

El control de pérdidas en materiales de agregados y mezclas en obras de infraestructura.

Sebastián Agudelo Galeano

sagudelo27@hotmail.com

José Daniel González Mazo

j.d.gm2009@gmail.com

Resumen.

En Colombia se ha tenido una particularidad en temas de infraestructura vial. Las carreteras que atraviesan el país y que conectan el centro con los puertos y las costas, son bastante agrestes y con una velocidad promedio muy baja, causando así sobre costos en los mantenimientos de los vehículos, un gasto excesivo de combustible, y por ende, costos de transporte altamente onerosos y poco competitivos para el progreso del país. De esta manera, surgió hace décadas un plan del gobierno nacional para hacer un desarrollo de las vías, que permita subir la velocidad promedio, volver menos abruptas las carreteras y así disminuir costos de transporte y mejorar la infraestructura vial en todo el país. Dentro de este plan de desarrollo, y en el cumplimiento de las obras de infraestructura, se identificaron algunas rutas críticas en la ejecución de dichos contratos, tales como, la subcontratación, los combustibles, la pérdida de materiales de tipo agregados y mezclas, el cual será el foco del presente artículo, Aquí se explica cuáles son los factores de riesgo que generan pérdidas en dicho materiales, revisando la normatividad vigente que rige la contratación estatal en este tema. Este análisis permite generar instrumentos soportados en conceptos básicos de costos con el fin de identificar claramente los desperdicios en los proyectos, proponiendo controles y obteniendo así una metodología por medio de la cual los constructores de obras de infraestructura vial del país cuenten con una herramienta que les permita por medio de la gestión de riesgos, controlar las pérdidas en el segmento de agregados y mezclas.

Palabras claves

Gestión de riesgos, control de pérdidas, obras de infraestructura, materiales agregados y mezclas asfálticas.

Abstract

In Colombia, the vast network of road infrastructure is old and inadequate, resulting in low average speed, higher vehicle maintenance cost, and excessive fuel cost which together have become a major hindrance to the national economic development of Colombia. More than a decade ago, the national governments develop a national plan to improve the quality of roads in Colombia, thereby reducing the economic and social cost associated with poorly developed road infrastructure. Within the plan, construction resource management practices as defined in project contracts including subcontracting, aggregate resource - material, mixture and fuel - use & management were identified. In this paper, these risk management issues associated with the resource management are addressed, and the current regulations that governs these issues will be reviewed. Using economic and accounting concept of cost, project management practices will be examined to identity potential and real wastage of construction resources. In addition, utilizing concepts of risk management, new controls and methodologies will be discussed and proposed to minimize the loss & wastage of construction resources.

Keywords

Risk management, loss control, infrastructure works, aggregate materials and asphalt mixtures.

Introducción

En la actualidad los contratos de infraestructura en Colombia son de gran magnitud en inversión, tiempo y extensión. En el país se han venido desarrollando diversos proyectos de nuevas carreteras, de rehabilitación y mantenimiento de vías existentes, para hacer más eficiente la infraestructura vial del país. Los constructores nacionales no han mostrado mayor interés en hacer una administración de riesgos de una manera juiciosa, y mucho menos de hacer un control de pérdidas e identificación de puntos críticos de sus contratos donde puedan identificar y cuantificar cuánto pueden llegar a perder, y cómo pueden mitigar tal pérdida, además que desconocen bastante del tema. Estos contratos se caracterizan por tener una alta inversión y hace que se susciten algunas preguntas: ¿cómo se financian?, ¿son contratos más financieros que de ingeniería?, ¿cómo es la utilidad de estos contratos para los contratistas o concesionarios? Estas inquietudes llevaron a trabajar en esta investigación y determinar cómo se hace la administración de riesgos en dichos contratos.

La pregunta apunta a que existen muchos imprevistos en contratos de esta magnitud que podrían causar pérdidas de millones de pesos, y sobrecostos mal calculados o inesperados. Se encontró entonces, que existe una necesidad manifiesta en el manejo efectivo de los costos de los materiales en sus contratos, en especial de aquellos del segmento de agregados y mezclas. Tales materiales tienen varios factores que pueden afectar la rentabilidad de proyectos y obras de infraestructura. Factores como la disposición de los materiales, el transporte, la disponibilidad, los factores climáticos, la ubicación geográfica e incluso factores de riesgo público, contra los pocos mecanismos de controles existentes, hacen que el transporte especialmente sea un punto crítico en las obras de infraestructura. Este es uno de los agentes externos que más puede afectar negativamente los costos de una obra en particular, pues las pérdidas que se generan son de gran magnitud y difíciles de controlar.

Al realizar el análisis de tales proyectos, la complejidad de su ejecución y los puntos críticos a lo largo de la etapa de construcción se logró identificar que, una vez iniciado el periodo de ejecución de la obra, una de las cosas que más puede afectar el flujo de caja y la rentabilidad del proyecto es la pérdida en materiales. La cual puede darse bien sea por desperdicio o por cualquier factor externo. Existen riesgos en el transporte, en la disposición final y en el almacenamiento.

El objetivo general de esta investigación fue diseñar una estrategia de control de pérdidas de materiales de agregados y mezclas usados en la construcción de obras de infraestructura, mediante la gestión integral de riesgos. Tal estrategia se aplicaría en las diferentes etapas de esos proyectos (compra, disposición, transporte, almacenamiento y aplicación). Para ello se identificaron los grupos o segmentos de materiales que son claves en el proceso de construcción, y que se pueden considerar de alto riesgo si no se tiene un control de pérdidas adecuado. Además, se analizaron los posibles factores que generan las pérdidas de materiales de agregados y mezclas, que tienen los proyectos de obras de infraestructuras, y que impactan directamente las utilidades de las empresas participantes.

Todo lo anterior con el fin de darle un correcto manejo a los imprevistos que se pudieran tener en obras de infraestructura, específicamente en aquellos materiales que hagan parte de los agregados y mezclas, El control de pérdidas, bien manejado, contribuiría directamente a las utilidades de todo proyecto, pues, entre menos imprevistos se tengan en las obras, en menor proporción se verán afectados sus rendimientos. Esta investigación, aunque se orientó al segmento específico de materiales de agregados y mezclas, pretende ser útil para que las empresas puedan usarlo como modelo para hacer la identificación y control de pérdidas en otro tipo de materiales, e incluso, en otras empresas del sector real.

Este artículo de investigación recoge los conceptos y prácticas exitosas del *loss control*, por medio del cual las empresas han logrado reducir las pérdidas en sus procesos. Además, se entiende ese concepto no solo desde la administración de riesgos del contrato, sino también desde la complejidad y la magnitud de una obra de este tipo, donde se puede hacer una gestión exitosa en todo el desarrollo de la obra. Se conoce que las empresas que pertenecen a este gremio se enfrentan a distintas adversidades que se tienen para controlar las materias primas, materiales secundarios y terciarios para la ejecución de cualquier proyecto. Esta problemática, ha tenido diversas dificultades como el control interno para el manejo de pérdidas, el riesgo por hurto, el riesgo por faltantes de inventarios no justificados y otros riesgos que se materialicen por otro tipo de causas.

Marco teórico

El marco teórico presenta los conceptos básicos con el fin de obtener las bases suficientes para el desarrollo del trabajo en cuestión. Para todo tipo de proyectos, en especial las obras de infraestructura, se requiere tener claros varios aspectos para entender la importancia y la razón de hacer un trabajo efectivo en el control de pérdidas, cuya finalidad apunta directamente a la reducción de los imprevistos, y por consiguiente, en el aumento de las utilidades del proyecto.

