

**ANALISIS DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA POR LA EMPRESA CONSOL
PARA DEFINIR EL AVANCE DE OBRA.**

ESTEFANY ROSANA SERRANO URIBE

JAVIER ERNESTO ACEVEDO GUTIÉRREZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN
BUCARAMANGA**

2017

**ANALISIS DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA POR LA EMPRESA CONSOL
PARA DEFINIR EL AVANCE DE OBRA.**

ESTEFANY ROSANA SERRANO URIBE

JAVIER ERNESTO ACEVEDO GUTIÉRREZ

**Monografía presentada como requisito para optar al título de
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.**

Director: GUILLERMO MEJÍA AGUILAR

PhD. en Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

BUCARAMANGA

2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios por regalarnos la vida y premiarnos con salud para poder llevar a cabo este nuevo logro académico.

A nuestros padres y hermanos, por ser los pilares fundamentales en nuestro crecimiento, apoyarnos en el cumplimiento de este nuevo logro y retornos para crecer constantemente.

A nuestros colegas y líderes que nos brindaron la información necesaria para la culminación de este trabajo de grado.

Y a todos nuestros compañeros y docentes de especialización; ya que cada uno de ellos dejaron en nosotros experiencias y conocimientos invaluable.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. JUSTIFICACIÓN	16
2. OBJETIVOS	17
2.1. OBJETIVO GENERAL	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. CONSORCIO CONSTRUCTOR RUTA DEL SOL – CONSOL	18
3.1 TRANSVERSAL RIO DE ORO – AGUACLARA – GAMARRA	18
3.1.1. Avance de Obra	19
3.1.2. Hito 58 y 59	20
3.2 CONSTRUCTORA NORBERTO ODEBRECHT	21
3.3 CORFICOLOMBIANA	22
3.4 CSS CONSTRUCTORES S.A	24
4. METODOLOGIA PARA ESTRUCTURAR LA EAP REDUCIDA	26
4.1. ESTRUCTURACIÓN DE LA EAP REDUCIDA	30
5. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE VALOR GANADO	33
5.1. VALOR GANADO	33
5.2. APLICACIÓN DE VALOR GANADO A LA EAP CONVENCIONAL	38
5.3. APLICACIÓN DE VALOR GANADO A LA EAP REDUCIDA	40
5.4. COMPARACIÓN DE LA TÉCNICA DE VALOR GANADO ENTRE LA EAP REDUCIDA Y LA EAP CONVENCIONAL	43
6. AVANCE DE OBRA	46
6.1. AVANCE DE OBRA UTILIZANDO- EAP CONVENCIONAL	46
6.2. AVANCE DE OBRA UTILIZANDO- EAP REDUCIDA	47
6.3. COMPARACIÓN DEL AVANCE DE OBRA ENTRE LA EAP REDUCIDA Y LA EAP CONVENCIONAL	48

7. DISCUSION	50
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	55

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. EAP Convencional.....	27
Tabla 2. EAP Reducida	29
Tabla 3. Grupos de clasificación y porcentaje de incidencia.....	30
Tabla 4. Porcentaje de participación de cada macro-ítem.	32

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Localización del proyecto	20
Figura 2. Interpretación CPI y SPI	36
Figura 3. Interpretación CSI	36
Figura 4. Valor Ganado EAP convencional.....	40
Figura 5. Valor Ganado EAP reducida	43
Figura 6. Comparativo de SV-CV-VAC de EAP reducida y EAP convencional	44
Figura 7. Comparativo de índices de desempeño entre EAP convencional y EAP reducida.....	45
Figura 8. Porcentaje de avance mensual y acumulado para EAP convencional	46
Figura 9. Porcentaje de avance mensual y acumulado para EAP reducida ...	47
Figura 10. Comparativo porcentaje de avance mensual y acumulado	49

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A. EAP convencional.

Anexo B. EAP reducida.

Anexo C. Línea base programación EAP convencional.

Anexo D. Línea base programación EAP reducida.

Anexo E. Comparativo CV-SV-VAC entre EAP reducida y EAP convencional.

Nota: Ver los anexos en carpeta en CD-ROM

GLOSARIO

EAP: Estructura Analítica del Proyecto. Desglose de todos los servicios o actividades a ejecutar en un proyecto, se encuentran agrupadas en capítulos. Es la misma estructura de una WBS (Work Breakdown Structure).

EAP CONVENCIONAL: Estructura Analítica del Proyecto usada convencionalmente en un proyecto de infraestructura vial.

EAP REDUCIDA: Estructura Analítica del Proyecto modificada, donde solo se encuentran macro-ítems y maneja unidades de medida verificables en obra, como lo son: metro lineal y unidades

HITO: Segmento o sub-tramo definido, que divide el proyecto para facilitar la ejecución, planeamiento y control.

MACRO-ÍTEM: Agrupación de varios servicios o actividades que se ejecutan secuencialmente o dependen de este para su realización.

RESUMEN

TÍTULO: ANALISIS DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA POR LA EMPRESA CONSOL PARA DEFINIR EL AVANCE DE OBRA.*

AUTORES: SERRANO URIBE, Estefany Rosana; ACEVEDO GUTIERREZ, Javier Ernesto. **

PALABRAS CLAVE: Consol; Estructura analítica del proyecto; Avance de Obra; Valor Ganado

DESCRIPCIÓN:

La empresa Consol desarrolla una metodología de avance de obra basada en una estructura analítica del proyecto (EAP) reducida conformada por macro-ítems; los cuales agrupan los servicios de la EAP convencional según el proceso constructivo de los mismos. Por lo tanto, se realiza un análisis de la metodología mediante la aplicación de la técnica de Valor Ganado y la comparación de porcentajes de avance de obra en ambas EAP.

Con este análisis se pretende evaluar la funcionalidad de la metodología utilizada específicamente en los hitos 58 y 59 del proyecto vial transversal Rio de Oro-Aguaclara-Gamarra y su futura aplicación en otros proyectos desarrollados por la compañía. Para esto se realiza la programación de obra para ambas EAP, con el uso de Project®, y se ingresan las cantidades y los costos incurridos en su realización mensualmente, obteniendo las gráficas de Valor Ganado para cada una y adicional se calculan los porcentajes de avance de obra.

Como resultado, se identifica que esta EAP reducida debe ser implementada desde la estructuración del proyecto para facilitar el flujo de la información y los avances de obra obtenidos no son comparables; ya que en la EAP convencional se realiza a medida que cada actividad se ejecuta mientras que en la reducida solo se da avance de obra al macro-ítem una vez se encuentre totalmente terminado, es decir hasta que las actividades asociadas a este estén culminadas. Del Análisis de Valor Ganado, a la fecha de estado: 25 Enero de 2017, en ambas metodologías se observa que el proyecto se encuentra por encima del presupuesto, atrasado y que su estado es crítico, por lo que se ve necesaria la toma de acciones correctivas.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Especialización en Gerencia de Proyectos de Construcción. Director: PhD. Guillermo Mejía Aguilar.

ABSTRACT

TITLE: ANALYSIS OF THE METHODOLOGY USED BY THE COMPANY CONSOL TO DEFINE THE PROGRESS OF THE WORK. *

AUTHOR: SERRANO URIBE, Estefany Rosana; ACEVEDO GUTIERREZ, Javier Ernesto. **

KEYWORDS: Consol; Analytical Structure of the Project; Progress of the work; Earned Value.

DESCRIPTION:

The company Consol develops a methodology of work progress based on a reduced analytical structure of the project (EAP) conformed by macro-items; which group the services of the conventional EAP according to the constructive process of the same ones. Therefore, an analysis of the methodology is performed through the application of the Earned Value technique and the comparison of percentages of work progress in both EAP

This analysis aims to identify the functionality of the used methodology specifically in milestones 58 and 59 of the Rio de Oro-Aguaclara-Gamarra transversal road project and its future application in other projects developed by the company. For this, the work schedule is executed for both EAPs, using Project, and the amounts and costs incurred are entered monthly, obtaining the Earned Value graphs for each one and additionally the percentages of advance of work.

As a result, it is identified that this reduced EAP must be implemented from the structuring of the project to facilitate the flow of information, and the obtained progress of work are not comparable; Since in the conventional EAP is carried out as each activity is executed while in the reduced one work progress is only given to the macro-item once it is completely finished, that is to say, until the activities associated with it are completed. from the Value Analysis Earned, as of the date of state: January 25, 2017, in both methodologies it is observed that the project is above the budget, delayed and that its state is critical, for which it is necessary to take corrective actions.

* Monograph

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Especialización en Gerencia de Proyectos de Construcción. Director: PhD. Guillermo Mejía Aguilar.

INTRODUCCIÓN

La técnica de Valor Ganado, como explica Yamal¹, permite identificar el estado de un proyecto en términos de costo y tiempo para poder llevar a cabo una medición del desempeño del proyecto o Valor Planeado. Cuando se realiza una comparación entre ellos se puede determinar el estado del proyecto en relación al cronograma, adicionalmente si se compara el Valor Ganado contra los costos incurridos se podrá tener un panorama del estado del proyecto en relación al presupuesto.

Una de las herramientas fundamentales para la técnica del Valor Ganado es tener una WBS² bien estructurada; por lo tanto, para el proyecto se definió una WBS, que en la empresa es denominada EAP (**E**structura **A**nalítica de **P**royecto)(*) donde se estimaron actividades principales para cada grupo de trabajo, y cada una de estas con sub-tareas. Por la magnitud del proyecto unas agrupaciones de estas actividades principales conforman un Hito o entregable.

Basados en planteamientos realizados por interventoría y en consenso con la compañía, para la medición del avance del proyecto y por lo tanto el respectivo pago de las actividades concluidas, de la EAP estructurada inicialmente se definieron las actividades más representativas y medibles generando así un lenguaje común entre las partes y por supuesto traducándose en flujo de caja para la organización. De esta situación planteada es de donde surge la necesidad de establecer una metodología de avance basada no solo en el costo de cada

¹ CHAMOUN, Yamal. Administración profesional de proyectos –La Guía. México, D.F: McGraw-Hill, 2002. p.196.

(*) En la compañía CONSOL se utilizó este término para llamar a la WBS, según la Metodología del Marco Lógico (MML)

² Project Management Institute. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)- Quinta Edición, Project Management Institute Inc.,2013, p. 125

actividad, sino en la complejidad para realizarla y en la importancia que representa cada una de esas actividades para concluir un Hito.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente trabajo mostrará los procedimientos que se llevan a cabo en la compañía CONSOL en el proyecto vial transversal Rio de Oro-Aguaclara-Gamarra para establecer el avance de la obra; los evaluará y comparará con la técnica de Valor Ganado.

1. JUSTIFICACIÓN

Con el fin de buscar un lenguaje común y fácil de interpretar para la interventoría, gerencia, cliente y personas externas al proyecto, en la empresa CONSOL se presentó la necesidad de implementar una metodología que permitiera realizar el avance de obra en función de las actividades críticas, medibles y verificables del proyecto; enfocándolo en una unidad de medida fácil de correlacionar y de esta manera agilizar la elaboración de informes para el proceso de seguimiento y control de obra.

