



# UNIVERSIDAD DE OVIEDO

DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN Y PROSPECCIÓN DE MINAS

MASTER INTERUNIVERSITARIO EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS

TRABAJO FIN DE MASTER

## APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE VALOR GANADO A PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

Autor: Antonio Cuervo Bayón

Director: Dra. Dña. Nieves Roqueñí Gutiérrez

Fecha: Julio 2014



## ÍNDICE GENERAL:

1.-	INTRODUCCIÓN	7
	1.1- Descripción del documento	9
	1.2- Objetivo	9
	1.3- Alcance del proyecto	10
2.-	DEFINICIONES	12
3.-	ESTADO DEL ARTE	15
	3.1.- Método del Valor Ganado	15
	3.2.- Ventajas del Valor Ganado	17
	3.3.- Implementación del método del Valor Ganado	17
	3.4.- Variables del Método del Valor Ganado	21
	3.5.- Análisis del método por otros autores	25
4.-	APLICACIÓN DEL MÉTODO AL PROYECTO	28
	4.1.- Descripción del proyecto	28
	4.2.- Definición de la WBS	33
	4.2.1.- Secuencia de tareas	34
	4.2.2.- Asignación de recursos	35
	4.3.- Riesgos e imprevistos	37
5.-	METODOLOGÍA DEL TRABAJO	40
	5.1.- Recopilación de los datos	41
	5.2.- Desarrollo de la tabla BCWS	49
	5.3.- Desarrollo de la tabla BCWP	51
	5.4.- Desarrollo de la tabla ACWP	52
	5.5.- Variables e índices del EVM	53
6.-	ANÁLISIS DEL MÉTODO DE VALOR GANADO	68
	6.1.- Gráficas zona A	68
	6.2.- Gráficas zona B	75
	6.3.- Gráficas zona C	81
	6.4.- Gráficas proyecto global	88
7.-	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	94
	7.1.- Análisis de la zona A	95
	7.2.- Análisis de la zona B	97
	7.3.- Análisis de la zona C	99
	7.4.- Análisis global de la obra	100
8.-	CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE FUTURO	106
	8.1.- Conclusiones	106
	8.2.- Líneas de futuro	107
9.-	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	109

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1	Variables y su significado	24
Tabla 2	Presupuesto licitación y adjudicación	41
Tabla 3	Resumen presupuesto	41
Tabla 4	Desglose del coste estimado previsto	42
Tabla 5	Certificaciones reales	46
Tabla 6	Cronograma real ejecutado	47
Tabla 7	Costes reales	48
Tabla 8	Valores BCWS zona A, zona B y zona C	50
Tabla 9	Valores BCWP zona A, zona B y zona C	52
Tabla 10	Valores ACWP zona A, zona B y zona C	53
Tabla 11	Valores e índices del EVM zona A excavación	54
Tabla 12	Valores e índices del EVM zona A tubería	55
Tabla 13	Valores e índices del EVM zona A registros	56
Tabla 14	Valores e índices del EVM zona A valvulería	56
Tabla 15	Valores e índices del EVM zona A acometidas	57
Tabla 16	Valores e índices del EVM zona A reposiciones	57
Tabla 17	Valores e índices del EVM zona A varios	58
Tabla 18	Valores e índices del EVM zona B excavación	58
Tabla 19	Valores e índices del EVM zona B tubería	59
Tabla 20	Valores e índices del EVM zona B registros	60
Tabla 21	Valores e índices del EVM zona B valvulería	60
Tabla 22	Valores e índices del EVM zona B acometidas	61
Tabla 23	Valores e índices del EVM zona B reposiciones	61
Tabla 24	Valores e índices del EVM zona B varios	62
Tabla 25	Valores e índices del EVM zona C excavación	62
Tabla 26	Valores e índices del EVM zona C tubería	63
Tabla 27	Valores e índices del EVM zona C registros	64
Tabla 28	Valores e índices del EVM zona C valvulería	64
Tabla 29	Valores e índices del EVM zona C acometidas	65
Tabla 30	Valores e índices del EVM zona C reposiciones	66
Tabla 31	Valores e índices del EVM zona C varios	66
Tabla 32	Valores e índices del EVM global	67



## INDICE GRÁFICOS

Fig: 1	Variables del valor ganado en una gráfica de coste tiempo	14
Fig: 2	Representación del valor ganado	17
Fig: 3	Gráfico resumen de la implementación del EVM	21
Fig: 4	Representación 1 a lo largo del tiempo de los índices de un proyecto	23
Fig: 5	Representación 2 a lo largo del tiempo de los índices de un proyecto	23
Fig: 6	Variables y su significado	24
Fig: 7 y 8	Tramos de tubería a colocar barrio A	29
Fig: 9	Tramos de tubería a colocar barrio B	30
Fig: 10	Tramos de tubería a colocar barrio C	30
Fig: 11	Cronograma planificado para el total de la obra con las unidades y equipos	36
Fig: 12	Cronograma planificado para el total de la obra presupuestada	43
Fig: 13	Cronograma planificado del coste para el total de la obra presupuestada	43
Fig: 14	Cronograma planificado de la zona A	44
Fig: 15	Cronograma planificado de la zona B	44
Fig: 16	Cronograma planificado de la zona C	44
Fig: 17	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona A excavación	68
Fig: 18	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona A tubería	69
Fig: 19	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona A registros	69
Fig: 20	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona A valvuleria	69
Fig: 21	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona A acometidas	70
Fig: 22	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona A reposiciones	70
Fig: 23	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona A varios	70
Fig: 24	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A excavación	71
Fig: 25	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A tubería	71
Fig: 26	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A registros	71
Fig: 27	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A valvuleria	71
Fig: 28	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A acometidas	72
Fig: 29	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A reposiciones	72
Fig: 30	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A varios	72
Fig: 31	Gráficas SPI, CPI, SCI zona A excavación	72
Fig: 32	Gráficas SPI, CPI, SCI zona A tubería	73
Fig: 33	Gráficas SPI, CPI, SCI zona A registros	73
Fig: 34	Gráficas SPI, CPI, SCI zona A valvuleria	73
Fig: 35	Gráficas SPI, CPI, SCI zona A acometidas	74
Fig: 36	Gráficas SPI, CPI, SCI zona A reposiciones	74
Fig: 37	Gráficas SPI, CPI, SCI zona A varios	74
Fig: 38	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona B excavación	75
Fig: 39	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona B tubería	75



Fig: 40	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona B registros	76
Fig: 41	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona B valvuleria	76
Fig: 42	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona B acometidas	76
Fig: 43	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona B reposiciones	77
Fig: 44	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona B varios	77
Fig: 45	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B excavación	77
Fig: 46	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B tubería	78
Fig: 47	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B registros	78
Fig: 48	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B valvuleria	78
Fig: 49	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B acometidas	78
Fig: 50	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B reposiciones	78
Fig: 51	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B varios	79
Fig: 52	Gráficas SPI, CPI, SCI zona B excavación	79
Fig: 53	Gráficas SPI, CPI, SCI zona B tubería	79
Fig: 54	Gráficas SPI, CPI, SCI zona B registros	80
Fig: 55	Gráficas SPI, CPI, SCI zona B valvuleria	80
Fig: 56	Gráficas SPI, CPI, SCI zona B acometidas	80
Fig: 57	Gráficas SPI, CPI, SCI zona B reposiciones	81
Fig: 58	Gráficas SPI, CPI, SCI zona B varios	81
Fig: 59	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona C excavación	82
Fig: 60	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona C tubería	82
Fig: 61	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona C registros	82
Fig: 62	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona C valvuleria	83
Fig: 63	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona C acometidas	83
Fig: 64	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona C reposiciones	83
Fig: 65	Graficas BCWS, BCWP y ACWP zona C varios	84
Fig: 66	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C excavación	84
Fig: 67	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C tubería	84
Fig: 68	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C registros	85
Fig: 69	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C valvuleria	85
Fig: 70	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C acometidas	85
Fig: 71	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C reposiciones	85
Fig: 72	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C varios	85
Fig: 73	Gráficas SPI, CPI, SCI zona C excavación	86
Fig: 74	Gráficas SPI, CPI, SCI zona C tubería	86
Fig: 75	Gráficas SPI, CPI, SCI zona C registros	86
Fig: 76	Gráficas SPI, CPI, SCI zona C valvuleria	87
Fig: 77	Gráficas SPI, CPI, SCI zona C acometidas	87
Fig: 78	Gráficas SPI, CPI, SCI zona C reposiciones	87



Fig: 79	Gráficas SPI, CPI, SCI zona C varios	88
Fig: 80	Gráficas BCWS, BCWP y ACWP zona A total	88
Fig: 81	Gráficas BCWS, BCWP y ACWP zona B total	89
Fig: 82	Gráficas BCWS, BCWP y ACWP zona C total	89
Fig: 83	Gráficas BCWS, BCWP y ACWP global	89
Fig: 84	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A total	90
Fig: 85	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B total	90
Fig: 86	Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C total	91
Fig: 87	Gráficas SV, CV, SV% y CV% global	91
Fig: 88	Gráficas SPI, CPI, SCI zona A total	92
Fig: 89	Gráficas SPI, CPI, SCI zona B total	92
Fig: 90	Gráficas SPI, CPI, SCI zona C total	92
Fig: 91	Gráficas SPI, CPI, SCI global	93
Fig: 92	Gráficas TCPI zona A total	103
Fig: 93	Gráficas EAC zona A total	103
Fig: 94	Gráficas TCPI zona B total	103
Fig: 95	Gráficas EAC zona B total	104
Fig: 96	Gráficas TCPI zona C total	104
Fig: 97	Gráficas EAC zona C total	104
Fig: 98	Gráficas TCPI global total	105
Fig: 99	Gráficas EAC global total	105



## 1.- INTRODUCCIÓN

---

El método de gestión del valor ganado (Earned Value Management, EVM) no es muy habitual en el sector de la construcción. Las grandes empresas constructoras han desarrollado sus propios sistemas de información, ya que no existe una adaptación del EVM al modelo económico específico de este sector, y las empresas pequeñas y los profesionales lo desconocen.

Este trabajo Fin de Mater desarrolla dos modelos diferentes de aplicación del EVM: para el profesional que dirige la ejecución de obras, que necesita un modelo simplificado, basado en la información de que dispone, y para la pequeña empresa constructora, que requiere un modelo más complejo, ya que en su sistema de gestión de costes estimados y reales tiene que integrar también los ingresos.

Los modelos se han implementado en Presto, un programa de amplia difusión en la construcción, proponiendo los cambios necesarios para que los profesionales y las pequeñas empresas obtengan todos los resultados del EVM a partir de datos que ya utilizan habitualmente en su trabajo. Pueden sustituir así su visión pasiva, limitada a registrar lo que ocurre en la obra, por una estrategia activa, que les permite tomar decisiones para corregir a tiempo las posibles desviaciones de la obra.

El método del valor ganado (EVM), de implantación obligatoria en los proyectos promovidos por el Gobierno de los Estados Unidos, se utiliza también en muchos entornos relacionados directa o indirectamente con éste, incluyendo proyectos realizados en otros países cercanos, por influencia de los Estados Unidos, los proyectos de todo tipo realizados por empresas de este país en el resto del mundo y muchos proyectos relacionados con el diseño y ejecución de plantas industriales gestionados por empresas de este ámbito.

Sin embargo, y fuera de este ámbito industrial, no es ni conocido ni mucho menos utilizado en el sector de la construcción en España: ni en la obra civil, en la que cabría un mayor paralelismo con el mundo industrial, ni en la edificación.

La primera razón de este desconocimiento es, evidentemente, que la administración española no lo exige. Así, en la vigente LCSP, Ley de Contratos del Sector Público (Real Decreto Legislativo 3/2011 y la corrección de febrero de 2012 ), no se menciona ningún tipo de procedimiento de seguimiento y control, exceptuando el sistema clásico de certificaciones



mensuales avaladas por la dirección de la obra, con la fijación de unos topes de variación máxima del coste de ejecución respecto al presupuesto que pueden resultar hasta sorprendentes para los profesionales y las empresas de otros entornos.

- Variación de mediciones respecto del presupuesto: 10 %.
- Variación de coste respecto del presupuesto: 20 %

La aprobación de estas variaciones por la administración sólo requiere un trámite muy simplificado. En la realidad, se apuran hasta el límite en la mayoría de los proyectos y a veces se añaden a otras, como la figura del proyecto complementario, que puede alcanzar un 50 % más de coste añadido sin interrumpir la ejecución ni realizar un nuevo proceso de adjudicación.

En cuanto a los plazos, toda la mención de la LCSP se reduce a exigir para cualquier tipo de proyecto lo indicado en el siguiente texto:

- "Artículo 107 e) Un programa de desarrollo de los trabajos o plan de obra de carácter indicativo, con previsión, en su caso, del tiempo y coste."

El incumplimiento de los plazos da lugar a algunas posibilidades de sanción de tipo administrativo, poco aplicadas en la práctica.

La LCSP no determina por completo el modelo de seguimiento a aplicar en cada proyecto, ya que cada departamento de la administración puede disponer de unas instrucciones específicas, más detalladas. Sin embargo, el departamento con más volumen de construcción, el Ministerio de Fomento, no dispone de tales instrucciones, habiéndolas publicado exclusivamente el Ministerio de Defensa, sin que tampoco se exija un sistema de seguimiento determinado.

Por su parte, los profesionales encargados de la dirección de obras, inducidos por la normativa de obra pública, se centran más en los procesos puramente administrativos del proceso de certificación que en el seguimiento activo de los costes y de los plazos.





## **1.1.- Descripción del documento**

Dentro de éste primer capítulo se hace una breve introducción al uso de este método en las obras de construcción en general, por las empresas españolas y por las empresas del continente americano. También en este capítulo se marcan los objetivos del estudio y el alcance del mismo.

El capítulo dos muestra los distintos significados y nomenclaturas que se van a utilizar a lo largo del proyecto.

En el tercer capítulo se hace una descripción del estado del arte, intentando dar referencias de algunas indicaciones apuntadas sobre el tema en la bibliografía consultada.

En el cuarto capítulo se desarrolla el proyecto de la obra de instalación de tubería hidráulica que se ha tomado como base para realizar el estudio.

En el capítulo quinto se describe la metodología a utilizar en el desarrollo del trabajo, como se recopilan los datos, el desarrollo de las curvas del trabajo planificado BCWS, del valor ganado BCWP, del coste real para el trabajo que se ha realizado ACWP, y el tratamiento de los datos.

En el capítulo sexto se describen los resultados por medio de distintas curvas para los índices hallados en el capítulo anterior y en el capítulo séptimo se realiza el análisis de la aplicación del método del valor ganado para el proyecto ejemplo, estudiando su aplicación a cada una de las zonas y tareas en la que hemos descrito el alcance del mismo.

El capítulo octavo se muestran las conclusiones que se obtienen del estudio realizado sobre la aplicación del método al proyecto ejemplo y las líneas de futuro sobre las que se puede trabajar para obtener unos conocimientos más amplios en este campo.

## **1.2.- Objetivo**

Este trabajo se basa en la experiencia práctica de una empresa especializada en las obras de canalizaciones de agua y saneamiento para distintos órganos administrativos de la provincia de Asturias, en las cuales, los técnicos de la empresa realizan las labores de seguimiento, control y evaluación, a través de informes, certificaciones y mediciones, separando los conceptos de plazos y costes.



Con este estudio se pretende la utilización de métodos de seguimiento de la ejecución de las obras, donde los plazos y los costes se evalúen y analicen de manera conjunta. Más en concreto se va a utilizar el método del Valor Ganado (EVM) con el cual se indicarán los criterios generales a aplicar en uno de los proyectos de canalización de agua en una zona rural del municipio de Gijón, para determinar el efecto que tiene en él y como se puede realizar la interpretación de los resultados obtenidos.

Una vez realizado el estudio de la obra, se planteará la generalización de la aplicación del EVM en obras similares. Para ello se definirán las pautas a tener en cuenta para poder elaborar la planificación y el presupuesto de las futuras obras de canalización hidráulica en su inicio , que faciliten la implantación de EVM en futuros proyectos.