La infraestructura como fuente de desarrollo

Para el desarrollo de los países, existen varios factores que pueden llevar al éxito de su crecimiento exponencial, como la educación, el desarrollo de la malla vial, la inversión extranjera directa y el liderazgo de los gobernantes. Todo en conjunto direccionan al país hacia un crecimiento sostenido en el tiempo.

Con este modelo es factible que el dinamismo de la economía del país, aumente en proyectos de ingeniería civil, buscando que sean las empresas más capacitadas en generar una innovación y desarrollo en pro de la infraestructura del país.

La idea de los grandes proyectos de infraestructura es suficientemente viable y clara, donde tiene como premisa la evolución de un país como fuente de ingresos y desarrollos económicos bajo una necesidad ya identificada. Sin embargo, como consecuencia de los grandes montos de dichos proyectos se presentan problemas como falta de estructuras adecuadas de presupuestos, planeación y corrupción. Todo lo anterior hace que planteamientos como el de esta investigación sean viables y atractivos para mejorar la ejecución de este tipo de proyectos.

Es fundamental entonces hacer un proceso de identificación, clasificación y tratamiento de aquellos riesgos que a priori son reconocidos para el desarrollo de este tipo de obras, como lo son:

- **Riesgo Estratégico:** Se define como el impacto actual y futuro en los ingresos y el capital que podría surgir de las decisiones adversas de negocios, decisiones erradas, o a falta de resiliencia (MEJÍA QUIJANO, R. 2013. Identificación de Riesgos. Pg.38-40).
- **Riesgo Ambiental:** Es un riesgo totalmente inherente a las obras de infraestructura, en primer lugar, por las zonas de intervención donde se llegan a

desarrollar. Segundo, porque la construcción de infraestructura, conlleva a tener que trabajar en un alto símil a la explotación minera, pues los procesos y consecución de trituración y fabricación de materiales de agregados (materia prima pétreo) y mezclas, y las excavaciones generan alteraciones al medio ambiente, y por consiguientes afectaciones que en su efecto no son imputables al contratista. Se debe tener presente que el riesgo ambiental, “es toda aquella circunstancia o factor que conlleva la posibilidad de un daño para el ambiente” (Riesgo Ambiental, Universidad Pedagógica).

- **Riesgo Legal:** La Organización Mundial del Comercio (OMC), describe algunos problemas de tipo legal, que afectan el comercio internacional. Colombia se ha caracterizado por su inestabilidad jurídica, debido a los constantes cambios y reformas que cada gobierno realiza en su periodo, más el sub desarrollo que caracteriza al país, afectan en gran medida la consecución de nuevos proyectos.

“La entidad (Estado) debe ser consciente de los riesgos y enfrentarlos. Debe señalar objetivos, integrados con ventas, producción, mercadeo, finanzas y otras actividades de manera que opere concertadamente. También debe establecer, mecanismos para identificar, analizar y administrar los riesgos relacionados” (MANTILLA, S. 2005. Pg. 18).

La infraestructura es claramente una fuente de desarrollo en Colombia. En el país se han venido desarrollado grandes obras de infraestructura en las últimas décadas, con dificultades por temas logísticos, malos manejos, problemas en la consecución de permisos ambientales y cambios de sus gobernantes. Estos han sido algunas de las causas para que los riesgos se materialicen como un común denominador. Si bien es cierto que Colombia es un país con mucha riqueza en sus fuentes naturales, como la minería, agricultura, transformación de productos, entre otros, el mercado no ha sido lo suficientemente competitivo a causa de la estructura vial.

Dentro del Plan Nacional de Desarrollo generado por el gobierno nacional para el periodo 2014 – 2018, existe un proyecto de inversiones públicas, el cual se estima en un valor de \$703.9 Billones de pesos. Para el 2016 la Agencia Nacional de Infraestructura, principal responsable del desarrollo de la infraestructura vial del país en vías concesionadas, tenía como meta la construcción de 260 kilómetros de nuevas calzadas, de los cuales al 31 de Diciembre de ese mismo año se habían construido 240.4, es decir, que se alcanzó el 92 % de lo planeado. Para el año 2017 se planea construir 280

kilómetros de vía concesionada, 45 puentes vehiculares e intervenir 585 kilómetros de vía de este tipo.

Tipos de mezclas asfálticas y agregados

Los agregados representan un factor muy representativo en las obras civiles, pues de estos depende la durabilidad, estabilidad y la economía, debido a que participan en un volumen muy significativo. Por ejemplo, en el concreto hidráulico entre un 65 % y 85 %, concreto asfáltico entre un 92 % y 96 %, en los pavimentos del 75 % al 90 % (GUTIÉRREZ DE LÓPEZ, L. Pg. 9. Consultado el 10/08/2016). Los pavimentos se componen de varias capas con el fin de tener la capacidad de soportar el peso y las constantes deformaciones que se generan por el paso repetido de vehículos, los diferentes pesos expuestos, además de las condiciones climáticas.

El proceso de caracterización de estos materiales es fundamental para la construcción de estructuras confiables, donde abarca todas las propiedades físicas y químicas. En la actualidad, algunas metodologías se basan en procedimientos de ensayo estandarizados que en Colombia es regulado por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y por ICONTEC.

Los materiales que más se emplean para la estructuración del pavimento principalmente son:

- Agregados / Granulares, aquellos que son estabilizados mediante adición de cenizas, cemento, cal, entre otros.
- Las mezclas asfálticas compuestas con agregados.
- Concreto hidráulico, combinación de granulares con cemento.

Por consiguiente, las determinaciones de las propiedades de estos materiales son fundamentales para la conformación de los pavimentos, con el fin de diseñar y construir estructuras confiables en su calidad, estabilidad y eficiencia.

En el año 2012, el INVIAS, principal autoridad de este tema en Colombia y uno de los responsables de la conservación y desarrollo vial del país, luego de un riguroso proceso de selección, escogió al Consorcio Normas 2012, para la revisión y actualización de las especificaciones generales de construcción de carreteras, donde se reglamenta y se establecen estándares, procedimientos generales de ejecución y detallados de control y recibo para los trabajos de ejecución habitual en la red nacional de carreteras. Mediante esta normatividad se establecen categorías para las propiedades

de los agregados pétreos, tanto de origen como de fabricación, con el fin de evitar que se mezclen agregados de calidad heterogénea en la ejecución de obras.

Los agregados pétreos hacen parte de las bases y sub bases para la construcción de afirmados, los cuales pueden provenir de la trituración de rocas y gravas, o podrán ser una mezcla de ambas. Estos deben estar compuestos de partículas duras, resistente y durable, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o des integrables y sin materia orgánica o residuos e impurezas que afecten la calidad del material. Los agregados son expuestos a cuatro muestras con el fin de verificar su procedencia. Y a cada una de ellas se le debe realizar los ensayos que son estipulados por el INVIAS en la norma que regula los materiales para las bases (INVIAS, capítulo 3, 2012, Pg. 93).

La *clasificación inicial de los agregados* se puede determinar desde el tipo de fuente, la cual puede ser de río o de cantera. Las primeras se extraen bien sea del propio cauce o de los sitios laterales al río (vegas). El material de cantera es extraído en zonas que tengan materiales con buenas características para ser utilizado como granulares, bien por obtención directa en la fuente o para un posterior proceso de transformación (trituración y clasificación), que se produzcan. Es importante para esta investigación saber cómo se clasifican y qué tipos de agregados existen.