Teniendo en cuenta que este planteamiento se sale del esquema utilizado por la empresa en la medición de avance de sus proyectos; se ve la necesidad de evaluar su funcionalidad en comparación con una metodología establecida. Y de esta manera beneficiar a la compañía y dar un panorama claro sobre su funcionalidad y poder tomar la decisión de implementarla en futuros proyectos o en caso de presentar alguna inconsistencia, evaluarla y realizar las correcciones pertinentes.

Se decidió analizar el procedimiento realizado actualmente con la técnica de Valor Ganado ya que esta permite tener una visión objetiva del desempeño del proyecto en función de dos parámetros críticos: Costo y Tiempo y tener información más precisa para la gerencia sobre el comportamiento del proyecto a futuro en términos de costos y cronograma.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad de la actual metodología de avance de la obra utilizada por la empresa CONSOL basada en la reducción de la Estructura Analítica del Proyecto (EAP) y la ponderación de macro-ítems en el proyecto vial transversal Rio de Oro – Aguaclara - Gamarra

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el modelo de reducción de la EAP convencional por medio de criterios de selección de los porcentajes asignados a cada uno de sus componentes.
- Comparar la metodología de avance de obra basada en costos o convencional con la utilizada por la empresa CONSOL fundamentada en el peso y costo de los componentes conciliados con la interventoría del proyecto, confrontando los resultados de porcentajes de avance y los índices de evaluación de proyectos de la metodología de valor ganado.
- Identificar ventajas y desventajas de la metodología planteada en relación a la utilizada convencionalmente.

3. CONSORCIO CONSTRUCTOR RUTA DEL SOL – CONSOL

El consorcio constructor ruta del sol, conocido como CONSOL, está constituido por tres empresas: La constructora Norberto Odebrecht de Brasil, Episol de Conficolombiana y CSS Constructores.

El objetivo principal de la concesión consiste en el diseño, construcción, mejoramiento y rehabilitación del área comprendida entre Puerto Salgar en el departamento de Cundinamarca y hasta San Roque en el departamento del Cesar.

Adicionalmente, en noviembre del 2014 se firma el acta de inicio de la Transversal Rio de Oro – Aguaclara – Gamarra, incorporando al proyecto la construcción, rehabilitación y mejoramiento de 82 Km de vía.³

3.1 TRANSVERSAL RIO DE ORO – AGUACLARA – GAMARRA

Esta obra tiene como finalidad interconectar al Norte de Santander con los departamentos del Sur del Cesar, mediante 62 km de vía totalmente nueva y 20 km de rehabilitación y mejoramiento; para un total de 82 kilómetros de vía.

En toda la longitud del proyecto se desarrollarán 25 puntos críticos, correspondientes a curvas internas y externas, generando la construcción de puentes y rectificaciones de curvas. También, en algunos puntos, zonas de adelantamiento con un tercer carril mediante muros de contención; esto equivale a

³ RUTA DEL SOL, Concesión vial. Consol. {En Línea}. {27 de Marzo de 2017}. Disponible en: <http://rutadelsol.com.co/quienes-somos/historia/>

4.0 kilómetros aproximadamente. De igual manera se dejarán zonas de mantenimiento para vehículos livianos y pesados.

La zona entre Puerto Capulco y Gamarra es inundable, por lo que se llevará a cabo la construcción de una vía completamente nueva de 4 metros de alto, sirviendo de barrera natural ante las inundaciones que se producen en esta zona.

La vía contará con dos estaciones de pesaje, una entre Gamarra y Aguachica y otra entre Villa San Andrés y Río de Oro, dos zonas de peaje Gamarra y Aguachica y entre Aguaclara y el corregimiento de Platanal. El desarrollo de este proyecto permitirá una disminución en los tiempos de desplazamiento entre Río de Oro y Gamarra; sin dejar a un lado que mejorará la calidad de vida de las comunidades aledañas mediante la contratación de personal de la zona, aumentando el turismo y la actividad mercantil.

3.1.1. Avance de Obra: A diciembre del 2016 la obra presento un avance físico del 27%⁴, que al ser comparado con el cronograma inicial indica que avanza más rápido de lo previsto. Dicho avance está representado, en su mayoría, por obras de explanaciones y pavimentación. Es importante resaltar que, dada la situación legal del proyecto, desde el mes de enero las actividades se encuentran suspendidas.

Los avances también se ven representados con la pavimentación de 2.4 kilómetros de tercer carril, 3 puentes, muros de contención, obras de drenaje y señalización en el trayecto de Platanal a Río de Oro. De igual manera se han trabajado obras puntuales de pavimentación y rectificación de curva con el fin de mejorar las condiciones de seguridad de la carretera y permitir el paso de dos vehículos de carga pesada simultáneamente.

⁴ RUTA DEL SOL, Concesión vial. Construcción de la transversal registró un avance del 27% en 2016. En: EnRutaDos. Aguachica: (27, Dic, 2016), p. 3.

Como datos relevantes del proyecto se destaca que ya se cuenta con 20 Km de vía existente rehabilitada, 7 Km de vía nueva construida, 12 frentes de obra trabajando simultáneamente, 2 murales artísticos que incentivan la movilidad segura, puesta en operación del peaje Gamarra, protección de puntos críticos con espejos de seguridad y construcción y operación de la glorieta vía Gamarra – Aguachica.⁵

Figura 1. Localización del proyecto



Fuente: RUTA DEL SOL, Concesión vial. Consol. {En Línea}. {27 de Marzo de 2017}.
 Disponible en: <http://rutadelsol.com.co/transversal-rio-de-oro-aguaclara-gamarra/el-proyecto/>

3.1.2. Hito 58 y 59: El hito 58 se encuentra ubicado entre Aguaclara y Gamarra y se extiende desde los PRs 0+000 y 8+148.9, con una longitud total de 8640.40 metros donde se encuentra el Puente Ferrocarril con una longitud de 17.40 metros; el cual aún no se ha intervenido pero se estima demolerlo en su totalidad y realizar un puente nuevo. Adicionalmente a lo largo del hito se encontrarán dos glorietas y 14 obras de drenaje entre alcantarillas de concreto y box culverts.

⁵ *Ibíd.*, p. 3.

El hito 59 se encuentra ubicado entre Aguaclara y Gamarra y se extiende desde los PRs 8+180 y 16+230.6, con una longitud total de 9600.83 metros donde se encuentra el Puente Buturama con una longitud de 59.50 metros; el cual aún no se ha intervenido pero se estima demolerlo en su totalidad y realizar un puente nuevo. Adicionalmente a lo largo del hito se encontrarán dos glorietas y 30 obras de drenaje entre alcantarillas de concreto y box culvert.

Ambos hitos contarán con obras de drenaje longitudinal y tratamiento de taludes en los puntos donde por diseño sean determinados. Se realizará un reciclado del pavimento existente; así como la conformación de una estructura nueva de pavimento: sub-base, base y carpeta asfáltica.

3.2 CONSTRUCTORA NORBERTO ODEBRECHT⁶

La Organización Odebrecht fue fundada en 1944 por el Ingeniero Norberto Odebrecht con una filosofía clara que se ha mantenido a lo largo de los años: identificar, integrar, y desarrollar jóvenes con talento y predisposición para práctica empresarial.

Tiene un compromiso constante con la satisfacción del cliente, generar valor a los accionistas y desarrollo a las comunidades de los 25 países en los que se encuentra presente. Su estructura de negocio es diversificada y descentralizada; por lo que se encuentra presente en el sector de la construcción, industria, energía y tecnología creando soluciones integradas e innovadoras.

⁶ ODEBRECHT. Organización Odebrecht. {En Línea}. {18 de Abril de 2017}. Disponible en: <https://www.odebrecht.com/es/organizacion-odebrecht>

Uno de los pilares fundamentales de la organización es el recurso humano; por lo que cuenta con La Tecnología empresarial Odebrecht (TEO), la cual consiste en un conjunto de principios, conceptos y criterios enfocados principalmente en la educación y en el trabajo, brindando fundamentos éticos, morales y conceptuales para la actuación de los integrantes. Se enfoca en las potencialidades del ser humano, su disposición para servir, la capacidad y el deseo de evolucionar y la voluntad de superar resultados. Adicional, uno de sus enfoques principales es la delegación planificada basada en la confianza y asociación entre líderes y liderados

La TEO es la base de la cultura de la organización, dirige la acción de las personas en los diferentes negocios, países y contextos donde actúa, garantiza la eficacia y claridad en la interacción entre sus integrantes y establece un lenguaje común entre ellos. Sus principios fundamentales establecen los valores culturales y éticos que deben regir en los negocios: confianza, satisfacción del cliente, retorno a los accionistas, asociación entre los integrantes, autodesarrollo de las personas y reinversión de los resultados.

3.3 CORFICOLOMBIANA⁷

La Corporación Financiera Colombiana S.A., es el resultado de la fusión de la Corporación Financiera del Valle S.A. y la Corporación Financiera Colombiana S.A., compañías creadas en 1961 y 1959 respectivamente. Desde su creación y hasta la fusión, en el año 2005, ambas entidades de acuerdo a su objeto social habían realizado inversiones en empresas del sector, dentro de las que vale la

⁷CORFICOLOMBIANA. Quiénes Somos: Nuestra Historia. {En Línea}. {18 de Abril de 2017}. Disponible en: <https://www.corficolombiana.com/wps/portal/corficolombiana/web/inicio/nuestra-corporacion/quienes-somos>

pena mencionar: Lloreda, Hoteles Estelar, Promigas, Organización Pajonales, Unipalma y Tesicol.

Adicionalmente la antigua Corporación Financiera del Valle en 1988 creó Leasing del Valle, actualmente denominada Leasing Corficolombiana, en 1991 creó Casa de Bolsa y Fiduciaria del Valle, actualmente denominada Fiduciaria Corficolombiana y en ese mismo año también se creó la Fundación Corfivalle, actualmente denominada Fundación Corficolombiana. Dentro de sus inversiones más importantes están las Concesiones viales, Pisa, Coviandes, CCFC y Panamericana.

Hacia finales de 1998 y principios de 1999 la Corporación Financiera Colombiana realizó procesos de fusión con la Corporación Financiera de los Andes, Corporación Financiera Santander, Indufinanciera, Corfiboyacá, Corfes, Corfiprogreso y Corfitolima. En junio de 2006 se llevó a cabo la cesión parcial de activos, pasivos y contratos al Banco de Bogotá, mediante la cual se perfeccionó la operación de movilización de cartera de la Corporación, consolidándose como una entidad especializada en la generación de oportunidades de inversión y soluciones financieras. En septiembre se lanza la nueva imagen de la Corporación y las Filiales Financieras, con un concepto que compromete la marca y se proyecta al futuro.

En 2008 Corficolombiana participó como inversionista de la fase II del fondo de Hidrocarburos de Colombia; adicionalmente, recibió el 0.45% de Cine Colombia como consecuencia de la liquidación de Sidelpa S.A y por otro lado, se cerró el proceso de venta de Huevos Oro Ltda. Los negocios más importantes de ese año fueron: la capitalización de Transoriente S.A. y la capitalización del proyecto de Pajonales. La Corporación se consolida como uno de los fondos de capital privado más importante y de mayor trayectoria en Colombia. En 2009 se constituyó en Lima, Perú la compañía Gas Comprimido del Perú S.A. (GASCOP) con el objeto de desarrollar un proyecto piloto de distribución de gas natural en el norte del Perú.