El trabajo realizado se basa en una obra civil de gran envergadura en la cual intervienen un contratista principal y varios subcontratistas, con un plazo de ejecución de 8 meses y presupuesto superior a 500.000 euros. Se recaban todos los datos de seguimiento y control del proyecto durante el tiempo que ha durado el mismo y se aplican el método de seguimiento para confrontar sus resultados con los datos recabados a través de informes y de experiencia directa de la ejecución real del proyecto en cada momento y de su evolución posterior.

### **1.3.- Alcance del Proyecto**

Para llevar a cabo el análisis de este método, se parte de los datos disponibles de un proyecto real que ya ha sido realizado en el municipio de Gijón, y que se basa en la instalación de una red de agua nueva junto con las demás actividades complementarias requeridas.

Para el presente trabajo de investigación se llevarán a cabo los siguientes desarrollos:

- Definición de las fases y actividades del proyecto.
- Evaluación de la planificación y del presupuesto del proyecto.
- Tablas de los valores de BCWS, BCWP y ACWP
- Tabla con los valores mensuales del trabajo programado, coste real, valor ganado y demás índices del método.
- Análisis de cada una de las fases de ejecución incluyendo las gráficas tanto de la programación, valor ganado y coste real, además de las gráficas de las variaciones.



- Informe de la interpretación de los resultados: acciones inmediatas, estimación a más largo plazo, etc
- Propuesta de medidas correctoras

Para llevar a cabo la implantación de este método en la obra, se agrupa la misma en distintas zonas con sus actividades características similares. Por ello tendremos las siguientes zonas y tareas:

- Zona A: Tarea excavación; Tarea instalación de tubería; Tarea realización de registros; Tarea valvulería; Tarea de reposición y Tarea de varios.
- Zona B: Tarea excavación; Tarea instalación de tubería; Tarea realización de registros; Tarea valvulería; Tarea de reposición y Tarea de varios.
- Zona C: Tarea excavación; Tarea instalación de tubería; Tarea realización de registros; Tarea valvulería; Tarea de reposición y Tarea de varios.

Con todo ello se intenta verificar si este método sirve para predecir durante las distintas tareas de ejecución cualquier desviación en coste y programación y si al final del mismo se han llegado a las mismas conclusiones que con el método convencional utilizado en origen.

Se pretende saber si las desviaciones que se han determinado al final con el método original podrían haber sido descubiertas en su inicio con el método del valor ganado, y también se quiere poder obtener una sistemática de la aplicación de este método a este tipo de proyectos.



## 2.- DEFINICIONES

---

Se realizarán las descripciones de algunos términos que se incluirán en el presente trabajo además de la definición de las distintas variables que aparecen en el método del valor ganado.

Tarea: Una tarea es un conjunto de operaciones y, en ocasiones, de otras tareas, las cuales representan elementos de trabajo que sean reconocibles.

Hito: punto de referencia que marca un evento importante en un proyecto y se utiliza para controlar el progreso del proyecto. Si una tarea tiene duración igual a cero se mostrará como hito.

Control: periodo de tiempo en el que se miden los avances de la ejecución del proyecto. En nuestro caso será mensual.

Fases: grupo de tareas relacionadas que completan el paso principal de un proyecto. La organización de tareas e hitos en fases proporciona cierta estructura al proyecto y lo hace más fácil de evaluar en cuanto a su progreso.

Presupuesto: es el plan de acción dirigido a cumplir con la meta económica prevista, expresada en valores y términos financieros que, debe cumplirse en determinado tiempo y bajo ciertas condiciones previstas, este concepto se aplica a cada centro de responsabilidad del proyecto. El presupuesto es la previsión numérica de las metas físicas a lograr y la cuantificación monetaria y real de los recursos a emplear en el proyecto.

El BCWS: coste presupuestado para el trabajo planificado, o valor planificado (*Planned Value*), es la curva de costes acumulados que representa los costes según el presupuesto del proyecto por unidad de tiempo para las tareas tal como han sido planificadas previamente al inicio de la ejecución de la obra.

El ACWP: representa el coste real para el trabajo realizado. Es la curva de costes acumulados que representa los costes en el que se ha incurrido realmente para llevar a cabo las tareas en las unidades de tiempo consideradas.



El BCWP: coste presupuestado para el trabajo que se ha ejecutado, o valor ganado (Earned Value), es la curva de costes acumulados que representa los costes planificados y aprobados para las tareas que se van completando en un periodo de tiempo dado.

El BAC: es el coste total planificado del proyecto

El SV: (Schedule Variance) es la desviación de la programación y es igual a la diferencia entre BCWP y BCWS. El porcentaje del SV se define como  $SV/BCWS$ .

El CV: (Cost Variance) es la desviación en el coste y es igual a la diferencia entre el BCWP y el ACWP. El porcentaje del CV se define como  $CV/BCWP$ .

SPI: (Schedule Performance Index) es el índice de eficiencia en programación o índice de rendimiento de la planificación,  $SPI = BCWP / BCWS$

CPI: (Cost Performance Index) índice de eficiencia en coste o índice de rendimiento del coste,  $CPI = BCWP / ACWP$

EAC: (Estimated At Completion) presupuesto estimado a la finalización o estimación del coste final de acuerdo con el desarrollo del proyecto. Es igual al  $BAC/CPI$

El VAC: (Variance at Completion) es la desviación final prevista del presupuesto y su fórmula es  $BAC-EAC$ . El porcentaje de desviación final del presupuesto es igual al cociente entre el VAC y el BAC.

SCI: Es la estimación del coste final calculado partiendo de los índices de rendimiento y su fórmula  $SPI \times CPI$ .

$TCPI_{EAC}$  y  $TCPI_{BAC}$ : son unos índices que se utilizan para validar la razonabilidad de la estimación del EAC y del BAC

PMB: "línea de base de medición del desempeño" (Performance Measurement Baseline).

Las curvas S: representan el trabajo a realizar en el tiempo y el avance del mismo.

A continuación se muestra gráficamente algunos de los términos definidos con anterioridad.

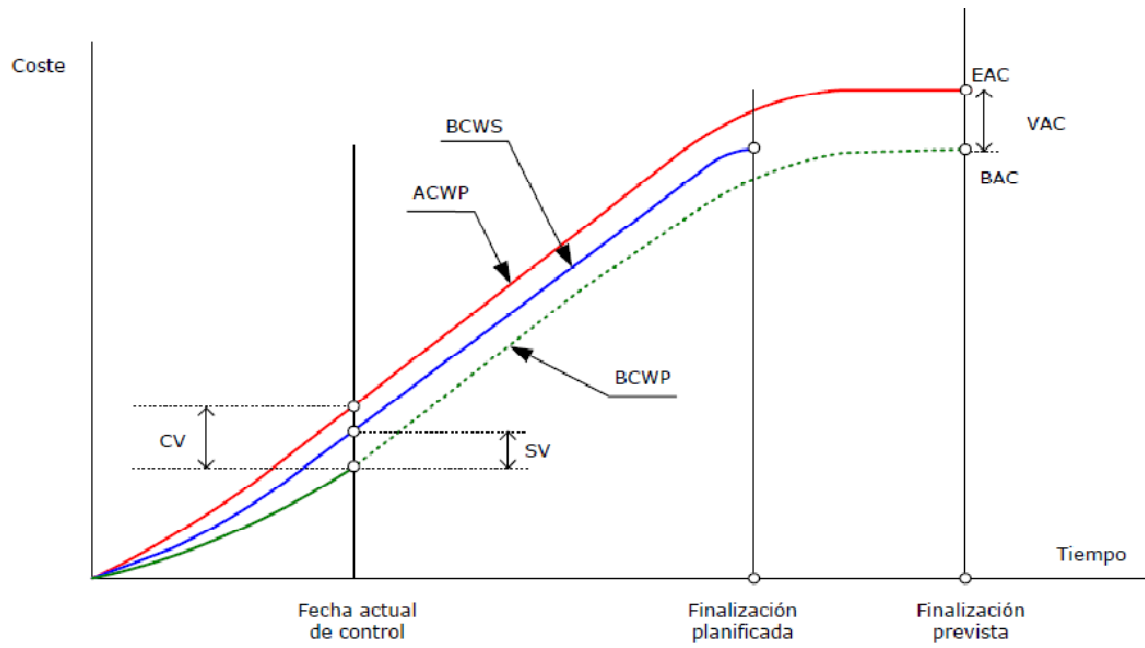


Fig. 1: Variables del Valor Ganado en una gráfica coste - tiempo. (apuntes asignatura Plazos. Máster Dirección de Proyectos. Univ. Oviedo)



## 3.- ESTADO DEL ARTE

---

### 3.1.- Método del Valor Ganado

La Ley de Ordenación de la Edificación, LOE, asigna a la Dirección de Obra y a la Dirección de Ejecución de la Obra, que denominaremos conjuntamente DO, la responsabilidad sobre el desarrollo y la ejecución de la obra, con especial énfasis en la calidad técnica. La única mención a los aspectos económicos es la elaboración de las certificaciones y la liquidación final, es decir, la conformidad con la parte de la obra realmente ejecutada.

Aferrándose casi en exclusiva a estas atribuciones legales, los profesionales se centran en el procedimiento administrativo de registro para el abono de la obra ejecutada, sin asumir un papel proactivo para conocer las preguntas básicas de un sistema de gestión:

- ¿Qué parte de la obra está ejecutada o queda por ejecutar?
- ¿Cuál será el coste total?
- ¿Cuándo se terminará?

El problema que se plantea es cómo se puede incorporar la metodología EVM en los datos del modelo económico de manera que la DO deje de ser un simple procedimiento administrativo y se convierta en una herramienta para la toma de decisiones.

Desde el momento en que pueden aparecer variaciones entre las mediciones del proyecto y la realidad ejecutada en obra, no es suficiente con conocer y registrar la cantidad certificada globalmente. Es necesario segmentar esta información, identificando en cada certificación parcial la parte de obra que ha surgido con posterioridad al inicio de la ejecución y que no corresponde al presupuesto aprobado.

El modelo EVM se basa en adoptar como valor ganado la parte presupuestada de cada certificación, es decir, la que figura en el presupuesto inicial, con las demás variables. Es una herramienta de Gestión de Proyectos que desarrolla e integra los parámetros técnicos, de costes, y de planificación en una única herramienta. La implantación del método y su utilización supone un proceso iterativo.

El primer paso consiste en identificar los trabajos a realizar y asignar la responsabilidad sobre dicha tarea.



El siguiente paso consistirá en planificar en el tiempo las diferentes tareas que hayan sido determinadas en el paso anterior.

Por último, sobre dicha planificación se determinarán y colocarán los costes asociados a cada una de dichas tareas. Una vez determinada la línea base de medición del desempeño (PMB), se procede a iniciar la ejecución de los trabajos, realizar la medida de dichos trabajos utilizando para ello alguna de las técnicas de valor ganado, calculando y analizando las desviaciones, implementando las medidas correctivas necesarias, y recalculando la planificación teniendo en cuenta dichas medidas con el fin de corregir las desviaciones anteriormente determinadas

De esta forma, el EVM en el control de proyectos permite medir el rendimiento del proyecto y el progreso del mismo de una forma objetiva y así medir las variables de los objetivos de la meta final del proyecto ejecutado como pueden ser:

- El ingreso por el paquete de obra ejecutado
- El inventario de material necesario para llevar a cabo la obra
- Los gastos que conllevan la realización de la obra.

Por ello con este método a la Dirección de Obra se le facilita un pronóstico preciso de los problemas que se pueden originar en el rendimiento de la ejecución de la obra.

Como el análisis que se realiza mediante un periodo de control (en nuestro caso mensual), este método permite analizar la situación del proyecto para poder determinar posibles cuellos de botella que limitan el avance así como cualquier otra posible restricción que influya en dicho avance identificando si la capacidad de la demanda es mayor o menor.

Al realizar, como se ha indicado, una división de las tareas precisa e identificada, se conseguirá menores pérdidas en el flujo de caja y se conseguirán disminuir los tiempos de suministros que se acoplarán mejor a las necesidades de la ejecución de la obra con lo que se obtendrá una mayor fluidez y constancia.

Por ello con este método, la gestión del proyecto integrará el alcance, la planificación y los recursos midiendo el rendimiento y el avance de la ejecución de la obra de manera más precisa.





A pesar de que este método nos permite determinar dónde pueden estar las limitaciones en el avance del proyecto, no nos ofrece la solución de cómo eliminar los problemas; Ello dependerá de la experiencia y habilidad del Director y/o Jefe de obra que esté ejecutando el proyecto.

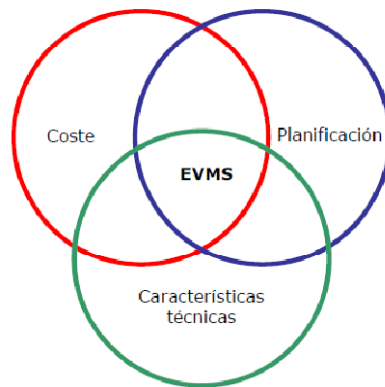


Fig 2: Representación del Valor ganado(apuntes asignatura Plazos. Máster Dirección de Proyectos. Univ. Oviedo)

### 3.2.- Ventajas del Método del Valor Ganado

Es un buen método para la Gestión de Proyectos de presupuesto elevado y plazo de ejecución largo. Las ventajas de la aplicación de estos criterios son muchas pero también su coste asociado es significativo.

Es un sistema simple de gestión y control de proyectos, que proporciona datos creíbles. Integra en una única técnica, el trabajo, la planificación y el coste, utilizando para ello, la estructura de descomposición del proyecto (EDP).

Proporciona una identificación temprana de los problemas, mediante el uso de los índices de rendimiento del coste (CPI) y de la planificación (SPI). Permite predecir con una cierta seguridad, dentro de un rango, el coste final del proyecto.

Es posible predecir, mediante el índice de rendimiento del trabajo que queda por completar (TCPI), el comportamiento futuro del proyecto, y actuar en consecuencia para corregir las desviaciones.

### 3.3.- Implementación del Método del Valor Ganado

El sistema del valor ganado puede ser definido como un sistema integrado de administración y sus correspondientes subsistemas que permitan:



- Programar todo el alcance del trabajo hasta su culminación.
- Asignación de autoridad y responsabilidad a nivel de desempeño del trabajo.
- Integración del coste, plazo y aspectos técnicos en una detallada línea de base.
- Medida objetiva del avance del trabajo (valor ganado)
- Acumulación y asignación de los costes reales.
- Análisis de las varianzas de los planes.
- Resumen y reporte de los datos de desempeño a los más altos niveles de la administración.
- Estimación del logro de los hitos.
- Estimación de los costes para la culminación del proyecto.
- Mantener una disciplinada línea de base y la incorporación de sus revisiones oportunamente.

De esta forma para poder implementar el método del valor ganado en el proceso del trabajo de ejecución del proyecto será necesario aplicar cuatro pasos básicos

#### Paso 1: Establecer la línea base para la medida de desempeño (PMB)

La medida de desempeño de línea base es donde las actividades del proyecto, el plazo, y el coste objetivo son integrados en una sola línea base contra la cual el desempeño puede ser medido. Esta actividad se detalla en los siguientes tres pasos:

##### *1) Definición del alcance*

El primer paso para establecer la línea base es la definición del alcance del proyecto. Esto requiere del desarrollo de la estructura de descomposición del trabajo, que proporciona las bases para definir el trabajo así como su relación con los objetivos del proyecto. La estructura de descomposición del trabajo es una herramienta que descompone un proyecto en componentes individuales con una estructura jerárquica. La estructura de descomposición del trabajo (EDT) es un esquema compuesto de tareas y subtareas requeridas para completar un proyecto. Es un esquema visible que define los entregables como elementos relacionados con el producto final. Estos productos están representados como hitos en el plan del proyecto. La estructura de descomposición del trabajo es la base fundamental para la elaboración de la línea de base del proyecto. Define el alcance del proyecto y es integral a la planificación del proyecto. El número de niveles de la estructura de descomposición del trabajo depende de la complejidad del proyecto. Un proyecto más complejo con un presupuesto considerable tendrá más hitos y más niveles que un proyecto



más pequeño. Son cinco los pasos para desarrollar una estructura de descomposición del trabajo:

1. Identificar el producto final del proyecto basado en el alcance aprobado del proyecto.
2. Determinar todas las actividades que son requeridas para producir el proyecto final.
3. Definir los mayores entregables necesarios para el éxito del proyecto.
4. Descomponer los mayores entregables a un nivel de detalle apropiado. El nivel apropiado debe ser el suficiente como para poder administrarlo y controlarlo.
5. Revisar la estructura de descomposición del trabajo hasta que los involucrados en el proyecto estén de acuerdo con el nivel de planificación y control. Cada miembro del proyecto debe tener claro cuáles son las actividades de las que son responsables y cómo el cumplimiento de estas actividades va a ser medido.

