



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD APLICANDO LA
METODOLOGÍA DE LEAN CONSTRUCTION
CASO TÚNEL VIAL 8, GUADUAS -
CUNDINAMARCA**

Autor

Pablo Jesús Álvarez Pai

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental

Medellín, Colombia

2019



ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD APLICANDO LA
METODOLOGÍA DE LEAN CONSTRUCTION CASO TÚNEL VIAL 8, GUADUAS-
CUNDINAMARCA

Pablo Jesús Álvarez Pai

Informe de práctica
Como requisito para optar al título de:
INGENIERO CIVIL

Asesores:

Juan Carlos Obando Fuertes - Ing. Civil
Pablo Emmanuel Escobar Chavarriaga - Ing. Civil

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia
2019

Tabla de Contenido

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS	5
2.1. General.....	5
2.2. Específicos.....	5
3. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1. Productividad	5
3.2. Lean Construction.....	6
4. METODOLOGÍA	7
4.1. Localización y alcance.	7
4.2. Recursos usados.	8
5. RESUSTADOS Y ANALISIS.	9
5.1. INFORME SEMANAL DE PRODUCTIVIDAD DE PROYECTOS	9
5.1.1. MEDICIONES LEAN CONSTRUCTION	9
5.1.2. PROPUESTAS DE MEJORA.....	12
5.1.3. REGISTRO FOTOGRAFICO	13
6. CONCLUSIONES.....	14
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	15

**ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD APLICANDO LA METODOLOGÍA DE LEAN
CONSTRUCTION
CASO TÚNEL VIAL 8, GUADUAS- CUNDINAMARCA**

RESUMEN

Toda obra civil, independientemente de su tipo, acarrea diferentes retos y responsabilidades para todo el personal involucrado. Se propone al ingeniero civil como responsable de la búsqueda de la solución a estos retos.

La empresa ESTYMA S.A. busca realizar un túnel como infraestructura vial en Guaduas-Cundinamarca, el cual será entregado al cliente Consorcio Vial Helios a su entera satisfacción. En este túnel, debido a su tamaño y complejidad la aparición de inconvenientes es muy frecuente, por lo cual los presupuestos y rendimientos que previamente habían sido evaluados en la base de datos del Análisis de Precio Unitarios con frecuencia se ven alterados.

Para evitar el sobreconsumo de los recursos disponibles en obra, la empresa diseñó un método de control, el cual se basa en medir la productividad y rendimientos. Por medio de la base de datos de la empresa y con mediciones en campo, se extraen, procesan y analizan los datos con el fin de exponer los resultados a la dirección de obra y se tomen las medidas necesarias.

Las actividades críticas de la construcción del túnel son la excavación y el revestimiento estructural y las principales causas de problemas son los afloramientos de agua, movimientos de tierra y depósitos de materiales localizados no previstos. Para estos problemas se usarán medidas como ejecución de cortinas de preinyecciones de lechada de cemento, arcos metálicos como soporte estructural y concreto lanzado adicionado con fibra metálica.

El equipo de trabajo a cargo de las actividades críticas es muy extenso, por lo cual se implementará la metodología Lean Construction, como soporte de la productividad.