- Agregado o Árido: Son materiales de composición natural, mineral o artificial, generalmente inertes, usados en la construcción de obras civiles. (GUTIÉRREZ DE LÓPEZ, L. Pg. 9. Consultado el 10/08/2016).
- Agregado Grueso o Grava: Material retenido en el tamiz No.4 (Tamiz: malla metálica de diferentes aberturas empleada para la selección de agregados, arenas y gravas según su granulometría) con un tamaño entre 4.76 mm y 7.6 cm. (GUTIÉRREZ DE LÓPEZ, L. Pg. 9. Consultado el 10/08/2016).
- Agregado Fino o Arena: Material con tamaños entre 74 micras y 4.76 mm.
- Finos: Partículas pasantes del matiz 200 con tamaños entre 0.002 mm y 0.074 mm. (GUTIÉRREZ DE LÓPEZ, L. Pg. 9. Consultado el 10/08/2016).
- Sucio de Río: De esta manera se denomina el material de arrastre de un río sin separación de tamaños (GUTIÉRREZ DE LÓPEZ, L. Pg. 9. Consultado el 10/08/2016).
- Gravilla: Material de río o de cantera, con tamaños entre 4.76 mm y 19.1 mm. (GUTIÉRREZ DE LÓPEZ, L. Pg. 9. Consultado el 10/08/2016).

- Arenón: Arena natural de río o de veta, con tamaños del matiz 3/8" y retenidos en el tamiz 40 con tamaños entre 0.420 mm y 9.51 mm. (GUTIÉRREZ DE LÓPEZ, L. Pg. 9. Consultado el 10/08/2016).
- Cascajo: hace referencia exclusivamente al agregado rodado pasante del tamiz 1 ½" y retenido en el tamiz no. 4 con tamaños entre 4.76 mm y 38.1 mm. (GUTIÉRREZ DE LÓPEZ, L. Pg. 9. Consultado el 10/08/2016).

Los agregados pétreos para este caso de estudio se ven expuestos a dos procesos importantes, el de producción y el de construcción, En el primero se realiza la voladura, la extracción, trituración, lavado, clasificación, almacenamiento e intemperismo. En el proceso de construcción los agregados se ven expuestos al transporte, distribución, mezclado, humedecimiento, calentamiento, compactación e intemperismo (TAMAYO T, J. Consultado el 22/09/2016).

Los agregados se pueden clasificar según su uso. Por ejemplo, para estructuras de pavimento entre los que se pueden enumerar el material para mejoramiento de subrasante, sub-base granular y base granular, Por otro lado, para drenajes y cubrimiento, se utiliza material clasificado, mezclas de concreto hidráulico, entre otros.

- Materiales para concretos: básicamente se puede hacer con gravilla (obtenido de fuentes de río) o materiales triturados y arenas; los triturados usualmente se utilizan de tamaño máximo 1", 3/4", 1/2", 3/8"; las arenas se utilizan lavadas o trituradas, Todo lo anterior según tipo de concreto a fabricar y su posterior uso.
- Las mezclas se pueden clasificar en Mezclas Asfálticas y Mezclas de Concreto Hidráulico: las mezclas asfálticas son de tipo base asfáltica y de tipo rodadura; su diferenciación está en el tamaño de los agregados y su uso dentro de la estructura de pavimento.

En materia de mezclas estas dependerán del tipo de pavimento que se vaya a aplicar, Existen dos tipos; pavimento flexible y rígido. El pavimento flexible y rígido. Él primero está conformado por base, sub-base y capa de rodadura, en la base y sub-base se usan agregados pétreos, la capa de rodadura está conformada de agregados pétreos y asfalto. En el caso de los pavimentos rígidos se componen de una sub-base y una losa de concreto. (GUTIÉRREZ DE LÓPEZ, L. Pg. 9. Consultado el 10/08/2016).

Los agregados deberían acopiarse en cobertizos, aunque también, pueden cubrirse con plásticos de manera que no sufran daños o transformaciones perjudiciales, Cada agregado diferente se deberá acopiar por separado, para evitar cambios en su granulometría original. Los últimos 15 centímetros de cada acopio que se encuentren en contacto con la superficie natural del terreno no deberán ser utilizados, a menos que se hayan colocado sobre lonas que prevengan la contaminación del material de acopio o que la superficie tenga pavimento asfáltico o rígido (INVIAS, capítulo 3, 2012, Pg. 93).

En materia de controles, la norma del INVIAS, además de dar algunas pautas para el acopio de los materiales, propone algunos controles para el transporte y funcionamiento de los vehículos, y propone verificar el cumplimiento de todas las medidas de seguridad. Por último, se exige el cumplimiento de las normas ambientales relacionadas con el transporte. Es de esta manera, cómo las entidades contratantes sugieren reducir los riesgos en el cargue, transporte y disposición de los materiales (INVIAS, capítulo 9, 2012, Pg. 5).

Al continuar con el análisis en materia conceptual, es preciso mencionar unas definiciones que facilitan la comprensión del tema, iniciando por entender que es un control de pérdidas, sus tipos y metodologías para el desarrollo, Es importante establecer, los riesgos asociados a la ejecución de un proyecto de infraestructura, a cuales deben someterse, incluyendo, los riesgos que se derivan en la pérdida de materiales, partiendo de la importancia que tiene los materiales claves en dichos proyectos como son los agregados y mezclas.

Se entiende entonces, que *control* es una manera para monitorear datos y resultados con el fin de tomar decisiones proactivas, correctivas y/o reactivas. Todas estas decisiones que se tomen, a raíz de los resultados que se adquieren de controlar algún proceso, son elementos fundamentados en la administración. Es de allí que se desprende el concepto de *control interno*, por el que se entiende:

El conjunto de planes, métodos y procedimientos adoptados por una empresa u organización, con el fin de asegurar que los procesos estén debidamente protegidos, que los registros contables sean fidedignos y que la actividad de la entidad se desarrolla eficazmente de acuerdo con las políticas trazadas por la gerencia, en atención a las metas y objetivos previstos. (Santillán, 2001, p. 45).

Se tienen varios principios para ejercer un correcto control interno, dentro de los cuales se establecen unas normas de ejecución del trabajo y la evaluación de la

efectividad del control existente, con el fin de planificar y perseguir la consecución de los objetivos empresariales, como:

- Promover la eficiencia operativa de la empresa.
- Cumplimiento de objetivos, políticas, reglamentos y metas.
- Garantizar información financiera confiable y oportuna.

La base del control de pérdidas tanto en la construcción como en las demás ramas en las que puede implementarse un *loss control*, supone identificar una afectación o un problema, cuantificar la pérdida, establecer la situación que provocó dicha pérdida, sus causas y orígenes, creando un panorama de los riesgos a los que se está expuesto con el fin de hallar las amenazas y precisión los factores que se deben contemplar para controlar las pérdidas en una actividad, proceso, macro proceso, incluso hasta en la operación total de un proyecto de infraestructura.

A raíz del concepto de control, anteriormente expuesto, entra en vigor una nueva teoría y filosofía que es aplicada en la construcción, con los mismos fines, calidad, niveles altos en producción, mayores eficiencias y construcción sin pérdidas, cuyo nombre es identificado como *Lean Construction*.

Lean Construction, es una metodología de gestión de la producción, cuyos objetivos, se basan en la productividad teniendo un control en los desperdicios y pérdidas de materias primas, sin embargo, por diferentes motivos que desatan otras causas que terminan materializando nuevos riesgos. Principios como el justo a tiempo y el control interno y de calidad, son basados en los procesos, subprocesos y actividades que no generan valor dentro de la ejecución de un proyecto y que determinan grandes pérdidas para las empresas constructoras, por sobre costos en horas hombre y pérdidas en materias primas. Esta filosofía de producción fue desarrollada por la Toyota en la década de los 50, basándose en cero inventarios y el justo a tiempo, como se nombró anteriormente (*también conocida como Lean Manufacturing*), básicamente partiendo de la premisa que:

- $\text{PRECIO} = \text{COSTO} + \text{MARGEN}$ “*Sistema Tradicional*”, de esta forma el precio es un resultado donde no hay forma que exija tener una reducción en los costos con el fin de que el margen crezca o incluso se mantenga.
- $\text{PRECIO} - \text{COSTO} = \text{BENEFICIO}$ “*Sistema de Producción Toyota*”, Esta empresa tenían claro que el precio es una variable que el mercado entrega por

una ley de oferta y demanda, por lo que , para lograr los beneficios esperados se debía reducir los costos de la fabricación del producto sin que la calidad suministrada bajase. Ello es posible si los costos improductivos de la producción desaparecen, con mayor desarrollo continuo en la operación, simplificando sub procesos apoyados en la observación diaria del trabajo en el sitio.