### *2) Desarrollo de un cronograma de hitos*

El siguiente paso, después de establecer la línea base, es desarrollar un cronograma de hitos. El gerente de proyecto debe establecer y validar las metas de los plazos. Cada hito tiene una fecha proyectada de inicio y de fin.

### *3) Asignación de recursos*

El último paso en establecer la medida de desempeño de línea base es la asignación de recursos al trabajo que ha sido programado. Se debe estimar los costes para cada tarea, subtarea, e hito. Se recomienda realizar la estimación de las subtareas, para que una vez hecha la acumulación de sus costes, se pueda obtener el coste de las tareas, y posteriormente el coste del proyecto.

## Paso 2: Determinar el método de medición del valor ganado

Una de las tareas más difíciles es determinar el valor ganado, o el presupuesto del trabajo ejecutado. El valor ganado de cualquier actividad es definido como el valor planeado multiplicado por el porcentaje de avance. Existen diversos métodos de medición del trabajo como por ejemplo:

- Regla 0/100. Al concluir el trabajo se asigna la totalidad del valor.
- Formulas como 50/50, 40/60 o 25/75. El primer valor se asigna al autorizar el trabajo y el último al entregarlo.
- Logro por hitos alcanzados con pesos asignados. Al alcanzar un hito se asigna un porcentaje del valor o una cantidad fija pre-especificada. Una versión algo diferente es cuando los hitos son portales de paso de una a otra etapa del trabajo.



- Por unidades terminadas y entregadas. Es similar a la regla 0/100, pero pensando más en partes, productos, sub-productos o entregables que en paquetes de trabajo.
- Escala de valores discretos de progreso tal como 0/25/50/75/100%. Se trata de formulas usadas para actividades que llevan un tiempo significativo concluir las (típico de la construcción) y donde se otorgan porcentajes fijos según se alcanzan atributos o se completan trabajos parciales.
- % completado del trabajo es un método que asigna un porcentaje de avance acordado entre las partes. El valor es algo subjetivo y puede no reflejar la realidad.
- Medición del nivel de esfuerzo (LOE). Es una regla basada en asignar al trabajo el tiempo incurrido para llevarlo a cabo. Tiene la desventaja de que BCWP suele coincidir con BCWS. Es el típico sistema de medición de los proyectos de construcción de antaño.
- Asignación proporcional al esfuerzo. Es para trabajos o actividades, normalmente de gestión, que son proporcionales al trabajo directo. Por ejemplo inspección, calidad, seguridad, almacenamiento, etc. Se suele asignar como un porcentaje fijo de otros trabajos medidos con formulas.

Cuando el proyecto se ejecuta, se debe medir el desempeño del proyecto y compararlo con la línea base de medida de desempeño que se determinó en el Paso 1, usando el método que se especificó en este Paso 2. Se tendrá que revisar continuamente las fechas de inicio y fin de cada actividad. Los costes reales se obtendrán de los sistemas contables. El porcentaje de avance debe ser estimado para cada actividad. Esta información es la mínima indispensable para realizar el cálculo del valor ganado.

### Paso 3: Generación de los informes del valor ganado

Mediante este paso podemos inferir cuatro posibles escenarios cuando se calculan las métricas CPI y SPI:

- a. Si  $CPI > 1$  y el  $SPI > 1$ , que es la condición ideal del proyecto; el coste real de ejecución es menor que el coste presupuestado, y el proyecto se encuentra adelantado en su plazo de ejecución.
- b. Si  $CPI > 1$  y el  $SPI < 1$ , el coste real de ejecución es menor que el coste presupuestado, y el proyecto se encuentra atrasado en su plazo de ejecución.
- c. Si  $CPI < 1$  y el  $SPI > 1$ , el coste real de ejecución es mayor que el coste presupuestado, y el proyecto se encuentra adelantado en su plazo de ejecución.
- d. Si  $CPI < 1$  y el  $SPI < 1$ , que es la peor condición del proyecto; el coste real de ejecución es mayor que el coste presupuestado, y se encuentra atrasado en su plazo de ejecución.



#### Paso 4: Control de cambios (en la medida que sea necesario).

Es el paso final del proceso del método del valor ganado y consiste en controlar los cambios de la medida de desempeño sobre línea base, es importante identificar y evaluar los riesgos de aceptar los cambios propuestos. Los cambios pueden darse en el alcance del proyecto, el plazo y el presupuesto estimado del proyecto. Todos los cambios deben de registrarse.

Los pasos anteriormente mencionados quedan recopilados este gráfico a modo de resumen de la implementación del método:

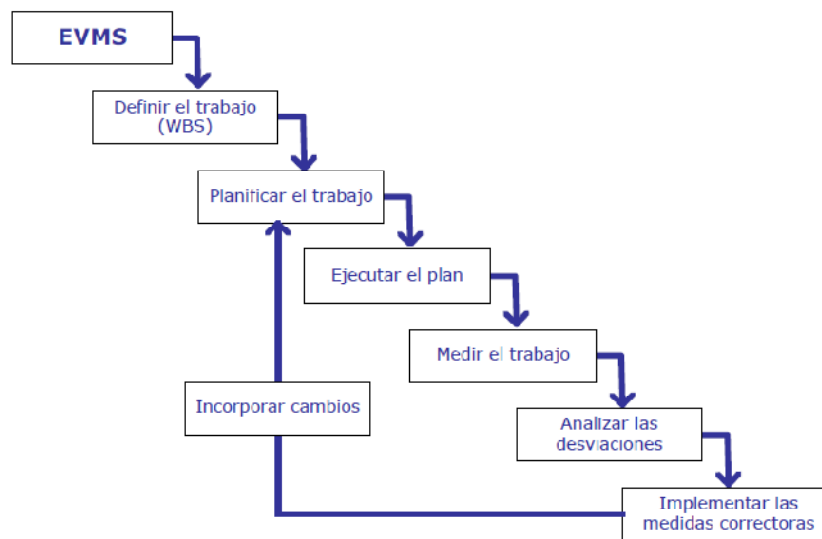


Fig 3:Gráfico resumen de la implementación del EVM(apuntes asignatura Plazos. Máster Dirección de Proyectos. Univ. Oviedo)

### 3.4.- Variables del Método del Valor Ganado

Las bases de cálculo utilizadas por el método del Valor Ganado son las siguientes:

- ✚ BCWS = coste presupuestado del trabajo programado
- ✚ BCWP = coste presupuestado del trabajo realizado
- ✚ ACWP = coste real del trabajo realizado

Con los datos anteriores se obtienen los siguientes valores de las variaciones:

- Variación del coste CV, la cual nos permite saber si estamos por encima o por debajo del valor planeado del presupuesto en una fecha determinada y en qué cantidad. Si  $CV < 0$  indica que nos estamos excediendo en el presupuesto y por lo tanto no está bien.

$$CV = BCWP - ACWP$$



- Variación del plazo SV, nos muestra como estamos de adelantados o atrasados en el plazo que hemos establecido inicialmente. Lo que hace esta variable es comparar el trabajo realizado (EV) con el trabajo planeado inicialmente (PV). Si  $SV < 0$  indica que vamos retrasados en cuanto al plazo.

$$SV = BCWP - BCWS$$

- Como CV y SV son valores absolutos lo único que nos van a indicar son condiciones favorables o desfavorables, pero no podemos determinar la magnitud de estas condiciones. Para poder determinar el valor se utilizan las siguientes fórmulas, siendo la primera SV% la que nos muestra la cantidad de retraso o adelanto que llevamos en la ejecución, y la segunda CV% la que nos indica lo excedidos o comedidos que vamos con respecto de la línea de base del presupuesto:

$$SV \% = (BCWP - BCWS) / BCWS$$

$$CV \% = (BCWP - ACWP) / BCWP$$

Existen también los índices de ejecución del proyecto representados por distintas variables, las cuales indican los logros obtenidos con los recursos. Si estos índices son menores que la unidad, nos quieren decir que los logros que se han obtenido hasta ese momento no son los deseables. Estos índices son:

- CPI es el índice de desempeño o rendimiento del presupuesto

$$CPI = BCWP / ACWP$$

- SPI es el índice de desempeño o rendimiento de la planificación

$$SPI = BCWP / BCWS$$

- El producto  $CPI \times SPI$  suele recibir el nombre de índice coste-cronograma o índice crítico.

A lo largo de la ejecución del proyecto, se van calculando los distintos índices según el periodo de tiempo determinado como muestra (en nuestro caso 1 mes). La recopilación de todos los datos obtenidos de CPI y SPI nos van a indicar las tendencias de los índices. Podemos representar todos estos valores gráficamente para obtener de esta manera lo que se denomina un gráfico de control como el que se representa a continuación.

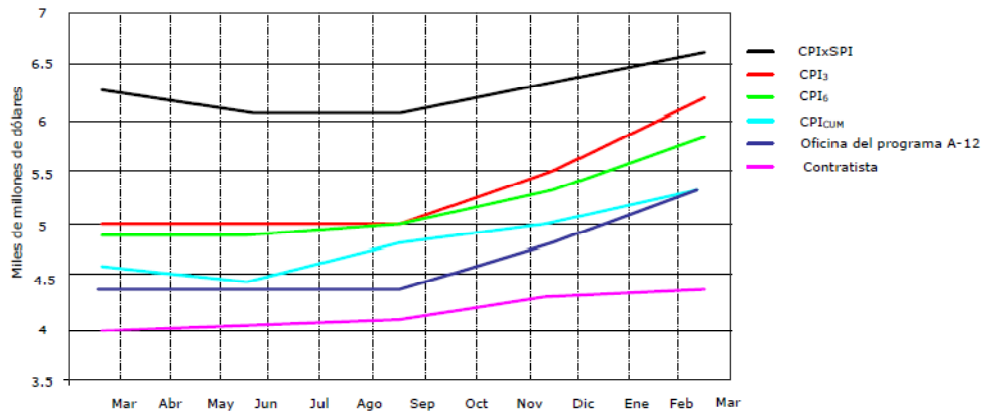


Fig4: Representación 1 a lo largo del tiempo de los índices de ejecución de un proyecto real. (apuntes asignatura Plazos. Máster Dirección de Proyectos. Univ. Oviedo)

Gracias a los gráficos se pueden fijar los límites superior e inferior, analizar las tendencias del índice e identificar causas comunes o especiales que puedan surgir.

Con todos los valores descritos en este apartado se puede obtener a lo largo de todo el proyecto y en cada momento, el retraso o adelanto del proyecto, o si la cuantía del presupuesto se ajusta a nuestras previsiones o no.

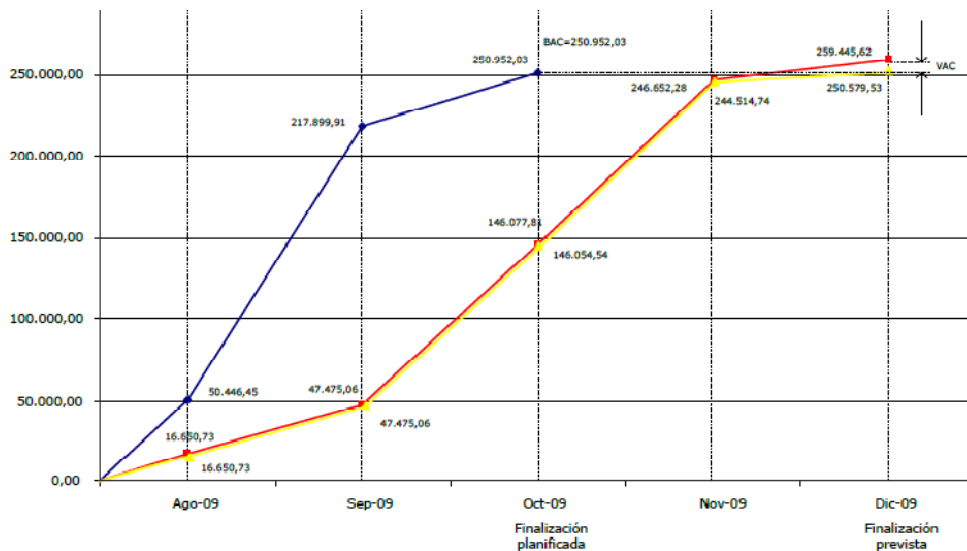


Fig5: Representación 2 a lo largo del tiempo de los índices de un proyecto real(apuntes asignatura Plazos. Máster Dirección de Proyectos. Univ. Oviedo)

Por lo tanto con todas las fórmulas e índices mostrados anteriormente podemos obtener información sobre cómo va la ejecución del proyecto en cada momento, cual es su evolución, si necesitamos realizar algún cambio para que su resultado final sea el previsto al inicio de la obra.



Con todo ello, estamos en condiciones de realizar un pequeño resumen de las variables e índices más significativas y su significado:

Nombre	Fórmula	Significado
CV	BCWP-ACWP	<0: costes por encima de lo previsto
		>0: costes por debajo de lo previsto
SV	BCWP-BCWS	<0: tiempo por encima de lo previsto
		>0: tiempo por debajo de lo previsto
CPI	BCWP/ACWP	<1: costes por encima de lo previsto
		>1: costes por debajo de lo previsto
SPI	BCWP/BCWS	<1: tiempo por encima de lo previsto
		>1: tiempo por debajo de lo previsto
EAC	BAC/CPI	No hay variación del BAC. Hay previsión de continuar con el mismo ratio de gastos
	ACWP+(BAC-BCWP)	Usar cuando las variaciones actuales del BAC no se van a mantener en un futuro (CPI=1)
	ACWP+(BAC-BCWP)/CPI	Usar cuando las variaciones actuales del BAC si se van a mantener en el futuro
VAC	BAC-EAC	<0 Costes por encima de lo previsto
		>0 Costes por debajo de lo previsto

Tabla 1: Variables y su significado. (J.M. Granda)

Con todas las variables e índices definidos, iremos mes a mes calculando su resultado y evaluando si los costes de la ejecución están aumentando o no, si estamos produciendo con eficiencia o no, si los tiempos marcados en el inicio están siendo ejecutados de acuerdo a lo previsto. Y con las respuestas a estos interrogantes podemos analizar, evaluar, controlar y tomar las decisiones que creamos oportunas para seguir adelante con el proyecto.

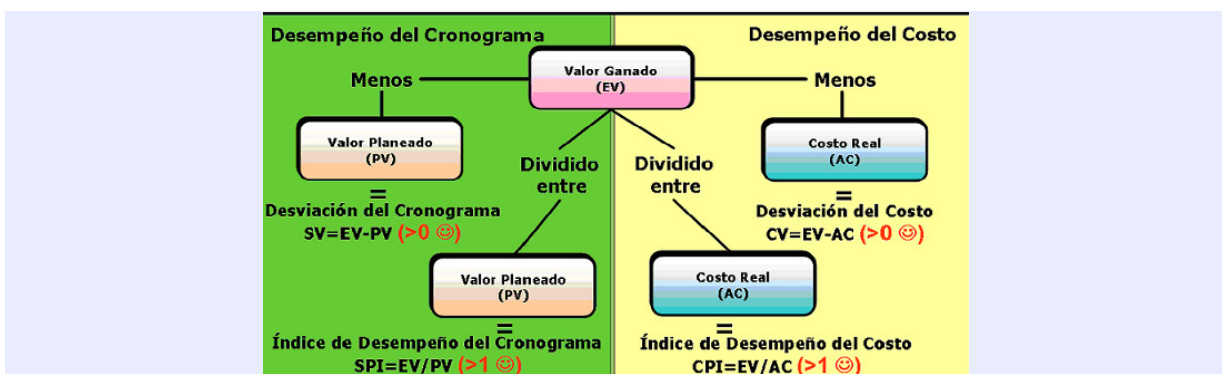


Fig 6:: Variables y su significado.(J.M. Granda)





### 3.5.- Análisis del método por otros autores

El método del valor ganado es un método muy extendido en el continente americano, pero no así en Europa y más concretamente en España. Los diferentes artículos y trabajos que se encuentran, hacen referencia principalmente a la teoría de la metodología del método, es decir, a como se debe usar. Y generalmente siempre viene referida a como se debería de aplicar en obras de construcción, bien sean civiles o de edificación.