1. INTRODUCCIÓN

Sin lugar a dudas el sector de la construcción en Colombia representa un componente significativo en su economía y desarrollo. Y también se constituye como uno de las ramas de mayor crecimiento en los últimos años. La construcción es uno de los campos en la cual la innovación y el desarrollo administrativo no son su fuerte puesto que las metodologías aplicadas se remontan a las primeras décadas del siglo XX y no han permitido que como otras industrias se transformen en sectores más productivos, siendo un buen ejemplo la industria manufacturera, la cual a través de la aplicación de herramientas de gestión como el Lean Production y otras metodologías han logrado mejorar su índice de productividad. De acuerdo con Camacol (2005), más del 70% de los proyectos de construcción que se realizan en Colombia incumplen su cronograma de ejecución, el 85% de estos tienen sobrecostos en el proceso constructivo y el 63,4% de los proyectos se produce accidentabilidad por el no cumplimiento de las normas de Seguridad Industrial. Según este estudio, la principal causa de los anteriores problemas es la falta de gestión y la no implementación de nuevas herramientas administrativas que permitan hacer de la construcción una industria competitiva a nivel nacional y mundial. Autores como Botero (2005), plantean que uno de los problemas más grandes de la construcción es su baja tasa de productividad, que en comparación con la industria manufacturera, la cual supera en este aspecto; esto se debe a la poca eficiencia en el uso de sus recursos (mano de obra, materiales y equipos) y la no aplicación de herramientas de gestión que ayuden a mejorar este aspecto.

La implementación de nuevas formas o metodologías dentro de la construcción es necesario y urgente para el desarrollo que se busca lograr para el país; es por ello que en este proyecto de práctica se pretende crear una propuesta metodológica para la implementación de la filosofía Lean en la construcción de túneles y obra subterránea la cual permita a las empresas de esta rama tener una ruta clara de actividades a realizar para mejorar la productividad en el proceso constructivo, dado que es necesario adaptar esta filosofía al contexto socio cultural colombiano y al modelo de planeación y ejecución utilizado en las industrias de la construcción.

2. OBJETIVOS

2.1. General

Evaluar la productividad de la obra de construcción del túnel vial 8 aplicando la filosofía y metodología de lean construction y realizar recomendaciones para reducir las pérdidas de materiales y de recurso humano en la obra.

2.2. Específicos

- Realizar un análisis de algunos métodos y materiales usados para la recopilación de datos y aspectos principales de la obra donde se aplicará la filosofía Lean Construction.
- Analizar la influencia que tienen varios factores de la filosofía en su implementación dentro del proceso constructivo.
- Revisar literatura y recopilar algunas experiencias de obras realizadas con el fin de contrastar la eficacia de los métodos y realizar sugerencias para mejorar la productividad.

3. MARCO TEÓRICO

Con el fin de comprender el objeto de la presente propuesta, se definen, a la luz de la ingeniería civil, algunos conceptos claves relacionados con la filosofía LEAN CONSTRUCTION.

3.1. Productividad

La 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).

Se puede establecer que este concepto es la relación existente entre la producción obtenida y los recursos empleados para llegar a obtenerla. Es decir, productividad es el uso de manera eficiente de los diferentes recursos disponibles para llevar a cabo una actividad. Por lo tanto, tener una mayor productividad es significativo de que se está obteniendo más con la misma cantidad de recursos empleados o dicho de otra manera, es alcanzar un mayor volumen de producción con la misma calidad y recursos. Es por esto que el objetivo de cualquier empresa dedicada a la construcción, es ubicarse en un ámbito donde se posea una alta eficiencia y alta efectividad, ya que solo así es posible lograr una alta productividad.

Este término se encuentra asociado a un proceso de transformación donde ingresan todos y cada uno de los recursos necesarios para producir un material o un bien y por medio de este proceso se obtiene el producto final. En los proyectos de construcción, los principales recursos empleados son los siguientes:

- Mano de obra.
- Los materiales.
- La maquinaria y equipos.

Causas de la pérdida de productividad: Las principales causas en la pérdida de productividad en la obra de construcción son:

1. Problemas de diseño
2. Ineficiencia administrativa
3. Procesos constructivos inadecuados
4. Actividades de apoyo deficientes
5. Problemas en los sistemas de control
6. Climatología
7. Seguridad y salud en el trabajo

3.2. Lean Construction

(Construcción sin Pérdidas en español) es un enfoque dirigido a la gestión de proyectos de construcción. Se originó en el Lean Production Management, el cual produjo una revolución en el diseño y producción industrial en el siglo XX. Este ha cambiado la forma de construir los proyectos. Este enfoque maximiza el valor y minimiza las pérdidas de los proyectos, mediante la aplicación de técnicas conducentes al incremento de la productividad de los procesos de construcción. Como resultado de su aplicación se pueden obtener los siguientes resultados:

- El proceso de construcción y de operación del proyecto es diseñado conjuntamente para satisfacer las necesidades de los clientes.
- El trabajo del proyecto se estructura sobre los procesos, con el objetivo de maximizar el valor y reducir las pérdidas en el desarrollo de actividades de construcción.
- El desempeño de la planeación y el sistema de control son medidos y mejorados.

