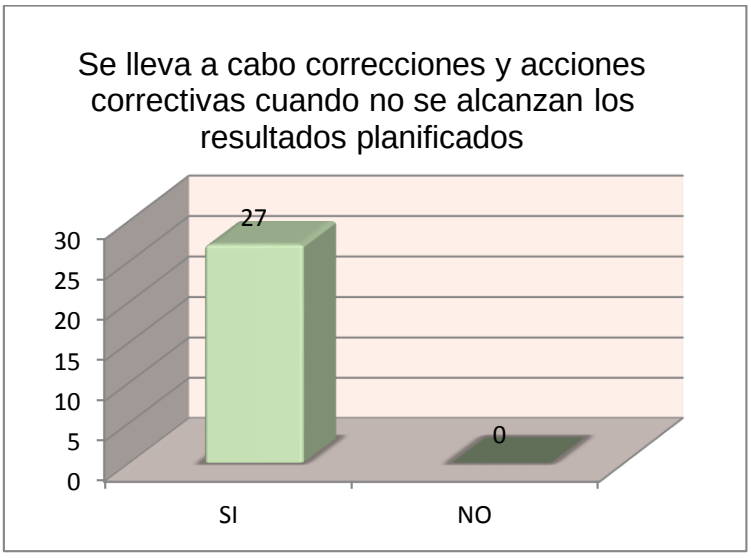

Figura 13. *Encuesta - Pregunta Nº 9*
Fuente: Tabla N°30 (Elaboración: Propia)

Análisis: el 100% responde si se realizan acciones correctivas cuando no se alcanza los resultados planificados. Lo cual es un indicador que si se puede aplicar la propuesta que se plantea a la empresa con respecto al proceso de aplicación de Slurry Seal.

Pregunta 10: ¿Considera que si es posible plantear algunas mejoras en la máquina para aumentar el rendimiento del mismo?

Tabla 31 *Encuesta - Pregunta Nº 10*

Alternativa	Trabajadores	Porcentaje
SI	27	100%
NO	0	0%
Total	27	100%

Fuente: Encuestas al personal de aplicación de Slurry Seal (Elaboración propia)

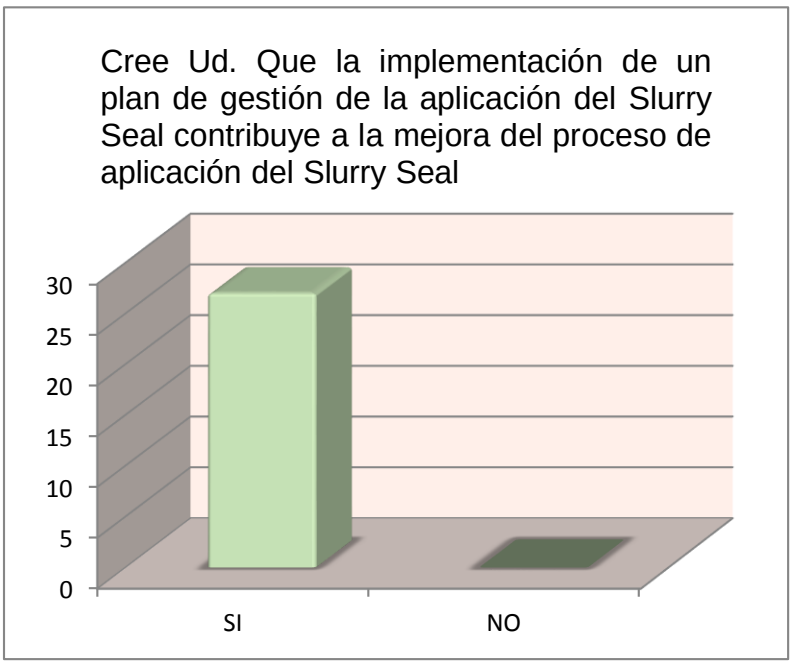

Figura 14. *Encuesta - Pregunta Nº 10*
Fuente: Tabla N°31 (Elaboración: Propia)

Análisis: El 100% propone que si se deben plantear propuestas de mejora, lo que representa que si puede aplicar o presentar nuestra propuesta de mantenimiento.

3.1.4 Situación actual de la variable dependiente

Análisis del Proceso de Aplicación de Slurry Seal

Tabla 32 *Demora de actividades - Semana 1*

SEMANA 1						
	DEMORA EXPRESA EN MIN/DIA					
CAUSA	**DIA 1**	**DIA 2**	**DIA 3**	**DIA 4**	**DIA 5**	**DIA 6**
Demora en inicio de labores	45	40	32	0	60	0
Desabastecimiento de materiales	0	0	126	0	0	84
Fallas en la Micropavimentadora	0	47	0	0	0	0
Demora en recarga de Micropavimentadora.	38	0	0	0	0	0
Slurry Seal no cumple estándares de calidad.	22	15	0	0	0	19
Base de la carretera presenta fallas.	0	0	0	23	0	0
TOTAL DEMORA EN DIA	**105**	**102**	**158**	**23**	**60**	**103**
TOTAL DEMORA EN SEMANA			**551**			

Fuente, elaboración propia

Tabla 33 *Demora en actividades - Semana 2*

SEMANA 2						
	DEMORA EXPRESA EN MIN/DIA					
CAUSA	**DIA 1**	**DIA 2**	**DIA 3**	**DIA 4**	**DIA 5**	**DIA 6**
Demora en inicio de labores	38	0	48	0	0	136
Desabastecimiento de materiales	0	54	0	0	0	0
Fallas en la Micropavimentadora	0	0	0	0	0	0
Demora en recarga de Micropavimentadora.	0	0	0	23	0	0
Slurry Seal no cumple estándares de calidad.	0	36	0	0	41	0
Base de la carretera presenta fallas.	0	0	0	0	0	0
TOTAL DEMORA EN DIA	**38**	**90**	**48**	**23**	**41**	**136**

TOTAL DEMORA EN SEMANA	**376**

Fuente elaboración propia.

Tabla 34 *Demora de actividades - Semana 3*

SEMANA 3						
	DEMORA EXPRESA EN MIN/DIA					
CAUSA	**DIA 1**	**DIA 2**	**DIA 3**	**DIA 4**	**DIA 5**	**DIA 6**
Demora en inicio de labores	0	49	52	0	75	0
Desabastecimiento de materiales	0	0	22	0	38	0
Fallas en la Micropavimentadora	29	0	0	0	0	34
Demora en recarga de Micropavimentadora.	0	21	0	38	0	0
Slurry Seal no cumple estándares de calidad.	12	0	0	47	0	20
Base de la carretera presenta fallas.	0	0	37	0	0	0
TOTAL DEMORA EN DIA	**41**	**70**	**111**	**85**	**113**	**54**
TOTAL DEMORA EN SEMANA			**474**			

Fuente elaboración propia

Tabla 35 *Demora de actividades - Semana 4*

SEMANA 4						
	DEMORA EXPRESA EN MIN/DIA					
CAUSA	**DIA 1**	**DIA 2**	**DIA 3**	**DIA 4**	**DIA 5**	**DIA 6**
Demora en inicio de labores	46	0	0	42	0	39
Desabastecimiento de materiales	0	0	162	0	67	0
Fallas en la Micropavimentadora	0	41	0	0	0	0
Demora en recarga de Micropavimentadora.	24	0	0	0	0	0
Slurry Seal no cumple estándares de calidad.	0	0	25	0	0	22
Base de la carretera presenta fallas.	0	32	0	0	19	0
TOTAL DEMORA EN DIA	**70**	**73**	**187**	**42**	**87**	**61**

TOTAL DEMORA EN SEMANA	**520**

Fuente elaboración propia.

Tabla 36 *Demora en actividades - Semana 5*

SEMANA 5						
	DEMORA EXPRESA EN MIN/DIA					
CAUSA	**DIA 1**	**DIA 2**	**DIA 3**	**DIA 4**	**DIA 5**	**DIA 6**
Demora en inicio de labores	42	0	0	0	45	0
Desabastecimiento de materiales	0	51	0	0	0	0
Fallas en la Micropavimentadora	0	37	0	0	0	135
Demora en recarga de Micropavimentadora.	0	20	0	29	0	0
Slurry Seal no cumple estándares de calidad.	39	0	28	0	0	0
Base de la carretera presenta fallas.	0	0	43	0	0	0
TOTAL DEMORA EN DIA	**81**	**108**	**71**	**29**	**45**	**135**
TOTAL DEMORA EN SEMANA			**469**			

El tiempo promedio de retrasos o demoras por cada semana es de cuatrocientos setenta y ocho minutos (478´) lo que se traduce en aproximadamente ocho (8) horas semanales, que esto es horas hombre y maquina perdidos lo cual no genera valor y resta beneficio a la empresa.

La empresa tiene una jornada laboral de once (11) horas diarias, lo que significa que a la semana tiene sesenta y seis (66) horas laborales; de las cuales solo cuarenta y ocho (48) horas son de producción de Slurry Seal, dentro de estas horas los retrasos representan un 17% del total de tiempo productivo semanal, aproximadamente una jornada menos de trabajo por semana.

Dichos retrasos elevan aún más los costos de hora/hombre, hora/maquina. Last Planner System es una herramienta del Lean Construction, forma parte de la gestión y planificación a corto y mediano plazo del proyecto, dando una forma ordena y sistemática a las actividades, dicho sistema nos va a permitir corregir y eliminar de forma gradual dichas

demoras o retrasos. De esta manera se logrará optimizar el proceso de aplicación de Slurry Seal.

Análisis de Aplicación de Slurry Seal a usando diagrama Causa – Efecto

En el proceso de aplicación de Slurry Seal se presentan problemas en el inicio de las actividades al llegar al campo de trabajo debido a la demora en el personal para dar inicio a las actividades, el proceso de recarga de la Micropavimentadora también presenta demoras y así también la aplicación misma del Slurry Seal debido a factores como la contaminación de los materiales o insumos y las averías que presenta la Micropavimentadora.

Estos retrasos a su vez, son los causantes de la disminución de la productividad y del incremento de los costos de mantenimiento y producción.

Por tal motivo es necesario analizar al detalle las causas de dichos problemas, para finalmente actuar sobre cada uno de los factores encontrados.

Como se puede ver en cada uno de los diagramas causa – efecto, a continuación descritos, los elementos de análisis son: Mano de Obra, Método, Maquinaria y Materiales.

El diagrama causa – efecto o llamado también diagrama de Ichikawa o diagrama de espina de pescado, es un medio que nos permite ordenar todas las causas que nos conducen a un efecto.