Así autores como Ricardo Villamuel o Andrés Felipe Gómez (por mencionar alguno), se limitan a explicar el método en obras ya realizadas y evaluadas por otros métodos concluyendo siempre que por el método del Valor Ganado se hubiesen descubierto a tiempo las desviaciones ocurridas, tanto en plazo como en coste, en la ejecución de dichas obras.

Otros artículos encontrados como el de Diego Navarro incide en el hecho de desglosar adecuadamente el presupuesto, como la base para la aplicación del método. El valor ganado es uno de los últimos conceptos más importantes que se han aportado a la disciplina de la Dirección de Proyectos ya que solo por el hecho de permitir obtener desviaciones en coste realistas frente a las malas prácticas, aunque muy extendidas, de medirlas respecto al presupuesto inicial, ya es un gran avance en sí mismo. El único límite que ha encontrado en su aplicación se basa en el trato de la programación. Unas limitaciones que se pueden superar extendiendo el método, al concepto de Programación Ganada (ES), aunque en vez de utilizar unidades monetarias para medir desviaciones y eficiencias de programación se utilizan unidades de tiempo.

Otro de los artículos interesantes sobre este método aplicado a proyectos de construcción, es el publicado por John Alba, donde indica y recomienda, que la dirección de proyectos debe buscar los indicadores SPI y CPI para tomar acciones correctivas y corregir las desviaciones del proyecto, ya que son los que están marcando y proporcionando una valoración objetiva de la salud del mismo.

Fernando G. Valderrama es el autor del artículo "Dos modelos de aplicación del método del valor ganado para el sector de la construcción", en donde define dos modelos de aplicación del EVM para los dos tipos de agentes. Un modelo reducido para la dirección de obra que representa el punto de vista del promotor y otro más amplio que representa a la empresa y la situación global del proyecto.



Este análisis desarrolla dos formas distintas y complementarias para aplicar el método en la ejecución de una obra. Desde el punto de vista de la dirección de obra, este método permite recopilar información para registrar lo que ha pasado en la obra, adoptando un enfoque estratégico que les permita conocer por adelantado lo que va a pasar, y tomar medidas para que se asemeje a lo que debería pasar.

Desde el punto de vista de la empresa, el coste proporcionado por el departamento de presupuestos, o el ofertado finalmente por la dirección, pueden no reflejar en absoluto los costes previsible, mientras que el preparado por el Jefe de Proyecto puede estar desviado al alza. De esta forma, el valor ganado controla la desviación entre las previsiones y la realidad, pero no gestiona directamente la información económica más importante en la obra, que es la relación entre la realidad y los ingresos, y se adapta poco al entorno de contratación con mediciones abiertas, donde existen grandes desviaciones entre el presupuesto inicial y la ejecución real, que son definitivas para la rentabilidad del proyecto. La utilización de todas las combinaciones nos dan un control exhaustivo y fiable para conocer en cada momento la situación económica y temporal del proyecto.

Otro autor, John Nicholas, ha desarrollado  $Sv(t)$ , como time variance que junto con el concepto de Earned Schedule "ES", se explican en el artículo "Effective Measurement of Time Performance using earned value management" and "earned Schedule". También se discute el problema de la deficiencia del indicador SPI convencional. Este autor desarrolló su trabajo a través de la aplicación del método durante 10 años en varios proyectos diferentes y en varios tipos de desarrollo junto con años de investigación académica en simulación de ordenadores. El uso de las nuevas versiones mejorando las propuestas de SPI, con el  $SPI(m)$ , ha sido probada con éxito en los últimos 8 años. Por ello este indicador será usado como un indicador fiable en cómo evolucionará la tendencia del proyecto en las fases tempranas de ejecución, además de su potencial para soportar la dirección del riesgo efectivo.

Javier F. del Carpio, muestra en su artículo " Administración del valor ganado aplicado a proyectos de tecnología de información" como por su propia experiencia, la administración del valor ganado permite medir el desempeño durante el horizonte del proyecto. Es una herramienta que permite controlar en forma simultánea el alcance, el costo y el plazo del proyecto. El ejemplo desarrollado muestra que la aplicación de la administración del valor ganado es fácil de utilizar con la ayuda de una hoja de cálculo, convirtiéndose en una gran ayuda para el gerente o director de proyectos.



Y finalmente el autor del proyecto fin de máster sobre la aplicación del método del valor ganado en proyectos industriales, J.M Granda, obtiene la conclusión de que los valores obtenidos por este método son fiables una vez que el proyecto ha alcanzado un desarrollo del 50% como mínimo en contraposición a lo que indican los estudios del método que sitúan a partir del 20% de ejecución el momento en el cual los valores obtenidos comienzan a ser fiables. Si bien esta deducción puede ser debida a una descomposición del estudio económico no coincidente con la de la planificación.



## 4.- APLICACIÓN DEL MÉTODO AL PROYECTO

### 4.1.- Descripción del proyecto y de sus actividades de ejecución.

Para la aplicación del método del valor ganado, se ha escogido un proyecto tipo de una empresa especializada en la ejecución de la instalación de tuberías hidráulicas para la traída de agua hacia las poblaciones.

Este proyecto de ejecución pertenece al paquete de obras que con fecha 28 de noviembre de 2008, el Consejo de Ministros aprobó por un Real Decreto por el que se creaba un Fondo Estatal de Inversión Local para financiar la realización de actuaciones urgentes en materia de inversiones, especialmente generadoras de empleo.

El objetivo del proyecto que se presenta como caso de estudio en este trabajo Fin de Máster, es la sustitución de las redes de distribución de agua de una población de Asturias que tienen una antigüedad que supera el medio siglo. Esta situación es la causa de las averías que, con cierta frecuencia, provocan interrupciones en el servicio de abastecimiento. Por estos motivos, se redactó el proyecto de abastecimiento en varios barrios del municipio de Gijón. El objeto del presente trabajo Fin de Máster es el de definir y valorar las obras del Proyecto de abastecimiento en dichos barrios.

El grado de definición que se da en el Proyecto, en Memoria y sus Anejos, Planos, Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y Presupuesto, es el suficiente para ejecutar las obras en él definidas. Se modifica el diseño de las redes, adaptando la solución proyectada a las acometidas a las que hay que dar servicio y a su conexión con las redes existentes en los viales contiguos a las zonas sobre las que se interviene.

Las redes de abastecimiento se proyectan en fundición dúctil para las tuberías de 100, 150 y 300 mm de diámetro y polietileno para tuberías de 40, 50, 63 y 75 mm de diámetro. En total, se proyectan 3.163 metros de tubería de abastecimiento.

En el siguiente cuadro se muestran los diámetros de las tubería junto con los metros a colocar:

$\Phi$ (mm)	FD 300	FD 100	FD 150	PE 75	PE 63	PE 50	PE 40
L (m)	33	745	1345	270	390	265	115



Se recoge también en el presente proyecto la reposición de los pavimentos afectados por la ejecución de las obras.

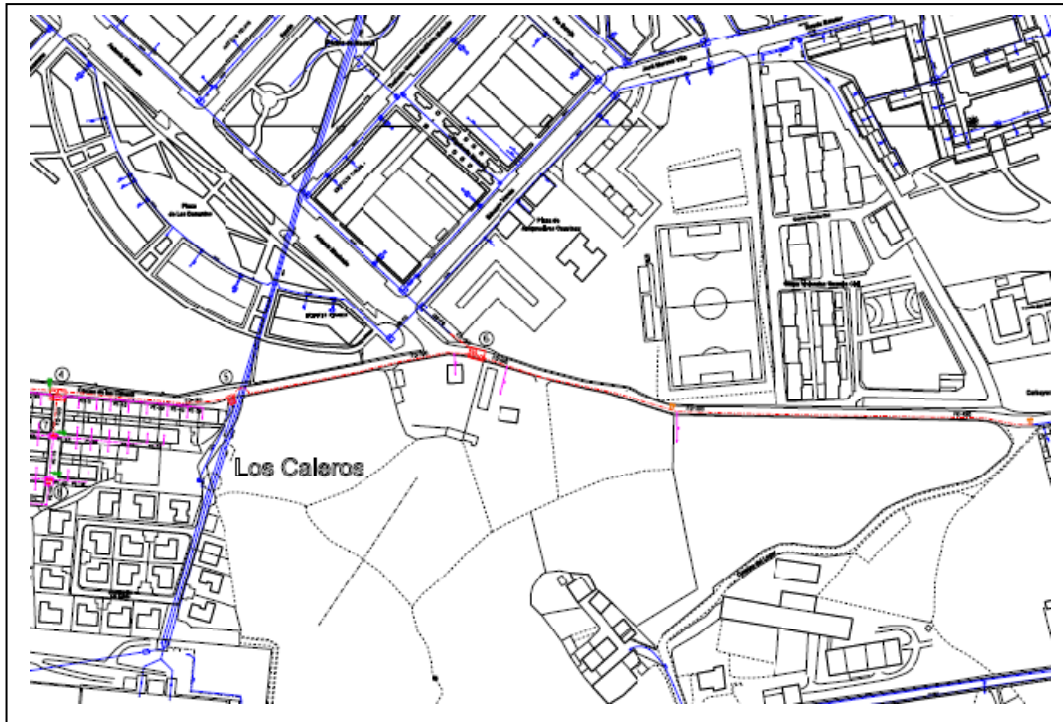


Fig 7 y 8: Tramos de tubería a colocar en rojo, magenta y verde del barrio 1 (zona C). Planos obtenidos del proyecto de ejecución de tubería de agua de la EMA 2009

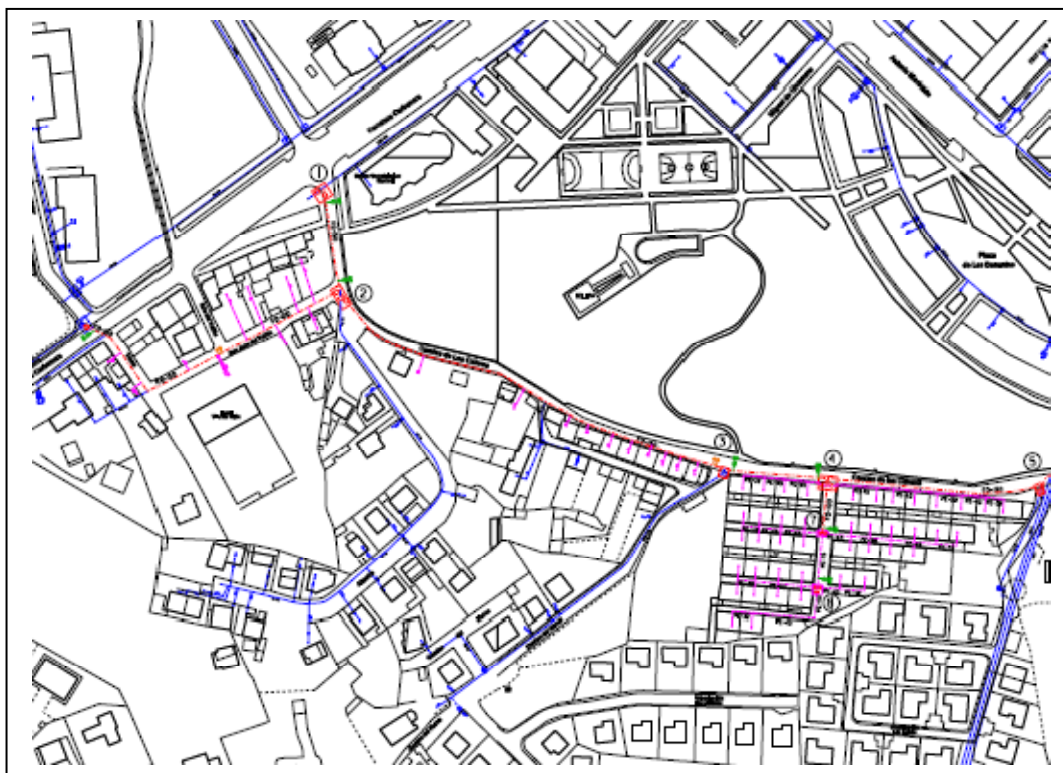


Fig 8

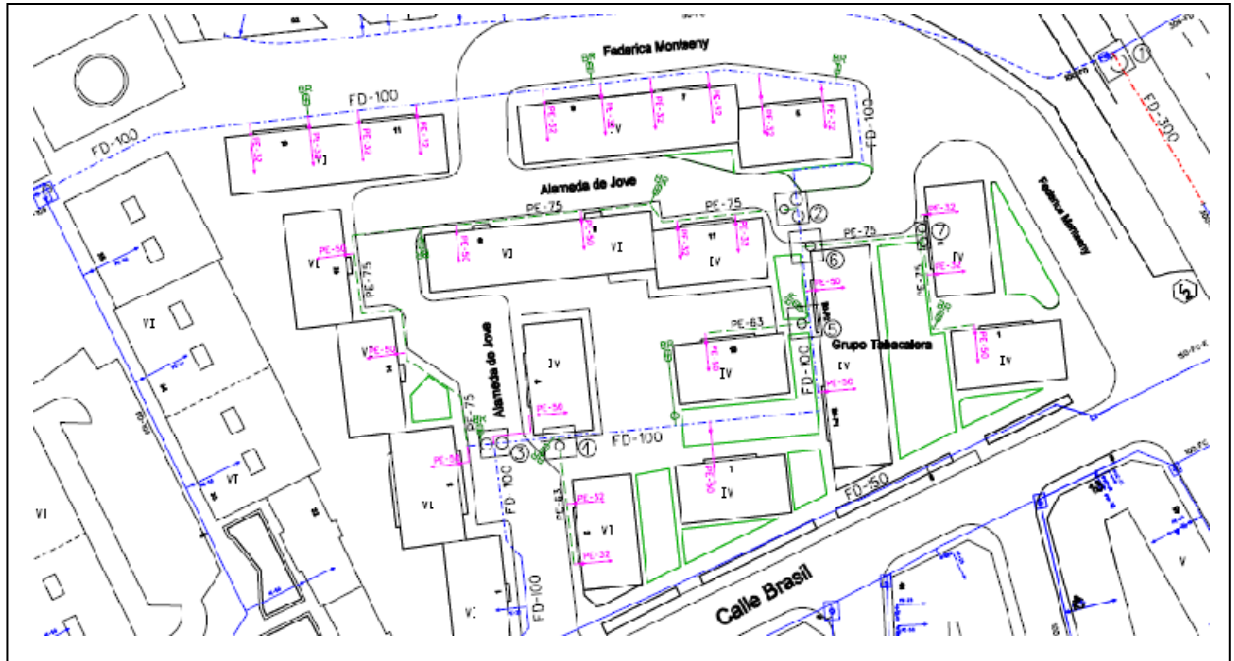


Fig 9: Tramos de tubería a colocar en azul, magenta y verde del barrio 2 (zona A). Planos obtenidos del proyecto de ejecución de tubería de agua de la EMA 2009

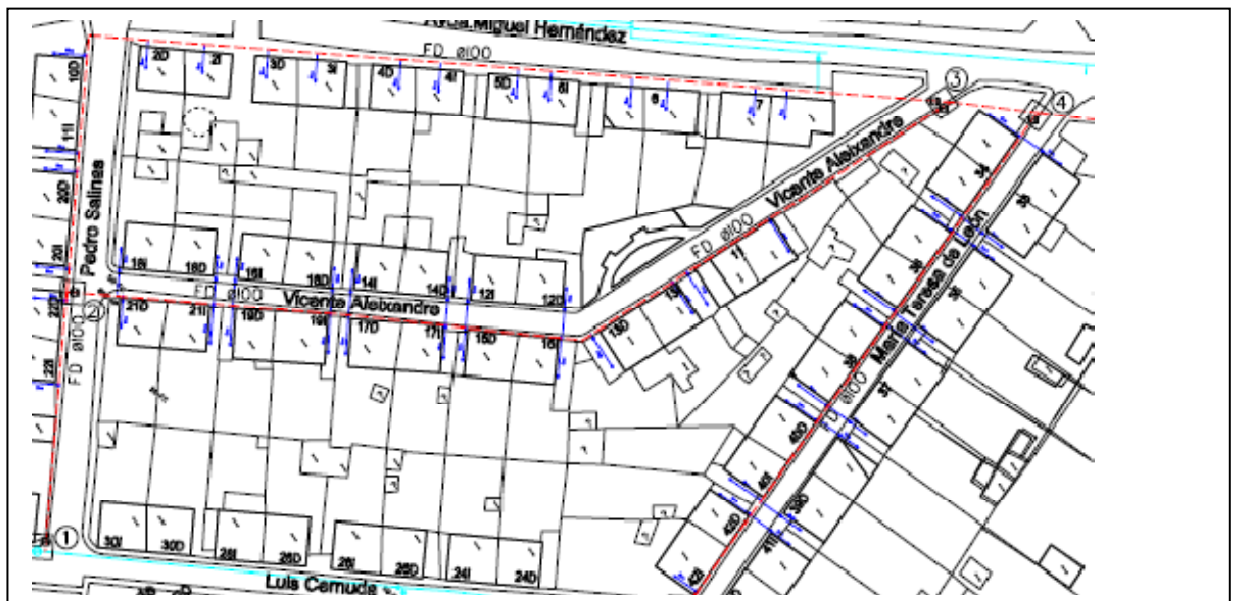


Fig 10: Tramos de tubería a colocar en azul, magenta y verde del barrio 3 (zona B). Planos obtenidos del proyecto de ejecución de tubería de agua de la EMA 2009

El plazo previsto para la ejecución de las obras era de ocho meses, contados a partir de la fecha de inicio de las mismas, fijada en el Acta de comprobación del Replanteo.