4. METODOLOGÍA

Con el propósito de cumplir con los objetivos propuestos para la práctica académica, se deben realizar varias actividades encaminadas al desarrollo de un manual de procedimientos generales para la implementación de la filosofía Lean en obras de excavación subterránea. Inicialmente es primordial realizar una búsqueda del estado del arte que permita ubicarnos en el contexto histórico de esta filosofía en el país, con el fin de identificar pro y contras de posibles casos, procedimientos usados y condiciones propias del sector de la construcción que nos puedan dar luz de posibles maneras de aplicar esta metodología.

En segundo lugar, y con apoyo del asesor externo, inspeccionara si en la empresa en proyectos alternos se ha implementado esta filosofía y que impactos han tenido, sin dejar de lado el análisis de las condiciones particulares del proyecto al cual se implementó. Además, se usarán casos de estudio de obras intervenidas por otras empresas para contrastar la utilización de estos métodos y evaluar su eficacia.

Al final se presenta un manual de la implementación de la metodología lean construction y su impacto en la filosofía organizacional de la empresa evaluando las variables del proyecto específico donde se llevará a cabo la práctica.

A continuación, se presentará las acciones tomadas para la implementación de la metodología lean construcción en la obra “Ruta del sol – Sector 1 – Túnel 8”.

4.1. Localización y alcance.

El proyecto de Helios Túnel 8 está ubicado en la vereda San Miguel en el municipio de Guaduas en Cundinamarca y consiste en la construcción de dos (2) túneles, uno por cada calzada en el tramo 1 de la Ruta del Sol, la cual permitirá la comunicación terrestre entre Bogotá y las ciudades portuarias de la Costa Atlántica.

El trabajo de la práctica está entre las abscisas K18 +190 y K 20 + 070 de la calzada con sentido Costa Atlántica – Bogotá y entre las abscisas K 18 + 183 y K 20+040 de la calzada con sentido Bogotá – Costa Atlántica, allí se construirán dos túneles de doble carril en la Ruta del Sol, los cuales reducirán el tiempo de viaje vía terrestre entre Bogotá y las ciudades portuarias de la Costa Atlántica como Santa Marta, Barranquilla, Cartagena, Valledupar y Riohacha.



Figura 1. Localización del proyecto.
Fuente: El Espectador.

4.2. Recursos usados.

Para la realización de las actividades de mediciones en campo se requiere de lo siguiente:

1. Cronometro
2. Cámara fotográfica
3. Tablet electrónica
4. Formatos digitales de tablas para la acumulación de datos
5. Una persona con todos los elementos de protección personal (E.P.P.)

Nº FILERA	FECHA	HORA	ACTIVIDAD CODIGO	COD EMPLE	TIEMPO NO CONTRIBUTIVO				TIEMPO CONTRIBUTIVO				
					COD	TIEMPO	COD	TIEMPO	COD	TIEMPO	COD	TIEMPO	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													

Figura 2. Formato para la toma de tiempos en campo.

Fuente: ESTYMA S.A. Para el procesamiento de los datos obtenidos en campo se construyó un archivo de Excel el cual está programado para que tabule, procese y genere información relevante que permita determinar las causas de la improductividad de la obra.