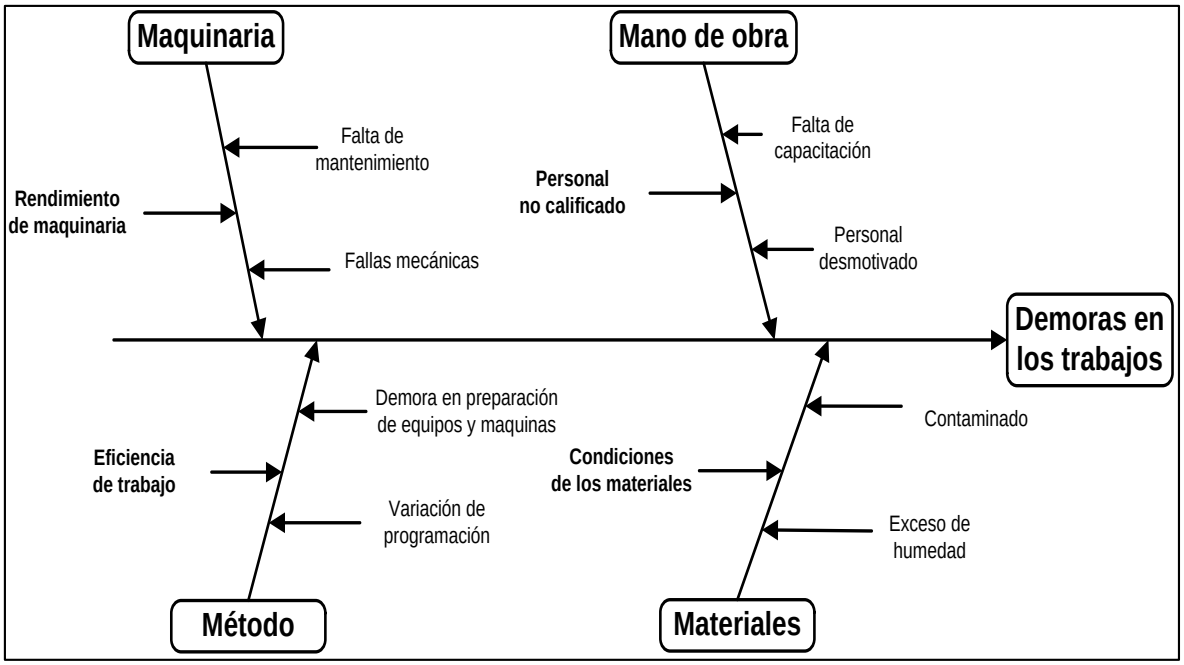

Figura 15. *Causa - Efecto - Aplicación de Slurry Seal*
Fuente Elaboración propia – adaptación Causa – Efecto

Tabla 37 *Causa - Efecto, Aplicación Slurry Seal*

Causas
1.1. Mala manipulación de los equipos.
1.2. Falta de capacitación al personal.
1.3. Inexperiencia de los trabajadores.
1.4. Falta de supervisión de tareas.
1.5. Falta de cumplimiento de mantenimiento preventivo.
1.6. Falta de atención oportuna de los equipos para prevenir fallas.
1.7. La contaminación de los materiales debido al mal almacenamiento.
1.8. Falta de indicadores de mantenimiento fáciles y útiles para el personal.
1.9. Falta de stock de repuestos.

Fuente Elaboración propia – Adaptación Causa – Efecto

Es así que la ilustración N° 15 muestra las deficiencias en la respuesta al mantenimiento de la maquinaria, esto genera paralizaciones de la producción de forma parcial o total, además se percibe un personal sin capacitación lo que genera demoras en las actividades que realizan. Esto hace necesario el uso de una nueva metodología que permita optimizar los recursos asignados..

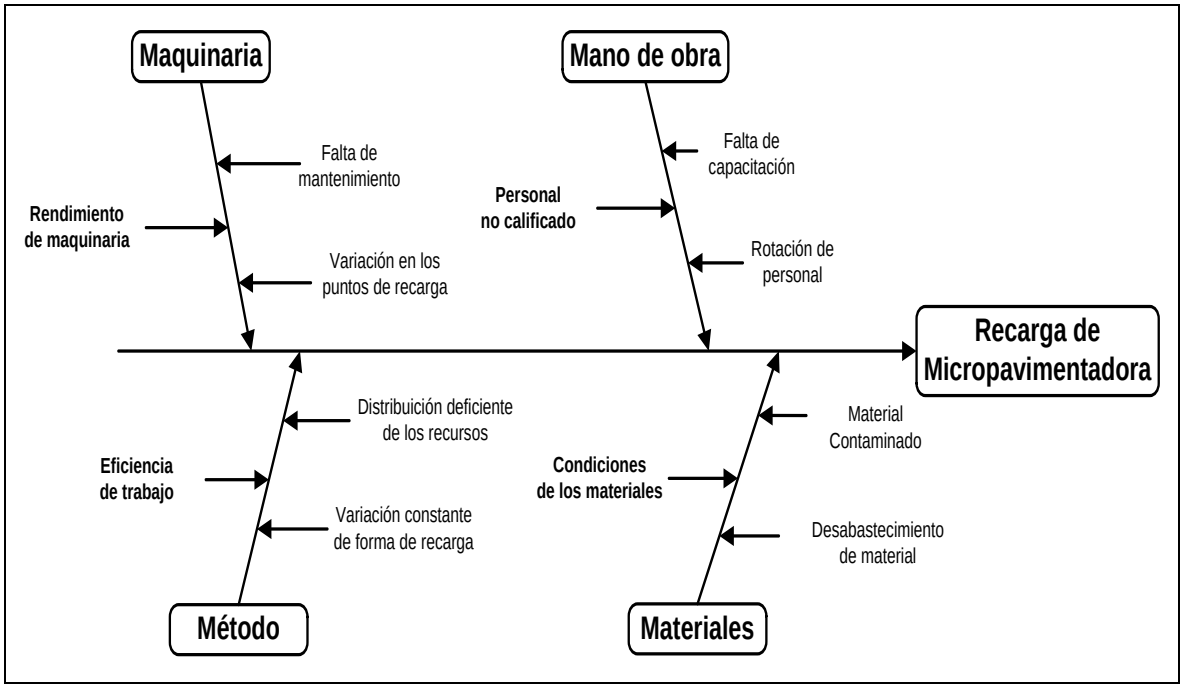

Figura 16. *Causa - Efecto - Recarga de Micropavimentadora*
Fuente Elaboración propia – Adaptación Causa – Efecto

Tabla 38 *Causa - Efecto, Recarga de Micropavimentadora*

Causas
2.1. Falta en operación de equipos
2.2. Falta de capacitación
2.3. Falta de control en la calidad del producto
2.4. Supervisión del proceso deficiente
2.5. Falta de indicadores de calidad para el personal de producción
2.6. Falta de límites de control y evolución de la calidad para trabajadores

Fuente Elaboración propia – adaptación Causa – Efecto

En la ilustración N° 16 la recarga de la Micropavimentadora presenta como falencias el tema de averías por falta de un mantenimiento preventivo oportuno, las distancias que se deben recorrer en ocasiones para reabastecer el equipo debido que el espacio existente en la zona no es el adecuado, y también debemos tener en consideración el tema de los materiales e insumos pues cuando estos presentan agentes contaminantes traen como resultado averías en la Micropavimentadora.

Análisis de la recarga de la Micropavimentadora.

Durante la observación del proceso de aplicación de Slurry Seal, se pudo registrar los tiempos que tarda la cuadrilla del Slurry Seal para realizar la recarga de la Micropavimentadora, así como también el tiempo que se utilizar para la aplicación en sí del Slurry Seal. Para determinar el número de observaciones o muestras se utilizó la fórmula del estudio de tiempos, para un nivel de confianza del 95.5% y un margen de error del 5%:

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n'\sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x}\right)^2$$

Figura 17. *FÓRMULA - Nº OBSERVACIONES*
Fuente elaboración propia

Siendo:

n = Tamaño de la muestra que deseamos calcular (número de observaciones)

n' = Número de observaciones del estudio preliminar

Σ = Suma de los valores

x = Valor de las observaciones.

40 = Constante para un nivel de confianza de 94,45%

28	784
24	576
35	1225
20	400

Σx = 107 Σx² = 2985

$$n = \frac{40\sqrt{4(2985) - (107)^2}}{107} = 8$$

De acuerdo a la fórmula aplicada, tenemos un total de ocho observaciones, dado que el número de recargas durante el periodo de observación fue menor o igual al requerido por la fórmula se registraron los datos de todas las recargas, del mismo modo se aplicó el criterio para registrar los tiempos de aplicación del Slurry Seal.

Tabla 39 *REGISTRO DE TIEMPOS DIA 1*

DIA 1	**MINUTOS/RECARGA**						
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	**PROMEDIO**
RECARGA	28	24	35	20	18	25	**25**
APLICACIÓN	18	16	15	15	16	11	**15**
TOTAL	46	40	50	35	34	36	**40**

Fuente elaboración propia

Tabla 40 *REGISTRO DE TIEMPOS DIA 2*

DIA 2	**MINUTOS/RECARGA**						
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	**PROMEDIO**
RECARGA	29	21	27	22	26	25	**25**
APLICACIÓN	18	16	15	15	16	11	**15**
TOTAL	47	37	42	37	42	36	**40**

Fuente elaboración propia

Tabla 41 *REGISTRO DE TIEMPOS DIA 3*

DIA 3	**MINUTOS/RECARGA**					
	R1	R2	R3	R4	R5	**PROMEDIO**
RECARGA	31	22	24	27	21	25
APLICACIÓN	13	15	15	16	16	15
TOTAL	44	37	39	43	37	40

Fuente elaboración propia

Tabla 42 *REGISTRO DE TIEMPOS DIA 4*

DIA 4	**MINUTOS/RECARGA**								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	**PROMEDIO**
RECARGA	26	29	23	22	23	25	23	27	25
APLICACIÓN	13	16	11	19	17	12	16	18	15
TOTAL	39	45	34	41	40	37	39	45	**40**

Fuente elaboración propia

Tabla 43 *REGISTRO DE TIEMPOS DIA 5*

DIA 5	**MINUTOS/RECARGA**								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	**PROMEDIO**
RECARGA	22	26	26	23	25	27	20	25	24
APLICACIÓN	15	17	15	18	16	13	14	13	15
TOTAL	37	43	41	41	41	40	34	38	**39**

Fuente elaboración propia

Tabla 44 *REGISTRO DE TIEMPOS DIA 6*

DIA 6	**MINUTOS/RECARGA**						
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	**PROMEDIO**
RECARGA	20	26	25	23	28	28	**25**
APLICACIÓN	13	16	19	16	14	11	**15**
TOTAL	33	42	44	39	42	39	**40**

Fuente elaboración propia

De los datos obtenidos podemos determinar que el tiempo total de la aplicación del Slurry Seal en promedio es de 40 min/aplicación esto incluye el tiempo de recarga más el tiempo de aplicación del Slurry sobre la base a trabajar.

Inventario de maquinaria y equipos y maquinaria crítica

Tabla 45 *Inventario y estado de equipos y máquinas*

MAQUINARIA	CRITICAS		
	ALTO	REGULAR	BAJO
1. Micropavimentadora		✓	✓
2. Caja esparcidora de mezcla		✓	✓
3. Cargador frontal		✓	✓
4. Cisternas de Agua			✓
5. Cisterna de Emulsión		✓	✓
6. Comprensora de aire			✓
7. Botcat		✓	✓
8. Equipos de control de calidad para comprobación en campo.			✓
9. Mallas para evitar paso de impurezas			✓
10. Buguis			✓
11. Rastrillos			✓
12. Escobas			✓
13. Radios de comunicación			✓
14. Tanque estacionario de emulsión			✓

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Propuesta de investigación

3.2.1 Fundamentación

A.- Plan de optimización del proceso de Slurry Seal basado en Lean Construction aplicado en la empresa CONCAR S.A.

La propuesta de aplicación de Lean Construction para optimizar el proceso de aplicación de Slurry Seal, surge de lo observado durante el proceso constructivo tradicional de la empresa, en el cual se pudieron apreciar falencias.

Al realizar un análisis de la problemática existente y valiéndonos de la filosofía Lean Construction como herramienta de mejora, se determinó el uso del **Last Planner System** que a la vez se incluirá el Just Time y la curva de aprendizaje, de esta manera se pretende mejorar la eficiencia del proceso de aplicación de Slurry Seal en la empresa CONCAR S.A.

En las páginas anteriores se han descrito los principales problemas. A continuación en este capítulo, se proponen las medidas correctivas del caso y se utilizan algunas alternativas para prevenir problemas futuros.