La definición presupuestaria que exige la realización de las obras adscritas al presente proyecto es la siguiente:

- Presupuesto de Ejecución Material 531.333,07 €
- Presupuesto base de Licitación 727.288,70 €

Para llevar a cabo el proyecto se exigía por parte de la administración que la clasificación del contratista, según Real Decreto 098/2001 de 12 de octubre, sobre clasificación de empresas contratistas de obras es:

- GRUPO: E Hidráulicas
- SUBGRUPO: 1 Abastecimientos y Saneamientos
- CATEGORIA: e

La descripción de las actividades de la ejecución del proyecto es de la siguiente forma:

El planteamiento de la ejecución que se llevó a cabo consistió en dividir la obra en las tres zonas a la que se refiere el proyecto y dentro de ésta división, se subdividió cada una en otras dos, acordes al rendimiento esperado y comenzando en las distintas zonas a la vez.

Para aprovechar al máximo las zanjas abiertas y ocupar el mínimo espacio de la calzada, las zonas comunes donde van a discurrir las tuberías a colocar, se programarán para realizarse a la vez.

La ejecución de las obras se inició simultáneamente en las zonas en las que se han dividido y subdividido las actuaciones:

- Zona A: Barrio de Alameda, subdividido a su vez en la zona que corresponde a la calle de Federica Montseny y su perpendicular y la zona formada por las calles interiores.
- Zona B: Barrio de Santa Bárbara, subdividido en la zona que corresponde con las calles de Miguel Hernández, Pedro Salinas y Vicente Aleixandre y la zona formada por el resto.
- Zona C: Barrio Caleros, subdividido en la zona que corresponde a las calles de San Juan del Valles y las próximas a la urbanización las Lomas y la zona que sería la del Camino de los Caleros.



Las obras dieron comienzo en las tres zonas a la vez. En el barrio de la Alameda, se llevó a cabo la excavación para colocar la tubería de la red de agua de diámetro 100 de fundición por el margen izquierdo de la calle, según el sentido de circulación, y se fueron haciendo las acometidas a los edificios que se requieren en el proyecto según la marcha de la obra.

A continuación se trabajó de la misma forma por la calle perpendicular a Federica Montseny donde había red de abastecimiento por el margen derecho de la calle. Existen en esta zona tres nudos de la red de agua, en los cuales se instalaron los codos, accesorios y válvulas necesarias y descritas en el proyecto, una vez que se terminó de colocar el tubo de fundición en esa zona. La otra subzona que se realizaba a la vez que la anterior se comenzó por los nudos 3 y 4 de la red de abastecimiento según proyecto.

En la zona B que corresponde al Barrio de Santa Bárbara, las dos subdivisiones en las que se realizó la obra, dieron comienzo a la vez. La subzona primera comenzó por el nudo 1 de la red de abastecimientos y en dirección a la calle Miguel Hernández por su margen izquierdo. En los puntos requeridos por el proyecto donde sea necesaria la colocación de acometidas a los edificios, se realizaron según se colocó la tubería de fundición de diámetro 100. Hacia la mitad de Pedro Salinas se llevó a cabo el nudo 2 y desde aquí salió otra tubería por Vicente Aleixandre hasta su intersección con Miguel Hernández en el que se instaló el nudo 3. En esta zona la conducción iría por el margen derecho y por la acera de la calle. En la intersección de las calles Pedro Salinas y Miguel Hernández, se colocó un codo de 100 de fundición y se llevó a la tubería por el margen derecho de la acera de la calle hasta el nudo 3.

En la subzona segunda se parte de un nudo ya existente en la calle Luis Cernuda intersección con María Teresa de León y se sigue el margen izquierdo de esta última calle hasta Miguel Hernández en el nudo 4, para discurrir por dicha calle hasta el nudo 5. Prácticamente toda esta tubería salvo las acometidas se realizó con fundición de 100 mm.

La última zona del proyecto, es la del Barrio de Caleros. La red de abastecimiento, partió del nudo 1 al principio del camino de Caleros y discurrió por todo él y en su margen derecho hasta el nudo 5, para continuar al nudo 6 y hasta el final del camino mediante tubería de fundición de 150 mm. A la vez que se colocó la tubería, se fueron haciendo las distintas acometidas a los edificios marcados en proyecto. La otra zona de este barrio parte desde la carretera carbonera por las calles Túnez y San Juan del Vallés hasta unirse en el nudo 2 con el camino del Calero y un pequeño tramo de 100 mm de fundición que sale perpendicular del nudo 4 hasta la zona próxima a la urbanización las Lomas.





Una vez tuvo lugar la finalización de las actuaciones en las diferentes zonas, según se fue realizando la colocación de la tubería, se realizó el relleno de hormigón, además de la zahorra o material de préstamo, y compactación de las zanjas, y se dejó la reposición del pavimento de las mismas para el final de todas las actuaciones, con el propósito de dejar la zanja un tiempo sin aglomerar, permitiendo con ello que se lograra una máxima compactación del relleno de las mismas.

Antes del comienzo de la ejecución de movimiento de tierras, se dispuso de toda la información necesaria sobre los servicios existentes en el ámbito de los trabajos de excavación (energía eléctrica, telefonía, agua potable, gas, etc.), habiéndose realizado los oportunos contactos con los responsables de dichos servicios con el fin de minimizar las posibles afecciones a los mismos. Además una vez ubicados estos, se procedió al marcado de los servicios afectados sobre el terreno y en distintos colores.

#### **4.2.- Definición de la WBS**

Para poder obtener un análisis que nos determine correctamente el estado y rendimiento del proyecto mediante el método del Valor Ganado, es muy importante el diseño de work breakdown structure (WBS), es decir, del desglose en actividades definidas del proyecto, dado que la aplicación del Valor Ganado, supone la medición de lo actualmente conseguido contra una base de referencia. Sin la línea de base, no puede haber ninguna medida significativa.

Preparar una WBS completa para el proyecto presupone, que cada tarea de la misma cumple con los siguientes requisitos:

- Deben estar definidas las fechas de inicio y fin.
- La tarea debe producir un resultado tangible, cuya finalización se puede evaluar objetivamente.
- Cada tarea debe tener asignados unos costes, aunque sean solo los costes de mano de obra para su realización.
- Configurar el tamaño de los paquetes de trabajo de las cuentas de costes. Los Paquetes de trabajo son las unidades mas pequeñas de trabajo de la WBS y se agrupan en cuentas de costes. Estas son normalmente el nivel más bajo en la WBS donde se realizan asignación y seguimiento de los costes.



Se hace necesario también disponer de un medio para recopilar la información acerca de los costes reales, dado que la parte más difícil en la aplicación del Valor Ganado es la determinación del coste real asumido en un momento dado. En el proyecto de estudio se realiza la división de los paquetes de trabajo en el presupuesto inicial aprobado

#### 4.2.1.- Secuencia de trabajos

La secuencia de trabajos a seguir para la ejecución de las obras, estaría formada por unas fases previas y por la ejecución de distintos trabajos, agrupados en 2 unidades: **Unidad 1** (Movimiento de tierras, Instalación de tuberías y obras de fábrica), y **Unidad 2** (Reposición de viales y servicios afectados).

- **Fases previas:**

- Replanteo de las ocupaciones, vallados perimetrales y localización de red de agua y saneamiento, red de gas y energía eléctrica, y alumbrado señalización y comunicaciones.
- Implantación de servicios necesarios de obra (casetas de obra, contenedores, etc.).
- Tramitación de las autorizaciones o permisos necesarios para la ejecución de las obras con las compañías de gas, electricidad y telefonía, Ayuntamiento de Gijón, EMA, etc. Se deben realizar gestiones con las siguientes entidades:
  - Policía Local de Gijón para obtener los permisos correspondientes para ocupación de la calzada.
  - Ayuntamiento de Gijón: Permisos para la apertura de zanja
  - E.M.A. (empresa municipal de aguas)
  - Compañía de Gas (H.C)
  - Compañía de electricidad (H.C.)
  - Telefónica.

- **Unidad 1**, compuesta por seis equipos de maquinaria y personal repartidos de forma que en cada zona señalada haya 2 equipos, cuya ejecución secuencial tiene los siguientes aspectos generales:
  - 1.- Apertura de zanja con un rendimiento de aproximadamente 15 m por día y por zona, lo que hace un total de 45 m por día.
  - 2.- Agotamiento de zanja mediante equipo de bombeo, en caso de que fuera necesario, debido a que se produzcan inundaciones con facilidad con las lluvias.



- 3.- Rasanteo y colocación de la cama de apoyo de zahorra artificial compactada, o de hormigón.
  - 4.- Colocación de tubería mediante medios mecánicos, eslingas y dos operarios, previa comprobación de la rasante definida por la cama de apoyo y avanzando siempre hacia el frente de excavación.
  - 5.- Realización de pruebas de presión y estanqueidad para tubería de agua
  - 6.- Por último, relleno y compactación con zahorra artificial u hormigón, debidamente ejecutados según el Pliego de prescripciones técnicas (P.P.T.) y colocación de cinta señalizadora del suministro colocado.
  - 7.- Una vez realizada la colocación de tubería de agua, se ejecutarán las arquetas para el alojamiento de las válvulas, codos y piezas en T con los materiales que se indican en los Planos del proyecto en caso de la red de agua. La colocación se llevará a cabo con las eslingas y maquinaria necesaria.
- **Unidad 2**, compuesta por dos equipos de personal, el primero formado por personal y maquinaria de reposición de firmes y el segundo formado por personal para la reposición de servicios afectados y pavimentos (que será de la unidad 1), con la siguiente ejecución secuencial.
    - 1.- Reposición del firme existente, con el paquete definido utilizando pisón para el extendido y nivelado y la maquinaria necesaria para el aglomerado, comenzando el extendido desde el punto bajo del trazado.
    - 2.- El equipo de reposición de cierres, servicios afectados y pavimentación, ira reponiendo estos en caso de que sean necesarios.

#### 4.2.2.- Asignación de recursos

Los equipos de trabajo propuestos para la realización de la obra fueron los siguientes:

**Equipo 1** (Excavación de zanjas y colocación de tuberías) formado en cada zona por dos retroexcavadoras o Palas Mixtas o miniretros, o similar, dos palistas, dos oficiales y cuatro peones especialistas asistidos por toda la maquinaria necesaria para la realización de los trabajos, así como todos los elementos de protección individual para la ejecución de zanjas con paneles de entibación. El rendimiento esperado en un principio era de 15 metros al día y por zona (45 m total). Este equipo además llevó a cabo el afirmado de los viales una vez realizada la instalación de la tubería mediante pisón, bandeja vibrante y rodillo vibrante.

**Equipo 2** (Obras de fábrica) formado en cada zona por un oficial y un peón especialista del equipo anterior, ya que irían realizando las arquetas y registros a la vez que se colocaba la



tubería asistidos por toda la maquinaria auxiliar necesaria, así como todos los elementos de protección individual para la ejecución de las obras de fábrica. El rendimiento esperado era cubrir las necesidades de la ejecución de las obras de fábrica, correspondientes a los nudos y acometidas. Una vez terminados los registros se encargaron de realizar la reposición de pavimento necesaria.

**Equipo 3** (Reposición de aglomerado) formado en cada zona por un equipo subcontratado de cuatro personas para estos fines, asistidos por toda la maquinaria necesaria para la realización de los trabajos, así como todos los elementos de protección individual para la ejecución de los mismos.

Con independencia de estos equipos se tenía un equipo técnico formado por un Ingeniero de Minas y Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales que aseguraría la no existencia de éstos; auxiliado por un Capataz y un Jefe de Obra, un Coordinador de calidad externo, que garantizaría la correcta ejecución de trabajos; y un Topógrafo que realizaría los replanteos, marcaría los trazados y fijaría y comprobaría el trazado y las cotas de las rasantes, además de las obras de fábrica.

Existía una clara correspondencia mutua entre las dos Unidades en que se han dividido los trabajos, por una razón obvia, deberían realizarse de una manera secuencial y por el orden descrito, con el fin de facilitar las ejecuciones de las distintas actividades de la obra.

UNIDAD - EQUIPO	ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8											
UD1-EQ1	M3 Excavación zanja y rellenos																			
UD1-EQ1	Instalación de tubería																			
UD1-EQ2	Ejecución de registros																			
UD1-EQ1	Válvulas y piezas especiales																			
UD1-EQ1	Acometidas																			
UD2-EQ2+EQ3	Reposiciones firmes y pavimentos																			
UD2-EQ2	varios																			

Fig 11: Cronograma planificado para el total de la obra con las unidades y equipos correspondientes. Elaboración propia

El diagrama de programación de la obra, está construido inicialmente para que el plazo total de ejecución de los trabajos sea ocho meses. Para garantizar el cumplimiento del plazo y la completa ejecución de las obras (asegurando para ello la menor afectación posible) garantizando el tráfico rodado y peatonal, se realizó una completa programación de la



misma, la cual se consideró como suma de las mediciones comunes, y teniendo en cuenta, las distintas zonas en las que se dividió el proyecto de ejecución.

En resumen, la plantilla disponible para realizar la obra estaba formada por 29 trabajadores de los cuales 2 eran subcontratados para llevar la inspección de calidad y el replanteo. Las jornadas equivalentes según los trabajos se muestran a continuación:

Ingeniero y prevencionista-----	1 persona x 32 semanas
Capataz-----	1 persona x 31 semanas
Jefe de obra-----	1 persona x 32 semanas
Palista-----	6 persona x 28 semanas
Oficial tubería-----	6 personas x 28 semanas
Peón especialista-----	8 personas x 28 semanas
Oficial fabrica-----	3 persona (anteriores, 29 sem.)
Peón esp. Fabrica-----	3 persona (anteriores, 29 sem.)
Aglomerado-----	subcontratado
Topógrafo-----	1 persona x 1 semana
Calidad-----	1 persona x 3 semana
TOTAL	833 JORNADAS SEMANALES

Lo que equivale al total de jornadas equivalentes de personal para la ejecución de la obra teniendo en cuenta que la jornada es de 40 horas semanales, a 33320 jornadas equivalentes en horas.