5. RESULTADOS Y ANALISIS.

Las mediciones en campo, prueba de los 3 minutos, se toman en horas aleatorias y con una frecuencia no menor a 50 mediciones semanales, buscando aumentar la efectividad de la metodología ya que esta se basa en operaciones estadísticas. Durante la permanencia en el proyecto se presentó ante la gerencia del proyecto, así como los coordinadores y directores del control de proyectos de la empresa de manera semanal un informe con su respectivo análisis de los tiempos contributivos, no contributivos y los productivos de las diferentes actividades desarrolladas. A continuación, se mostrará como ejemplo uno de los informes realizados:

5.1. INFORME SEMANAL DE PRODUCTIVIDAD DE PROYECTOS

Proyecto: Túnel 8 Helios

Periodo: 26 de agosto al 1 de septiembre de 2019

Por: Pablo Álvarez Pai

5.1.1. MEDICIONES LEAN CONSTRUCTION

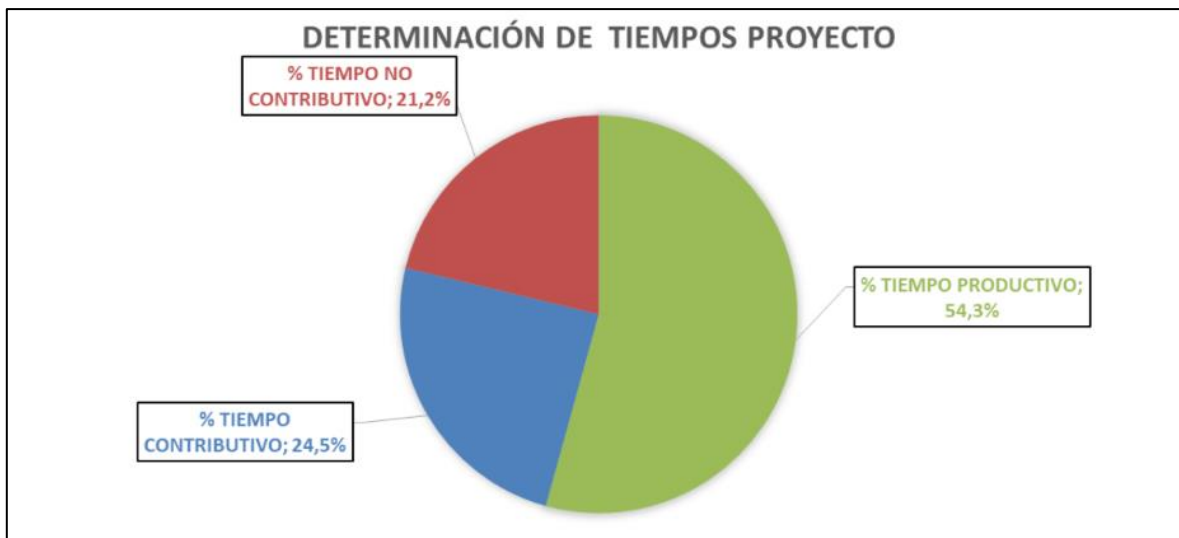


Gráfico 1. Determinación Semanal de Tiempo Productivo, Tiempo Contributivo, y Tiempo No Contributivo.

Las mediciones de tiempos de lean construction, representadas en el gráfico 1, la cual, respecto a la semana anterior, no presentó variaciones en el porcentaje de los tiempos

productivo, contributivo y no contributivo. En términos generales se mantiene un porcentaje importante en los tiempos productivos y esto es un signo positivo para la obra.