En 2011 Corficolombiana junto a la Empresa de Energía de Bogotá (EEB) y dos Fondos de Capital Privado gestionados por Corredores Asociados S.A. y Correval S.A., cerraron la adquisición de tres empresas extranjeras que eran propietarias del 52.13% de Promigas S.A. Así mismo, a través de su filial Episol S.A.S., participó en el proceso de selección que le dio el derecho a adquirir el vehículo que controla el 100% la sociedad colombiana Concesionaria Panamericana S.A.

En 2013 Corficolombiana adquirió una participación adicional del 16,66% en la concesionaria Aerocali, aumentando su participación al 49,9%. Igualmente, amplió levemente su participación en Mineros S.A., lo que le permitió elevar su participación de 6,98% a 7,73%. En 2014 Corficolombiana resultó adjudicatario de dos concesiones de Cuarta Generación (4G) promovidas por el Gobierno Nacional, estas son: Autopistas para la Prosperidad Pacífico 1 y Mulaló – Loboguerrero. De esta forma, el portafolio de concesiones suma 1.015,5 km de concesiones viales de los cuales están en ejecución 773,1 km y 642,0 km son contratos de construcción de doble calzada.

La compañía fundamenta su política y prácticas en principios y valores, que son la clave para el logro de los objetivos de la compañía, su relacionamiento con accionistas, clientes, empresas del portafolio, proveedores, colaboradores y la comunidad, y el control de los impactos sociales, ambientales y económicos.

3.4 CSS CONSTRUCTORES S.A.⁸

CSS Constructores hace parte del grupo de empresas de la familia Solarte y Solarte y fue fundada en el 2001. Desde entonces se dedica al desarrollo de proyectos de infraestructura nacional e internacional, liderando en construcción de

⁸ EMIS. Reportes de Compañías: Coss Constructores S.A. .{En Línea}. {20 de Abril de 2017}. Disponible en: https://www.emis.com/php/company-profile/CO/Coss_Constructores_SA_es_1190494.html.

obras civiles para entidades públicas y privadas que contribuyen al desarrollo social y económico de nuestro país.

En el desarrollo de todos los proyectos están enfocados en la calidad y cumplimiento de los trabajos, el uso de alta tecnología e infraestructura y equipo humano competente siempre comprometido con el mejoramiento continuo de la organización.

En el año 2009 a la compañía le fue adjudicado el tramo II de la Ruta del Sol, en compañía de Odebrecht y Corficolombiana, con una participación del 5% ⁹, año en el que la empresa realizó buenos contratos que le permitieron aumentar su grupo de trabajo y mejorar su capacidad financiera.

⁹ CHACON GONZALES, Jairo. El sol brilló para los Solarte. {En Línea}. {20 de Abril de 2017}. Disponible en: <http://www.elespectador.com/impreso/negocios/articuloimpreso178415-el-sol-brillo-los-solarte>.

4. METODOLOGIA PARA ESTRUCTURAR LA EAP REDUCIDA

La compañía Consol desarrolla una metodología de avance basada únicamente en las actividades críticas, medibles y verificables del proyecto. Su enfoque se fundamentó principalmente en la reducción de la Estructura Analítica del proyecto (EAP) ya que esta contaba con otros hitos adicionales a los que se estudiarán en este trabajo, y cada uno de ellos con ciertas actividades establecidas, tales como excavaciones, rellenos, obras de drenaje, acabados de terraplén entre otros y que llevaban a obtener una EAP extensa, que por la magnitud de proyecto, no permitía realizar un seguimiento detallado a cada uno de los ítems. Por lo tanto se definieron los macro-ítems que permitieron una interpretación y análisis más rápido y verificable del avance real de la obra.

Es importante resaltar que la empresa tiene departamentos independientes de costos y programación de obra; por lo que las apropiaciones de costo de cada actividad son recibidas por el primer departamento y las de cantidades de obra ejecutada por el segundo. Por tal motivo a esta metodología de avance anteriormente no se le ha aplicado la técnica de valor ganado.

Para poder evaluar y comparar su efectividad se aplicará valor ganado a la EAP convencional (Ver Tabla 1) y a la EAP reducida (Ver Tabla 2). En cada uno de los casos se realizará la programación de obra de estos hitos y se ingresarán los datos correspondientes a cantidad ejecutada y costos incurridos en la realización de cada actividad hasta el 25 de Enero del presente año.

Tabla 1. EAP Convencional

CODIGO	DESCRIPCION	UMed
58000000	HITO 58 PK0+000 - PK8+148.9	
58100000	SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	
5810100E	RETIRO Y COLOCACION DE CERCAS DE ALAMBRE	m1
5811000E	REMOCIÓN Y RELOCALIZACIÓN DE REDES PUBLICAS	VB
5812000E	REMOCION DE PAVIMENTO	m3
5813000E	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS EN GENERAL	m3
58200000	EXPLANACIONES	
5820050E	DESMONTE Y LIMPIEZA	Ha
5820100E	DESCAPOTE	m3
5820150E	EXCAVACION MAT. COMUN	m3
5820200E	EXCAVACION MEJORAMIENTO	m3
5820300E	EXCAVACION MAT. COMUN Z.PRESTAMO	m3
5820400E	RELLENO CUERPO TERRAPLENES	m3
5820450E	RELLENO CORONA TERRAPLENES	m3
5820480E	RELLENO CON ALUVIAL CRUDO	m3
5820650E	CONFORMACION DE BOTADEROS	m3
5822250E	TRANSPORTE MATERIAL COMUN	m3-
582230V1	EXCAVACION EN MUROS MAYORES PUENTES	m3
58250000	TRATAMIENTO DE TALUDES	
5825500E	AFINAMIENTO DE TALUDES	m2
5825550C	PROTECCION TALUD - HIDROSIEMBRA	m2
5825650E	GEOMALLA BIAXIAL	m2
58300000	DRENAJE	
5830900D	ALCANTARILLA DE CONCRETO REFORZADO 900 mm	m3
5834700D	BOX CULVERT	m3
5839120C	CUNETAS / CANAL - EN CONCRETO	m3
58400000	PAVIMENTO	
5840050A	SUBBASE GRANULAR	m3
5840200A	BASE GRANULAR	m3
5840320A	RECICLADO Y CONFORMACIÓN DE PAVIMENTO	m3
5840500C	CARPETA ASFALTICA	m3
58500000	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD	
5850050S	DEFENSAS METALICAS	m1
5851000S	PINTURA MECANICA DE FAJAS PARA SEÑALIZACION HORIZONTAL	m1
5851100S	PINTURA MANUAL DE MARCA VIAL PARA SEÑALIZACION	m2
5851150S	BANDAS ALERTADORAS	m2
5851200S	TACHA REFLECTIVO BI-DIRECCIONAL 10 X 10	Und
5851400S	SEMI-PORTICO TIPO BANDERA PARA SEÑALIZACION VERTICAL	Und
5851500S	PLACA REFLECTIVA PARA SEÑALIZACION VERTICAL	Und
58600000	ESTRUCTURAS CURVAS CRITICAS H58	
58610000	PUENTE FERROCARRIL PK0+140	
5861100E	SERVICIOS PRELIMINARES Y ACCESOS	m3
586120V2	APOYO (ESTRIBOS)	m3
586130V2	LOSA	m3
586132V2	LOSA DE APROXIMACION	m3
586173V2	PLACA DE NEOPRENO - PUENTES	dm3
5861750S	NEW JERSEY	m3
586183V2	RELLENO EN MATERIAL SELECCIONADO	m3
586190V1	MUROS DE ACOMPAÑAMIENTO-Infraestructura	m3
586192V2	MUROS DE ACOMPAÑAMIENTO-Superestructura	m3
58620000	PUENTE FERROCARRIL PK0+140 (EXISTENTE)	

CODIGO	DESCRIPCION	UMed
5862020E	DEMOLICIÓN DE PUENTE	VB
59000000	HITO 59 PK8+180 - PK16+230.6	
59100000	SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	
5910100E	RETIRO Y COLOCACION DE CERCAS DE ALAMBRE	m1
5911000E	REMOCIÓN Y RELOCALIZACIÓN DE REDES PUBLICAS	VB
5912000E	REMOCION DE PAVIMENTO	m3
5913000E	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS EN GENERAL	m3
59200000	EXPLANACIONES	
5920050E	DESMONTE Y LIMPIEZA	Ha
5920100E	DESCAPOTE	m3
5920150E	EXCAVACION MAT. COMUN	m3
5920200E	EXCAVACION MEJORAMIENTO	m3
5920300E	EXCAVACION MAT. COMUN Z.PRESTAMO	m3
5920400E	RELLENO CUERPO TERRAPLENES	m3
5920450E	RELLENO CORONA TERRAPLENES	m3
5920480E	RELLENO CON ALUVIAL CRUDO	m3
5920650E	CONFORMACION DE BOTADEROS	m3
5922250E	TRANSPORTE MATERIAL COMUN	m3-
59250000	TRATAMIENTO DE TALUDES	
5925500E	AFINAMIENTO DE TALUDES	m2
5925550C	PROTECCION TALUD - HIDROSIEMBRA	m2
59300000	DRENAJE	
5930900D	ALCANTARILLA DE CONCRETO REFORZADO 900 mm	m3
5931200D	ALCANTARILLA DE CONCRETO REFORZADO 1200 mm	m3
5931400D	ALCANTARILLA DE CONCRETO REFORZADO 1500 mm	m3
5934700D	BOX CULVERT	m3
5939120C	CUNETAS / CANAL - EN CONCRETO	m3
5939500D	DISIPADORES EN CONCRETO	m3
5939700C	DREN PLANAR Y TUBERIA	m1
59400000	PAVIMENTO	
5940050A	SUBBASE GRANULAR	m3
5940200A	BASE GRANULAR	m3
5940300C	FRESADO DE PAVIMENTO	m3
5940320A	RECICLADO Y CONFORMACIÓN DE PAVIMENTO	m3
5940500C	CARPETA ASFALTICA	m3
59500000	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD	
5950050S	DEFENSAS METALICAS	m1
5951000S	PINTURA MECANICA DE FAJAS PARA SEÑALIZACION HORIZONTAL	m1
5951100S	PINTURA MANUAL DE MARCA VIAL PARA SEÑALIZACION	m2
5951150S	BANDAS ALERTADORAS	m2
5951200S	TACHA REFLECTIVO BI-DIRECCIONAL 10 X 10	Und
5951400S	SEMI-PORTICO TIPO BANDERA PARA SEÑALIZACION VERTICAL	Und
5951500S	PLACA REFLECTIVA PARA SEÑALIZACION VERTICAL	Und
59600000	ESTRUCTURAS CURVAS CRITICAS H59	
59610000	PUENTE BUTURAMA PK15+000	
5961100E	SERVICIOS PRELIMINARES Y ACCESOS	m3
596112V1	FUNDACION PILOTES	m3
596118V2	APOYO (PILAS)	m3
596120V2	APOYO (ESTRIBOS)	m3
596122V2	PRÉ-FABRICACION DE VIGAS EN CONCRETO	m3
596123V2	VIGA CABEZAL	m3
596124V2	MONTAJE VIGAS EN CONCRETO	Und
596126V2	RIOSTRA / DIAFRAGMAS	m3

CODIGO	DESCRIPCION	UMed
596130V2	LOSA	m3
596132V2	LOSA DE APROXIMACION	m3
596173V2	PLACA DE NEOPRENO - PUENTES	dm3
5961750S	NEW JERSEY	m3
596183V2	RELLENO EN MATERIAL SELECCIONADO	m3
59620000	PUENTE BUTURAMA PK15+000 (EXISTENTE)	
5962020E	DEMOLICIÓN DE PUENTE	VB

Fuente: Autores

Se destaca que para la fecha de concepción y desarrollo inicial de esta monografía se encontraban en ejecución los hitos de estudio; pero dadas las condiciones legales del proyecto actualmente se encuentran en suspensión.