A continuación se presenta un esquema del sistema de trabajo basado en el Last Planner System, el cual se detalla en la tabla Nº40

Tabla 46 *Esquema del Sistema LPS*

ESQUEMA DEL SISTEMA LAST PLANNER O ÚLTIMO PLANIFICADOR	
APARTADO	**REQUISITOS**
1. Last Planner System.	1.1 El Plan Maestro 1.2 Planificación Intermedia 1.3 Planificación Semanal
2. Planificación del Last Planner System.	2.1 Planificación Intermedia A. Definición de las actividades de la planificación intermedia B. Análisis de restricciones 2.2 Planificación Semanal

	A. Medición de la práctica del sistema de planificación B. Proceso de planificación semanal C. Causas de no cumplimientos
	2.3 Análisis de Restricciones (cuellos de botella)
	2.4 Verificación de lo Planificado
	3.1 Liderazgo
	3.2 Responsables del LPS
	3.3 Programas de educación e información
3. Para la calidad en la gestión y adaptación del LPS	3.4 Etapas de capacitación del mantenimiento
	3.5 Motivación
	3.6 JUST TIME – Pequeños grupos de LPS
	3.7 Comités
	3.8 Paneles
	4.1 Antecedentes Generales
	4.2 Área piloto
	4.3 Responsables
4. Para la adaptación de Last Planner en la empresa	4.4 Pasos básicos a desarrollar LPS
	4.5 Árbol de equipos
	4.6 Notificación de paradas
	4.7 Notificación de producción
	4.8 Método tradicional de planificación v/s Last Planner

5. Análisis Costo – Beneficio	5.1	Costos y Gastos actuales de la empresa
	5.2	Costos y Gastos de la implementación del diseño

Fuente: Elaboración Propia – Adaptación de la Metodología del Sistema Last Planner

3.2.2 Objetivos de la propuesta

Lo que se busca a través del presente trabajo es la implementación de la metodología Lean Construction para optimizar el proceso de aplicación del Slurry Seal, haciendo suyo este método de trabajo para lograr así resultados idóneos y con alta calidad, que generen un impacto positivo en el resto de las áreas de la empresa y posteriormente en un futuro muy cercano toda la empresa administre sus proyectos viales basándose en esta metodología de trabajo.

De lograr este objetivo, la empresa estará asegurando su permanencia y liderazgo en el sector económico de la construcción y mantenimiento de carreteras. Incrementando su valor de mercado y sus activos. Llegando a gozar de un prestigio y credibilidad aún mayor.

3.2.3 Desarrollo de la propuesta

1.- El plan maestro

Todo proyecto de construcción se basa en una planificación general, sobre la cual se determinan los objetivos generales que fueron planteados al inicio del proyecto. A esta planificación inicial se le llama “El Cronograma Maestro”. A través de este cronograma se busca trazar las metas generales del proyecto fijando fechas claramente definidas para la entrega de cada meta, a esto se le llama “hitos” del proyecto. De esta manera, el cronograma maestro permite identificar los hitos de control del proyecto.

El cronograma maestro se elabora con información real de la obra, teniendo como base el expediente técnico del proyecto, de esta forma queda claro la experiencia y capacidad que tiene la empresa para la ejecución del proyecto. Es así como podremos dar validez al Last Planner System, ya que se estará controlando las tareas que representan la forma y desempeño real de la empresa CONCAR S.A.

Para la elaboración de nuestro cronograma maestro nos apoyaremos en software, como lo son Ms Project, Primavera, etc. Lo esencial en la elaboración de este cronograma es

poder identificar los hitos del proyecto y además de ello poder elaborar y conocer el presupuesto del proyecto, correspondiente al proceso de aplicación de Slurry Seal.

A.- Planificación del Sistema Last Planner

1.) Planificación Intermedia: Lookahead Planning

Lo que se busca aquí es controlar el flujo de trabajo. Podemos entender como un intervalo de tiempo en el futuro que permite tener una idea inicial de las actividades que van a ser ejecutadas, para lo cual se debe coordinar y levantar todos los obstáculos o restricciones que puedan existir para realizar las actividades programadas. Para realizar esta planificación debemos hacer participar a todas las áreas de la empresa, con la finalidad de involucrarlas en el proyecto asegurando que todos tengan clara cuál es la finalidad del proyecto y lo que se espera de cada una de las áreas con la finalidad de mitigar o minimizar las demoras o fallas en el proceso y que este sea dinámico. El control de flujo de trabajo (work flow control) es hacer que el trabajo (información o materiales) se muevan entre las unidades de producción con una secuencia y velocidad constante (tiempo base). También se debemos tener en cuenta el flujo del diseño, el abastecimiento, e instalaciones a través de las unidades de producción.

Se presentan algunos conceptos extraídos del glosario de términos del Lean Construction Institute:

Cronograma intermedio o anticipatorio: consiste en detallar las actividades del cronograma maestro a través del modelo de definición de actividades, revisando las tareas resultantes antes de permitir que entren en la ventana intermedia o que avancen dentro de esa ventana. Incluye la ejecución de acciones necesarias para alistar las tareas para su asignación una vez que sean programadas. Los cronogramas intermedios pueden ser presentados en forma de lista o de gráficos de barras. (Miranda Casanova, 2014)

Ventana intermedia o anticipatoria: Es la ventana o intervalo de tiempo, antes del inicio programado, en que las actividades del cronograma maestro son detalladas, revisadas o alistadas. Lo normal es que una ventana intermedia abarque un período futuro de entre 3 y 12 semanas. (Miranda Casanova, 2014)

a) Definición de actividades

En este apartado debemos detallar de manera clara y precisa cada una de las actividades que se van a ejecutar y que forman parte del proceso de aplicación de Slurry Seal. Plasmar en nuestro cronograma diario cada una de estas actividades permitiendo que todos los involucrados en los trabajos puedan visualizar y entender de forma clara lo que se hará en el día y de qué forma, esto nos garantiza la optimización de los recursos y nos permitirá una total fluidez de los procesos.

Tabla 47 *Ejemplo de definición de actividades*

LISTADO DE ACTIVIDADES DIARIAS

Actividades	**Detalle de actividades**
Traslado al punto de trabajo.	Abordaje de movilidad en paradero autorizado. Difusión de normas de seguridad vial al personal a bordo de la unidad móvil. Desplazamiento del personal hacia el punto de trabajo. Llegada a estacionamiento autorizado en punto de trabajo. Descenso del personal de la unidad móvil en forma ordena.
Inicio de charla de 5 minutos.	Ubicación de la zona donde se realizara la charla de seguridad. Reunión de todo el personal en la zona donde se realizará la charla de seguridad. Inicio de charla de seguridad. Difusión de tema de seguridad y de actividades programadas para la jornada laboral. Firma de asistencia y permisos por parte de todos los asistentes a la charla de 5 min. Fin de charla de seguridad.

Fuente elaboración propia

b) **Análisis de Restricciones**

Las restricciones que presenta el proceso de aplicación de Slurry Seal se detallan a continuación mediante un breve análisis, el resultado de un periodo de observación de dicho proceso. Dichas restricciones deben ser analizadas para poder ser corregidas.

Tabla 48 *Restricciones del proceso*

RESTRICCIONES EN EL PROCESO DE APLICACIÓN DE SLURRY SEAL EN LA EMPRESA CONCAR S.A.	
a. Distribución de personal:	Se hace referencia con esta restricción a las variaciones que se presentan cuando se altera la programación diaria sin previo aviso con lo cual debe replantear las actividades y recursos con el fin de cumplir la nueva programación, esto genera retraso al inicio de las labores.
b. Recarga de Micropavimentadora:	Se hace referencia a las actividades que generan retraso como puede ser el desabastecimiento de materiales o la mala manipulación de las maquinas o equipos que en este nodo intervienen.
c. Materiales:	Los materiales necesarios para cada tarea deben estar en obra antes de la fecha de inicio de dicha actividad, dándoles el tratamiento y cuidado necesario para evitar reduzcan su calidad.
d. Mano de obra:	Se debe contar con la cantidad necesaria de personal para cada tarea (equilibrio entre carga y capacidad), de tal manera que se tenga mapeado las fechas en que se necesita incrementar o disminuir la mano de obra. De esa manera tendremos que liberar esta restricción haciendo el pedido a Recursos Humanos para la contratación de más personal para la fecha de ejecución de la tarea en análisis, o sino también en redistribuir el personal que ya se cuenta en obra.
e. Equipos:	Se tendrá presente en todo momento el tiempo y costo de los equipos al momento que están en obra, conocer su rendimiento diario nos permitirá optimizar su uso, y tener un programa de mantenimiento preventivo y predictivo para evitar lo que se presenta con frecuencia: las paradas de máquinas por fallas mecánicas.
f. Calidad:	La mezcla del Slurry Seal debe cumplir con los requisitos técnicos establecidos en el diseño de mezcla emitido por el laboratorio de

	suelos y pavimentos de la empresa. Es requisito indispensable para poder aprobar el tramo de aplicación que se cumplan los requisitos técnicos, en muchos casos se presentan observaciones en la calidad de los materiales pues llegan contaminados a obra, o la dosificación de la lechada asfáltica no es la correcta.
g. Otras:	En esta categoría podemos colocar todas aquellas restricciones especiales que puedan haber para cada tarea, como permisos, inspecciones, "cancha en obra", etc.

Fuente elaboración propia.

Las observaciones realizadas en obra deben ser registradas y llenadas en los formatos correspondientes para su posterior análisis de restricciones, la finalidad es tener en claro la fecha de inicio de la tarea a evaluar, identificar y detallar las restricciones para luego ubicarlas dentro de la etapa correspondiente, designar a un responsable del levantamiento y seguimiento de restricciones, definir una fecha límite para la cual debe estar liberada la observación. Además existen dos procesos claves para poder liberar restricciones, estos son la revisión y preparación de actividades.

La revisión consiste en determinar el estado de las tareas dentro del Lookahead Window en relación a sus restricciones y a la probabilidad de levantar las restricciones, pudiendo decidir adelantar o atrasar las tareas en relación a lo planificado en el cronograma maestro. A través de la revisión se tiene otra oportunidad de poder decidir si la tarea ingresa o no al Lookahead Window ya que si vemos de antemano que las restricciones no podrán ser liberadas para el plazo definido, la tarea debe ser retirada para evitar una falsa expectativa de cumplimiento. Observamos esta es la primera oportunidad que se presenta en el Last Planner para comenzar a estabilizar el flujo de trabajo. Debemos tomar en cuenta que la revisión se realiza basado en los tiempos de respuesta de los proveedores de cada una de las restricciones, repitiendo así este análisis en cada ciclo de planificación al actualizar el Lookahead Window al añadir la siguiente semana a evaluar.

Preparar o alistar las restricciones no es otra cosa más que las acciones correctivas que se tomarán para levantar o corregir dicha observación. Esto permitirá saber si el plazo

establecido para su corrección es el adecuado y continuar con la programación de todas tareas que no representen demora o retraso en la cadena de valor logrando tener así un flujo constante en todos los nodos de trabajo.

2.) Plan de Trabajo Semanal

El plan de trabajo semanal es el último nivel dentro de la jerarquía LPS, se debe presentar un detalle claro de todas las tareas que se deben realizar en la semana, esto permite conocer cuál será el requerimiento real y oportuno de materiales, insumos, maquinarias y personal para llevar a cabo la realización y el cumplimiento de dichas tareas. Es necesaria la participación de los responsables de las áreas de la empresa que tienen incidencia directa en el proceso constructivo, me refiero a logística, mantenimiento, calidad, seguridad, finanzas y producción. El profesional idóneo de realizar esta planificación (Last Planner), debe ser el ingeniero de campo, un maestro de obra, supervisores. Es decir aquellas personas que están como responsables directamente en campo y conocen la realidad in situ de las unidades de producción. El abastecimiento oportuno de materiales, los mantenimientos predictivos y preventivos, así como el flujo de información y documentación permiten que el proceso sea constante y de calidad. El compromiso por parte de la alta gerencia y de cada uno de los profesionales involucrados es de vital necesidad para alcanzar las metas fijadas en la semana.

a) Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)

Esta herramienta nos permite medir el porcentaje real de avance de obra, para poder realizar la trazabilidad en relación al plan maestro. Determinando si estamos teniendo un desempeño optimo o de estamos retrasados. Al realizar el comparativo entre lo programado y lo ejecutado. Una jornada diaria de trabajo está conformada por ocho (8) horas de trabajo en horario normal y dos (2) horas de tiempo extra, teniendo un total de sesenta (60) horas semanales. La manera de obtener el PPC viene de la división del número de tareas completadas que fueron programadas divido por el total de las tareas programadas para la misma semana, y todo esto lo expresamos como porcentaje.