Esta nueva metodología implementada en todas aquellas compañías productoras ya fuesen industriales o constructoras, continuaron con la implementación del Lean Construction y perfeccionándolo para cada uno de los procesos que tuviese aplicación, llegando a tener un sistema de administración más completo y controlado. Para los años 90 en Finlandia, donde el ingeniero civil Lauri Koskela pudo desarrollar una administración moderna basada en Benchmarking, Mejoramiento Continuo y Justo a tiempo, palabras claves que nacieron de esta nueva filosofía para las empresas productoras del sector real. Tales Principios fueron implementados no solo en Finlandia; sino también en Suramérica para el desarrollo de carreteras basando sus controles de calidad en las mejoras de los procesos y en la implementación de una herramienta para la planificación como es el caso del sistema *Last Planner* (último planificador) que cambia la planificación tradicional de los proyectos de infraestructura para el control general de las obras.

El desarrollo de esta metodología implica seguir tres pasos que ayudan al cumplimiento y eficacia de la misma, los cuales son:

- *Asegurar que los procesos y sub procesos no se detengan:* no se puede permitir que los factores y causas, que busquen alterar la planificación de los procesos y subprocesos detengan la operación proyectada de la obra. Para evitar esto, se debe tener solución a esos posibles factores que buscan perjudicar el cronograma de la obra planteado.
- *Hacer procesos y sub procesos eficientes.*
- *Implementación correcta de los procesos y sub procesos:* buscar las mejores herramientas para estimar y tener una medición precisa del trabajo que sean aplicables a los subprocesos y procesos del proyecto. Con el fin de evaluar si los procesos se están ejecutando como deben ser y si el cronograma fue correctamente diseñado.

Este *Sistema Last Planner* es quizás la mejor herramienta y la más empleada en esta nueva metodología que ha sido de gran utilidad para el control y el manejo adecuado para el desarrollo de proyectos. Con este sistema se controla sustancialmente la planificación de las actividades, sub procesos y procesos. La herramienta incluye la evaluación y el control de las actividades a desarrollar y cómo se vienen desarrollando, buscan identificar con facilidad los problemas y la pronta solución a dichos inconvenientes con el fin de que la actividad del sub proceso continúe, incrementando el porcentaje de eficiencia y productividad desde la planeación.

La identificación de cómo poder controlar los procesos y tener nuevas y mejores prácticas que ayuden la consecución de manera eficaz y eficiente los procedimientos, Es oportuno conocer e identificar dónde se producen las pérdidas en el desarrollo y el proceso constructivo de cualquier obra de infraestructura.

Las pérdidas de materiales son determinados por los expertos en costos como materiales normales o anormales. Los primeros son aquellos inherentes al proceso, es decir, la producción de una mezcla, la aplicación de un pavimento, entre otros. Mientras que los anormales son cantidades de materiales residuales generados por encima de las cantidades propias del proceso, los cuales pueden deberse a otros factores, a problemas con las especificaciones de calidad, a intervenciones inadecuadas del personal, agentes externos como máquinas y equipos involucrados en la transformación de los materiales. En algunas ocasiones los desperdicios pueden ser reutilizados, reciclados o revendidos generando un ingreso no operacional para el P&G del proyecto.

A su vez, se entiende por *pérdidas*, “aquellas actividades que produciendo un costo, ya sea directo o indirecto, no agregan valor ni avance a un proyecto. Estas pérdidas son medidas en función de sus costos, incluyendo, los costos de oportunidad” (Santillán, 2001, Pg. 67)

En consecuencia, la definición que más se ajusta al tema que concierne al artículo, se debe entender por pérdidas a todas las actividades que, produciendo un costo, sea directo o indirecto, no agregan valor ni posibilita el avance de un proyecto, la medición de este tipo de pérdidas, son en función de los costos incurridos.

En la clasificación de las pérdidas se tiene un enfoque de mejoramiento de la productividad en la construcción. No sería posible conseguir una producción sin pérdidas, pues hay actividades que por más control que se haga de las mismas, se

presentan o cuando los controles no son efectivos ni eficaces y se materializan con mayor frecuencia, pero sin mayor impacto. Los sistemas de control que se trabajan normalmente en los procesos constructivos son basados en dos variables, costos y tiempo, y se pierden otras variables: que se deben identificar con el fin de reconocer las causas de las pérdidas en cualquier proceso constructivo y/o productivo, como lo pueden ser:

- Pérdidas en traslados.
- Pérdidas por inactividad.
- Pérdidas por trabajo inefectivo.
- Pérdidas por ineficacias e ineficiencias en los procesos.
- Pérdidas por hurtos.
- Pérdidas por sobreproducción
- Pérdidas por esperas
- Pérdidas por uso inapropiado de habilidades

En las empresas de ingeniería civil, específicamente en sus procesos de producción y ejecución de proyectos, se presenta un alto nivel de actividades que no generan valor para la organización pero que al tener un correcto control interno, pueden tener un mayor impacto positivo en el logro de sus objetivos, en un porcentaje mucho mayor o en el peor de los casos bajar la improductividad. Esto conlleva, a tener que responder a grandes retos en la gestión de la infraestructura moderna, con nuevas tecnologías y en la aplicación de mejores metodologías con el fin de optimizar la productividad y calidad en proyectos, cuya especialidad son las vías. Esta nueva teoría, promueve un mejoramiento continuo en los procesos de producción a través de una reducción especialmente en las pérdidas de materiales para la obtención de la optimización de materiales y un incremento en el valor del producto entregado, en calidad y menor tiempo.

En este orden de ideas, en todo proyecto de infraestructura es necesario presionar aquellas actividades que y aquellas que no generan valor, es decir, enfocarse en los que toman tiempo realizarlas, espacio, recursos, horas hombre y cambian el producto terminado. Es factible la identificación de las actividades que no generan valor en los proyectos, como el transporte (cuando es subcontratado), esperas a proveedores, validación de la información, entre otras. Las cuales si se estudian y evalúan con

minucia, se podrían abolir y buscar mejores alternativas que evidentemente generarían valor. Con esto, se podría demostrar que hay un foco de actividades identificadas que no generan valor en los procesos de infraestructura y que pueden evidenciar las debilidades en los controles para garantizar un correcto control de pérdidas en los materiales con gran rotación como lo son los agregados y mezclas.

Finalmente, todo el cronograma del proyecto, sus procesos, sub procesos y actividades deben ser comunicadas a todas las personas que intervengan en el mismo, con el fin de que tengan conocimiento del objetivo del proyecto y no solo de sus actividades individuales.

Basados en el control de pérdidas y fundamentado en la gestión integral de riesgos, se pretende entregar herramientas para la identificación, de las pérdidas y los controles que se pueden usar. En consecuencia, se generarán las siguientes pautas que forman parte de esa herramienta para la identificación de las pérdidas y la cuantificación de las mismas:

- Los costos de los materiales pueden ser basados en = Materia prima, insumos, compuestos o partes.
- Se denominarán al costo de los materiales = C
- Al precio se llamaron = P
- A la cantidad de material se llaman = Q
- El parámetro r_i = indicará que hace referencia al dato real
- El parámetro s_i = indicará que hace referencia al dato supuesto, al deber ser o al valor técnico esperado.
- La variación puede estar expresada en sobrecosto o ahorro y se llamara V = variación.