Tabla 2. EAP Reducida

CODIGO	DESCRIPCIÓN	Und
C5800000	HITO 58 PK0+000 - PK8+148.9	
C581000E	(E) EXPLANACIONES	
C581100E	LONGITUD DE CALZADA EXPLANADA -- H58	m
C582000D	(D) DRENAJES	
C582100D	DRENAJE TRANSVERSAL -- H58	UND
C583000A	(A) AFIRMADOS (BASES Y SUB-BASES)	
C583100A	LONGITUD DE CALZADA AFIRMADA (SUBBASE) -- H58	m
C583600A	LONGITUD DE CALZADA AFIRMADA (BASE) -- H58	m
C584000C	(C) PAVIMENTO ASFÁLTICO	
C584050C	LONGITUD DE CALZADA CON PAVIMENTO ASFALTICO CAPA 1 -- H58	m
C584250C	LONGITUD DE CALZADA CON PAVIMENTO ASFALTICO CAPA 2 -- H58	m
C585000S	(S) SEÑALIZACIÓN	
C585100S	LONGITUD DE CALZADA CON SEÑALIZACIÓN -- H58	m
C586DAV0	PUENTE FERROCARRIL PK0+140	
C586D0V1	(V1) SUBESTRUCTURA DE PUENTES, PÓRTICOS Y MUROS	
C586D4V1	LONGITUD ZAPATAS PARALELA AL EJE DE LA VIA -- H58	m
C587D0V2	(V2) SUPERESTRUCTURA DE PUENTES, PÓRTICOS Y MUROS	
C587D2V2	LONGITUD TABLERO PARALELA AL EJE DE LA VIA -- H58	m
C587D3V2	LONGITUD MURO PARALELA AL EJE DE LA VIA -- H58	m
C587D5V2	LONGITUD RELLENOS DE APROXIMACIÓN PARALELA AL EJE DE LA VIA -- H58	m
C587D6V2	LONGITUD RELLENOS DE MUROS PARALELA AL EJE DE LA VIA -- H58	m
C5900000	HITO 59 PK8+180 - PK16+230.6	
C591000E	(E) EXPLANACIONES	
C591100E	LONGITUD DE CALZADA EXPLANADA -- H59	m
C592000D	(D) DRENAJES	
C592100D	DRENAJE TRANSVERSAL -- H59	UND
C593000A	(A) AFIRMADOS (BASES Y SUB-BASES)	
C593100A	LONGITUD DE CALZADA AFIRMADA (SUBBASE) -- H59	m
C593600A	LONGITUD DE CALZADA AFIRMADA (BASE) -- H59	m
C594000C	(C) PAVIMENTO ASFÁLTICO	
C594050C	LONGITUD DE CALZADA CON PAVIMENTO ASFALTICO CAPA 1 -- H59	m

C594250C	LONGITUD DE CALZADA CON PAVIMENTO ASFALTICO CAPA 2 -- H59	m
C595000S	(S) SEÑALIZACIÓN	
C595100S	LONGITUD DE CALZADA CON SEÑALIZACIÓN -- H59	m
C596DAV0	PUENTE BUTURAMA PK15+000	
C596D0V1	(V1) SUBESTRUCTURA DE PUENTES, PÓRTICOS Y MUROS	
C596D1V1	LONGITUD VERTICAL PILOTES -- H59	m
C597D0V2	(V2) SUPERESTRUCTURA DE PUENTES, PÓRTICOS Y MUROS	
C597D1V2	LONGITUD VERTICAL PILAS -- H59	m
C597D2V2	LONGITUD TABLERO PARALELA AL EJE DE LA VIA -- H59	m
C597D5V2	LONGITUD RELLENOS DE APROXIMACIÓN PARALELA AL EJE DE LA VIA -- H59	m

Fuente: Autores

4.1. ESTRUCTURACIÓN DE LA EAP REDUCIDA

Para la estructuración de la EAP reducida (Tabla 2) se realizó una clasificación de los servicios establecidos en la EAP convencional (Tabla 1) donde se asignan a 7 grupos (Ver Tabla 3) dependiendo de la actividad que se esté tratando o el fin de la misma, los cuales básicamente son los capítulos de la EAP convencional.

Tabla 3. Grupos de clasificación y porcentaje de incidencia

Clasificación	Descripción	Porcentaje
E	EXPLANACIONES	35.00%
A	AFIRMADOS (BASES Y SUBBASES)	20.00%
V1	SUBESTRUCTURA	5.00%
V2	SUPERESTRUCTURA	5.00%
D	DRENAJES	7.00%
C	CARPETA	25.00%
S	SEÑALIZACIÓN	3.00%

Fuente: Autores

La clasificación E es asignada a las actividades de los capítulos de **servicios complementarios, explanaciones y tratamiento de taludes** de la EAP convencional a excepción de las actividades **excavaciones en muros mayores** que es asignada al grupo V1 ya que es propia de la ejecución de puentes y **protección de talud** que es asignada al grupo C debido a que se realiza después

de la colocación de carpeta y es un requisito por parte de la interventoría del proyecto que este culminada para recibir cualquier tramo de vía pavimentada. La clasificación D es asignada a las actividades del capítulo de **drenajes** exceptuando las **actividades cunetas** y **dren planar** que corresponden al grupo C; ya que su ejecución solo es posible una vez se aplique la carpeta asfáltica.

En el capítulo de **pavimento** se encontraran las clasificaciones A y C, donde se asigna A, a las actividades relacionadas con base y sub-base y C a las actividades de **carpeta** y **fresado de pavimento**. La clasificación S es asignada a todas las actividades del capítulo de **señalización y seguridad** y a la actividad **new jersey** de los puentes ya que hace parte de la seguridad del mismo.

Por último en el capítulo de **estructuras curvas críticas** se asignan las clasificaciones V1 y V2 dependiendo de la actividad del puente que se esté hablando. Adicionalmente en este capítulo también se encontrará la clasificación E para **servicios preliminares** y **demolición de puente**; y la clasificación S que fue explicada anteriormente. En el Anexo A se podrá observar la clasificación de cada uno de los servicios de la EAP General.

Una vez realizado este proceso, se asignan los nombres correspondientes a cada uno de los macro-ítems y la unidad de medida correspondiente. En este último tema se estableció manejar únicamente metros lineales (m) y unidades (und) lo que permite una EAP más clara, objetiva, medible y verificable en campo (Ver Tabla 2).

Para poder definir los porcentajes de distribución de cada uno de los macro-ítems se toma como base el costo del proyecto, que en este caso corresponde al costo total de los hitos de estudio, y se relaciona con el costo unitario de cada uno de ellos (Ver Tabla 4). De esta manera se obtiene un porcentaje que es calibrado o ajustado en consenso con la interventoría y las directivas del proyecto en base a la dificultad, tiempo y recursos para llevar a cabo la actividad (Ver Tabla 3).

Tabla 4. Porcentaje de participación de cada macro-ítem.

CLASIFICACION	COSTO TOTAL	% COSTO	% AJUSTADO
A	\$ 8,375,656,598.54	22.3%	20.0%
C	\$ 8,534,846,184.75	22.8%	25.0%
D	\$ 2,716,831,643.69	7.2%	7.0%
E	\$ 13,675,176,269.35	36.5%	35.0%
S	\$ 1,305,668,017.81	3.5%	3.0%
V1	\$ 970,794,092.49	2.6%	5.0%
V2	\$ 1,901,285,210.40	5.1%	5.0%
Total general	\$ 37,480,258,017.03	100.0%	100.0%

Fuente: Autores

Teniendo definido los macro-ítems, las unidades de medida y el porcentaje ajustado de cada clasificación; se debe definir en función de la cantidad prevista para cada hito analizado, que en este caso solo corresponde a los hitos 58 y 59, la distribución porcentual de cada macro-ítem dentro del costo y la cantidad total del proyecto. En el Anexo B se puede observar la EAP y el porcentaje asignado a cada servicio; el cual es crucial para el cálculo del avance físico de la obra.

5. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE VALOR GANADO¹⁰

La WBS, EDT o EAP de un proyecto es el listado de todas las actividades que se llevaran a cabo agrupadas en entregables del proyecto y estas subdividas en componentes más pequeños y de fácil manejo. Su creación siempre va enfocada a cumplir con el alcance del proyecto y facilitar el seguimiento y control de cada uno de los entregables definidos.

La herramienta descrita anteriormente debe ir de la mano con otras dos; la programación y el presupuesto del proyecto; que trabajando en conjunto permiten evaluar el desempeño del proyecto mediante la herramienta de Valor Ganado.

5.1. VALOR GANADO

La técnica de Valor Ganado compara el porcentaje del presupuesto equivalente a la cantidad de trabajo planeado contra la cantidad de trabajo que realmente se ha terminado permitiendo identificar el atraso o adelanto del proyecto respecto al cronograma. Mediante la comparación del valor ganado y los costos incurridos en la realización de las actividades se puede dar un diagnóstico del proyecto en términos de costo, si se encuentra dentro o fuera del presupuesto.

Para poder desarrollarla se deben implementar sistemas de medición del trabajo realizado y un costeo basado en actividades, todo esto en una fecha de corte o de estado y durante el control del proyecto.

¹⁰ Project Management Institute. Op. Cit., p. 216

A continuación se relacionaran algunos conceptos que se deben tener claros para la utilización de esta técnica:

Valor Planeado (PV)

Es el valor acumulado de cada componente de la línea base de la WBS a la fecha de corte. El valor planeado establece el trabajo físico que se debería haber llevado a cabo hasta ese momento.

Costo Actual (AC)

Es el costo real equivalente a la ejecución de la actividad hasta un periodo de tiempo determinado.

Valor Ganado (EV)

Es el costo del trabajo realizado en función al presupuesto aprobado para la realización de cada actividad. Este componente se utiliza para calcular el porcentaje completado de un proyecto.

En esta técnica también es clave monitorear las variaciones o desviaciones que se presentan frente a la línea base; pero es importante resaltar que los valores obtenidos no permiten conocer el grado de severidad de los datos, son un reflejo del desempeño del costo y el cronograma de cualquier proyecto:

Variación del Cronograma (SV)

Es una medida de desempeño del cronograma y establece la diferencia entre el valor ganado y el valor planificado (**SV**: $EV - PV$). Esta variación es muy útil ya que puede indicar un retraso del proyecto con respecto a la línea base, si el valor obtenido es negativo está indicado un atraso y si es positivo un adelanto respecto al cronograma.