Luego de haber observado el desempeño de los trabajos y los tiempos estimados que se emplean para aplicar el Slurry Seal, se cuantificó que en promedio a la semana se pierden ocho (8) horas de trabajo productivo. Por tal razón la eficiencia de tiempo se ve reducida.

$$Eficiencia\ de\ tiempo = \frac{\text{Horas trabajadas semanal}}{\text{Horas programadas semana}}\ x\ 100$$

$$Eficiencia\ de\ tiempo = \frac{52\ \text{hrs/sem}}{60\ \text{hrs/sem}}\ x\ 100$$

$$Eficiencia\ de\ tiempo = 86\%$$

Figura 18. *Porcentaje de Eficiencia de Tiempo*
Fuente elaboración propia.

b) Razones de No Cumplimiento

Las razones de No cumplimiento son las causas que impidieron culminar la tarea programada para la semana. Una tarea se considera culminada cuando se concluyó totalmente y no de forma parcial. Identificar estas causas nos llevará a una retroalimentación para futuro, ya que podremos ir haciendo una recopilación de las causas más recurrentes y en las que debemos tener más cuidado para las siguientes semanas o para próximos proyectos. Se recomienda designar a un responsable que se encargue de monitoreo del cumplimiento de las actividades programadas y a su vez lleve un registro de todos estos sucesos para poder generar una base de datos, y mediante la estadística podremos tener un reporte de causas de no cumplimiento, para poder hacer un seguimiento y solucionar dichos problemas. Las razones de no cumplimientos encontrados en el proceso de aplicación de Slurry Seal son: demora en el inicio de las actividades, desabastecimiento de materiales, fallas en la Micropavimentadora, demora en recarga de Micropavimentadora, Slurry Seal no cumple con la calidad, y por ultimo problemas en la base de la carretera. En conclusión, la importancia de las Razones de No Cumplimiento es el aprendizaje para no volver a repetir estos errores en el futuro.

SEMANAS	Demora en inicio de labores	Desabastecimiento de materiales	Fallas en Micropavimentadora	Demora en recarga de Micropavimentadora	Slurry Seal no cumple requisitos técnicos	Base de la carretera
1	4	2	1	1	3	1
2	3	1	0	1	2	0
3	3	2	2	2	3	1
4	3	2	1	1	2	2
5	2	1	2	2	2	1
ACUMULADO	**15**	**8**	**6**	**7**	**12**	**5**
TOTAL	**53**					
%	**28%**	**15%**	**11%**	**13%**	**23%**	**9%**

Figura 19. *Causas de No Cumplimiento*
Fuente elaboración propia.

En la ilustración 18, se muestra un resumen general del total veces se interrumpieron trabajos, generando retraso a la obra.

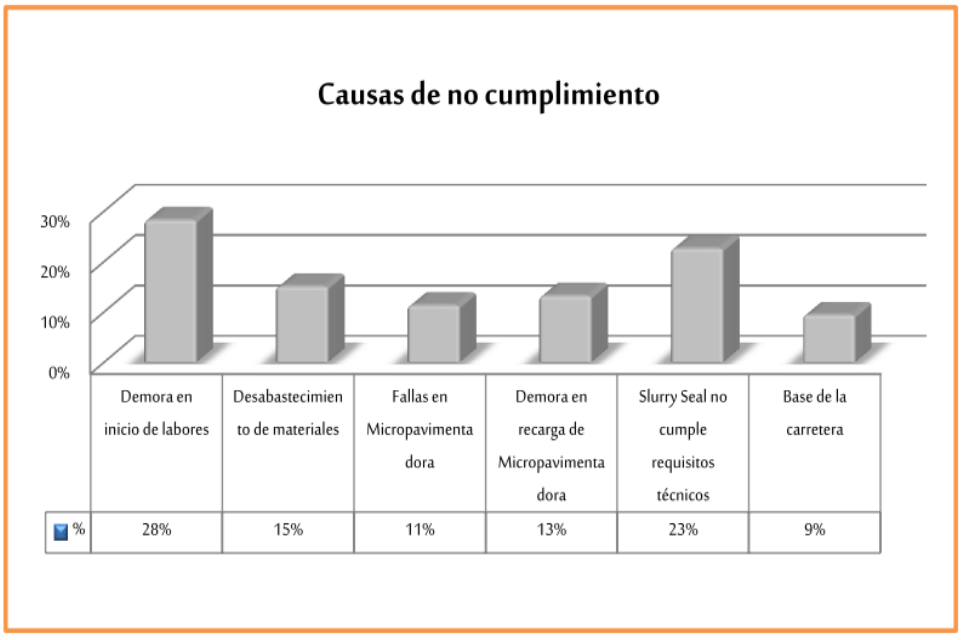

Figura 20. *Gráfica de No Cumplimiento*
Fuente elaboración propia.

La ilustración 19, nos muestra la representación gráfica relacionada a los motivos de no cumplimiento que generan en la obra. Así como también el valor porcentual de dichos retrasos.

c) Calidad en la Gestión y adaptación del LPS

La calidad de una obra de construcción y en particular una obra vial, debe estar presente en todo momento y en todas las áreas de la empresa, el compromiso con el objetivo principal que se tiene es realizar la obra en el plazo establecido, debe ser parte de una filosofía empresarial, convertirse en la cultura organizacional, para lograr la calidad en la implementación del LPS debemos seguir algunos pasos para mejorar la gestión actual y dar unas pautas para una mejor adaptación del sistema LPS a la empresa. Los puntos a considerar son: Liderazgo, Programas de Educación e Información, Adiestramiento y Capacitación para el Programa de Last Planner, Motivación, Comités, JUST TIME. Se recomienda acompañar esta campaña con el uso de material visual y publicitario, considerando los temas más importantes a desarrollar.

d) Liderazgo

El compromiso para llevar a cabo la implementación del LPS, debe provenir desde la alta gerencia, en todo momento deben mostrar su apoyo y respaldo a esta campaña e impulsarla a que se convierta en la nueva metodología de trabajo para la empresa, el apoyo y respaldo brindado por la gerencia será de gran utilidad sobre todo en la etapa de introducción y difusión del programa. La responsabilidad también recae sobre los jefes de área y capataces, ellos deben asumir su rol de liderazgo y transmitir a su personal la importancia y beneficios que se obtendrán con esta metodología de trabajo.

El líder debe ser una persona que ejerza un impacto positivo sobre su gente, para que de esta manera el personal a su cargo se comprometa también con el trabajo y busque la manera de cumplir con la programación establecida, aportando con ideas, alternativas de solución y fiscalización, tan necesarias para alcanzar la optimización del proceso de aplicación de Slurry Seal.

e) Responsables del LPS

Se debe asignar personal encargado del cumplimiento del LPS, respetando la programación diaria, llevando un registro detallado y minucioso de los tiempos en se realizan las tareas, para actualizar y optimizar los tiempos base de cada nodo de trabajo, además registrar y comunicar la nuevas razones de no cumplimiento que se puedan generar a lo largo del día, mantener una comunicación fluida con los responsables de las cuadrillas o sectorización de

trabajos, y así mismo con el ingeniero supervisor o residente para que se apliquen las acciones correctivas de forma oportuna y eficiente.

f) Programas de educación e información

La capacitación debe ser una constante en la empresa, se propone inicia con las áreas de Mantenimiento y Producción. Estas dos áreas comparten tareas comunes dentro del LPS. La duración de esta capacitación inicial será aprox. de 2 meses. El tiempo recomendado será durante las horas posteriores al término de la aplicación del Slurry Seal, es decir pasada las 14.00 pm, en las horas que corresponden al curado del Slurry, son tres horas aproximadamente las que se tienen de forma diaria para realizar esta capacitación, de esta forma no afectaríamos la producción ni haríamos incurrir en más gastos a la empresa ya que estamos dentro del horario de trabajo normal. Servirá para crear expectativa en los trabajadores, logrando motivarlos a poner en práctica los conocimientos difundidos. Se recomienda desarrollar en la Información / Capacitación:

- LPS – Conceptos Generales
- Objetivos del proyecto a corto y mediano plazo
- Last Planner (programación de obra)
- Lean Construction, uso de registros y programa. Herramientas de análisis para los JUST TIME.
- Sistemas de incentivos por logros.

Los responsables para entrenar al personal son: Coordinador LPS, personal de Mantenimiento para el tema de Lean Construction, responsable del Last Planner y supervisores. Éstos a la vez elaborarán el material para el entrenamiento y solicitarán los requerimientos de equipos e insumos como computadoras, proyectores, hojas, etc. al Coordinador de LPS el cual le dará los requerimientos a logística para que los provean.

Esta charla de información se realizará para los tres niveles:

Reunión para la alta dirección; se convocará en primer lugar a la gerencia de operaciones, jefaturas de otras áreas como calidad y seguridad. Se programará dos sesiones: La primera de sensibilización, el análisis costo – beneficio, la duración del programa, las etapas y el rol que desempeñará la alta dirección en el LPS – tiempo aprox. 2 horas y la segunda sesión referida al contenido del LPS – tiempo aprox. 2 horas. Los temas que requiere la alta dirección son: LPS – Conceptos, Objetivos del proyecto a corto y mediano plazo, LAST PLANNER, sistema de incentivos, mantenimiento, etc.

Reunión con supervisores de producción, logística, calidad y seguridad; se desarrollará una sola sesión de 3 horas aprox. Los temas a tratar son todos los recomendados para las charlas de información/ Capacitación.

Reunión con capataces, técnicos, almaceneros y obreros; El tiempo para desarrollar esta reunión no será de una sola sesión sino que se brindará la información a manera de capacitación.

La primera reunión será netamente informativa donde se tocarán los temas de: LPS – Conceptos Generales, Objetivos del proyecto a corto y mediano plazo, 5`s, JUST TIME y Sistemas de incentivos por logros. El tiempo de duración de esta charla será de 2 horas, las cuales serán dentro de la jornada laboral y habiendo culminado el proceso de aplicación de Slurry Seal. Otras charlas como:

Last Planner: mantenimiento, tipo de paradas, registros de producción, uso de árbol de equipos. (3 sesiones).

Lean Construction: Uso de registros y programa de mejora continua. (2 sesiones).

Just in Time: Herramientas de análisis (4 sesiones).