De esta manera se tiene:

$C_{\text{Materiales } r_i} = P_{r_i} * Q_{r_i}$ (Costo real de los materiales)

$C_{\text{Materiales } s_i} = P_{s_i} * Q_{s_i}$ (Costo técnico o esperado de los materiales)

$V = (P_{r_i} * Q_{r_i}) - (P_{s_i} * Q_{s_i})$

Con estos parámetros se pretende poder tener un control interno y costear las pérdidas o desperdicios como base para identificar las fuentes de pérdidas o rutas críticas del contrato. El principal enfoque en materia de costos debe hacerse en la reducción de Q_{r_i} ,

con el fin de no presentar alteraciones en el presupuesto inicial e incluso llegar a generar ahorro.

Metodología

En el entendido de que la problemática expuesta es un tema que todas las empresas del gremio de la construcción lo padecen, pero que tienen diferentes métodos para enfrentarlo, en su mayoría empíricos, este trabajo busca una metodología que produzca efectos productivos. De ahí que se busca desde la experiencia de los expertos entrevistados tener una idea de la diversidad de soluciones que existen en el gremio, para confrontarlas con la información que se encuentra en libros y en la academia. De esta manera, se obtuvo información importante para hacer un análisis y contextualización de las causas y riesgos ante la ausencia de un control de pérdidas en los segmentos de agregados y mezclas asfálticas.

El foco de la investigación es descriptiva cualitativa, pues incluye entrevistas a expertos, quienes compartieron el conocimiento que han tenido desde su experiencia laboral, combinado con lo aprendido en su momento en la academia. En consecuencia, la metodología implementada se basa en la naturaleza de los estudios entregados por los expertos en su momento, lo cual fue valioso para llegar a responder los objetivos específicos propuestos. Para ello se reunió información de casos reales manejados por estos profesionales lo que permitió entender como desde la práctica, se manejan las pérdidas de materiales en las obras en Colombia.

Igualmente, el conocimiento compartido por los expertos permite en una investigación descriptiva adquirir aprendizajes y el conocer situaciones, métodos, prácticas que contribuyan a la problemática investigada. Con las entrevistas realizadas, la información encontrada y las metodologías existentes que se analizaron, se generaron conceptos de cómo tener un control interno en sus procesos, e incluso, proponer por medio de este artículo, una metodología que sea útil para los constructores del país, para implementar un control de pérdidas de materiales en las obras en segmentos como los agregados y mezclas asfálticas.

Resultados encontrados

La investigación evidencio que las empresas constructoras se han dado cuenta de la necesidad de implementar controles de pérdidas en sus procesos constructivos, no solo en materiales, sino en todo lo relacionado con su operación. Para el caso de esta investigación, concentrado en los materiales de agregados y mezclas, es aún más evidente la necesidad puesto que a hoy los controles son mínimos, lo cual genera un aspecto crítico en la construcción de obras de infraestructura. Sin embargo, aunque los expertos entrevistados manifiestan tener esta necesidad, ninguno de ellos cuenta con un sistema de control de pérdidas en común. Todos lo hacen de una manera empírica y sin seguir ninguna metodología en particular, acomodándose a las necesidades encontradas en el tipo de obra que se está desarrollando, su ubicación geográfica, clima y otros factores que podrían afectar la operación. En conclusión, los mecanismos de control que son implementados actualmente, además de empíricos y poco medibles, son inexactos y sin una metodología clara y sustentada,

Una vez analizadas todas las fuentes de información y casos particulares en el control de pérdidas, se encuentra que los factores más relevantes y los cuales serán guía de la metodología en control de pérdidas, son los siguientes puntos:

1. *Metodología de Control Interno:* Este tipo de metodología parten de tener una auditoría interna, es decir, un Control Interno como metodología base, en especial en sus costos. Un método de gerencia desde la minucia y desde la planeación de los proyectos, áreas de licitaciones y costos, que son las encargadas de estructurar los presupuestos para hacer un adecuado control de los mismos en los proyectos; aquí se parte del principio que el presupuesto fue adecuadamente estructurado, con la mayor exactitud posible y conocimiento del proyecto.

Metodologías estandarizadas como el Lean Construction que es uno de los sistemas más reconocidos en el campo de la ingeniería para el manejo de control de pérdidas en general, generando un control interno en el proceso, buscando la puesta a punto y el justo a tiempo en los procesos de producción de una obra de infraestructura.

2. *Análisis del Contexto Interno y Externo:* Para tener un adecuado presupuesto y un adecuado control de costos, es fundamental evaluar y analizar el contexto interno y externo donde se va a desarrollar el proyecto. La información que se recopila de la obra permite determinar la logística en el transporte de los materiales, personal, tiempos de cada equipo y personal para cada una de las actividades del proyecto. Desde allí, se realiza un proceso del costeo detallado de cada actividad por un periodo de tiempo estimado para tener un cronograma de obra donde se establezca el costeo por actividad. Igualmente sucede, cuando se va a licitar un proyecto, se debe proceder con un análisis del contexto externo e interno de la obra, en especial con las fuentes de extracción de materiales y el transporte de los mismos, pues la logística de los proyectos le apuntan directamente al desempeño en el cumplimiento del cronograma de obra, Inclusive, los estudios previos entregan una información potencial de las fuentes de materiales con las cuales se pretende atender las necesidades del proyecto, haciendo claridad que estas pueden tener cambios, bien sea en la cantidad como en la calidad de los materiales.
3. *Presupuesto y Costeo:* Es importante tener en cuenta la variación de los precios en los agregados y mezclas. Cuando se ahonda en el tema se encuentra una estabilidad en los agregados, debido a que las empresas que cuentan con su propia cantera practican una metodología de planeación de sus recursos, según la ubicación del proyecto a desarrollar, En la mayoría de los casos este tipo de empresas que cuentan con su propia cantera buscan tener una logística en su transporte con sus propios vehículos. Esto con el fin de no incurrir en pérdidas y/o hurtos que golpean de manera directa los resultados financieros del proyecto y encarezcan el mismo. Tener un control interno en los procesos de las empresas, poder medir, cuantificar y demostrar cuánto produce y cuánto necesita de agregados, es tener una base más precisa de los costos del proyecto, Incluso, cuando el tiempo es un factor primordial en la vigencia de aun contrato, tener su propia fuente de recursos hace no depender de un tercero y por ende, que el costo en el tiempo de los insumos cambie y aumente con el desarrollo del mismo, por lo que el segmento de agregados sea mucho más estable en el precio. Por otra parte, están las empresas que no cuentan con su propia fuente de recursos y depende totalmente de un tercero que les provee los agregados necesarios para el proyecto. En la gran mayoría de los casos estas empresas que

deben salir a buscar un proveedor que les venda dicha materia prima, cuentan con relaciones comerciales bastante estrechas que no garantizan que los precios se mantengan durante la ejecución de la obra.

Con respecto a las mezclas asfáltica sí es evidente una posible variación, en proyectos que se ejecuten por fuera de las zonas urbanas. Se puede precisar que el precio varíe y aumente, debido que depende en dónde es el desarrollo de la obra, obediendo a esto a los sobrecosto en el transporte.