Variación del Costo (CV)

Es una medida de desempeño del costo del proyecto y se expresa como la diferencia entre el valor ganado y el costo real (**CV**: $EV-AC$). Si el valor obtenido es negativo indica que el proyecto está por encima y si es positivo por debajo del presupuesto establecido como oficial o el de la línea base. Una CV negativa es difícil de recuperar para el proyecto.

Si se quiere realizar un análisis más detallado del estado del proyecto, adicional al SV y el CV se deben estudiar los índices de desempeño:

Índice del desempeño del cronograma (SPI)

Refleja la medida de la eficiencia con que el equipo del proyecto está utilizando el tiempo y se expresa como la razón entre el valor ganado y el valor planificado (**SPI**: EV/PV).

Un valor de $SPI < 1.0$ indica que la cantidad de trabajo realizada es menor a la prevista y un $SPI > 1.0$ indica que la cantidad de trabajo realizada es mayor a la prevista.

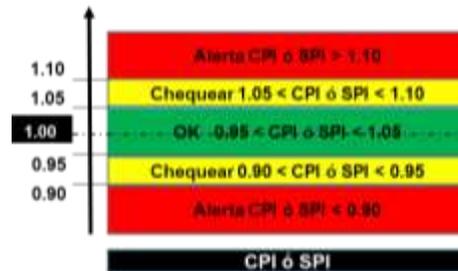
Índice del desempeño del costo (CPI)

Es una medida de eficiencia del costo de los recursos presupuestados y se expresa como la razón entre el valor ganado y el costo real (**CPI**: EV/AC).

Un valor de $CPI < 1.0$ indica un costo superior al planificado y un $CPI > 1.0$ indica un costo inferior al planificado con respecto al trabajo realizado. Es decir se puede identificar si se está gastando más o menos en relación al trabajo realizado.

Una vez obtenidos los resultados de CPI y SPI se puede interpretar el estado del proyecto en relación al costo y cronograma según los parámetros de la Figura 2.

Figura 2. Interpretación CPI y SPI



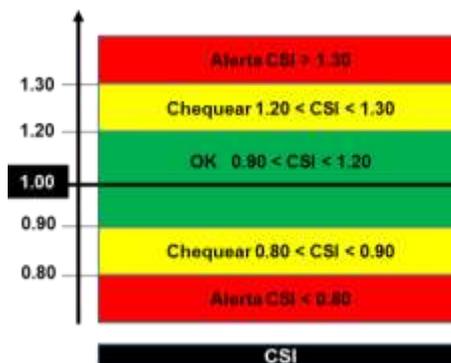
Fuente: MENESES FLÓREZ, Jorge. Seguimiento y control de proyectos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2016. p.81

Índice Costo-Programación (CSI)

Es una medida de compensación entre el índice del desempeño del cronograma y el índice de desempeño del costo. (**CSI**: $CPI \cdot SPI$).

Permite conocer las posibilidades de recuperación del proyecto mediante la compensación entre estos dos índices. Es muy utilizado cuando el CPI o el SPI es menor que 1 y el otro mayor que 1, en la Figura 3 se pueden observar los parámetros de análisis de este índice.

Figura 3. Interpretación CSI



Fuente: MENESES FLÓREZ, Jorge. Seguimiento y control de proyectos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2016. p.81

Con la aplicación de la técnica de valor ganado también se pueden hacer proyecciones tales como la variación a la conclusión (VAC), el costo estimado para completar el proyecto (ETC) y el costo estimado a la terminación (EAC); involucrando en cada uno de ellos el presupuesto a la conclusión (BAC) o el presupuesto aprobado para el desarrollo del proyecto.

Costo Estimado para Completar el Proyecto (ETC)

Es el valor del trabajo planificado pendiente por ser ejecutado hasta el final del proyecto. Para su aplicación se encuentran diferentes fórmulas teniendo en cuenta el desempeño del proyecto. (**ETC**: $BAC - EV / CPI$)

Costo Estimado a la conclusión (EAC)

Indica el nuevo costo total estimado para terminar el trabajo planificado a ser completado basado en los costos reales en los que se ha incurrido hasta la fecha y la estimación hasta la conclusión para el trabajo restante. (**EAC**: $AC + ETC$)

Variación a la conclusión (VAC)

Permite determinar si el proyecto se encontrará por debajo o encima del presupuesto aprobado. (**VAC**: $BAC - EAC$)

Para desarrollar la técnica de valor ganado se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Establecer la línea base del proyecto y con esta obtener el **valor planeado** para cada componente de la WBS
- Determinar el porcentaje de avance de cada componente de la WBS a una fecha de corte determinada.
- Obtener el **costo actual** para cada elemento de la WBS; es decir los costos incurridos en la obtención del mismo en la fecha de corte.

- Obtener el **valor ganado** para cada elemento de la WBS teniendo en cuenta el porcentaje de avance a la fecha de corte y el valor del presupuesto aprobado.
- Determinar si el proyecto se encuentra dentro o fuera del presupuesto y del programa y en qué medida al obtener la **variación del costo** y la **variación del tiempo**.

5.2. APLICACIÓN DE VALOR GANADO A LA EAP CONVENCIONAL

Para la aplicación de la técnica de Valor Ganado en el EAP convencional (Ver Tabla1) se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

Fecha de inicio línea base: Febrero de 2016

Fecha fin línea base: Mayo de 2017

Fecha de corte o estado: 25/01/2017

Con la información anterior se realizó la programación de la obra en Microsoft Project®, obteniendo un costo total del proyecto aprobado de \$37.480'294.237.24, en el Anexo C se puede observar el costo por servicio y el cronograma base de la obra.

El trabajo realizado y los costos incurridos fueron suministrados por el área de cantidades y costos respectivamente. El primer departamento mediante visitas a obra realiza la cuantificación y registro de las cantidades ejecutadas hasta el 25 de cada mes con apoyo de topógrafos y personal calificado. El segundo departamento, mediante las salidas de almacén controla los materiales y la maquinaria utilizada en cada actividad. El responsable de cada área o proceso al momento de realizar el retiro de material debe indicar el hito, abscisa y código (Ver

Tabla 1) para que posteriormente el almacenista lo ingrese al programa interno de la compañía y de esta manera sea imputado el costo al servicio correspondiente para poder ser comparado

Los datos son incluidos en Project con el fin de generar la gráfica de Valor Ganado (Ver figura 4) y obtener la siguiente información:

Valor Planeado (PV): **\$31.573.584.806,60**

Valor Ganado (EV): **\$10.040.538.528,24**

Costo Actual (AC): **\$10.682.155.642,97**

Basados en estos datos se procede a calcular las variaciones y los índices para poder obtener un diagnóstico del proyecto:

SV: $\$10.040.538.528,24 - \$31.573.584.806,60 = - \$21.533.046.278,36$

CV: $\$10.040.538.528,24 - \$10.682.155.642,97 = - \$641.617.114,73$

SPI: $\$10.040.538.528,24 / \$31.573.584.806,60 = \underline{\mathbf{0.318}}$

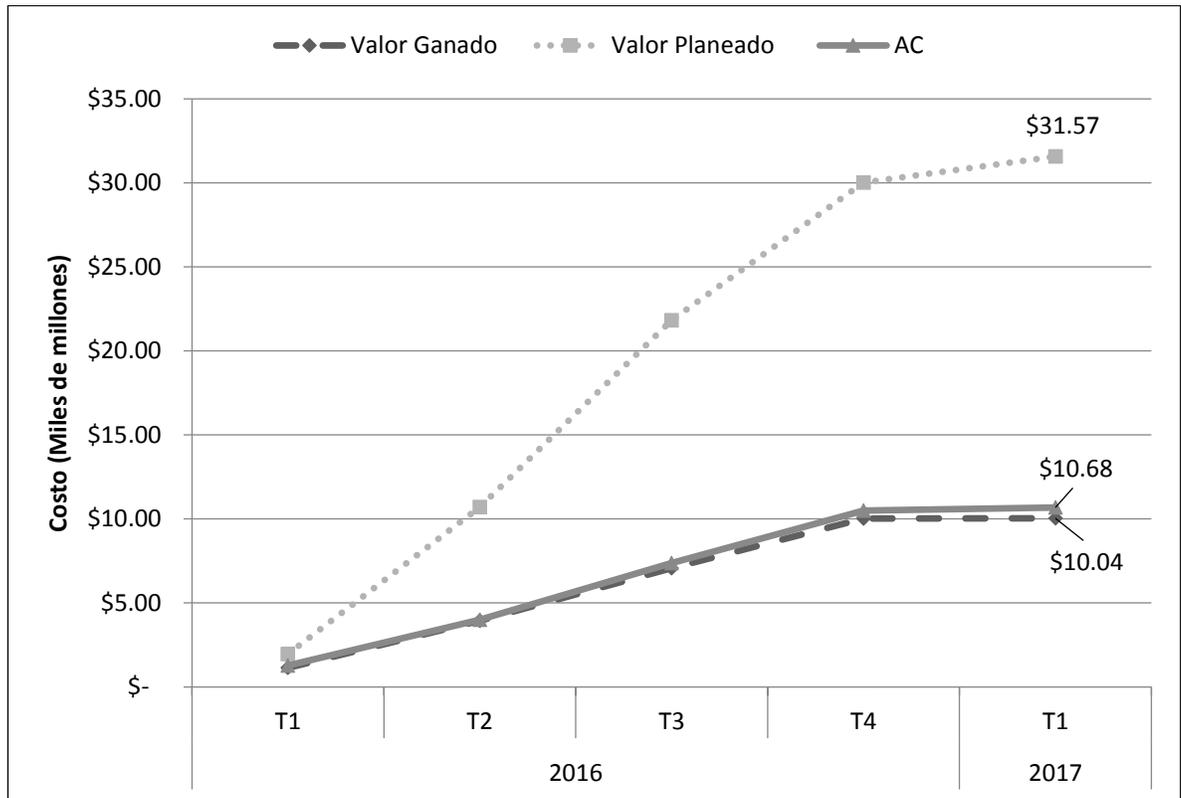
CPI: $\$10.040.538.528,24 / \$10.682.155.642,97 = \underline{\mathbf{0.940}}$

CSI: $0.318 * 0.940 = \underline{\mathbf{0.299}}$

De los datos obtenidos se puede deducir que el proyecto se encuentra atrasado y por encima del presupuesto en relación con el cronograma y presupuesto aprobado.

Con el cálculo de los índices SPI y CPI se ratifica lo dicho anteriormente; si se ubica en la Figura 2 estos resultados se puede observar que el desempeño del cronograma es crítico y el del costo se encuentra en un estado de chequeo, donde cualquier variación puede desfavorecer el proyecto

Figura 4. Valor Ganado EAP convencional



Fuente: Autores

Al ubicar el índice costo-programación (0.299) en la Figura 3, se observa que el proyecto se encuentra en estado de crítico y es necesario tomar medidas correctivas principalmente en el desempeño del cronograma.