Las capacitaciones tendrán duración de 1 hora (excepto para Lean Construction). Se recomienda mencionar brevemente los temas tratados en las charlas de 5 minutos. Se pueden tratar diversos temas como seguridad, defectos encontrados, soluciones de los propios trabajadores, 5´s y etc. Estas charlas de los 5 minutos deben estar dirigidas por el Supervisor de obra y los trabajadores pueden sugerir los temas a tratar. Cada charla debe ser registrada en su respectivo formato y las conclusiones del caso.

g) Etapas de capacitación del Last Planner

El programa de Lean Construction se divide en tres etapas: Charla de sensibilización al personal de mantenimiento y producción, Adiestramiento / Capacitación, para el programa de mantenimiento y el curso de formación de líderes estas 3 etapas son importantes y se complementan entre sí para así dar paso a un verdadero Lean Construction. A continuación se detalla el contenido de cada etapa.

h) Charla de sensibilización al personal de la cuadrilla de producción:

La finalidad de esta charla es concientizar al personal de la cuadrilla de producción de Slurry Seal sobre la importancia que tiene el LPS dentro del Lean Construction en favor de la empresa. El personal involucrado en el proceso de aplicación de Slurry Seal debe conocer pero sobre todo ser consciente de la importancia que tiene esta actividad para la empresa y por ende el impacto que provoca el desempeño de cada uno de ellos para obtener un trabajo seguro y de calidad, donde la producción no se vea afectada o retrasada por paradas inesperadas que pueden ser predecibles y solucionadas a tiempo. Transferir poder y delegar responsabilidades a los trabajadores resulta enriquecedor y mucho más productivo de lo que podemos imaginar. Todos los integrantes de la cuadrilla de Slurry deben saber que es el "Slurry" cual su proceso de aplicación y mantenimiento, la calidad que debe tener una vez haya sido aplicado en la carretera. Además llevar un registro de fallas o retraso que se puedan presentar durante la jornada laboral, y oír las alternativas de solución que ellos puedan aportar, de esta manera se involucra y compromete más al personal a que realicen su trabajo de una forma más eficiente. Estas charlas se realizaran dos veces por semana, durante tres semanas.

i) Adiestramiento / Capacitación para el programa de Last Planner:

La capacitación para el Lean Construction, consta de 3 módulos o unidades los cuales se mencionan en el siguiente cuadro que se presenta, dichos temas serán difundidos a todo el personal que conforma la cuadrilla del Slurry Seal.

Tabla 49 *Temas del Módulo LPS*

Unidades
U1: Máquinas y Equipos
U2: Métodos y Procedimientos
U3: Identificación de Fallas

Fuente: Elaboración propia

Lo que se busca con estas charlas es dotar de conocimientos básicos y necesarios al personal que labora en la cuadrilla de Slurry Seal, en los temas mencionados en la tabla Nª43. Estas charlas de capacitación se realizarán en 3 días, se dividirán en pequeños grupos de acuerdo a la labor y función que desempeñan dentro de la cuadrilla y teniendo en consideración la programación diaria, para ir dando prioridad a las grupos que realizan las tareas de recarga de Micropavimentadora por una de las actividades de inicio y que a su vez representa una restricción en el proceso. El entrenamiento debe ser de acuerdo al puesto de trabajo, el personal de mantenimiento enseñará al operario los principios de funcionamiento de su propio equipo y junto con la cartilla de tareas le enseñará todas las tareas que le serán transferidas. Los temas como 5´s, mejora continua, seguridad industrial, deben formar parte de las capacitaciones. Resaltando en todo momento la importancia del proceso de aplicación de Slurry Seal. Conforme se capacite a cada "grupo" o "sector" de trabajo deberán ser evaluados para reforzar y garantizar que los conocimientos impartidos en la capacitación fueron aprovechados por el personal. Todo esto también, servirá como parte de las funciones transferidas, y que se están alcanzando los objetivos del Lean Construction. Toda este programa de capacitaciones debe quedar registrado con controles de asistencia, los registros permitirán el seguimiento de la evolución del personal luego que el período de 3 semanas. Los responsables del seguimiento de este punto serán las personas del comité de LPS. Además, se establece mediante Comité del LPS; el nivel de Habilidad Requerida.

1) **Formación de Líderes:**

Este es un curso preparado, para formar instructores dentro del programa interno de capacitación de la empresa. El personal que de acuerdo a su calificación en el programa básico de mantenimiento muestra habilidades, se le brinda este curso de 3 horas donde aprende como enseñar.

Al final del curso de Formación de Líderes, el participante debe preparar una nueva estructura para el programa de Lean Construction de la empresa, esto debe ser sustentado por el mismo participante y debe demostrar que los temas nuevos son de importancia dentro del programa de mantenimiento. El material educativo a utilizar en el próximo programa de Lean Construction será el mismo utilizado en la primera capacitación y se preparará nuevo material de acuerdo a los temas nuevos aprobados.

2) **Motivación**

Es importante mantener al personal motivado para que así puedan rendir positivamente en las diferentes áreas y por lo tanto aumentar su productividad. Es por ese motivo se propone crear expectativa en el personal sobre la implementación del LPS.

El éxito del LPS, dependerá del compromiso que asuman cada uno de los trabajadores de la cuadrilla del Slurry Seal, su actitud positiva y entusiasta para llevar a cabo cada una de las tareas encomendadas y la forma eficiente en que la realicen deben ser uno de los objetivos primordiales. Para tal efecto la empresa debe crear un sistema de recompensas y reconocimientos para reconocer el trabajo y esfuerzo de los trabajadores.

De esta manera se el trabajador sentirá respaldado por la empresa y estará siempre dispuesto para llevar acabo la tarea asignada, y se mostrará proactivo en todo momento.

Los premios pueden ir desde lo económico mediante la entrega de bonos de producción y rendimiento, como también días libres para que pueda descansar, y además se pueden incluir actividades recreacionales los fines de semana, almuerzo de camaradería. Toda actividad que refuerce el compromiso entre la empresa y los trabajadores.

3) Grupos de JIT (Just in Time)

Dentro de la cuadrilla de Slurry se formaran pequeños grupos de LPS de 3 - 4 personas los cuales se formaran por sectores de trabajado: mantenimiento, producción, almacén, calidad y seguridad.

Estos pequeños grupos deben serán asistidos por los supervisores o especialistas en Lean Construction. Cada grupo tendrá un líder de equipo el cual será elegido por el mismo grupo. Además cada equipo deberá tener un nombre propio para su identificación.

Estos grupos de JUST TIME son grupos de Cero Defectos, su meta se dirige a la eliminación de los defectos, y la atención inmediata y oportuna ante posibles incidencias que se puedan presentar en el proceso de aplicación de Slurry Seal, además los grupos pueden reunirse durante las horas de trabajo posterior al termino de las aplicaciones de Slurry.

Los supervisores serán quienes designen estas reuniones. Los supervisores a su vez presentarán un informe mensual al Comité Directivo de LPS de la compañía con las ideas aceptadas previamente por el Comité de LPS del área. Este informe debe mostrar el avance del grupo además soluciones a los problemas y posibles planes de acción. Algunas de las actividades para la recolección de datos que realizarán los JUST TIME son:

- Registro y análisis de pérdidas de tiempo y recursos.
- Registro del rendimiento y avance de aplicaciones de Slurry Seal.
- Registro y Análisis de la hoja de información de Fallas – Fish

La finalidad de estas actividades es generar ideas para realizar proyectos de mejoramiento de equipos, mejoramiento en cambios de mantenimiento y proceso. Para el análisis se usarán técnicas como: diagramas de causa – efecto, esto con el fin de actuar directamente sobre las causas de los problemas. Estas técnicas deben ser impartidas como parte de la capacitación del personal.

4) Campaña publicitaria

Los paneles servirán para la publicación de los resultados aquí se mostrarán datos de interés como fotografías antes y después de la disciplina del Lean Construction, trabajador del mes, JUST TIME ganador, indicadores mensuales del LAST PLANNER y la evolución en el año. También habrá una parte para seguridad, otra parte para la evolución de la calidad, etc.

El cambio de paneles será mensualmente. El objetivo de estos paneles será informar de la evolución del área e incentivar al personal. Debe haber un panel por cada parte del proceso donde indique la evolución de del área además de la información de la planta y de la empresa. A continuación el segundo punto de este capítulo se trata de la adaptación y los pasos, formatos a seguir para desarrollar el indicador de efectividad, LAST PLANNER.

5) Adaptación del Último Planificador en Empresa

De acuerdo al diagrama causa – efecto realizado al proceso de aplicación de Slurry Seal, sobre las fallas en la recarga de la Micropavimentadora y las fallas que esta presenta, se observó que la empresa tiene política básica el logro de su meta diaria de producción muchas veces sin considerar factores externos e internos, que impiden o dificultan alcanzar dicha meta. Sin embargo no contaban con la herramienta fundamental para medir la eficiencia del programa. Esta herramienta es Last Planner y en esta sección se propone algunos pasos básicos para su puesta en marcha. Además de acuerdo a lo aprendido, Last Planner es una herramienta que permite indicar las macro causas de los problemas en el proceso de aplicación de Slurry Seal, por lo tanto con la capacitación adecuada, descrita en los puntos anteriores se podrá dar una solución efectiva, mejorar la calidad del producto y reducir los tiempos muertos o trabajos no contributivos. Se debe contar con un ingeniero especialista en el tema para que puede dirigir y llevar a cabo la implementación del LPS.

5.1) Área piloto

Para la adaptación del Last Planner se tomará como área piloto el tramo de la carretera donde se realicen los trabajos de aplicación de Slurry Seal, allí se podrán hacer los controles y monitorear los resultados obtenidos en campo.

5.2) Responsables

Se recomienda contratar a un practicante de la especialidad de ingeniería se Industrial o Civil, ya que ellos que cuentan con los conocimientos relacionados al tema para que dirija, investigué y capacite en este proceso de introducción del Last Planner. Sin embargo, esta persona debe contar a su vez, con un profesional de experiencia, que lo ayudara a desarrollar el árbol de equipos y sub equipos. Además este responsable debe tener el apoyo y colaboración de las personas de las áreas con las que trabajará para facilitar su labor, y se les debe brindar los recursos necesarios para que pueda desarrollar bien su trabajo.

5.3) Pasos básicos a desarrollar LPS

A continuación se presentan como ayuda al momento de la puesta en marcha del Last Planner System los siguientes pasos:

- Completar el árbol de equipos hasta subequipo y componentes
- Identificar las clases de paradas y tipificarlas según el LPS.
- Capacitar al personal de la cuadrilla sobre tipos de paradas, tiempos, producción.
- Tiempo de introducción del LPS y correcciones del caso.
- Data histórica del LPS (Gráficos, tendencia)
- Análisis de los indicadores
- Acciones Correctivas

Algunos de los pasos citados se realizarán en paralelo y algunos en serie. Los dos últimos pasos, análisis de los indicadores y acciones correctivas son parte de la mejora continua del Lean Construction, y deben ser atendidos por un profesional especializado.

5.4) Árbol de equipos

Como primer paso para la puesta en marcha del LPS, es el desarrollo del árbol de equipos, la finalidad es ubicar con mayor facilidad fallas repetitivas cuando se realice el análisis en consecuencia se ajustarán los esfuerzos para poder corregir estas fallas. Partiendo desde un programa de mantenimiento preventivo - predictivo, un abastecimiento oportuno de materiales, coordinando el despacho de los mismos tanto con los clientes externos (proveedores) como los clientes internos (producción), respetando la programación diaria y haciéndola cumplir, es que lograremos alcanzar la optimización del proceso de aplicación de Slurry Seal. Para tal efecto los arboles de equipo se encargaran de

registrar toda esta información generada en campo, para luego transmitirla a los jefes de áreas para las acciones correctivas.