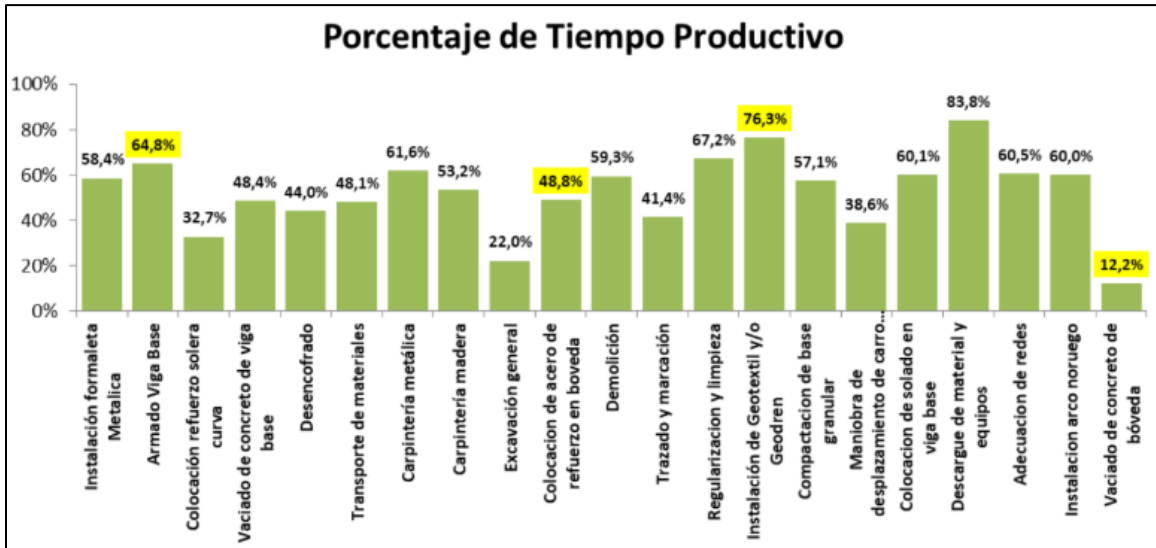


Gráfico 2. Porcentaje de Tiempo productivo por Actividades.

Observamos en el Gráfico 2 que las actividades representativas del tiempo productivo son: el armado de viga base, el descargue de material y equipos instalación de geomembrana. Las actividades que se reportaron en la semana del análisis, relatadas en el gráfico con color diferente, fueron: la colocación de acero de refuerzo en bóveda, armado de viga base, instalación de geomembrana y el vaciado del concreto en bóveda. La mayor parte del personal se enfocó mucho a las actividades relacionadas al revestimiento de la fase 2 y otras actividades de apoyo.