4. *Sistema de Calidad:* Contar con sistemas de calidad establecidos en los procesos de producción y construcción de obras de infraestructura promueven un gran beneficio para controlar las pérdidas de materiales, haciendo de esto un punto en la metodología bastante importante en pro de la optimización de los recursos. Existen riesgos desde la fuente, para el caso de las canteras presentan diversas causas, entre ellas, está la calidad de los agregados de donde se extraen, pues no siempre se sacan las mismas cantidades, calidades con los mismos triturados y las mismas clasificaciones. En algunas ocasiones se obtienen materiales que sobre unido pasan las dimensiones de lo exigido, constituyéndose en pérdidas del proceso, debido a que no cumplen con las especificaciones necesarias y no harían parte del proceso. Cada materia prima, tiene una densidad diferente sobre todo en las arenillas, donde se tienen los agregados más finos. Aquí vuelve a desempeñar un papel importante el factor transporte, pues dependiendo de las características del agregado son más o menos susceptibles a pérdidas.
5. *Control de Volúmenes y Disposición de Materiales:* se deben permanentemente analizar las causas de las variaciones en las pérdidas en volumen y en costos, lo cual permitiría la toma de acciones correctivas y preventivas, durante la ejecución de la obra. Se busca así controlar pérdidas en acarreo (precio), volúmenes (expansión), producción (rendimiento), stock (material que llega vs material que sale); costo de producción, pérdidas y ganancias (P&G).
Para las obras de infraestructura, se conoce y se implementa el control de volúmenes, el cual consiste en reducir las pérdidas de materiales de agregados y mezclas; para ello las empresas realizan un análisis desde la etapa precontractual sobre los factores de expansión de los diferentes materiales granulares y mezclas asfálticas. Para hacer dicho análisis las compañías ya han determinado el factor de expansión promedio para los agregados granulares que se considera en 1.3, es decir por cada metro cúbico (m^3) de material compactado

se requiere 1,3 de metro cúbico (m^3) de material suelto. Para las mezclas asfálticas que habitualmente se controlan por peso (toneladas), se tiene un peso promedio de 1,8 toneladas por metro cúbico (m^3) y un factor de expansión de 1.25. Lo anterior permite que por medio de un control de costos y volúmenes pueda identificarse y controlarse las pérdidas de materiales de agregados y mezclas asfálticas.

6. *Evaluación de Factores Externos:* Dentro de los factores de riesgos o también conocidos como rutas críticas en el manejo de agregados y mezclas en obras de infraestructura se encuentra el transporte. Cuando se profundiza con expertos acerca del tema, resulta un factor común que es una de las principales fuentes de pérdidas de estos materiales debido a la vulnerabilidad, estando más expuestos a hurtos en los traslados, mermas por el manejo inadecuado de los vehículos, desperdicios en el cargue y descargue, exposición a la intemperie. entre otros. Con el fin de mitigar un poco este tema las empresas prefieren tener el transporte propio, tanto vehículos como conductores y aun así no garantizan mitigar un cien por ciento las pérdidas de materiales durante el transporte. Es por eso que se han generado controles adicionales, como dispositivos de control de peso en el cargue, controles de peso en la vía (bascula), GPS en las volquetas, control de volúmenes, controles de ruta, etcétera. Es importante, tener en cuenta que dependiendo de la zona, el tipo de contrato, en ocasiones se sugiere sub contratar el transporte.

Desafortunadamente el control en el pesaje de los vehículos es fácil hacerse en la salida de la fuente de materiales, mas no en la llegada al frente de trabajo, pues se volvería bastante oneroso tener una báscula en cada uno de ellos. Además, en la medida que las distancias a transportar sean más largas va a existir una tendencia a generar pérdidas progresivas en la misma proporción. Es por esto, que desde el mismo momento que se van a cargar las volquetas donde se van a transportar dichos materiales se hace un pesaje inicialmente con dichos vehículos vacíos y luego se cargan y se pesan nuevamente para saber cuántas toneladas de dicho material realmente se van a transportar, Se supondría que ese es el material esperado en la obra del cual se tiene presupuestado un rendimiento. Sin embargo cuando se ejecutan las actividades del cronograma se obtienen rendimientos menores, es allí donde se pierde el control y no es claro en qué parte del proceso se materializó el riesgo, si en el transporte, la

disposición o ejecución de la obra, lo que hace que el proceso tenga grandes brechas en los cumplimientos de los presupuestos.

Para cerrar el análisis de los resultados encontrados dentro de la investigación, es importante resaltar que el factor de la sub contratación para algunos de los procesos que lleva el desarrollo de los proyectos de infraestructura, forma parte de una de las causas principales para que una empresa del gremio de la construcción, presente problemas en el momento de subcontratar procesos como el transporte, consecución de sus materiales pétreos, mezclas asfálticas, entre otros. Bajo el análisis de dichos sub contratistas, es poco común que sean empresas lo suficientemente formales y con estructuras robustas, igual o más grandes que quien los contrata. Por el contrario, el factor común de estos, es que sean personas natural o pymes con un alto nivel de informalidad, razón por la cual no estarán alineados con los objetivos estratégicos y directrices de control de pérdidas establecido por la entidad contratante. Nuevamente, reaparece el factor de transporte, esta vez, desde la sub contratación donde resultan nuevas causas y/o riesgos que controlar, como el cobro realizado por el transportador, pues este debe ser coherente con los pesos y volúmenes realmente transportados. Así las cosas se sugieren, sustentar y justificar la razón por la cual se deben subcontratar algunos procesos. Toda vez que esto traería como consecuencia unos nuevos riesgos y amenazas que son propias de la subcontratación.

Caso práctico

Es importante conocer un ejemplo, por lo cual se desarrollará un caso práctico con el fin de dar claridad a los pasos o etapas propuestas en la metodología de control de pérdidas. Para esto se dividirá la propuesta en las siguientes fases:

Contexto interno y externo y caracterización de las necesidades:

Cuando se habla de analizar el contexto interno se refiere al tipo de obra que se va a ejecutar, a los parámetros requeridos, materiales exigidos o necesarios para la ejecución de la obra, y todo lo que representa el proceso ingenieril de la construcción de la vía. El contexto externo se refiere a la información a la cual el contratista puede acceder desde la etapa precontractual, que se encuentra en el pliego de condiciones, tales como la zona, la ubicación y las condiciones de las fuentes, las distancias y plazos, así como las exigencias de la entidad contratante. También, se tienen en cuenta los

factores climáticos, el transporte y el sitio para la disposición, además pero hay que tener en cuenta los entes territoriales que regulan la parte ambiental, como por ejemplo Corantioquia. Esto genera al contratista una idea de lo qué requiere, cómo lo requiere y qué debe hacer para acceder a ello.

Planteamiento de la estructura de costos:

Tal y como se vio en el principio de la investigación, dentro del alcance, se menciona lo que se expone en la literatura de la estructura de costos en los materiales, enfocado más en la industria que en la construcción (por la falta de metodologías para este segmento) pero aplicables en su totalidad tanto a edificaciones como a infraestructura.

Se presenta entonces, el siguiente ejemplo aplicado a una obra de infraestructura:

En la ejecución de una obra, donde se va a construir una vía de 50 kilómetros de pavimento flexible, se van a llevar a cabo obras adicionales en concreto, tales como, boxcoulvert, cunetas, alcantarillas y todo lo relacionado con obras hidráulicas. Para esto se necesitan agregados para concreto hidráulico, en el cual se tiene el siguiente patrón: por 1,30 m³ de agregados obtenemos 1 m³ de concreto hidráulico, es decir que la cantidad esperada de ese agregado es $Q_e = 1.30 \text{ m}^3$ por cada m³ de concreto hidráulico, de acuerdo a los tenores.

El precio esperado por m³ es de $P_e = \$ 45.000$.