5.3. APLICACIÓN DE VALOR GANADO A LA EAP REDUCIDA

Para la aplicación de la técnica de Valor Ganado en el EAP reducida (Ver Tabla2) se tomaron en cuenta los mismos datos de fecha de inicio y fin de línea base y fecha de estado que se utilizaron para la programación de la EAP convencional. En el

Anexo D se puede observar que dichos datos y el costo total de la obra coinciden en ambos casos.

Uno de los objetivos de esta EAP es la facilidad para incluir el trabajo realizado, que en este caso son los metros lineales o las unidades según corresponda. Es fundamental tener presente que para ser reconocido el macro-ítem por la interventoría deben estar terminadas en su totalidad las actividades por las que está comprendido.

Para el registro de las cantidades ejecutadas se realizó visita de obra y con la toma de las abscisas de inicio y fin de cada macro-ítem se obtuvo la longitud ejecutada. También es importante resaltar que para obtener este dato no se depende de otro departamento de la empresa, como si sucede con la EAP convencional, y por lo tanto la información se obtiene en un menor tiempo.

En el caso de los costos incurridos en la realización de cada actividad, basados en la información suministrada por el área de costos, se agrupan según la clasificación (Ver Anexo A) establecida en la EAP convencional y se incluyen en el programa al macro-ítem correspondiente. De este proceso se considera que es importante seguir desagregándolo por el departamento de costos ya que al momento de tener un sobre costo en algún macro-ítem se podrá identificar con mayor claridad que actividad presenta esta particularidad y poder tomar acciones correctivas con mayor certeza.

Consolidados los costos, la longitud y las unidades ejecutadas se procede a generar la gráfica de Valor Ganado (Ver figura 5) y obtener la siguiente información:

Valor Planeado (PV): **\$30.905.243.753,73**

Valor Ganado (EV): **\$10.282.703.583,67**

Costo Actual (AC): **\$10.682.155.643,08**

Basados en estos datos se procede a calcular las variaciones y los índices para poder obtener un diagnóstico del proyecto:

SV: \$10.282.703.583,67- \$30.905.243.753,73 = - **\$20.622.540.170,05**

CV: \$10.282.703.583,67- \$10.682.155.643,08 = - **\$399.452.059,41**

SPI: \$10.282.703.583,67/\$30.905.243.753,73 = **0.333**

CPI: \$10.282.703.583,67/\$10.682.155.643,08 = **0.963**

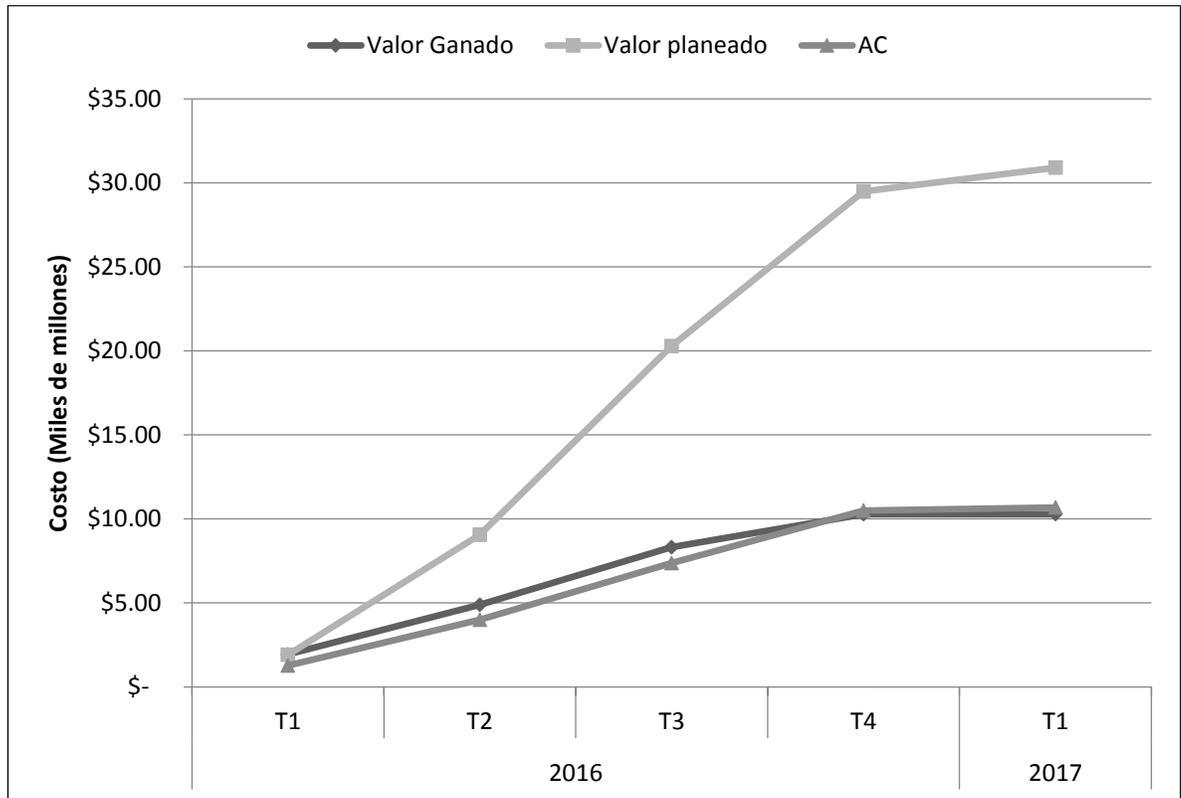
CSI: $0.333 \times 0.963 =$ **0.320**

De los datos obtenidos en las variaciones se puede inferir que el proyecto se encuentra atrasado y por encima del presupuesto en relación con el cronograma y presupuesto aprobado. Al revisar los índices SPI y CPI se ratifica lo dicho respecto al primer índice pero por el contrario en el segundo se presentan diferencias.

Al ubicar los índices en la Figura 2, se puede observar que el desempeño del cronograma es crítico y el del costo se encuentra entre el rango determinado como estable. Este comportamiento se puede ver claramente en la figura 5, donde en los primeros cuatro periodos el proyecto se encuentra por debajo del presupuesto y ya en el quinto periodo por encima de este; de continuar esta tendencia los costos causados serán mayores a los programados en relación con las cantidades ejecutadas.

Al confrontar el índice costo-programación obtenido con los rangos de la Figura 3, se observa que el proyecto se encuentra en estado crítico, ratificando lo dicho anteriormente, y es necesario tomar medidas correctivas principalmente en desempeño del cronograma.

Figura 5. Valor Ganado EAP reducida

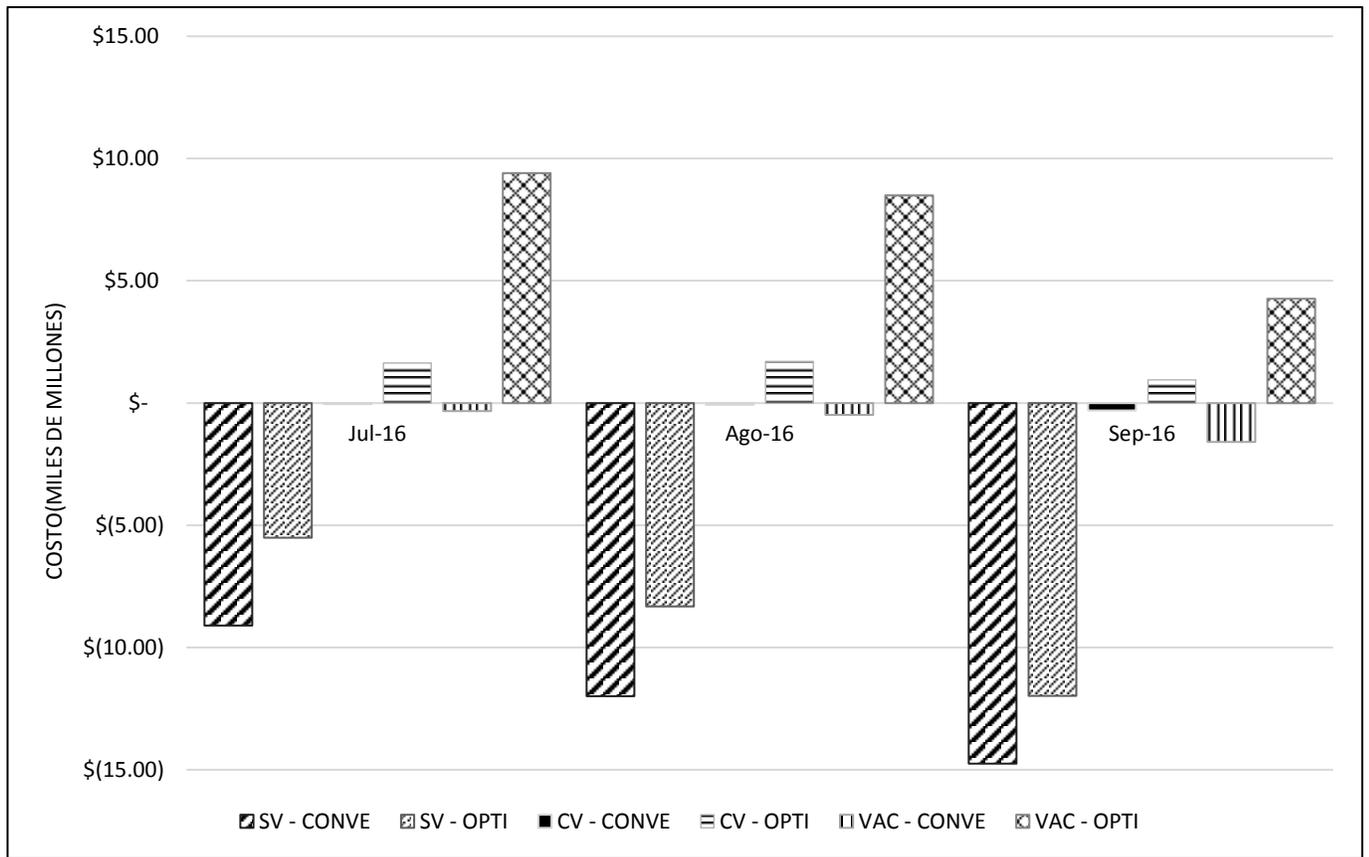


Fuente: Autores

5.4. COMPARACIÓN DE LA TÉCNICA DE VALOR GANADO ENTRE LA EAP REDUCIDA Y LA EAP CONVENCIONAL.

Con el fin de tener una visión más objetiva de ambas metodologías se realiza una comparación de los datos obtenidos en la variación del cronograma (SV), variación del costo (CV) y la variación a la conclusión (VAC). En el Anexo E se puede observar el comportamiento de dichos factores desde Enero de 2016 hasta Enero de 2017 y en la figura 6 se muestran estos mismos datos únicamente en los meses de Julio, Agosto y Septiembre ya que fueron en los que se intervinieron significativamente ambos hitos.