5.5) Notificación de paradas

Deben entenderse por paradas aquellas por las que la todo el proceso de aplicación de Slurry Seal se detiene, si una avería permite el paso normal del producto no debe considerarse como parada pues ésta no se ha producido. Debe recordarse que existen 3 clases de paradas: por equipos, rutinarias y paradas imprevistas, a su vez estas paradas por equipos presentan cuatro subcategorías tentativas: Mecánicas, eléctricas, instrumentos e instalaciones varios de éstos son MOTIVOS de paradas y la descripción dentro de cada una son las CAUSAS probables. Este dato es importante al momento de notificar una parada. A continuación se desarrollará un listado de paradas que podrían ser consideradas. Estas paradas podrán ser aceptadas o descartadas por el personal de operaciones, mantenimiento y supervisores.$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(a)}{n!}(z-a)^n$.

a. Fallas de los Equipos

- Mecánicas
- Atasco de faja transportadora de material
- Bloqueo de la compuerta de salida de mezcla
- Desalineamiento, Recalentamiento
- Desgaste Regulación
- Eléctricas
- Corto Circuito Recalentamiento
- Desgaste Sobre esfuerzo
- Descalibración de micropavimentadora
- Falso Contacto Reparación Mal Efectuada
- Rotura

b. Paradas Rutinarias

- Distribución de personal
- Inicio de actividades
- Parada de línea carga / descarga micropavimentadora

c. Paradas imprevistas

- Materia Prima
- Falta de Materia Prima
- Falta de personal, Ausencias Injustificadas, Personal no capacitado
- Sistema de energía eléctrica
- Comprensoras
- Calidad
- Falla en el procesos de la aplicación
- Falla en producto terminado
- Causa externa
- Accidente
- Tránsito de vehículos

El personal que efectúe la notificación será: los operadores de la micropavimentadoras, y lo harán en la hoja de Notificación de Parada que después de su registro será trasladado en una hoja Excel o en un programa para Last Planner especialmente diseñado por un ingeniero especialista.

6.6.- Notificación de producción

La notificación de producción al igual que el de paradas lo realizará el operador. Éste al finalizar su turno correspondiente llenará un cuaderno donde se anotará la producción de su turno así como la ley del mismo, esto para cada producto en este caso Slurry Seal. Esta información junto con la de paradas será trasladada a la hoja Excel haciendo uso de un formato que registrará todos estos acontecimientos.

3.2.4 Situación de la variable con la propuesta

El Last Planner System es una herramienta de gestión, cuya finalidad es lograr un proceso fluido, predecible y aprendizaje constante; con una programación de obra rápida, clara y sencilla. La propuesta de implementar esta metodología de trabajo en la cuadrilla del Slurry Seal, busca reducir sustancialmente los tiempos que se generan por demoras antes descritas. Además respaldando esta gestión con el programa de mantenimiento desarrollado por el área de equipos y respetando las políticas de calidad y seguridad con que ya cuenta la empresa, sería mucho más rápido alcanzar estos objetivos.

Durante el tiempo de curado o secado del Slurry Seal, que dura aproximadamente tres horas, se propone utilizar este tiempo para el desarrollo e implementación del LPS.

- **Demora en el inicio de labores**. Con la programación diaria se tiene claro cuáles son las tareas a realizar en el día, que personal lo ejecutará y en qué tiempo, por lo tanto ya no se generaría retrasos en este punto del proceso teniendo que improvisar programaciones inesperadas, reduciendo también la variabilidad de los trabajos.
- **Desabastecimiento de materiales**. En las reuniones de trabajos se recomienda incluir a todas las áreas de la empresa que tienen influencia sobre los trabajos de Slurry Seal por lo cual el departamento de logística es de vital y necesaria importancia pues así sabremos cual es el stock de seguridad con el que contamos y podremos hacer los requerimientos de manera oportuna evitando demoras por desabastecimiento o sobreabastecimiento.
- **Fallas en la Micropavimentadora.** Las averías que se generan por falta de mantenimiento o por una mala manipulación del equipo son fácilmente corregidas con el cumplimiento del plan de mantenimiento, el cual debe ser difundido al personal y en coordinación con el supervisor de producción programar los periodos oportunos para realizar dichos trabajos.
- **Demora en la recarga de la Micropavimentadora**. La falta de conocimiento, experiencia o habilidad para realizar este trabajo genera demoras en el tiempo requerido para recargar la Micropavimentadora. Las dos cisternas tanto de agua como de emulsión, así como el cargador frontal, equipos que intervienen en este proceso deben estar sincronizados para que el tiempo de recarga sea el mínimo. De igual manera se debe tener los materiales e insumos disponibles y en buen estado para evitar trabas u obstrucciones en la Micropavimentadora al momento de realizar la aplicación del Slurry Seal sobre la carretera. Con una capacitación y entrenamiento corregiremos estas fallas logrando reducir al mínimo el ciclo de recarga.
- **Observaciones de calidad.** Aquí encontramos problemas generados principalmente por la mala calidad de los materiales debido a contaminación o por que fueron alterados en su granulometría, por saturación de la arena, o el tipo de emulsión no es adecuado para la zona donde se aplicará. Incluir en la programación al área de calidad para las observaciones y recomendaciones pertinentes evitará que se detengan los trabajos por mala calidad de la mezcla y así evitaremos pérdidas de tiempos innecesarias.

Tabla 50 *NUEVOS TIEMPOS PROPUESTOS DE ACTIVIDADES*

SEMANA 1						
CAUSA	DEMORA EXPRESA EN MIN/DIA					
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6
Demora en inicio de labores	20	20	15	0	15	0
Desabastecimiento de materiales	0	0	20	0	0	20
Fallas en la Micropavimentadora	0	47	0	0	0	0
Demora en recarga de Micropavimentadora.	10	0	0	0	0	0
Slurry Seal no cumple estándares de calidad.	12	15	0	0	0	15
Base de la carretera presenta fallas.	0	0	0	23	0	0
TOTAL DEMORA EN DIA	42	82	35	23	15	35
MINUTOS PARA PRODUCIR	**318**	**278**	**325**	**337**	**345**	**325**
APLICACIONES/DIA	**8**	**7**	**8**	**8**	**9**	**8**
TOTAL DEMORA EN SEMANA	232					

Fuente elaboración propia

Tabla 51 *NUEVOS TIEMPOS PROPUESTOS DE ACTIVIDADES*

SEMANA 2						
CAUSA	DEMORA EXPRESA EN MIN/DIA					
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6
Demora en inicio de labores	15	0	15	0	10	20
Desabastecimiento de materiales	0	20	0	0	0	0
Fallas en la Micropavimentadora	0	0	0	0	0	0
Demora en recarga de Micropavimentadora.	0	0	0	23	0	0
Slurry Seal no cumple estándares de calidad.	0	10	0	0	0	0
Base de la carretera presenta fallas.	0	0	0	0	0	0
TOTAL DEMORA EN DIA	15	30	15	23	10	20
MINUTOS PARA PRODUCIR	**345**	**330**	**345**	**337**	**350**	**340**
APLICACIONES/DIA	**9**	**8**	**9**	**8**	**9**	**9**
TOTAL DEMORA EN SEMANA	113					

Fuente elaboración propia

Una vez identificado cuales son los problemas que se tienen dentro del proceso de aplicación de Slurry Seal, y para lograr la optimización de dicho proceso, usaremos algunos conceptos de la ingeniería de métodos para calcular la producción diaria y semanal de la empresa, y determinar los tiempos muertos y saber cuál es la eficiencia de su proceso, se determinaron algunos tiempos los cuales se utilizaran para realizar las formulas correspondientes.

$P = \frac{tb}{c}$ "Producción"

P = producción

Tb = tiempo base (minutos diarios de trabajo 360, para un día de 6 horas)

c = ciclo (tiempo total 40 minutos que se utiliza para una aplicación de Slurry Seal)

$P = \frac{360\ min/día}{40\ min/apl}$ = 9 apc/día $P = \frac{2160\ min/sem}{40\ min/apl}$ = 54 aplc/sem

$\int = \frac{\sum d}{ts}$ "Tiempos muertos"

$\int$ = tiempo muerto

$\sum d$ = sumatoria de demoras (las demoras son las mostradas en las tablas Nº32 - Nª36)

Ts = total de semanas

$\int = \frac{\sum(551+376+474+520+469)\ min}{5\ sem}$ = 478 min/sem ≡ 8 hr/sem

T = $(tb - \int)$

T = (2160 min - 478 min) = 1682 min/sem (Nuevo tiempo base)

$P = \frac{1682\ min/sem}{40\ min/apl}$ = 42 apl/sem

Hacienda uso del Lean Construction, y aplicando el LPS como herramienta de gestión para optimizar el proceso de aplicación de Slurry Seal, tal como se ha propuesto en el capítulo anterior, lograremos nuestro objetivo alcanzando los siguientes resultados.

Con la programación diaria, real basada en la disponibilidad de recursos se entrega al capataz para que al iniciar las labores solo se debe distribuir al personal, a su vez el personal capacitado, entrenado y comprometido con el trabajo se desplazara hacia sus puntos de trabajo de una forma más ágil.

Del mismo modo los operadores de la Micropavimentadora y de los equipos que intervienen en la recarga al estar capacitados tendrán un mayor cuidado con el uso y manejo de la maquinaria y realizaran un eficaz programa de mantenimiento predictivo evitando fallas mecánicas que representen paradas inesperadas.

El abastecimiento de materiales como su correcto cuidado y almacenaje dejara de ser una restricción que genere demoras y mala calidad en la aplicación del Slurry, pues el área de logística al formar parte de la programación semanal sabrá abastecer de forma oportuna al área de producción con materiales e insumos de calidad.

Todos estos factores permitirán optimizar el proceso de aplicación de Slurry Seal en la empresa CONCAR S.A. pues la implementación del Lean Construction garantiza un flujo constante de información en la producción. De lo expuesto líneas anteriores tenemos que los nuevos tiempos de aproximadamente treinta y tres (33) horas semanales con los que se cuenta para la aplicación del Slurry Seal serán los siguientes:

Tb = 1980 min/sem

c = 40 min/apl

$$P = \frac{1980\ min/sem}{40\ min/apl} = 50 \text{ apl/sem}$$

3.2.5 Análisis beneficio / costo

A través del análisis Costo – Beneficio, se nos permite determinar la factibilidad de las alternativas planteadas del proyecto a ser desarrollado.

El análisis se basa en costos que la empresa deberá asumir si desea implementar dichas soluciones. Los supuestos beneficios a alcanzar se basan en estudios realizados a diferentes empresas donde fue implementado con éxito el Lean Construction. Este plan de mejora propone aplicar algunas herramientas como parte de los beneficios de mejora. En un mercado como el de construcción específicamente el de carreteras con alta demanda en nuestro país es de vital importancia tener procesos eficientes.

El punto de partida para obtener una mejora y cuantificar el alcance del plan de mejora propuesto es medir la productividad en la empresa CONCAR S.A.

La productividad actual es:

$$Productividad = \frac{Producción\ obtenida}{\text{Recursos Empleados}}$$

Costos de obra.

- **Costos de personal de la cuadrilla de Slurry Seal.**

COSTOS DE PERSONAL - CUADRILLA SLURRY Seal				
CARGO	CANTIDAD	REMUNERACION		
		MENSUAL	DIARIO	HORAS EXT
Ing. Producción	1	S/ 5.500,00	S/ 183,33	S/ 55,00
ing. Seguridad	1	S/ 5.500,00	S/ 183,33	S/ 55,00
Capataz	1	S/ 3.500,00	S/ 116,67	S/ 35,00
Técnico de suelos	1	S/ 3.500,00	S/ 116,67	S/ 35,00
Operador de Equipos Pesados	9	S/ 28.800,00	S/ 960,00	S/ 288,00
Operario	5	S/ 10.000,00	S/ 333,33	S/ 100,00
Conductor	3	S/ 7.500,00	S/ 250,00	S/ 75,00
Almacenero	1	S/ 2.200,00	S/ 73,33	S/ 22,00
Auxiliar	15	S/ 16.500,00	S/ 550,00	S/ 165,00
TOTAL		**S/ 83.000,00**	**S/ 2.766,67**	**S/ 830,00**
TOTAL POR DIA				**S/ 3.596,67**

Figura 21. *Costos de Personal*
Fuente elaboración propia.