Sin embargo, la cantidad real después de hacer los cálculos fue de $Q_r = 1,5 \text{ m}^3$ por cada m³ de concreto hidráulico y el precio real fue de $P_r = \$ 55.000$. Por lo tanto:

$$\begin{aligned}\text{Sobre costo} &= (Q_r * P_r) - (Q_e * P_e) = (1.50 * \$55.000) - (1.30 * \$ 45.000) \\ &= \$82.500 - \$58.500\end{aligned}$$

$$\text{Sobre costo} = \$24.000 \text{ por m}^3$$

También se puede interpretar de la siguiente manera:

$$\text{Costo Materiales real} = Q_r * P_r = (1.50 * \$55.000) = \$82.500 \text{ por m}^3$$

$$\text{Costo Materiales esperado} = Q_e * P_e = (1.30 * \$ 45.000) = \$58.500 \text{ por m}^3$$

$$\text{Sobre Costo Precios} = (P_r - P_e) * Q_r = (\$55.000 - \$45.000) * 1,5 = \$15.000 \text{ por m}^3$$

$$\text{Sobre Costo Cantidades} = (Q_r - Q_e) * P_e = (1.50 - 1.30) * \$45.000 = \$9.000 \text{ por m}^3$$

De esta manera se identifica que de los \$24.000 de sobre costo, \$15.000 provienen del precio del material y \$9.000 provienen de la cantidad. Esto permite ponderar e identificar que para este caso el 62.5 % del sobre costo tiene que ver con el precio del material y el 37.5 % de las cantidades. Así las cosas, el mayor porcentaje del sobre costo está en el precio de los materiales y cerca de una tercera parte del sobre costo está en los desperdicios. Ahora bien el reto una vez teniendo clara estas cifras, es identificar el foco de las pérdidas, tanto en el precio como en cantidades.

Identificación de rutas críticas o riesgos que representen una amenaza:

Una vez se identificaron estos valores, se detectó que las pérdidas generadas en este proceso de construcción de obras complementarias en la pavimentación de la vía se debieron a lo siguiente:

- Los precios variaron por dos razones. La primera fue que se identificaron pérdidas en el transporte de los materiales, este se denomina entonces como un proceso que es ruta crítica por las pérdidas generadas, las cuales se debieron a posibles robos durante las rutas y mala manipulación, tanto en el cargue como en el transporte y en el descargue generando pérdidas. Esta identificación fue realizada luego de intervenir el proceso de transporte donde no se encontraron controles de ningún tipo.
- La segunda razón por la cual variaron los precios fue porque hubo una deficiencia en el material de la fuente inicialmente evaluada, y el cambio de fuente significó un recorrido de 20 kilómetros más de la fuente inicialmente seleccionada, con respecto a la nueva fuente. Lo anterior se debió a que no se hicieron las pruebas necesarias para tener la certeza de la calidad del material, Solo se tomó una prueba inicial cuando el INVIAE en su capítulo tres habla de cuatro pruebas.
- Las cantidades se incrementaron básicamente por dos razones. El almacenamiento de los materiales es una de ellas, pues el contacto con el suelo y con materiales de una composición diferente que se encontraban almacenados justo al lado sin ningún tipo de división. Se estima que al menos el 50 por ciento del desperdicio de los materiales se debió a las pérdidas en su almacenamiento, pues una vez analizado dicho proceso se encontró que no habían tabiques y

lonas para poner sobre el suelo, además de que no habían divisiones para hacer la respectiva separación con otros materiales.

- El segundo factor que hizo incrementar las cantidades fueron las condiciones climáticas, las fuertes lluvias que no se esperaban generaron un lavado del material, de tal manera que hizo que este perdiera propiedades importantes y generara pérdidas por el lavado del material, ya que no tenía cobertizos ni ningún tipo de protección.

Estas cuatro serían las rutas críticas que llevaron a generar las pérdidas en la obra, una vez identificadas, deben ser evaluadas para saber en qué se basó la generación de la pérdida y cuál es el control propuesto.

Controles propuestos:

Como resultado de esta investigación y una vez analizado el caso del presente ejemplo, se cuenta con las herramientas suficientes para poder proponer los controles que lleven a disminuir las pérdidas de este caso, las cuales serían:

- Optimización de transportes: Optimizar el transporte de los materiales haciendo una documentación adecuada del proceso y generando controles en tres instancias, el cargue, el recorrido y el descargue. Para el cargue se propone hacer un control de volumen y humedad, puesto que así se controlaría la cantidad exacta que sale y la humedad del material, generando una idea de qué es lo que se va a recibir en la obra. Adicionalmente, es importante hacer un monitoreo de las rutas, que puede ser por medio de dispositivos GPS o controles físicos, una vez teniendo las rutas y el tiempo estimado de los recorridos. Esto disminuiría el riesgo de hurtos del material durante el transporte, puesto que los dispositivos GPS garantizaría que no se presenten desviaciones en la ruta ni estacionamientos sospechosos. No siendo menos importante se debe tener en cuenta el transporte interno, ya que en las obras un alto porcentaje de desperdicio se da en este paso se requiere ser igual de riguroso en el momento de hacer este monitoreo, sin importar que el transporte se haga manual o por medio de máquinas.
- Optimización del proceso de almacenamiento: Se recomienda estandarizar el almacenamiento de los materiales cumpliendo con algunos parámetros, no solo los que sugiere el INVIAS, sino también los analizados de acuerdo con las amenazas encontradas, se sugiere almacenar siempre sobre lonas de tal manera

que aisle el material de las impurezas del suelo, también sobre tabiques sencillos (pueden ser de madera) que tengan una pestaña alrededor que alcance al menos los 15 cm, de esta manera se previene la contaminación del material por inundación, hay que tener en cuenta que estos tabiques de almacenamiento deben estar alejados de ríos y fuentes de agua, y del tráfico normal de la obra.

- Modulación del uso de materiales: la modulación del uso de materiales es un control bastante importante en este tipo de obras, Por las dimensiones que se manejan se tienen varios frentes de obra, para lo cual modular los materiales resulta bastante eficiente, Si se sabe que existe una medida de 1.3 m^3 de agregado para 1 m^3 de concreto hidráulico, no se debería tener más lo que se va a utilizar en dicho frente, más el margen máximo permitido de desperdicio esperado (para comenzar, mientras se ajustan las medidas).
- Control de volúmenes por frente de trabajo: En esta investigación se logró identificar que la mayoría de los controles se hacían en los cierres de las obras, o sea, en la etapa de entrega y liquidación. Las diferentes metodologías y teorías encontradas coinciden en que este punto es demasiado tarde pues no hay forma de generar controles para disminuir las pérdidas. De ahí que se sugiera un control de volúmenes por frente de trabajo que se realice de manera sistémica, es decir, debe estar conectado con el control de volumen de extracción del material, transporte y almacenamiento, identificando así el desperdicio real por frente de trabajo. Es responsabilidad de cada frente de trabajo ser eficiente con el material entregado, el cual debe coincidir con el aplicado.
- Transferencia del riesgo de procesos por medio de la sub contratación: Este mecanismo de transferencia permite generar algunos controles adicionales al proceso Se sugiere que cuando procesos como la extracción del material o el transporte, resulten complejos para el proyecto, dependiendo de la zona y teniendo en cuenta el riesgo público, ambiental y estratégico, se evalué la posibilidad de subcontratarlo, de tal manera que el material recibido sea el que estrictamente se va a pagar y que además, no se debe recibir si no pasa las pruebas de laboratorio y calidad. Es importante aclarar que la subcontratación trae consigo unos riesgos inherentes a dicha transferencia los cuales se mencionaron anteriormente Sin embargo, hay ocasiones donde resulta más eficiente generar controles para el proceso de subcontratación que ejecutar un proceso de alto riesgo y con poca experiencia.