Figura 6. Comparativo de SV-CV-VAC de EAP reducida y EAP convencional



Fuente: Autores

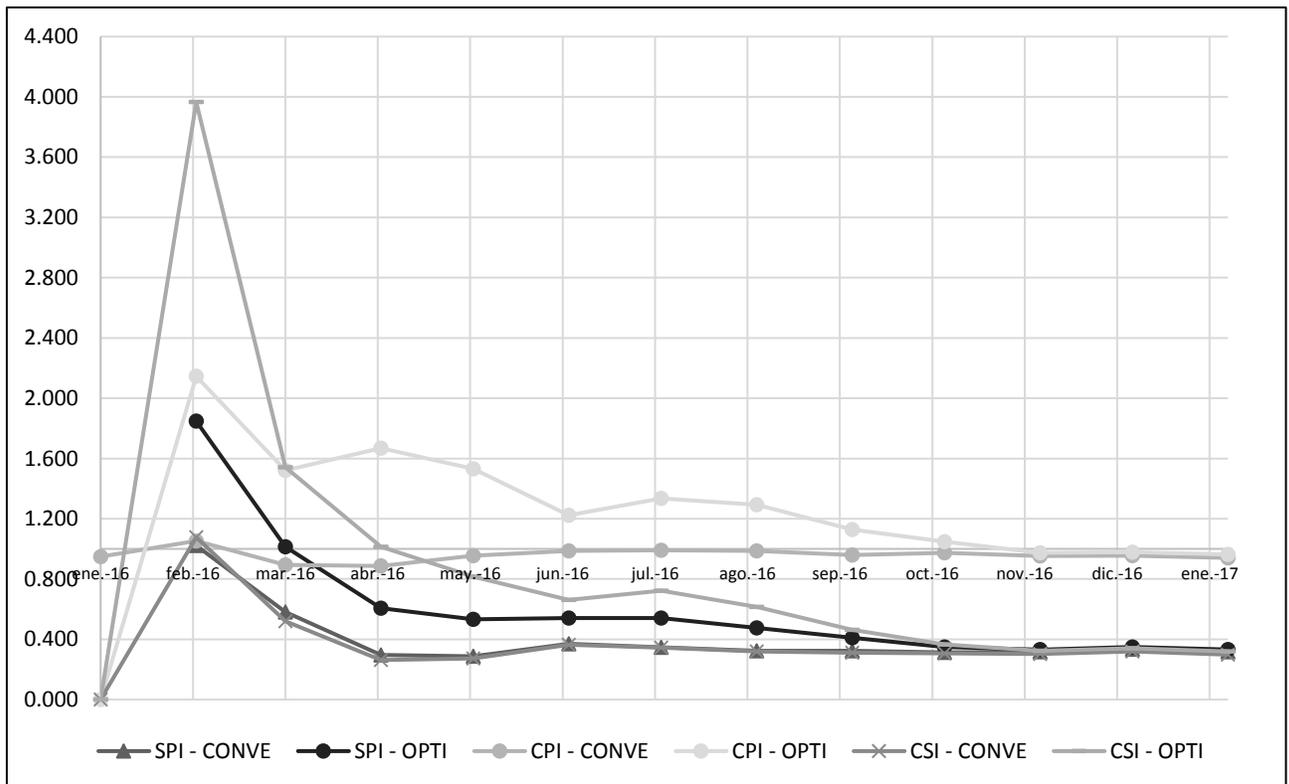
Analizando el Anexo E, se puede ver como los datos obtenidos de la variación del cronograma (SV) tienen la misma tendencia durante los 13 meses de estudio. Por el contrario la variación del costo (CV) tiene diferente tendencia desde Enero-16 a Octubre-16, mostrando que con la EAP convencional se tienen sobre costos en dichos meses y en la EAP reducida el proyecto se encuentra por debajo del presupuesto. Ya en los meses de Noviembre-16 a Enero-17 los datos presentan la misma tendencia, es así como se puede identificar que para los datos iniciales del proyecto el método reducido no muestra la realidad del proyecto, esto puede ser debido a los ajustes de los porcentajes y a la compensación de costos por la

agrupación de varios servicios; pero con un avance mayor el modelo se ajustaría al requerimiento de los parámetros de seguimiento.

La variación a la conclusión (VAC) es un reflejo del comportamiento de la variación del costo y se puede deducir que la tendencia de estos dos factores se debe a que en la EAP reducida se están agrupando costos y por lo tanto se pueden compensar las diferencias; mientras que la EAP general muestra el costo discriminado por servicios.

Adicionalmente, en la figura 7 se puede observar el comportamiento de los índices de desempeño del proyecto donde las diferencias son notorias entre Enero-16 y Septiembre-16, y ya en el mes de Octubre-16 los datos toman similitud.

Figura 7. Comparativo de índices de desempeño entre EAP convencional y EAP reducida



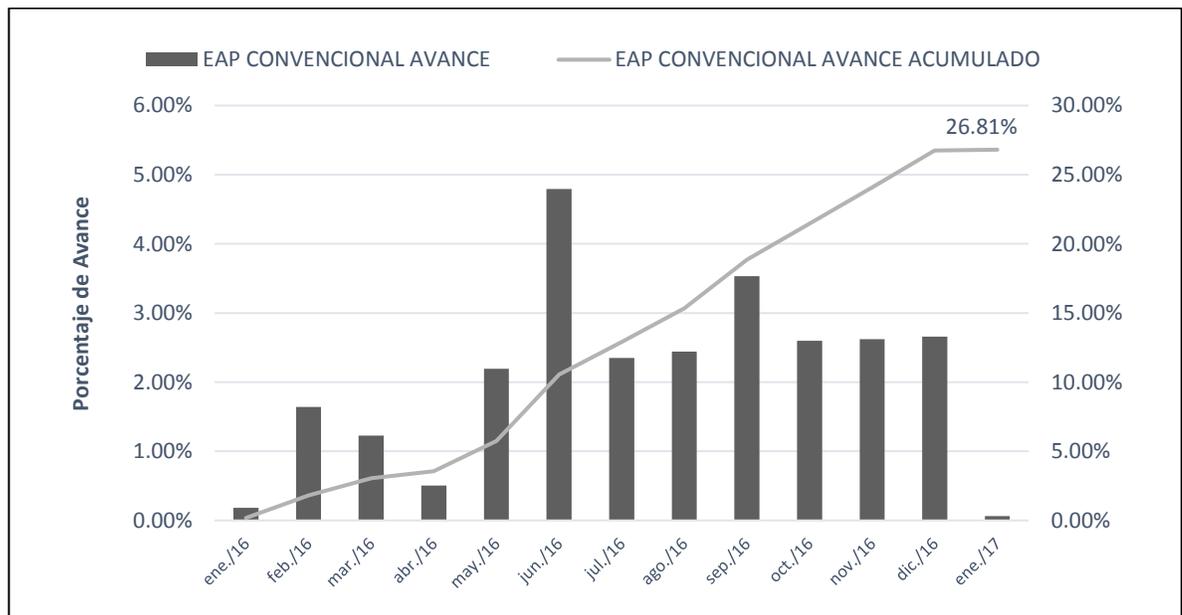
Fuente: Autores

6. AVANCE DE OBRA

6.1. AVANCE DE OBRA UTILIZANDO- EAP CONVENCIONAL

Una vez identificadas las cantidades ejecutadas mensualmente en cada servicio de la EAP se relacionan con los costos unitarios establecidos en la línea base según su incidencia en el presupuesto total autorizado del proyecto, que para el caso de estudio solo corresponderá al costo de los hitos 58 y 59. De esta manera se obtiene el porcentaje de avance mensual de la obra, en la figura 8 se puede observar el comportamiento del proyecto mensualmente y un porcentaje total acumulado de 26.81% hasta el 25 de Enero de 2017.

Figura 8. Porcentaje de avance mensual y acumulado para EAP convencional



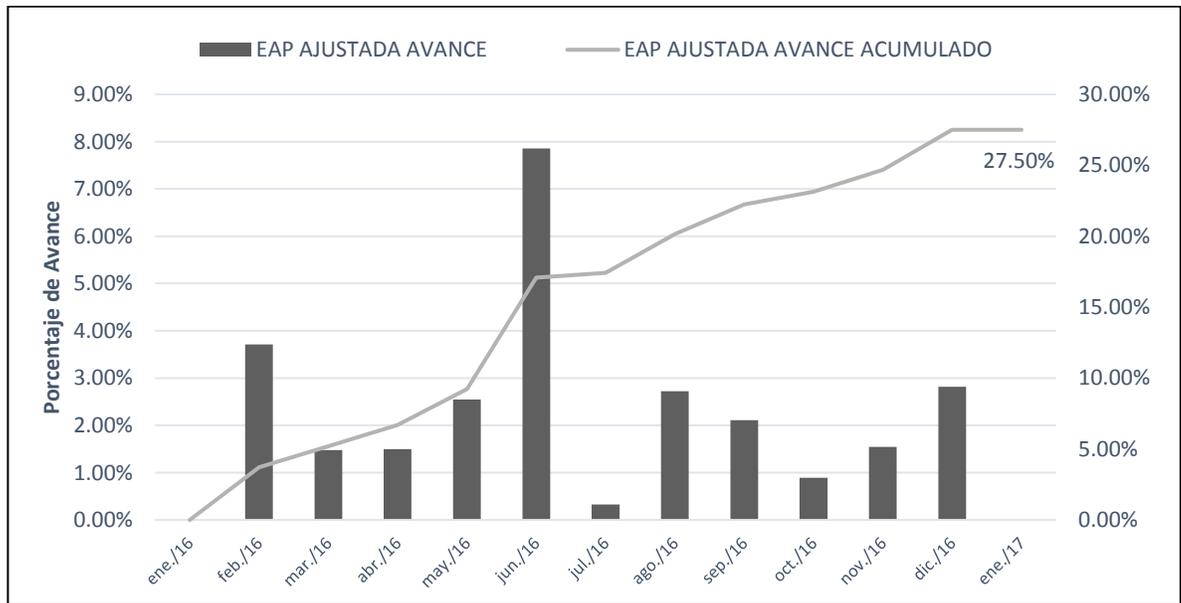
Fuente: Autores

6.2. AVANCE DE OBRA UTILIZANDO- EAP REDUCIDA

La distribución porcentual (Ver Anexo B) establecida a cada macro-ítem es determinante para definir el porcentaje de avance en esta EAP. El valor porcentual se obtiene en función de la cantidad total prevista para el proyecto, el porcentaje ajustado (Ver Tabla4) y la cantidad del macro-ítem en cada hito.

En la sección 2.1 se explica cómo se obtiene el porcentaje ajustado y se puede ver que es el que involucra en este procedimiento los costos unitarios de cada macro-ítem con los costos totales del proyecto.

Figura 9. Porcentaje de avance mensual y acumulado para EAP reducida



Fuente: Autores

Realizada la visita a obra mensualmente y obtenidas las unidades o la longitud, según sea el caso, se procede a relacionar dicha cantidad con la cantidad prevista en cada hito y posteriormente afectarla por la distribución porcentual obteniendo de esta manera el avance por macro-ítem. La suma de todos los avances realizados en el mes corresponde al avance total del proyecto.