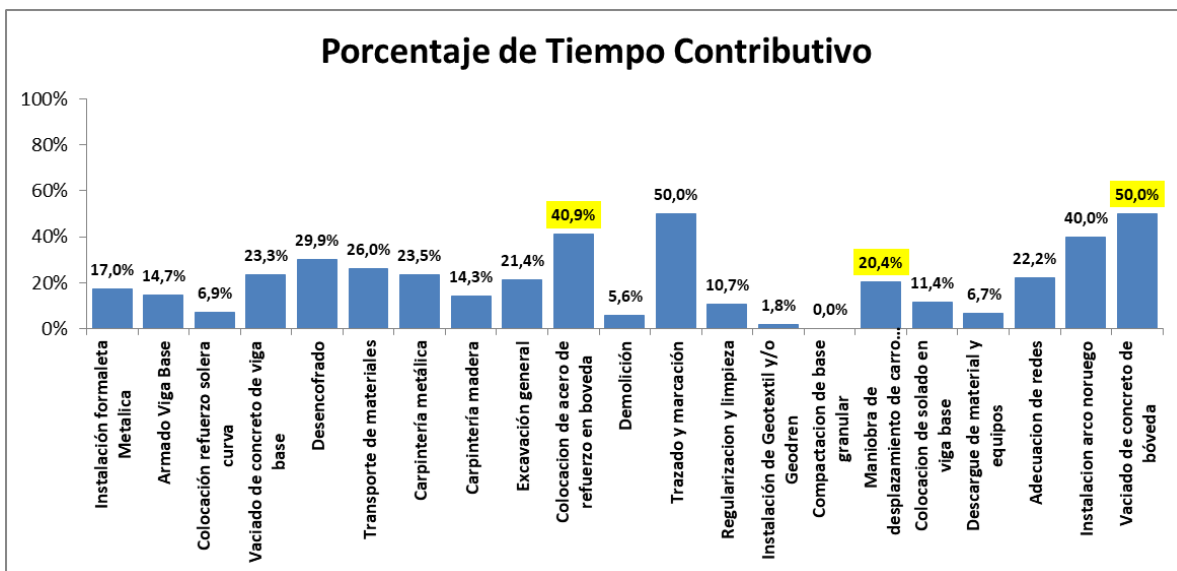


Gráfico 3. Porcentaje de Tiempo Contributivo por Actividades.

Durante el periodo y en el acumulado se presentan actividades con tiempos contributivos representativos como el trazado y la marcación, colocación de refuerzo en bóveda y el vaciado de concreto en bóveda, pues son las actividades donde más apoyo necesita.

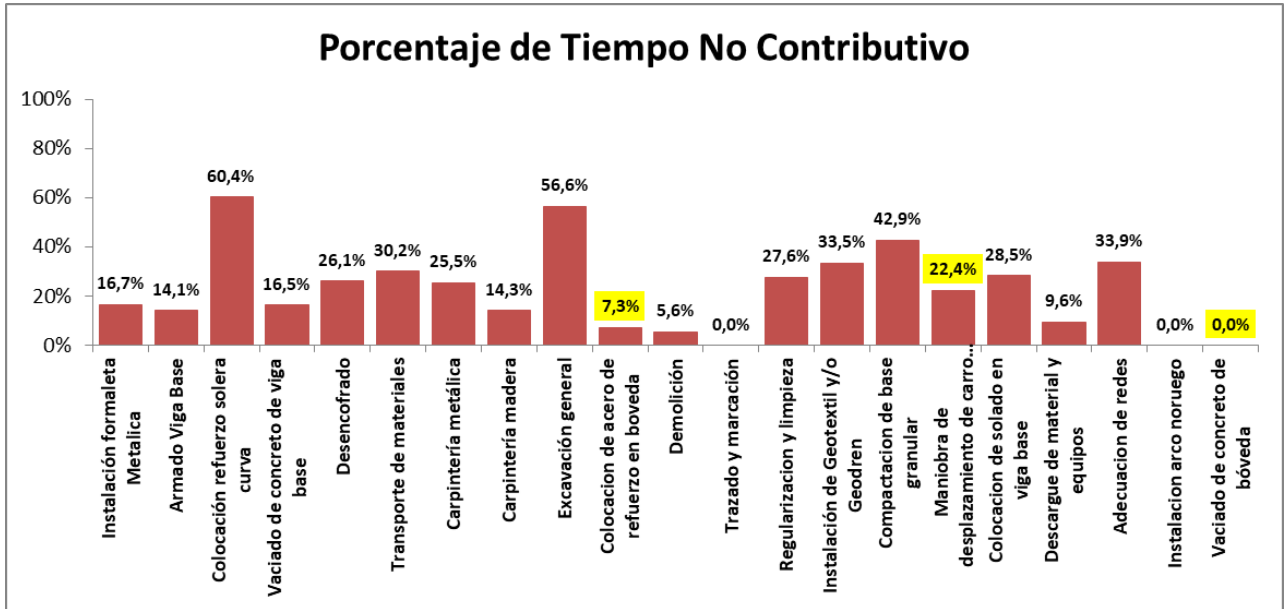


Gráfico 4. Porcentaje de Tiempo No Contributivo por Actividades

Las actividades más representativas de los tiempos improductivos son la excavación general, instalación de geotextil y la colocación de refuerzo en solera curva, la primera porque presenta altos índices de sobrepoblación y la segunda por la espera de las mixer, fraguado o transporte de material.