Estos son los controles que se proponen para este ejemplo, Una vez implementados se requiere hacer nuevamente el control de costos y una revisión minuciosa del proceso de los controles propuestos e implementados, los cuales deben estar debidamente documentados y aprobados.

Conclusiones

En Colombia la infraestructura vial es de gran importancia para la economía del país, tanto así que uno de los planes principales del gobierno nacional es el mejoramiento y trazado de nuevas correctivos, pretendiendo conformar una infraestructura vial menos agreste y que signifique menores costos, no solo para el mantenimiento, sino para el transporte, con el fin de mover la economía de una manera más dinámica.

Una de los principales sobre costos de las obras de infraestructura del país se da en los materiales que se usan para la construcción y el mantenimiento de las vías, lo cual abre el objeto de estudio de esta investigación, pues se pretende hacer un control de pérdidas en materiales de agregados y mezclas por medio de la gestión de riesgos en las obras.

Cuando se inicia una investigación en materia de control de pérdidas en obras de infraestructura, y más en el segmento de materiales de agregados y mezclas, se identifica que poco hay documentado al respecto, sin embargo, en lo que se basó este trabajo fue en estudiar las metodologías de control de pérdidas existentes en la industria del sector real y lo que existe en el sector de la construcción que básicamente es la metodología del lean construction.

Adicionalmente, como no son muchas investigaciones de este tipo, ni tampoco las metodologías aplicadas en la construcción de obras de infraestructura, se tomó como recurso de esta investigación, la entrevista con expertos, donde se indagó sobre cuáles eran las pérdidas más comunes en las obras, por que se presentaban, cómo las controlaban, y cuáles eran los mecanismos existentes que las empresas tenían para controlar las pérdidas de materiales en sus obras. Con toda esta información y basados en la teoría de costos que brinda herramientas para hacer identificación de sobrecostos o ahorros en las materias primas de un proceso, se reúnen datos que nos permiten conformar una metodología de cómo identificar las pérdidas en una obra de infraestructura. Luego de identificar las pérdidas se hace uso de la teoría de gestión de

riesgos y control de pérdidas para encontrar el foco de estos, establecer los controles y generar un plan de mejora continua que permita monitorear constantemente el proceso.

Con este artículo se pudo demostrar que es posible la conformación de una metodología para el control de pérdidas basados en varios métodos, prácticas y quizás metodología empíricas que son creadas con la experiencia de cada ingeniero que vive el día a día y parte de una prueba y ensayo, Con esta investigación fue posible demostrar que hay unos aspectos para la construcción e implementación de una metodología para un efectivo control de pérdidas.

Es importante tener en cuenta que la base conceptual de todo este proceso se basa en la Gestión Integral de Riesgos cuya norma es la ISO 31000, que establece unos parámetros de cómo gestionar los riesgos de la organización, concepto que ha trascendido para convertirse en mucho más que un ítem importante en las áreas de control interno, dicho Gestión Integral de Riesgos ha evolucionado para convertirse en un elemento esencial, de competitividad, sostenibilidad y resiliencia en los procesos empresariales, aspectos que son de gran interés para la alta gerencia de las empresas.

Con esto no se pretende decir que es la fórmula para que las empresas sean sostenibles en el tiempo, pero sí es claro con este tipo de metodologías se puede lograr la eficiencia y eficacia en los procesos, que parten del control y aseguramiento de actividades y subprocesos, hasta tener un sistema de gestión de riesgos maduro en cada uno de los macro procesos de la organización. Una gerencia efectiva de los riesgos, alineada con la estrategia de la compañía, hace de esta, una empresa rentable, sostenible y competitiva en el tiempo. Para la consecución de estos propósitos en gestión de riesgos es fundamental el adecuado proceso cultural que llegue a todas las personas que comprenden y laboran al interior de la empresa, independiente de su actividad y del sector que pertenezca, de ahí que la comunicación, capacitación, claridad en los conceptos y estrategias corporativas promueven y estimulan al cumplimiento de una correcta Gestión Integral de Riesgos.

Referencias Bibliográficas

- Agencia Nacional de Infraestructura ANI (2016), informe de gestión 2016, Consultado el 18 de Febrero de 2017 de: <https://www.ani.gov.co/modo-carreteras>
- Agencia Nacional de Infraestructura, ANI (2017), informe de gestión primer trimestre 2017, consultado el 15 de Mayo de 2017 de: <https://www.ani.gov.co/modo-carreteras>
- Agencia Nacional de Infraestructura, ANI (2017), Plan nacional de desarrollo, consultado el 15 de Mayo de 2017 de: <https://www.ani.gov.co/planes/ani-en-el-plan-nacional-de-desarrollo-21713>
- Alarcón, L. F. (2012). Herramientas para identificar y reducir las pérdidas en proyectos de construcción. En Revista Ingeniería de Construcción, 12(3), Pg. 37-45.
- Caicedo, J.M. (2016). Grandes Íconos de la Infraestructura. Infraestructura & Desarrollo. N°74 (Pg. 50 - 62)
- Caicedo, J.M. (2016). Innovación para infraestructura. Infraestructura & Desarrollo. N°74 (Pg. 62-68)
- Departamento Nacional de Planeación, (1995). Documento Conpes 2775, Participación del sector privado en la infraestructura física. Bogotá D. C., Imprenta Nacional.
- FRANK P. LESS, Loss prevention in the process industries.
- Gómez Salazar E. Mora Cuartas A. y Marín Uribe R. (2011). Análisis de riesgo en proyectos con @Risk. Medellín: Lito impresos y Servicios S.A.
- Gutiérrez de López L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción, consultado el 10 de Mayo de 2017 de: https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-14_07-20-32105039.pdf
- Instituto Nacional de Vías INVIAS (2012), especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras_Baesés, consultado el 18 de Febrero de: <https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos1/139-documento-tecnicos/1988-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras-y-normas-de-ensayo-para-materiales-de-carreteras>
- Instituto Nacional de Vías INVIAS (2012), especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras_Transportes, consultado el 18 de Febrero de: <https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos1/139-documento-tecnicos/1988-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras-y-normas-de-ensayo-para-materiales-de-carreteras>

- JP MORGAN, Chase Bank N.A. sucursal Buenos Aires – Argentina
<https://www.jpmorgan.com/jpmpdf/1320694345279>
- MANTILLA, Samuel, Control interno informe Coso – 4° Edición, Editorial ECOE, Bucaramanga – Colombia, 2005. Pg. 18.
- Mejía Quijano R. (2015). Administración de riesgos un enfoque empresarial. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Mejía Quijano R. (2013). Identificación de Riesgos. Medellín: Fondo editorial universidad EAFIT.
- Santillán, J. (2001). Establecimiento de Sistemas de Control Interno. México D. F., México: Editorial ESCASA.
- Uribe Marín R. (2011). Costos para la toma de decisiones. Bogotá: McGraw-Hill
- Tamayo Tamayo J. (SF). Estudio de degradación de los agregados pétreos durante la vida útil de los pavimentos, consultado el 20 de Abril de 2017 de: <http://revistas.unal.edu.co/index.php/ingainv/article/view/28822/29078>
- Taylor N. (2016). Risk Control: Who Cares?, consultado el 10 de Mayo de 2017 de: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/eufm.12094/epdf>
- THOBANI, Mateen (2013). Infraestructura privada, riesgos del estado.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO OMC - la única organización internacional que se ocupa de las normas que rigen el comercio entre los países. http://www.wto.org/spanish/thewto_s/whatis_s/whatis_s.htm
- UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL, riesgos ambientales. www.pedagogica.edu.co/.../GUIA_RIESGOS_AMBIENTALES_UPN