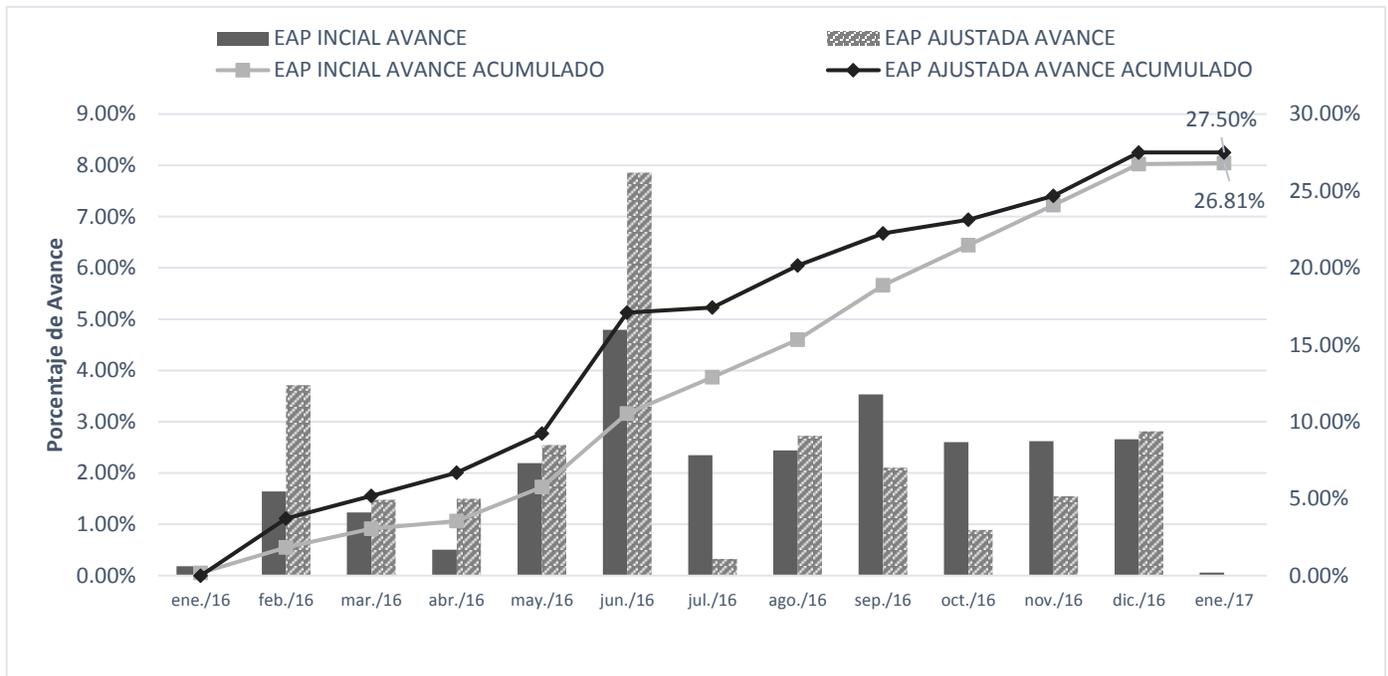
En la figura 9 se puede observar que para los hitos estudiados mediante la EAP reducida se obtiene un porcentaje de avance acumulado, con corte a 25 de Enero de 2017, de 27.5%.

6.3. COMPARACIÓN DEL AVANCE DE OBRA ENTRE LA EAP REDUCIDA Y LA EAP CONVENCIONAL.

En la figura 10 se puede observar que el comportamiento del proyecto mensualmente, respecto al avance físico, varía considerablemente entre la EAP reducida y la EAP convencional. Sin embargo al comparar el avance de obra acumulado se obtienen valores muy similares.

Esta tendencia se debe principalmente a que en la EAP reducida se genera avance del macro-ítem únicamente cuando está terminando en su totalidad mientras que en la EAP convencional cada actividad va generando avance de obra a medida que se ejecuta. Por este motivo se puede deducir que ambos resultados no son comparables y teniendo en cuenta que la EAP reducida refleja el avance al mismo tiempo que la interventoría reconoce la actividad sería la más idónea para el proyecto; ya que los resultados presentados a gerencia tendrían correlación con el flujo de caja de la compañía.

Figura 10. Comparativo porcentaje de avance mensual y acumulado



Fuente: Autores

7. DISCUSION

- La implementación de la EAP reducida es de gran valor por los siguientes aspectos: a) dada la magnitud de los proyectos permite realizar un seguimiento más ágil y practico agrupando las actividades en macro-ítems; b) al ser estructurada en coordinación con la interventoría del proyecto se maneja un lenguaje común en términos de avance de obra y por consiguiente facilita la integración con el flujo de caja de la compañía; y c) la información suministrada es en términos prácticos fácil de comunicar a nivel gerencial ya que representan las actividades más importantes y representativas del proyecto.
- Para una correcta implementación de una EAP es fundamental que esta desagregación de actividades sea aceptada y validada por todas las áreas de la compañía. En este sentido el área de producción debe tener claro que las actividades están representadas en los macro-ítem y deben ejecutarse completamente para poder ser medido y reconocido por la interventoría. Por su parte el departamento de costos, debe validar las apropiaciones de costos a los macro-ítems correspondientes.
- Teniendo en cuenta el procedimiento descrito en el numeral 3.2 sobre las apropiaciones de costos a cada actividad ejecutada, y que la compañía realiza una revisión mensual con el responsable de cada área para identificar las actividades que están incurriendo en costos adicionales, el manejo de una EAP reducida podría presentar complicaciones al querer conocer los detalles de estas variaciones ya que se están agrupando varias actividades en cada macro-ítem y por lo tanto no se permite capturar la información a este nivel de detalle. Por consiguiente, es importante que el

área de costos maneje adicional a la EAP reducida, las apropiaciones de costos por los servicios que están inmersos en cada macro-ítem. De esta manera será más fácil identificar los sobrecostos que puedan presentarse de forma puntual.

- El manejo de una EAP reducida limita el control detallado de ciertas actividades que por proceso constructivo o requerimiento de gerencia y/o producción sea necesario realizar. Por lo tanto, la estructuración de esta EAP debe concebirse desde el planteamiento del proyecto y debe identificar las actividades de especial tratamiento para incluirlas en la EAP de control.
- Cuando se presenten actividades adicionales y el proyecto se encuentre en ejecución no es posible incluirlas dentro de algún macro-ítem estructurado anteriormente, porque se estaría alterando el método de distribución porcentual utilizado. Como consecuencia esta situación representa una desventaja a la implementación de la EAP reducida, y como consecuencia se plantea llevar un seguimiento independiente de estas actividades.
- Al implementar una EAP reducida durante las etapas iniciales de un proyecto, se percibe que los avances de obra no son significativos debido a que la medición de cantidad ejecutada del macro-ítem debe hacerse cuando esté totalmente terminado y listo para ser reconocido por la interventoría del proyecto. Por esta condición cuando se comparan los resultados de una EAP reducida con una EAP convencional no se obtienen resultados similares y sus diferencias son significativas. Es importante que esta situación sea comentada, socializada y conocida por gerencia para que la interpretación de los datos se realice en forma correcta y no se tengan percepciones erróneas de dicho método.

- De la aplicación de la técnica de valor ganado, a la fecha de estado, se puede concluir que tanto con la EAP convencional como con la reducida el proyecto se encuentra atrasado y por debajo del presupuesto. Al analizar los índices SPI y CPI se ratifica lo dicho respecto la EAP convencional pero en la EAP reducida se presentan diferencias en el análisis del desempeño del costo.
- En la EAP convencional el CPI indica que el proyecto se encuentra en un estado de chequeo mientras que en la EAP reducida este índice muestra al proyecto estable. Sin embargo, en la figura 5 se puede ver que este factor es de cuidado, ya que en los últimos meses el AC tiende a estar por encima del EV.
- Respecto al índice Costo-Programación, el cual nos da una visión del estado general del proyecto, se obtiene que con ambas EAP el estado del proyecto es crítico y por lo tanto se recomiendan tomar medidas correctivas.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La implementación de una EAP reducida en un proyecto determinado debe realizarse desde las etapas de estructuración del mismo proyecto. En consecuencia una EAP estructurada desde el inicio debe ser congruente con la estructura de programación, presupuesto y control, lo cual facilitará el flujo de la información en los diferentes niveles de la organización y los departamentos que interactúan con esta información.
- Para obtener una EAP reducida con base en una EAP general se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos: a) la agrupación de actividades debe ser coherente y basarse en el método constructivo para que de esta forma no se presenten inconvenientes al momento de realizar la medición del macro-ítem; b) los porcentajes asignados a cada uno de los macro-ítems deben tener en cuenta el costo total del proyecto, el costo de cada actividad y la cantidad a ejecutar; y c) la validación del procedimiento para calibrar el porcentaje de distribución debe estar fundamentada en la dificultad para realizar la actividad, el tiempo de ejecución, los recursos necesarios y una conciliación con la interventoría del proyecto.
- La metodología de cuantificación de avance utilizada en una EAP reducida y una convencional no son comparables debido a que se adoptan criterios independientes de definición de dichos porcentajes. En la EAP convencional el avance es dado a medida que se van ejecutando todos los servicios mientras que en la EAP reducida el avance es dado únicamente cuando el macro-ítem se encuentra totalmente terminado, y esto implica la culminación de todas las actividades que lo componen.

- Del análisis de valor ganado se observa que en los primeros tres trimestres del desarrollo de la obra el comportamiento de los datos en la EAP reducida y en la convencional presentan diferente tendencia pero a partir del cuarto periodo cambia este comportamiento y la tendencia es la misma.
- Teniendo en cuenta que las dos metodologías presentan comportamientos diferentes en los primeros meses; se recomienda realizar un futuro análisis del grado de correlación entre los datos obtenidos en una EAP convencional y una reducida.

BIBLIOGRAFÍA

CHACÓN GONZÁLEZ, Jairo. El sol brilló para los solarte. En: El Espectador. {En Línea}. {22 de Abril de 2017}. Disponible en: (<http://www.elespectador.com/impreso/negocios/articuloimpreso178415-el-sol-brillo-los-solarte>).

CHAMOUN, Yamal. Administracion profesional de proyectos –La Guia. México, D.F: McGraw-Hill, 2002. 263p

CONCESIONARIA, Ruta del sol. Construcción de la Transversal registró un avance del 27% en 2016. En: EnRutaDos. Aguachica: (27 Dic, 2016), P.3

CONCESIONARIA, Ruta del sol. Una oportunidad para el desarrollo y la competitividad de la Region. {En Línea}. {29 de Marzo de 2017}. Disponible en: (<http://rutadelsol.com.co/transversal-rio-de-oro-aguaclara-gamarra/el-proyecto/>).

CORFICOLOMBIANA. Quiénes Somos: Nuestra Historia. {En Línea}. {18 de Abril de 2017}. Disponible en: (<https://www.corficolombiana.com/wps/portal/corficolombiana/web/inicio/nuestra-corporacion/quienes-somos>).

MENESES FLÓREZ, Jorge. Seguimiento y control de proyectos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2016. 159p

ODEBRECHT. Organizaciòn Odebrecht. {En Linea}. {18 de Abril de 2017}.
Disponible en: (<https://www.odebrecht.com/es/organizacion-odebrecht>).

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Inc. (PMI) (2013). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) (5a. ed.). Project Management Institute, Inc,2013. 570p.