#### 4.3.- Riesgos e imprevistos

Los riesgos e imprevistos deben ser considerados con especial atención en cada control de seguimiento económico o de plazos que realicemos del proyecto, ya que ninguna actividad humana que se haya previsto de antemano tiene la garantía absoluta de que su realización se verifique exactamente según se proyecte. Existen una serie de factores de imposible calificación ni cuantificación a priori, que pueden alterar las previsiones iniciales y hacer variar por tanto los resultados obtenidos respecto a los inicialmente previstos. Es el riesgo de no cumplimiento de las hipótesis de partida, riesgo inherente a toda actividad humana.

Disminuir riesgos es caro, y aumentarlos peligroso. Es necesario llegar a un compromiso entre conseguir una cierta seguridad de cumplimiento encareciendo la actividad excesivamente; o afrontar un probable fallo en las previsiones, al abaratar en exceso el coste de dicha actividad. El proceso constructivo está basado en unas previsiones apriorísticas, cuya falta de cumplimiento puede traer consigo graves perjuicios de todo tipo a los actores de todo el proceso. Especialmente a aquellos actores que arriesgan en el proceso su patrimonio, su prestigio o incluso su seguridad. Existe la creencia de que el Constructor debe tomar a su cargo la mayoría o incluso todos los riesgos del proceso. Pero esto no debe ser así. Evidentemente la asunción de riesgos por parte del Constructor supone unos costes, que se incluyen en los precios del contrato. El Contratista paga por tanto estos riesgos de una



manera indirecta, pero se supone de manera implícita que los riesgos asumidos por el Constructor son los normales de cualquier actividad industrial.

Los riesgos normales habitualmente incluidos en los precios de una manera automática son, retrasos por inclemencias normales del tiempo, aumentos previsibles de materiales y mano de obra (no recogidos en formulas de revisión de precios), acontecimientos previsibles aunque no de frecuencia habitual, etc.

Pero cuando los riesgos se convierten en imprevisibles deben ser afrontados de común acuerdo entre el comprador y el Contratista. No hay que olvidar que el objetivo del Constructor es obtener un beneficio por su actividad constructora. Si este objetivo no se cumple desaparece como Constructor. Si se le obliga a afrontar costes imprevistos de gran magnitud, tratará de reducir gastos en otras unidades o elementos de la obra a costa de la calidad de la misma y en perjuicio del propio Comprador.

Otro tipo de riesgos, que podríamos llamar riesgos improcedentes, son aquellos derivados de una falta de información adecuada en el Proyecto, por ejemplo sobre las características del terreno donde se asienta la construcción proyectada. A veces el Proyecto define de manera muy general la unidad a realizar, incluyendo en ella trabajos de muy diferente índole, y por tanto de muy diferente coste, dentro de una misma unidad. Si al final resulta fácil la ejecución del trabajo el constructor puede resultar muy beneficiado, en caso contrario muy perjudicado. Este tipo de riesgo se debe evitar con una información adecuada en el Proyecto, aunque para ello sea necesario encarecer el mismo. Siempre es más barato modificar un papel que derribar parte de una construcción ya realizada. Otra forma de incluir riesgos improcedentes en un contrato, es dejar a la responsabilidad del Constructor el diseño final de una determinada unidad de obra, con especificaciones poco claras que supongan una valoración técnica general opinable de la misma. Por ejemplo: " la excavación quedará con sus laderas en talud apropiado y estable". Esto, en el fondo, es transmitir al Constructor una responsabilidad ingenieril propia del Proyectista que puede tener graves consecuencias para el Contratista, una vez terminada la obra. El proyecto debe definir con exactitud la forma definitiva de cada parte de la obra y la responsabilidad del constructor es, o debe ser, únicamente la de construir exactamente aquello que se ha proyectado, no la de proyectar ni modificar el diseño del Proyecto.

Como resumen se puede decir, que no existe contrato válido entre dos partes para realizar algo que no pueda ser definido completamente. En todo contrato válido existen tres partes esenciales: la Intención del Comprador según se expresa en los documentos del contrato, la



interpretación de esta intención hecha por el Constructor y reflejada en la oferta y el objeto de su mutuo acuerdo.

Por tanto, si un riesgo se materializa en tal manera que se sale de toda magnitud lógicamente concebible por ambas partes cuando estas redactaron o leyeron los documentos del contrato, este riesgo materializado es de tal naturaleza que no está cubierto por el contrato. Es decir, todo riesgo mencionado en un contrato tiene implícitos unos límites y resulta imposible para el Constructor salvaguardar los intereses del Comprador mas allá de estos límites.

Debemos evaluar los riesgos del proyecto, tanto económicamente como su incidencia en plazo para considerar estas evaluaciones en cada análisis de control que realicemos con el método del valor ganado, ya que pueden tener un impacto en la estimación a la finalización que el método no esté reflejando.



## 5.- METODOLOGÍA DEL TRABAJO

### 5.1.- Recopilación de datos

En este apartado vamos a recopilar toda la información de la obra ya ejecutada. A lo largo de dicho apartado se mostrarán diferentes tablas en las que aparecerán el presupuesto inicial de licitación, el de adjudicación, el presupuesto de estudio de la obra (denominado coste estimado previsto), el coste real final, el programa de trabajos previsto inicialmente y el que finalmente se realizó, y observaremos las desviaciones que se produjeron e intentaremos averiguar si habiendo utilizado el método EVM se habrían localizado a tiempo los problemas que surgieron en la ejecución. Partimos del presupuesto de licitación de la obra y en paralelo el presupuesto de adjudicación, en los cuales se descomponen de manera resumida, los capítulos y sus distintas unidades y equipos de obra:

UNIDADES / EQUIPOS	ZONAS DEL PROYECTO	PRESUPUESTO	PRESUPUESTO ADJUDICACIÓN
	<b>CAPITULO 1 ZONA A</b>	<b>174.273,32</b>	<b>160.331,45</b>
UD1 - EQ1	M3 Excavación zanja y rellenos	17.031,98	15.669,42
UD1 - EQ1	Instalación de tubería	12.795,79	11.772,13
UD1 - EQ2	Ejecución de registros	9.207,12	8.470,55
UD1 - EQ1	Válvulas y piezas especiales	7.831,31	7.204,81
UD1 - EQ1	Acometidas	20.498,50	18.858,62
UD2 - EQ2+EQ3	Reposiciones	106.908,62	98.355,93
	<b>CAPÍTULO 2 ZONA B</b>	<b>132.324,24</b>	<b>121.738,30</b>
UD1 - EQ1	M3 Excavación zanja y rellenos	28.950,46	26.634,42
UD1 - EQ1	Instalación de tubería	15.853,50	14.585,22
UD1 - EQ2	Ejecución de registros	12.490,03	11.490,83
UD1 - EQ1	Válvulas y piezas especiales	4.870,67	4.481,02
UD1 - EQ1	Acometidas	26.198,40	24.102,53
UD2 - EQ2+EQ3	Reposiciones	43.961,18	40.444,29
	<b>CAPÍTULO 3 ZONA C</b>	<b>181226,66</b>	<b>166.728,53</b>
UD1 - EQ1	Excavaciones y rellenos	56.576,22	52.050,12
UD1 - EQ1	Instalación de tubería	41.289,20	37.986,06
UD1 - EQ2	Ejecución de registros	8.235,91	7.577,04
UD1 - EQ1	Válvulas y piezas especiales	10.001,20	9.201,10
UD1 - EQ1	Acometidas	9.884,51	9.093,75





UD2 - EQ2+EQ3	Reposiciones	55.239,62	50.820,45
	<b>CAPÍTULO 4 (3 ZONAS)</b>	<b>43.508,85</b>	<b>40.028,14</b>
UD2 - EQ2+otros	Varios	43.508,85	40.028,14
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>531.333,07</b>	<b>488.826,42</b>
	<b>Gatos generales +B<sup>º</sup></b>	<b>632.286,35</b>	<b>581.703,44</b>

Tabla 2: Presupuesto licitación y adjudicación

En resumen y según los capítulos desglosados, el presupuesto del proyecto antes del beneficio e impuestos es:

ZONA	PRESUPUESTO	ADJUDICACIÓN
ZONA A	188.776,27	173.674,16
ZONA B	146.827,19	135.081,02
ZONA C	195.729,61	180.071,24
<b>TOTAL</b>	<b>531.333,07</b>	<b>488.826,42</b>

Tabla 3: Resumen presupuesto. El capítulo 4 está repartido proporcionalmente en las distintas zonas

El proyecto fue adjudicado finalmente con una baja del 8% sobre el presupuesto de licitación como se ha indicado en las tablas anteriores, por lo que el importe final con el cual se trabajó después de aplicar dicha baja en el presupuesto de ejecución material fue de 488.826,42 €.

Para calcular la baja de esta obra, la empresa tuvo en cuenta varias variables, como la especialización del trabajo propuesto; ser de la zona en donde iba a tener lugar la obra por lo que los desplazamientos eran mínimos; exceptuando el aglomerado los demás trabajos especializados no necesitaban la subcontratación; el vertedero y canteras para el material de relleno estaban situados próximos a la obra y se contaba con un contrato para el suministro de tubería a un precio inferior al de otros contratistas, por ser clientes fijos y de muchos años con la empresa distribuidora de dicho material. Por todo ello se estimó el beneficio que se obtendría y se optó por realizar una baja del 8% en el proyecto inicial.

Una vez que tenemos el presupuesto inicial dividido en las consiguientes unidades de obras, vamos a establecer las previsiones iniciales determinadas por el contratista de la obra en lo que respecta al coste de ejecución, y en su reparto de tareas a los distintos equipos definidos en apartados anteriores, para evaluar mediante el método EVM como se ejecutó la obra en cuanto a plazos y costes, y en qué momentos



surgieron los problemas que no fueron detectados a tiempo, y que llevó a la pérdida de dinero de la misma.

Los costes estimados en el inicio de la obra se muestran a continuación. Para su obtención se tuvieron en cuenta los precios más bajos de los proveedores que nos suministraban el material, además de la bonificación que se obtuvo por emplear a personal parado, y por la especialización de nuestro personal en tareas de excavación que implicó el no tener que subcontratar maquinaria exterior.

ZONAS DEL PROYECTO	PRESUPUESTO ADJUDICACIÓN	COSTE ESTIMADO PREVISTO
<b>CAPITULO 1 ZONA A</b>	<b>160.331,45</b>	<b>144.298,28</b>
M3 Excavación zanja y rellenos	15.669,42	14.102,48
Instalación de tubería	11.772,13	10.594,91
Ejecución de registros	8.470,55	7.623,49
Válvulas y piezas especiales	7.204,81	6.484,32
Acometidas	18.858,62	16.972,75
Reposiciones	98.355,93	88.520,33
<b>CAPÍTULO 2 ZONA B</b>	<b>121.738,30</b>	<b>109.564,45</b>
M3 Excavación zanja y rellenos	26.634,42	23.970,98
Instalación de tubería	14.585,22	13.126,70
Ejecución de registros	11.490,83	10.341,74
Válvulas y piezas especiales	4.481,02	4.032,91
Acometidas	24.102,53	21.692,27
Reposiciones	40.444,29	36.399,85
<b>CAPÍTULO 3 ZONA C</b>	<b>166.728,53</b>	<b>150.055,71</b>
Excavaciones y rellenos	52.050,12	46.845,17
Instalación de tubería	37.986,06	34.187,45
Ejecución de registros	7.577,04	6.819,33
Válvulas y piezas especiales	9.201,10	8.280,99
Acometidas	9.093,75	8.184,37
Reposiciones	50.820,45	45.738,40
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>40.028,14</b>	<b>36.025,32</b>
Varios	40.028,14	36.025,32
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>488.826,42</b>	<b>439.943,76</b>

Tabla 4: Desglose del coste estimado previsto



Para determinar los distintos valores del método del Valor Ganado en este Trabajo Fin de Máster vamos a partir del coste estimado previsto por la empresa (439.943,76 €)

Los cronogramas generales de la obra inicial junto con el desglose acumulado del presupuesto adjudicado y del coste planificado se muestra en los diagramas de Gantt siguientes:

ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
M3 Excavación zanja y rellenos	[Gantt bars for M3 Excavación zanja y rellenos]							
Instalación de tubería	[Gantt bars for Instalación de tubería]							
Ejecución de registros	[Gantt bars for Ejecución de registros]							
Válvulas y piezas especiales	[Gantt bars for Válvulas y piezas especiales]							
Acometidas	[Gantt bars for Acometidas]							
Reposiciones firmes y pavime. varios	[Gantt bars for Reposiciones firmes y pavime. varios]							
<b>ADJUDICACIÓN MENSUAL</b>	33.797,13	44.097,08	44.097,08	39.919,70	44.097,08	44.097,08	107.303,97	131.417,30
<b>ADJUDICACIÓN ACUMULADA</b>	33.797,13	77.894,21	121.991,29	161.910,99	206.008,07	250.105,15	357.409,12	488.826,42

Fig 12: Cronograma planificado para el total de la obra con el precio de adjudicación. Elaboración propia

ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
M3 Excavación zanja y rellenos	[Gantt bars for M3 Excavación zanja y rellenos]							
Instalación de tubería	[Gantt bars for Instalación de tubería]							
Ejecución de registros	[Gantt bars for Ejecución de registros]							
Válvulas y piezas especiales	[Gantt bars for Válvulas y piezas especiales]							
Acometidas	[Gantt bars for Acometidas]							
Reposiciones firmes y pavime. varios	[Gantt bars for Reposiciones firmes y pavime. varios]							
<b>COSTE PRESUPUESTADO MENSUAL</b>	27.654,96	37667,45	43.892,40	38.579,99	45.236,70	40.088,67	102.237,71	104.585,88
<b>COSTE PRESUPUESTADO ACUMULADO</b>	27.654,96	65.322,41	109.214,81	147.794,80	193.031,50	233.120,17	335.357,88	439.943,76

Fig 13: Cronograma planificado con el coste previsto estimado en estudio. Elaboración propia

Los cronogramas establecidos para cada una de las zonas de la obra según el coste estimado en estudio por la empresa contratista, son los siguientes (Nota: el capítulo de varios del proyecto total se repartió de manera equitativa para las distintas zonas de la obra):



ZONA A: ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
M3 Excavación zanja y rellenos	■	■	■	■	■	■	■	■
Instalación de tubería	■	■	■	■	■	■	■	■
Ejecución de registros		■	■	■	■	■		
Válvulas y piezas especiales			■	■	■			
Acometidas		■	■	■	■	■	■	
Reposiciones firmes y pavime.							■	■
varios	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>COSTE PRESUPUESTADO</b>								
<b>MENSUAL</b>	5.029,25	10.329,68	13.571,84	10.329,68	13.571,84	8.423,81	34.536,03	60.514,62
<b>ACUMULADA</b>	5.029,25	15.358,93	28.930,77	39.260,45	52.832,29	61.256,10	95.792,13	156.306,75

Fig 14: Cronograma coste planificado zona A Elaboración propia

ZONA B: ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
M3 Excavación zanja y rellenos	■	■	■	■	■	■	■	■
Instalación de tubería	■	■	■	■	■	■	■	■
Ejecución de registros		■	■	■	■	■	■	
Válvulas y piezas especiales		■	■	■	■	■		
Acometidas		■	■	■	■	■	■	■
Reposiciones firmes y pavime.							■	■
varios	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>COSTE PRESUPUESTADO</b>								
<b>MENSUAL</b>	9.548,57	13.640,72	12.296,42	12.296,40	13.640,73	13.640,72	26.808,34	19.700,99
<b>ACUMULADA</b>	9.548,57	23.189,29	35.485,71	47.782,13	61.422,86	75.063,58	101.871,92	121.572,91

Fig 15: Cronograma coste planificado zona B Elaboración propia

ZONA C: ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
M3 Excavación zanja y rellenos	■	■	■	■	■	■	■	■
Instalación de tubería	■	■	■	■	■	■	■	■
Ejecución de registros		■	■	■	■	■	■	■
Válvulas y piezas especiales		■	■	■	■	■	■	■
Acometidas		■	■	■	■	■	■	■
Reposiciones firmes y pavime.							■	■
varios	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>COSTE PRESUPUESTADO</b>								
<b>MENSUAL</b>	13.077,14	13.697,07	18.024,14	15.953,89	18.024,13	18.024,14	40.893,34	24.370,26
<b>ACUMULADA</b>	13.077,14	26.774,21	44.798,35	60.752,24	78.776,37	96.800,51	137.693,85	162.064,11

Fig 16: Cronograma coste planificado zona C Elaboración propia

Una vez que se ha reflejado el estado inicial del presupuesto de ejecución adjudicado al contratista, junto con el coste previsto por el mismo y los distintos programas de asignación de tareas para las zonas de la obra, mensualmente se fueron realizando las mediciones y certificaciones correspondientes a cada una de ellas.