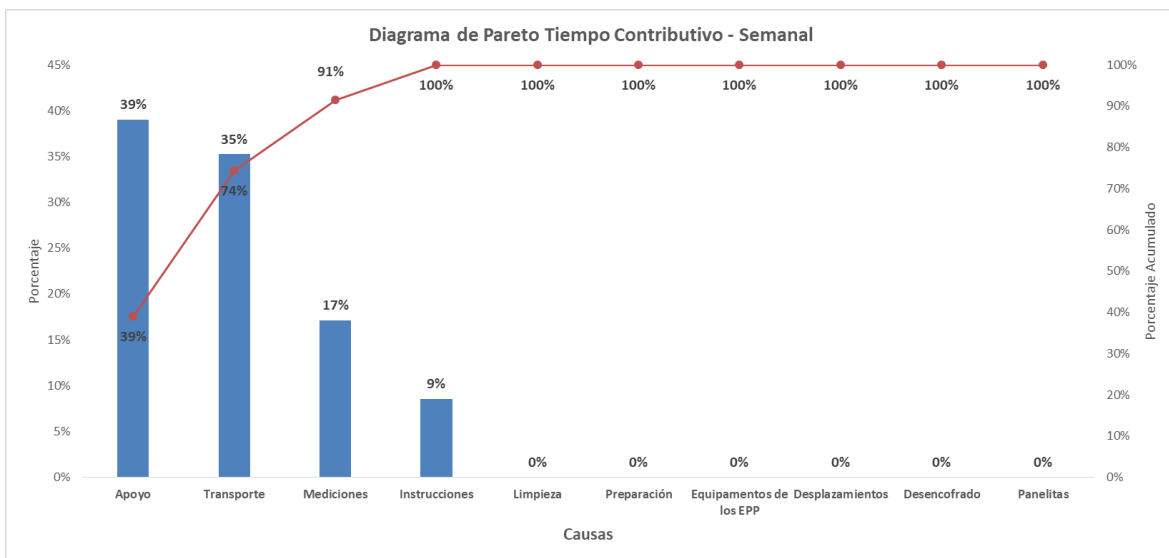


Gráfico 5. Diagrama de Pareto Tiempo Contributivo semanal.

Las tres principales causas del tiempo contributivo para la semana del análisis son el apoyo, transporte y mediciones. Se registraron muchas actividades que necesitan personal de apoyo, por lo cual el personal que era asignado a la excavación de frente, se reasigno al apoyo de las demás actividades.