- **Costos de alquiler de equipos**

TARIFA TÉCNICA DE EQUIPO MECÁNICO PARA LA INDUSTRIA													
Descripción	Potencia	Capacidad	Peso (kg)	Vida útil años	VPI (n+1)/2n	Vida útil horas	Valor de adquisición		Valor residual		Costo de posesión total (A)	Costo de operación total (B)	Costo Horario (A+B)
							US $	S/.	%	S/.			
Equipos para perforación													
Comprensora neumática	180 HP	PCM	5000	6	0,58	12000	47000,00	155100,00	17	26367,00	22,47	82,34	104,81
Equipos para movimiento de tierras													
Cargador sobre llantas	180 HP	3,5 Yd3	18585	5	0,60	10000	180000,00	594000,00	25	148500,00	90,57	127,38	217,95
Retroexcavadora sobre llantas	58 HP	1 Yd3	9000	5	0,60	10000	84000,00	277200,00	25	69300,00	42,38	58,78	101,16
Minicargador	70 HP	0,5 Yd3	2640	6	0,58	12000	56217,00	185516,00	25	46379,03	25,65	50,08	75,73
Vehículos													
4c4 Pick-up doble cabina	140 HP	5 Pasaj	2910	4	0,63	8000	16891,00	55739,00	25	13934,87	9,72	45,81	55,53
Couster	140 HP	25 Pasaj	6500										0
Volquete 6x4	300 HP	15 m3	26000	6	0,58	12000	105000,00	346500,00	25	86625,00	47,86	142,32	190,18
Camión	118 HP	3 Tn	5560										0
Equipos para pavimentación													
Camión imprimador	210 HP	200 gln	13500	6	0,58	12000	75281,00	248428,00	25	62107,00	34,36	97,84	132,20
Micropavimentadora													0

Figura 22. *Costos de alquiler de equipos*
Fuente elaboración propia

- **Costo de materiales e insumos.**

Costos de materiales								
Descripción	Und.	Peso (kg/u)	Procedencia	Precio	Flete	Alm / Man	Merma	Precio en obra
DERIVADOS DEL PETRÓLEO								
Cemento asfáltico pen	kg	1,00	Lima	1,58	0,33	0,03	0,08	2,02
Emulsión asfáltica CRS - 1 c/polímero	k	1,00	Lima	2,06	0,33	0,04	0,10	2,53
Emulsión asfáltica c/polímero	gln	3,78	Lima	8,80	1,25	0,18	0,44	10,67
Petróleo diesel D-2	gln	3,78	Talara	8,31	0,83	0,17	0,42	9,73
CEMENTO								
Cemento portland tipo I	bl	45,50	Chiclayo	16,47	4,00	0,33	0,82	21,68
Yeso	bl	25,00	Chiclayo	1,93	2,35	0,04	0,10	4,42
Arena	m3	1600,00	Chimbote	123,35	0,00	2,65	0,00	135,00
ADITIVOS PARA CONCRETOS Y AFINES								
Imprimante asfáltico modificado	kg	1,00	Lima	38,99	0,24	0,74	1,85	39,62
ELEMENTOS VARIOS								
Chaleco de seguridad	und	0,10	Lima	31,00	0,02	0,62	0,00	31,64
Cilindro de seguridad	und	8,00	Lima	120,00	1,92	2,40	0,00	124,32
Cono de seguridad	und	3,00	Lima	64,50	0,72	1,29	0,00	66,51
Lámpara intermitente	und	0,40	Lima	131,30	0,10	2,00	0,00	134,03
Letreros avisos de transito	pza	4,00	Lima	100,00	0,96	2,00	0,00	102,96
Tranqueras	pza	17,96	Lima	50,00	4,23	1,00	0,00	55,23

Figura 23. *Costos de materiales e insumos*
Fuente elaboración propia.

Tabla 52 *Equipos para aplicación de Slurry Seal*

EQUIPOS UTILIZADOS EN LA APLICACIÓN DE SLURRY SEAL

ITEM	EQUIPO	CANTIDAD	HORA/DIA
1	Micropavimentadora	1	8
2	Camión cisterna	3	7
3	Cargador frontal	1	10
4	Mini cargador	1	8
5	Retroexcavadora	1	10
6	Camión volquete	2	10
7	Comprensora	1	6
8	Minibús	1	12
9	Camión 4 TN	1	10
10	Camioneta 4x4	1	12

Fuente elaboración propia

Tabla 53 *Cálculo Costo - Beneficio*

CALCULO DEL BENEFICIO / COSTO					
Jornada laboral (completa)					
Inicio	Final	hora/día	minutos/día	Hora/semana	Mint,/semana
06.00 am	17.00 pm	11	660	66	3960
Almuerzo (actividad no productiva)					
Inicio	Final	hora/día	minutos/día	Hora/semana	Mint,/semana
12.00 pm	13.00 pm	1	60	6	360
Inicio de aplicación de Slurry Seal (aproximado)					
Inicio	Final	hora/día	minutos/día	Hora/semana	Mint,/semana
07.00 am	12.00 pm	5	300	30	1800
13.00 pm	14.00 pm	1	60	6	360
Total Semanal		6	360	36	2160
Cálculo de aplicación de Slurry Seal					
Recarga	Aplicación	T. base	minutos/día	Prd./día	Prd./semana
25 min	15 min	40 min	360	9	54
Cantidad de pérdidas en la semana (horas)					
Hora/semana	Mint,/semana	**% pérdida**	T. base	Prd./día	Prd./semana
8	480	**22**	40 min	2	12
Optimización de aplicación de Slurry Seal (LPS)					
minutos/día	minutos/sem	Mint,/semana	minutos/día	minutos/sem	**T. Ahorro**
280	1680	2160	330	1980	**300**
% Actual	77.77 %	100 %	% Optimo	94.44 %	**15 %**
Producción Óptima					
minutos/día	minutos/sem	T. base	Prd./día	Prd./semana	**% Optimo**
330	1980	40 min	8.5	51	**92**

Fuente elaboración propia

La información y datos son estimados, pues fueron obtenidos como resultado de la investigación y son referenciales. Cabe hacer ciertas precisiones y aclaraciones. La Micropavimentadora marca Bergkamp, tiene una capacidad de carga 11 cubos de arena, 600 galones de emulsión asfáltica, 600 galones de agua y 50 kg. de cemento. El área de aplicación sobre la carretera de su caja esparcidora es de 4.20 m abierto, y 3 m cerrado. Con "caja abierta" rinde 250 m lineales aproximadamente.

Precio venta m2 = S/ 29.00 Precio costo m2 = S/ 27.50

Utilidad / m2 = S/ 1.50

1 aplicación = 1050 m2 = S/ 1575.00 54 aplicaciones/semana = S/ 85 050.00

42 aplicaciones/semana = S/ 66 150.00 50 aplicaciones/semana = S/ 78 750.00

Costos de la implementación de la propuesta

La Puesta en marcha del proyecto tomara 2 meses como ya se detalló anteriormente en la propuesta, para ello se detalla los costos de su implementación de una primera fase de 4 – 6 semanas, al mismo tiempo se detallan los costos de su implementación mes a mes durante los 2 meses.

Tabla 54 *Costo de propuesta*

COSTOS DE LA PUESTA EN MARCHA DEL LPS				
PERIODO		**2 MESES**		
CONCEPTOS	**DESCRIPCIÓN**	**PERIODO**	**Sueldo Mensual**	**Monto Total**
SUELDOS	1 Practicante Ing. Industrial	2 meses	950.00	1,900.00
	1 Ing. Civil consultor	1 mes	2,500.00	2,500.00
MATERIALES	De oficina	2 meses		350
OTROS	Tablas de capacitación, formularios, accesorios de paneles	2 meses		500
TOTAL (S./)				**5,250.00**
COSTOS DE LA MEJORA DE CALIDAD EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO				
PERIODO		**2 MESES**		
CONCEPTOS	**DESCRIPCIÓN**	**PERIODO**	**Sueldo Mensual**	**Monto Total**
Equipo LC / Coordinador LC	1 pract. ing. industrial	2 meses	950.00	1,900.00
	1 pract. Ing, civil	2 meses	950.00	1,900.00
Motivación	Polos	25	12	300.00
	Postres	25	4	100.00
	Snacks post reuniones de información/educación	6 sesiones	50	300.00
Bonos	Concurso – Slogan	1 persona	500	500.00
	Equipo Ganador	2 Periodos	1500	3000.00
Paneles	1panel	1 unidad	500	500.00
5´S	Materiales (pintura, cintas, etc)			1000.00
Materiales	Papel, Tinta, Lapiceros, Grapas, otros			350.00
Total (S./)				**9,850.00**
Costo Total de la Implementación del Lean Construction				**15,100.00**

Haciendo un cálculo del margen de utilidad acumulada en un mes, con la implementación de la propuesta del LPS, la empresa obtendría un incremento de S/ 50 400.00 a este monto debemos contrastarlo con el costo de la propuesta calculo en un mes que sería de S/ 7 550.00.

Tabla 55 *COMPARATIVO COSTO-BENEFICIO*

UTILIDAD	COSTO	BENEFICIO
S/ 50 400.00	S/ 7 550.00	6.7

Fuente elaboración propia

Los costos son referenciales pues fueron obtenidos de fuentes externas al área de finanzas de la empresa, y se aplican para dar un ejemplo cuantitativo de la propuesta.

3.3 Discusión de resultados

(VILLAMIZAR ROA & ORTIZ CONTRERAS, 2016) "Implementar la metodología Lean Construction en la obra ARBORETTO de la constructora COLPROYECTOS S.A.S. ubicada en el municipio de Villa El Rosario, aplicando el Last Planner (último planificador) y el Layout".

De acuerdo a la experiencia recogida por los autores, la empresa al aplicar esta metodología de trabajo reduce hasta un 8% de actividades que no generan valor, obteniendo una reducción en sus gastos de materiales e insumos, con lo cual la empresa pudo evidenciar y cuantificar las pérdidas, para poder mejorar oportunamente.

En el caso de estudio de este proyecto aplicando el Lean Construction para optimizar el proceso de aplicación de Slurry Seal en la empresa CONCAR S.A. la empresa obtiene un incremento del 15% de su productividad, pudiendo llegar al 92% de producción en relación al tiempo total semanal disponible para la aplicación de Slurry.

Las programaciones de tareas se deben hacer según la metodología de trabajo del LPS, es decir de forma semanal y diariamente, esto programación se tiene que realizar de manera conjunta y organizada con los jefes de las demás áreas para lograr un compromiso por parte de cada miembro de la empresa.

De esta forma se evidencia que la metodología Lean Construction es favorable para logar el propósito de optimizar los procesos constructivos en la empresa CONCAR S.A.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El plan de trabajo realizado consistió en elaborar la propuesta del sistema de Lean Construction, para optimizar el proceso de aplicación de Slurry Seal en las obras viales que ejecuta la empresa CONCAR S.A.

A continuación se presentan las principales conclusiones del trabajo:

1. Se realizó un diagnóstico del procesos de aplicación de Slurry Seal en la empresa CONCAR S.A. en una primera fase se hacer una evaluación del proceso constructivo, teniendo como referencia las buenas prácticas de manufactura aplicadas al ámbito constructivo, una encuesta y entrevista con respecto al proceso de aplicación de Slurry Seal y la calidad del producto, se aplicó la herramienta de causa efecto para determinar fallas en el proceso.
2. De acuerdo a las evaluaciones se determinaron fallas en la maquinaria y en la calidad de los insumos, así como en las tareas realizadas durante el proceso de aplicación de Slurry Seal, de acuerdo a estas conclusiones se trabajó en la propuesta de implementación que consiste en el sistema Lean Construction. Mediante la encuesta y entrevista se puede entender que los responsables de la empresa están dispuestos a colaborar con la aplicación de dicho sistema para obtener mejoras en el proceso y alcanzar los objetivos de la empresa.
3. Se elaboró la propuesta del sistema de Lean Construction basadas en la metodología Last Planner, teniendo en consideración los materiales, equipos, también se incluyó algunas capacitaciones de calidad para los trabajadores a cargo, se diseñó la propuesta que consta de un tiempo de dos meses (Plan Maestro, Plan intermedio, Plan Semanal) que dura entre cuatro a seis semanas. Dichas capacitaciones están incluidas en la jornada laboral, en las dos horas extra que realiza la empresa diariamente y se brindan en grupos para evitar sobrecostos en la implementación de la propuesta.
4. Se realizó la evaluación económica de la propuesta, concluimos que la inversión a realizar para la aplicación del sistema Lean Construction es de S/ 15,100.00 accesible a los presupuestos de la empresa.