A continuación se muestran varias tablas a modo de resumen, con los totales de las certificaciones mensuales, los costes reales de cada una ella y los tiempos de los trabajos.



ZONAS DEL PROYECTO	P. ADJUDIC.	P. PREVISTO	CERTIFICACIONES REALES								FACTURACIÓN TOTAL
			MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
<b>CAPITULO 1 ZONA A</b>	<b>160331,45</b>	<b>144.298,28</b>	<b>1801,20</b>	<b>5316,06</b>	<b>10657,67</b>	<b>12264,15</b>	<b>10657,67</b>	<b>10657,67</b>	<b>57049,18</b>	<b>51927,84</b>	<b>160331,45</b>
M3 Excavación zanja y rellenos	15669,42	14.102,48	0,00	1958,68	2611,57	2611,57	2611,57	2611,57	2611,57	652,89	15669,42
Instalación de tubería	11772,13	10.594,91	0,00	1471,52	1962,02	1962,02	1962,02	1962,02	1962,02	490,51	11772,13
Ejecución de registros	8470,55	7.623,49	0,00	0,00	1411,76	2117,64	1411,76	1411,76	1411,76	705,88	8470,55
Válvulas y piezas especiales	7204,80	6.484,32	1801,20	0,00	900,60	1801,20	900,60	900,60	0,00	900,60	7204,80
Acometidas	18858,62	16.972,75	0,00	1885,86	3771,72	3771,72	3771,72	3771,72	1885,86	0,00	18858,62
Reposiciones	98355,93	88.520,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49177,97	49177,97	98355,93
<b>CAPITULO 2 ZONA B</b>	<b>121738,30</b>	<b>109.564,45</b>	<b>6133,57</b>	<b>12437,29</b>	<b>12437,29</b>	<b>11541,09</b>	<b>12437,29</b>	<b>12437,29</b>	<b>38952,05</b>	<b>15362,43</b>	<b>121738,30</b>
M3 Excavación zanja y rellenos	26634,42	23.970,98	3673,71	3673,71	3673,71	3673,71	3673,71	3673,71	3673,71	918,43	26634,42
Instalación de tubería	14585,22	13.126,70	2011,75	2011,75	2011,75	2011,75	2011,75	2011,75	2011,75	502,94	14585,22
Ejecución de registros	11490,83	10.341,74	0,00	1838,53	1838,53	1838,53	1838,53	1838,53	1838,53	459,63	11490,83
Válvulas y piezas especiales	4481,02	4.032,91	448,10	896,20	896,20	0,00	896,20	896,20	448,10	0,00	4481,02
Acometidas	24102,53	21.692,27	0,00	4017,09	4017,09	4017,09	4017,09	4017,09	4017,09	0,00	24102,53
Reposiciones	40444,29	36.399,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26962,86	13481,43	40444,29
<b>CAPITULO 3 ZONA C</b>	<b>166728,53</b>	<b>150.055,71</b>	<b>15458,63</b>	<b>18060,83</b>	<b>14317,31</b>	<b>14317,31</b>	<b>16910,69</b>	<b>19210,97</b>	<b>41170,78</b>	<b>27281,99</b>	<b>166728,53</b>
Excavaciones y rellenos	52050,12	46.845,17	7435,73	7435,73	7435,73	7435,73	7435,73	7435,73	7435,73	0,00	52050,12
Instalación de tubería	37986,06	34.187,45	5426,58	5426,58	5426,58	5426,58	5426,58	5426,58	5426,58	0,00	37986,06
Ejecución de registros	7577,04	6.819,33	1082,43	1443,25	0,00	0,00	1443,25	1443,25	1443,25	721,62	7577,04
Válvulas y piezas especiales	9201,10	8.280,99	1150,14	2300,28	0,00	0,00	1150,14	3450,41	0,00	1150,14	9201,10
Acometidas	9093,75	8.184,37	363,75	1455,00	1455,00	1455,00	1455,00	1455,00	1455,00	0,00	9093,75
Reposiciones	50820,45	45.738,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25410,23	25410,23	50820,45
<b>CAPITULO 4</b>	<b>40028,14</b>	<b>36.025,32</b>	<b>5003,52</b>	<b>5003,52</b>	<b>5003,52</b>	<b>5003,52</b>	<b>5003,52</b>	<b>5003,52</b>	<b>5003,52</b>	<b>5003,52</b>	<b>40028,14</b>
Varios	40028,14	36.025,32	5003,52	5003,52	5003,52	5003,52	5003,52	5003,52	5003,52	5003,52	40028,14
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>488826,42</b>	<b>439.943,76</b>	<b>28396,92</b>	<b>22756,87</b>	<b>28098,48</b>	<b>43126,07</b>	<b>45009,18</b>	<b>47309,45</b>	<b>103223,48</b>	<b>99575,77</b>	<b>488826,42</b>

Tabla 5: Certificaciones reales.



ZONAS DEL PROYECTO	P. ADJUDI.	P. PREVISTO	CRONOGRAMA REAL EJECUTADO																				
			MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE													
<b>CAPÍTULO 1 ZONA A</b>	<b>160331,45</b>	<b>144.298,28</b>																					
M3 Excavación zanja y rellenos	15669,42	14.102,48																					
Instalación de tubería	11772,13	10.594,91																					
Ejecución de registros	8470,55	7.623,49																					
Válvulas y piezas especiales	7204,80	6.484,32																					
Acometidas	18858,62	16.972,75																					
Reposiciones	98355,93	88.520,33																					
<b>CAPÍTULO 2 ZONA B</b>	<b>121738,30</b>	<b>109.564,45</b>																					
M3 Excavación zanja y rellenos	26634,42	23.970,98																					
Instalación de tubería	14585,22	13.126,70																					
Ejecución de registros	11490,83	10.341,74																					
Válvulas y piezas especiales	4481,02	4.032,91																					
Acometidas	24102,53	21.692,27																					
Reposiciones	40444,29	36.399,85																					
<b>CAPÍTULO 3 ZONA C</b>	<b>166728,53</b>	<b>150.055,71</b>																					
Excavaciones y rellenos	52050,12	46.845,17																					
Instalación de tubería	37986,06	34.187,45																					
Ejecución de registros	7577,04	6.819,33																					
Válvulas y piezas especiales	9201,10	8.280,99																					
Acometidas	9093,75	8.184,37																					
Reposiciones	50820,45	45.738,40																					
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>40028,14</b>	<b>36.025,32</b>																					
Varios	40028,14	36.025,32																					
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>488826,42</b>	<b>439.943,76</b>																					

Tabla 6: Cronograma real ejecutado



ZONAS DEL PROYECTO	P. ADJUDI.	P. PREVISTO	COSTES REALES								COSTE TOTAL
			MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
<b>CAPITULO 1 ZONA A</b>	<b>160331,45</b>	<b>144.298,28</b>	<b>1841,94</b>	<b>7018,77</b>	<b>12873,07</b>	<b>14590,91</b>	<b>12076,2</b>	<b>12873,07</b>	<b>45964,16</b>	<b>39069,49</b>	<b>146307,61</b>
M3 Excavación zanja y rellenos	15669,42	14.102,48	0	2843,76	3791,68	3791,68	3791,68	3791,68	3791,68	947,92	22750,08
Instalación de tubería	11772,13	10.594,91	0	2675,01	3566,68	3566,68	3566,68	3566,68	3566,68	891,67	21400,08
Ejecución de registros	8470,55	7.623,49	0	0	1593,74	2390,61	796,87	1593,74	1593,74	796,87	8765,57
Válvulas y piezas especiales	7204,80	6.484,32	1841,94	0	920,97	1841,94	920,97	920,97	0	920,97	7367,76
Acometidas	18858,62	16.972,75	0	1500	3000	3000	3000	3000	1500	0	15000
Reposiciones	98355,93	88.520,33	0	0	0	0	0	0	35512,06	35512,06	71024,12
<b>CAPITULO 2 ZONA B</b>	<b>121738,30</b>	<b>109.564,45</b>	<b>7346,9</b>	<b>13100,96</b>	<b>13100,96</b>	<b>11924,36</b>	<b>13100,96</b>	<b>13100,96</b>	<b>35876</b>	<b>13911,88</b>	<b>121462,98</b>
M3 Excavación zanja y rellenos	26634,42	23.970,98	3724,12	3724,12	3724,12	3724,12	3724,12	3724,12	3724,12	931,03	26999,87
Instalación de tubería	14585,22	13.126,70	3034,48	3034,48	3034,48	3034,48	3034,48	3034,48	3034,48	758,62	21999,98
Ejecución de registros	11490,83	10.341,74	0	2162,24	2162,24	2162,24	2162,24	2162,24	2162,24	540,56	13514
Válvulas y piezas especiales	4481,02	4.032,91	588,3	1176,6	1176,6	0	1176,6	1176,6	588,3	0	5883
Acometidas	24102,53	21.692,27	0	3003,52	3003,52	3003,52	3003,52	3003,52	3003,52	0	18021,12
Reposiciones	40444,29	36.399,85	0	0	0	0	0	0	23363,34	11681,67	35045,01
<b>CAPITULO 3 ZONA C</b>	<b>166728,53</b>	<b>150.055,71</b>	<b>17457,4</b>	<b>22266,3</b>	<b>16489,2</b>	<b>16489,1</b>	<b>20985,1</b>	<b>23547,5</b>	<b>43929,9</b>	<b>27114,5</b>	<b>188279</b>
Excavaciones y rellenos	52050,12	46.845,17	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	0	56000
Instalación de tubería	37986,06	34.187,45	4857,2	4857,1	4857,2	4857,1	4857,2	4857,2	4857,1	0	34000,1
Ejecución de registros	7577,04	6.819,33	2411,1	3214,9	0	0	3214,8	3214,9	3214,8	1607,4	16877,9
Válvulas y piezas especiales	9201,10	8.280,99	1281,1	2562,3	0	0	1281,1	3843,4	0	1281,1	10249
Acometidas	9093,75	8.184,37	908	3632	3632	3632	3632	3632	3632	0	22700
Reposiciones	50820,45	45.738,40	0	0	0	0	0	0	24226	24226	48452
<b>CAPITULO 4</b>	<b>40028,14</b>	<b>36.025,32</b>	<b>4322,4</b>	<b>4322,4</b>	<b>4322,4</b>	<b>4322,4</b>	<b>4322,4</b>	<b>4322,4</b>	<b>4322,4</b>	<b>4322,4</b>	<b>34579,2</b>
Varios	40028,14	36.025,32	4322,4	4322,4	4322,4	4322,4	4322,4	4322,4	4322,4	4322,4	34579,2
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>488826,42</b>	<b>439.943,76</b>	<b>30968,64</b>	<b>46708,43</b>	<b>46785,63</b>	<b>47326,77</b>	<b>50484,66</b>	<b>53843,93</b>	<b>130092,46</b>	<b>84418,27</b>	<b>490628,79</b>

Tabla 7: Costes reales





## 5.2.- Datos de la tabla del BCWS/CPTP

Una vez que hemos definido las tablas anteriores, donde se nos muestra el cronograma programado de cada una de las zonas y el cronograma real de ejecución que tuvo lugar una vez que terminó la obra, además del coste presupuestado de cada partida y el coste real, en este apartado y los siguientes vamos a determinar las variables principales para en puntos siguientes determinar los índices de las posibles desviaciones y con ello, establecer las acciones que deberían haberse tomado.

El BCWS se define como el coste presupuestado del trabajo planificado. Gracias a ello mediremos más adelante el rendimiento del proyecto. Aquí partimos del cronograma inicial planificado y del coste previsto por la empresa al realizar el estudio de la obra (439.943,78 €).

Las actividades en las que se ha englobado el proyecto (todas incluyen la mano de obra) son las de excavación y rellenos de zanjas en las que intervienen maquinaria, herramientas y suministro de aporte de material; También está la instalación de tuberías que incluye la propia tubería; Otra tarea es la ejecución de registros de hormigón, arquetas, armarios de contadores además las válvulas, codos, contadores y demás piezas necesarias tanto para las acometidas como para los nudos y arquetas. Dentro de las acometidas necesarias en la obra se incluyen además los by-pass necesarios para los cortes de agua. Dentro de reposiciones se incluyen las de las aceras y carreteras y por último en varios se incluyen los replanteos, colocación de casetas iniciales, las pruebas de presión, de calidad y seguridad.

Si queremos tener una información fiable en cada momento de la situación del proyecto a través del método del valor ganado, debemos realizar un buen planteamiento inicial de la planificación del proyecto y realizar a cada actividad que hayamos descrito en la planificación su coste asignado en el presupuesto, y ser riguroso en cada control y seguimiento de los avances y los costes, de tal forma que los índices de ejecución del método del valor ganado nos puedan dar la información real en la que se encuentra el proyecto.



ZONA A		BCWS							
TAREAS	COSTE PREVISTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
Excava.	14102,48	2014,64	4029,28	6043,92	8058,56	10073,20	12087,84	14102,48	14102,48
Tubería	10594,91	1513,56	3027,12	4540,68	6054,24	7567,80	9081,35	10594,91	10594,91
Registro	7623,49	0,00	1905,87	3811,75	5717,61	7623,49	7623,49	7623,49	7623,49
Válvula	6484,32	0,00	0,00	3242,16	3242,16	6484,32	6484,32	6484,32	6484,32
Acomet.	16972,75	0,00	3394,55	6789,10	10183,65	13578,20	16972,75	16972,75	16972,75
Reposi.	88520,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29506,78	88520,33
Varios	12008,44	1501,06	3002,11	4503,17	6004,22	7505,28	9006,33	10507,39	12008,44
<b>TOTAL</b>	<b>156306,72</b>	<b>5029,26</b>	<b>15358,93</b>	<b>28930,78</b>	<b>39260,44</b>	<b>52832,29</b>	<b>61256,08</b>	<b>95792,12</b>	<b>156306,72</b>

ZONA B		BCWS							
TAREAS	COSTE PREVISTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
Excava.	23970,98	3424,43	6848,85	10273,28	13697,7	17122,13	20546,56	23970,98	23970,98
Tubería	13126,7	1875,24	3750,49	5625,73	7500,97	9376,21	11251,46	13126,7	13126,7
Registro	10341,74	940,16	2820,48	4700,79	6581,11	8461,43	10341,74	10341,74	10341,74
Válvula	4032,91	0	1344,3	1344,3	1344,3	2688,61	4032,91	4032,91	4032,91
Acomet.	21692,27	1807,69	5423,07	9038,45	12653,83	16269,21	19884,59	21692,27	21692,27
Reposi.	36399,85	0	0	0	0	0	0	18199,93	36399,85
Varios	12008,44	1501,05	3002,11	4503,16	6004,22	7505,27	9006,33	10507,39	12008,44
<b>TOTAL</b>	<b>121572,89</b>	<b>9548,57</b>	<b>23189,3</b>	<b>35485,71</b>	<b>47782,13</b>	<b>61422,86</b>	<b>75063,59</b>	<b>101871,92</b>	<b>121572,89</b>

ZONA C		BCWS							
TAREAS	COSTE PREVISTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
Excava.	46845,17	6692,2	13384,36	20076,52	26768,68	33460,84	40153	46845,17	46845,17
Tubería	34187,45	4883,92	9767,84	14651,76	19535,68	24419,6	29303,53	34187,45	34187,45
Registro	6819,33	0	619,94	1859,82	3099,7	4339,58	5579,45	6819,33	6819,33
Válvula	8282,99	0	0	2070,25	2070,25	4140,5	6210,75	8280,99	8280,99
Acomet.	8184,37	0	0	1636,87	3273,75	4910,62	6547,5	8184,37	8184,37
Reposi.	45738,4	0	0	0	0	0	0	22869,2	45738,4
Varios	12008,44	1501,06	3002,11	4503,17	6004,22	7505,28	9006,33	10507,39	12008,44
<b>TOTAL</b>	<b>162066,15</b>	<b>13077,18</b>	<b>26774,25</b>	<b>44798,39</b>	<b>60752,28</b>	<b>78776,42</b>	<b>96800,56</b>	<b>137693,9</b>	<b>162064,15</b>

Tabla 8: Valores BCWS zona A, zona B y zona C



### 5.3.- Datos de la tabla del BCWP/CPTR

Este índice nos indica el coste presupuestado del trabajo realizado (BCWP), es decir, el coste presupuestado de las tareas que realmente se han avanzado o terminado para cada periodo.