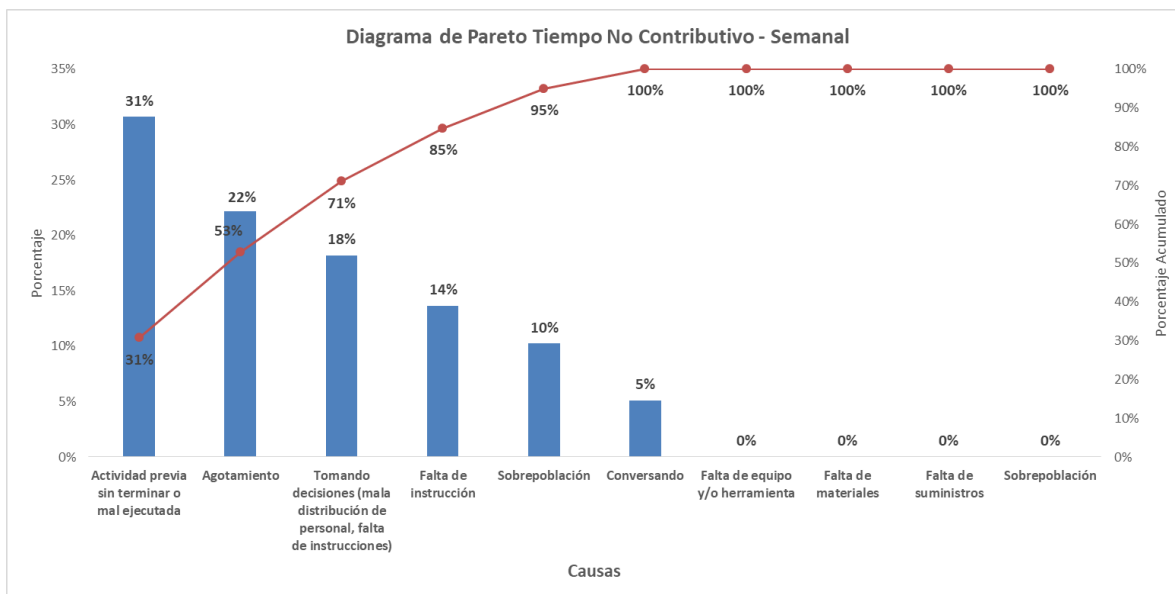


Gráfico 6. Diagrama de Pareto Tiempo No Contributivo semanal.

Las tres principales causas del tiempo No Contributivo son las actividades previas sin terminar o males ejecutados, agotamiento y la toma de decisiones. Estos tiempos no contributivos son los evidenciados en campo.

5.1.2. PROPUESTAS DE MEJORA

- Aplicar más rigor en el control de despachos de mixers por parte de Argos lo cual permita reducir el tiempo del ciclo de revestimiento, logrando el rendimiento presupuestado.
- Exigir más personal al subcontratista (Protex Colombia) para que cumplan con el avance en su actividad.
- Completar la curva de aprendizaje del personal operativo para aumentar el rendimiento de las actividades.
- Ubicar materiales a distancias más cortas que permitan disminuir los recorridos de transporte de los mismos al frente de trabajo.
- Ejercer control en la programación de personal operativo buscando el mayor número de horas hombre por día y así aumentar la productividad en las actividades.

- Capacitar y cualificar al personal para mejorar la toma de decisiones y hacerles acompañamiento en el proceso.

5.1.3. REGISTRO FOTOGRAFICO.



Fotografía 1. Armado de viga base. Calzada Derecha – Portal salida.



Fotografía 2. Instalación de geomembrana. Calzada Izquierda – Portal salida.



Fotografía 3. Armado de carro de avance. Calzada derecha – Portal salida.

6. CONCLUSIONES

- Al inicio de cada proyecto se debe planificar detalladamente la forma de ejecución, junto con un seguimiento riguroso de las actividades, programadas y proyectadas en el tiempo, evitando en la medida cualquier cambio en el plan de acción para no incurrir en retrasos ni en sobrecostos.
- Aunque es importante seguir al pie de la letra la metodología diseñada para la ejecución de las actividades, estas deben tener cierto grado de flexibilidad para que el proyecto tenga pérdidas, pues los problemas en las obras de ejecución son muy comunes, más aun tratándose de túnel para circulación vial.
- Es de vital importancia proyectarse en el tiempo y visualizar posibles dificultades, tales como: problemas con equipos, proveedores, liquidez financiera, entre otros que puedan afectar negativamente el avance de las actividades e idear un plan de contingencia en caso de que dicha predicción se cumpla.
- Para el caso de la mano de obra, se debe llevar un control más riguroso pues este factor es el de mayor variabilidad tanto en productividad como en rendimiento.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ¿Qué es lean construction o construcción sin perdidas? <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/Que-es-Lean-Construction-o-Construccion-sin-Perdidas-83>
- Lean Construction Enterprise. <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/lean-construction>
- Luengas Zúñiga, C. (2011). Implementación y seguimiento a la metodología Lean construction a las actividades constructivas de la obra metropolitan business park en la empresa Marval SA. Bucaramanga, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana.
- McGraw Hill Construction. (2013). Lean Construction. Smart Market Report.
- Taylor & Francis Group (2010). Lean Culture for the construction Industry
- Lean Bim Constructions by Marc (2015). <http://leanbimconstruction.com/bibliografia-sobre-lean-construction>
- Botero, L. F. (2002). Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. REVISTA Universidad EAFIT No. 128.