4.2 Recomendaciones

1. Se recomienda la implementación del proyecto ya que beneficiará de manera significativa a la empresa, a su vez mejorará la eficiencia no solo del proceso de aplicación de Slurry Seal, además la gestión del mismo, generando mejoras tanto económicas como productivas, por tal motivo se garantiza que la puesta en marcha del proyecto será de beneficio para la empresa CONCAR S.A.
2. Se recomienda a la empresa realizar programas de capacitación para el personal, ya que con ello se reduce el tiempo en que los operarios como obreros realizan sus tareas asignadas en el día. Además genera en los trabajados el interés por su trabajo y las ganas de hacerlo mejor cada día.
3. Al optimizar el proceso de aplicación de Slurry Seal la empresa garantiza un servicio de calidad, logrando la satisfacción de sus clientes, aportando con el crecimiento de la infraestructura vial.
4. Los beneficios des sistema Lean Construction buscan la mejora continua de los procesos de aplicación de Slurry Seal, que además se pueden aplicar a otros procesos constructivos, disminuyendo las falencias dentro de la organización, manteniéndose de una forma eficiente en el rubro de la construcción vial.

REFERENCIAS

ALPÍZAR ÁVALOS, G. D. (2017). *Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI.* Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

ASFALTOS, T. (2014). *Mejoramiento de base granular con emulsiones asfálticas y colocación de Slurry Seal MEMORIAS DE DISEÑO.* Lima, Perú.

CHÁVEZ ESPINOZA, J., & DE LA CRUZ AQUIJE, C. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en una obra de edificación Caso: Condominio Casa Club Recrea.* Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porras.

Guzmán Tejada, A. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos.* Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Miranda Casanova, D. (2014). *IMPLEMENTACION DEL SISTEMA LAST PLANNER SYSTEM EN UNA HABILITACION URBANA.* Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

MORAN BERMUDEZ, L., & QUISPE CCORIMANYA, H. (2014). *Estudio de la productividad en la partida de estructuras 1º - 3º piso, de la construcción del edificio multifamiliar residencial Heredia en la Ciudad de Trujillo.* Trujillo, Perú: Universidad Privada Anternor Orrego.

NIETO, N., CANO, H., & ARANGO, K. (2017). *Implementación de la metodología Lean Construction para la optimización de recursos en la empresa Gramar S.A.* Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Olivares, R. U. (2015). *Lechadas Asfálticas y Microaglomerados en frío.* Cali, Colombia: Ministerio de Obras Públicas.

PONS ACHELL, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction.* Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.

VILLAMIZAR ROA, D., & ORTIZ CONTRERAS, L. (2016). *Implementación de los principios de Lean Construction en la constructora COLPROYECTOS S.A.S. de un proyecto de viviendo en el Municipio de Villa del Rosario.* Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

ANEXOS

Nivel de habilidades – Operadores

Fecha:_____

Formato A

Figura N° 6: Formato A

Nombre de Equipo_____Fecha_____

Por_____

Tareas	Habilidad requerida	Cod. Op* _____	Dif	Cod. Op _____	Dif	Dif Total
Operacional						
Conocimientos de objetivos de la empresa y área	3	1	2	1	2	4
Conocimientos de cantidades de reactivos	4	3	1	2	2	3
Conocimiento de su equipo	3	3	0	1	2	2
Empowerment	3	3	0	2	1	1
Uso de registros	4	2	2	1	3	5
a) Mantenimiento preventivo / Limpieza						
5' S	4	2	2	3	1	3
Cumplimiento programas MP	4	3	1	2	2	3
Lubricación	4	3	1	2	2	3
Ajustes	4	2	2	3	1	3
Limpieza	5	3	2	3	2	4
Otra actividades						
Seguridad de los equipos	4	2	2	4	0	2
Seguridad personal	5	4	1	3	2	3
'Lean Construction	3	1	2	1	2	4
Totales			18		22	40

Cod. Op* = Codigo de Operador

Este formato tiene por finalidad establecer los estándares bajo los cuales serán evaluados cada uno de los operadores. La evaluación efectiva se realizara en el cuadro de habilidades requeridas y obtenidas.

Formato 2: Análisis de transferencia de tareas de mantenimiento preventivo

Nivel de Habilidad	Descripción/Atributos/comentarios
1	Alumno, básicamente sin habilidades; está aprendiendo como operar el equipo; inseguro(a) de sí mismo(a), necesita supervisión continua; puede ser incapaz de aprender.
2	Puede operar equipos, conoce el proceso básico. Necesita asistencia ocasional. No conoce bien el equipo, pocas veces reconoce un equipo que esté funcionando mal o algún problema de calidad.
3	Opera los equipos con confianza y necesita muy poca asistencia. Reconoce cuando un equipo funciona mal o cuando hay problemas de calidad, pero no los puede corregir.
4	Conoce muy bien el equipo y lo opera a un alto nivel de confianza. No necesita supervisión. Comprende la relación entre rendimiento del equipo y la calidad/productividad. Reconoce cuando un equipo funciona mal y realiza las correcciones/ajustes. Podría supervisar a otros.
5	Operador experimentado que conoce muy bien el equipo y el proceso. Supervisa y entrena a otros. Muy consciente del mal funcionamiento de los equipos, incluso de los potenciales problemas. Realiza correcciones/ajustes, inspecciona los equipos y hace reparaciones menores. Muy consciente de la condición/calidad de los equipos y su relación con la productividad. Potencial supervisor/líder de equipo.
Aprobado por: Directiva - Empresa _____ Producción _____ Lean Construction/LPS _____	

Formato 2

Este formato será utilizado por el comité de LPS del área, para determinar si una tarea de mantenimiento es finalmente transferida al operador.

Descripción de trabajos	OPS	MANT.	CDA*	Observaciones
	Operador quiere hacer el trabajo	Mantención quiere que op. Lo realice	Operador puede hacer trabajos	
1.-	Si	Si	Si	El trabajo se puede transferir ahora
2.-	Si	Si	No	Primero se necesita capacitación (identificar)
3.-	No	Si		Veto de los operadores (ver después)
4.-	Si	No		Veto de mantenimiento (ver después)
5.-				
6.-				
7.-				
*Comité Directivo de área				

Formato 3

Formato 3: Ficha de análisis de condición de equipo		
Equipo N:	Descripción del Equipo:	
Fecha:	Evaluado por:	
Escala de Calificación: 1. Malo 2 Regular 3. Promedio 4. Bueno 5 Excelente 1 2 3 4 5		Puntaje global 1,7 3,5 1,8
1. Confiabilidad		
Comentario: No confiable		
	Puntaje	1
2. Capacidad del Equipo		
¿Qué piensa que podría hacer su equipo? Comentario:		
Bajo OEE		2
	Puntaje	2
3. Condición General Del Equipo		
Apariencia/Limpieza:		2
Facilidad de Operación:		3
Seguridad/Ambiente:		1
Comentarios:		
	Puntaje	2

Tabla : HOJA DE CONDICION DE EQUIPOS		
ESCALA DE CALIFICACION	CONDICION	POSIBLES ACCIONES
1 MALO	• Por debajo de toda norma • Muy difícil de operar • No confiable • Muy bajo OEE • No se ajusta a las tolerancias • No se hace mejoramiento • Inseguro para operar • Muy alta tasa de desechos • No hay MP	Requiere atención inmediata • Desechos • Reconstruir • Comenzar con MP • Mejorar función y seguridad • No se hace mejoramiento • Limpieza • Repintar • Esconder
2 REGULAR	• Casi aceptable • Bajo las normas • No es fácil de operar • Capacidad limitada • Sucio • Bajo OEE • Alta tasa de desechos • Muy poco MP	Requiere acción temprana • Reconstruir • Mejorar función y seguridad • Mejorar MP • Limpiar • Mejorar inspección
3 PROMEDIO	• Cumple con los requerimientos • Relativamente confiable • Se realiza MP • No esta en buenas condiciones • Capacidad algo limitada • Apariencia decente • OEE promedio • Desechos promedio	Requiere acción • Mejorar funciones necesarias • Mejorar inspecciones • Mejorar MP • Limpiar • No dejar que se deteriore
4 BUENO	• Equipo confiable • Buena apariencia • Muy poco desecho • Todos los MP se han realizado • Se ha realizado algo de mejoramiento • Buen OEE • Cumple con todas las normas	Posibles acciones • Ajustar los MP • Seguir inspeccionando los equipos • Seguir limpiando / Lubricando • Mejorar donde sea posible • No dejar que se deteriore
5 EXCELENTE	• Condición perfecta • Se ve nuevo • No hay desechos • Se ha mejorado el equipo • No hay desperfectos • Se ha realizado MP • Excelente OEE (>85%)	Utilice como ejemplo • Muestre a los clientes • No dejar que se deteriore • Mantener un registro de MP perfecto • Mantenerlo perfectamente limpio

Formato 4

Formato 4: Hoja de información de fallas LPS

Cod. Equipo _____ Descripción de equipo_____
Fecha_____ Hora_____ Operador_____

1.- ¿Qué sucedió? (describa la falla)

2.- ¿Por Qué? (que piensa usted que causo la falla)

3.- ¿Qué haría usted con el problema? (para evitar el mismo tipo de falla en el futuro)

Tabla N° 1: Hoja de mejoramiento del LAST PLANNER

DISPONIBILIDAD	Reducir el tiempo de puesta a punto:
	• Eliminar el tiempo de puesta a punto
	• Automatizar el procedimiento de cambios
	• Reducir el tiempo de calibración
	• Limitar las corridas de prueba (o hacerlas durante la parada programada)
	Eliminar las paradas de maquina no planificadas
	• Llevar a cabo mejoras a los equipos
	• Mejorar el MP
	• Introducir el mantenimiento autónomo
EFICIENCIA DEL RENDIMIENTO	Reducir los periodos de inactividad y paradas menores
	• Mejorar el flujo de materiales
	• Cambiar personal (eliminar perdidas de no operador)
	• Introducir la inspección autónoma
	• Introducir la limpieza y la lubricación
	Eliminar las perdidas por "velocidad reducida"
	• Reemplazar piezas desgastadas (típicamente MP mayor)
	• Apretar todos los pernos
	• Balance de todos los componentes rotatorios
	• Mejore la lubricación
	• Introduzca un mejor MP
TASA DE CALIDAD	Eliminar los desechos y evitar realizar nuevamente el trabajo
	• Introducir el control estadístico del proceso
	• Mejorar el monitoreo de los equipos (mejorar desgaste)
	• Establecer procedimiento de reemplazo de herramientas
	• Introducir la inspección autónoma
	• Mejorar los equipos
	• Mejorar la limpieza y la lubricación
	• Mejorar la calidad del producto
	• Mantener precisión de los equipos
	• Implementar todas las acciones antes mencionadas

FORMATO 5: Notificación de Parada

Fecha:_____

Turno: 1 2 3

EQUIPO	SUB EQUIPO	PARADA			DURACION
		TIPO	MOTIVO	CAUSA	

OBSERVACION:_____

_____

_____

_____

_____

_____ _____

OPERADOR SUPERVISOR

Figura N° 1: Formato 6

FORMATO 6: Notificación de Producción

Fecha	Turno	TIPO DE APLICACIÓN						
	1							
	2							
	1							
	2							
	1							
	2							
	1							
	2							
	1							
	2							
	1							
	2							