Partimos del cronograma real pero con los datos del coste presupuestado.

ZONA A		BCWP							
TAREAS	COSTE PREVISTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
Excava.	14102,48	0,00	1762,81	4113,22	6463,63	8814,05	11164,46	13514,87	14102,48
Tubería	10594,91	0,00	1324,36	3090,18	4855,99	6621,81	8387,63	10153,44	10594,91
Registro	7623,49	0,00	0,00	1270,58	3176,45	4447,03	5717,61	6988,19	7623,49
Válvula	6484,32	1621,08	1621,08	2431,62	4052,70	4863,24	5673,78	5673,78	6484,32
Acomet.	16972,75	0,00	1697,27	5091,82	8486,37	11880,92	15275,47	16972,75	16972,75
Reposi.	88520,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44260,16	88520,33
Varios	12008,44	1501,05	3002,10	4503,16	6004,21	7505,26	9006,31	10507,36	12008,44
TOTAL	156306,72	3122,13	9407,63	20500,58	33039,36	44132,30	55225,25	108070,55	156306,72

ZONA B		BCWP							
TAREAS	COSTE PREVISTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
Excava.	23970,98	3306,34	6612,68	9919,02	13225,36	16531,70	19838,04	23144,38	23970,98
Tubería	13126,7	1810,58	3621,16	5431,74	7242,32	9052,90	10863,48	12674,06	13126,7
Registro	10341,74	0,00	1654,68	3309,36	4964,03	6618,71	8273,38	9928,06	10341,74
Válvula	4032,91	403,29	1209,87	2016,46	2016,46	2823,04	3629,62	4032,91	4032,91
Acomet.	21692,27	0,00	3615,38	7230,76	10846,13	14461,51	18076,88	21692,27	21692,27
Reposi.	36399,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24266,23	36399,85
Varios	12008,44	1501,05	3002,11	4503,16	6004,22	7505,27	9006,33	10507,39	12008,44
TOTAL	121572,89	7021,26	19715,88	32410,49	44298,52	56993,13	69687,74	106245,30	121572,89



ZONA C		BCWP							
TAREAS	COSTE PREVISTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
Excava.	46845,17	6692,20	13384,36	20076,52	26768,68	33460,84	40153,00	46845,17	46845,17
Tubería	34187,45	4883,92	9767,84	14651,76	19535,68	24419,60	29303,52	34187,45	34187,45
Registro	6819,33	974,19	2273,11	2273,11	2273,11	3572,03	4870,95	6169,87	6819,33
Válvula	8282,99	1035,37	3106,12	3106,12	3106,12	4141,49	7247,61	8280,99	8280,99
Acomet.	8184,37	327,38	1636,88	2946,38	4255,88	5565,38	6874,88	8184,37	8184,37
Reposi.	45738,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22869,20	45738,40
Varios	12008,44	1501,06	3002,11	4503,17	6004,22	7505,28	9006,33	10507,39	12008,44
TOTAL	162066,15	15414,11	33170,41	47557,05	61943,68	78664,61	97456,29	137044,44	162064,15

Tabla 9: Valores BCWP zona A, zona B y zona C

#### 5.4.- Datos de la tabla del ACWP/CRTR

Se trata del coste real del avance real en cualquier punto del proyecto.

ZONA A		ACWP							
TAREAS	COSTE PREVISTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
Excava.	14102,48	0,00	2843,76	6635,44	10427,12	14218,80	18010,48	21802,16	22750,08
Tubería	10594,91	0,00	2675,01	6241,69	9808,37	13375,05	16941,73	20508,41	21400,08
Registro	7623,49	0,00	0,00	1593,74	3984,35	4781,22	6374,96	7968,70	8765,57
Válvula	6484,32	1841,94	1841,94	2762,91	4604,85	5525,82	6446,79	6446,79	7367,76
Acomet.	16972,75	0,00	1500,00	4500,00	7500,00	10500,00	13500,00	15000,00	15000,00
Reposi.	88520,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35512,06	71024,12
Varios	12008,44	1440,80	2881,60	4322,40	5763,20	7204,00	8644,80	10085,60	11526,40
TOTAL	156306,72	3282,74	11742,31	26056,18	42087,89	55604,89	69918,76	117323,72	157834,01



ZONA B		ACWP							
TAREAS	COSTE PREVISTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
Excava.	23970,98	3724,12	7448,24	11172,36	14896,48	18620,60	22344,72	26068,84	26999,87
Tubería	13126,7	3034,48	6068,96	9103,44	12137,92	15172,40	18206,88	21241,36	21999,98
Registro	10341,74	0,00	2162,24	4324,48	6486,72	8648,96	10811,20	12973,44	13514,00
Válvula	4032,91	588,30	1764,90	2941,50	2941,50	4118,10	5294,70	5883,00	5883,00
Acomet.	21692,27	0,00	3003,52	6007,04	9010,56	12014,08	15017,60	18021,12	18021,12
Reposi.	36399,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23363,34	35045,01
Varios	12008,44	1440,80	2881,60	4322,40	5763,20	7204,00	8644,80	10085,60	11526,40
TOTAL	121572,89	8787,70	23329,46	37871,22	51236,38	65778,14	80319,90	117636,70	132989,38

ZONA C		ACWP							
TAREAS	COSTE PREVISTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
Excava.	46845,17	8000	16000	24000	32000	40000	48000	56000	56000
Tubería	34187,45	4857,2	9714,3	14571,5	19428,6	24285,8	29143	34000,1	34000,1
Registro	6819,33	2411,1	5626	5626	5626	8840,8	12055,7	15270,5	16877,9
Válvula	8282,99	1281,1	3843,4	3843,4	3843,4	5124,5	8967,9	8967,9	10249
Acomet.	8184,37	908	4540	8172	11804	15436	19068	22700	22700
Reposi.	45738,4	0	0	0	0	0	0	24226	48452
Varios	12008,44	1440,8	2881,6	4322,4	5763,2	7204	8644,8	10085,6	11526,4
TOTAL	162066,15	18898,2	42605,3	60535,2	78465,2	100891,1	125879,3	171250,1	199805,4

Tabla 10: Valores ACWP zona A, zona B y zona C

### 5.5.- Variables e índices del EVM

Una vez determinados los valores de los apartados anteriores de BCWS, BCWP y ACWP acumulados a lo largo de los meses, construimos la siguiente tabla donde se van a reflejar los valores que toman los factores Sv y Cv, así como los índices de ejecución a lo largo de los periodos de control en la vida del proyecto que van a ser en el mes de junio, agosto y noviembre, y se calculan la estimación a finalización en función de los anteriores índices. Posteriormente se crean las curvas del trabajo programado, del valor ganado y del coste real del trabajo que se ha realizado sobre un grafico de coste-tiempo, ya que trazándolas desde el inicio del proyecto vemos las evoluciones de las mismas.



Por otro lado, también se obtienen los valores de las variaciones de coste y de tiempo en cada control, así como los índices de desempeño o de ejecución que serán factores que nos indicarán la evolución del proyecto.

Todos los valores anteriores los obtendremos para cada zona y tarea del proyecto y después para el proyecto global.

### ZONA A POR TAREAS

TAREA EXCAVACIÓN VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BCWS	4029,28	8058,56	14102,48	14102,48
BCWP	1762,81	6463,63	13514,87	14102,48
ACWP	2843,76	10427,12	21802,16	22750,08
SV	-2266,47	-1594,93	-587,61	0,00
CV	-1080,95	-3963,49	-8287,29	-8647,60
%SV	-56,25	-19,79	-4,17	0,00
%CV	-61,32	-61,32	-61,32	-61,32
EAC <sub>CPI</sub>	22750,08	22750,10	22750,09	22750,08
CPI	0,62	0,62	0,62	0,62
SPI	0,44	0,80	0,96	1,00
SCI	0,27	0,50	0,59	0,62
0.5SPI+0.5CPI	0,53	0,71	0,79	0,81
0.2SPI+0.8CPI	0,58	0,66	0,69	0,70
TCPI <sub>BAC</sub>	1,10	2,08	-0,08	0,00
PC %	28,57	57,14	100,00	100,00
EAC <sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	22750,08	22750,10	22750,09	22750,08
EAC <sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	31048,72	19950,89	22415,32	22750,08
EAC <sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	48343,92	25790,86	22791,31	22750,08
EAC <sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	26183,69	21171,17	22546,81	22750,08
EAC <sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	23994,71	22065,93	22656,77	22750,08

Tabla 11: Valores e índices del EVM zona A excavación



TAREA TUBERÍA VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BCWS	3027,12	6054,24	10594,91	10594,91
BCWP	1324,36	4855,99	10153,44	10594,91
ACWP	2675,01	9808,37	20508,41	21400,08
SV	-1702,76	-1198,25	-441,47	0,00
CV	-1350,65	-4952,38	-10354,97	-10805,17
%SV	-56,25	-19,79	-4,17	0,00
%CV	-101,99	-101,98	-101,98	-101,98
EAC <sub>CPI</sub>	21400,14	21400,13	21400,11	21400,08
CPI	0,50	0,50	0,50	0,50
SPI	0,44	0,80	0,96	1,00
SCI	0,22	0,40	0,47	0,50
0.5SPI+0.5CPI	0,47	0,65	0,73	0,75
0.2SPI+0.8CPI	0,48	0,56	0,59	0,60
TCPI <sub>BAC</sub>	1,17	7,30	-0,04	0,00
PC %	28,57	57,14	100,00	100,00
EAC <sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	21400,14	21400,13	21400,11	21400,08
EAC <sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	23864,92	16963,41	20969,08	21400,08
EAC <sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	45475,47	24260,47	21438,88	21400,08
EAC <sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	22556,43	18656,76	21115,90	21400,08
EAC <sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	21846,13	20121,17	21259,55	21400,08

Tabla 12: Valores e índices del EVM zona A tubería

TAREA REGISTROS VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BCWS	1905,87	5717,61	7623,49	7623,49
BCWP	0	3176,45	6988,19	7623,49
ACWP	0	3984,35	7968,7	8765,57
SV	-1905,87	-2541,17	-635,30	0,00
CV	0,00	-807,90	-980,51	-1142,08
%SV	-100,00	-44,44	-8,33	0,00
%CV	-----	-25,43	-14,03	-14,98
EAC <sub>CPI</sub>	-----	9562,47	8693,15	8765,58
CPI	-----	0,80	0,88	0,87
SPI	0,00	0,56	0,92	1,00
SCI	-----	0,44	0,80	0,87
0.5SPI+0.5CPI	-----	0,68	0,90	0,93
0.2SPI+0.8CPI	-----	0,75	0,88	0,90
TCPI <sub>BAC</sub>	1,00	1,22	-1,84	0,00
PC %	25,00	75,00	100,00	100,00
EAC <sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	-----	9562,47	8693,15	8765,58



<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	11989,05	8661,77	8765,58
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	14024,97	8759,01	8765,58
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	10559,00	8677,11	8765,58
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	9922,49	8686,65	8765,58

Tabla 13: Valores e índices del EVM zona A registros

<b>TAREA VALVULERÍA VALORES ACUMULADOS</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 7</b>	<b>MES 8</b>
	<b>JUNIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>
<b>BCWS</b>	0	3242,16	6484,32	6484,32
<b>BCWP</b>	1621,08	4052,70	5673,78	6484,32
<b>ACWP</b>	1841,94	4604,85	6446,79	7367,76
<b>SV</b>	1621,08	810,54	-810,54	0,00
<b>CV</b>	-220,86	-552,15	-773,01	-883,44
<b>%SV</b>	-----	25,00	-12,50	0,00
<b>%CV</b>	-13,62	-13,62	-13,62	-13,62
<b>EAC<sub>CPI</sub></b>	7367,76	7367,76	7367,76	7367,76
<b>CPI</b>	0,88	0,88	0,88	0,88
<b>SPI</b>	-----	1,25	0,88	1,00
<b>SCI</b>	-----	1,10	0,77	0,88
<b>0.5SPI+0.5CPI</b>	-----	1,07	0,88	0,94
<b>0.2SPI+0.8CPI</b>	-----	0,95	0,88	0,90
<b>TCPI<sub>BAC</sub></b>	1,05	1,29	21,60	0,00
<b>PC %</b>	0,00	50,00	100,00	100,00
<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	7367,76	7367,76	7367,76	7367,76
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	6550,15	7373,12	7367,76
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	6815,18	7499,33	7367,76
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	6887,96	7370,43	7367,76
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	7153,52	7368,83	7367,76

Tabla 14: Valores e índices del EVM zona A valvulería

<b>TAREA ACOMETIDAS VALORES ACUMULADOS</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 7</b>	<b>MES 8</b>
	<b>JUNIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>
<b>BCWS</b>	3394,55	10183,65	16972,75	16972,75
<b>BCWP</b>	1697,27	8486,37	16972,75	16972,75
<b>ACWP</b>	1500	7500	15000	15000,00
<b>SV</b>	-1697,28	-1697,28	0,00	0,00
<b>CV</b>	197,27	986,37	1972,75	1972,75
<b>%SV</b>	-50,00	-16,67	0,00	0,00
<b>%CV</b>	11,62	11,62	11,62	11,62
<b>EAC<sub>CPI</sub></b>	15000,05	15000,02	15000,01	15000,01
<b>CPI</b>	1,13	1,13	1,13	1,13
<b>SPI</b>	0,50	0,83	1,00	1,00





<b>SCI</b>	0,57	0,94	1,13	1,13
<b>0.5SPI+0.5CPI</b>	0,82	0,98	1,07	1,07
<b>0.2SPI+0.8CPI</b>	1,01	1,07	1,11	1,11
<b>TCPI<sub>BAC</sub></b>	0,99	0,90	0,00	0,00
<b>PC %</b>	20,00	60,00	100,00	100,00
<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	15000,05	15000,02	15000,01	15000,01
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	32051,07	17683,67	15000,01	15000,01
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	28500,19	16500,03	15000,01	15000,01
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	20225,56	16138,21	15000,01	15000,01
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	16696,31	15417,30	15000,01	15000,01

Tabla 15: Valores e índices del EVM zona A acometidas

<b>TAREA REPOSICIONES VALORES ACUMULADOS</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 7</b>	<b>MES 8</b>
	<b>JUNIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>
<b>BCWS</b>	0	0	29506,78	88520,33
<b>BCWP</b>	0	0	44260,16	88520,33
<b>ACWP</b>	0	0	35512,06	71024,12
<b>SV</b>	0,00	0,00	14753,38	0,00
<b>CV</b>	0,00	0,00	8748,10	17496,21
<b>%SV</b>	-----	-----	50,00	0,00
<b>%CV</b>	-----	-----	19,77	19,77
<b>EAC<sub>CPI</sub></b>	-----	-----	71024,14	71024,13
<b>CPI</b>	-----	-----	1,25	1,25
<b>SPI</b>	-----	-----	1,50	1,00
<b>SCI</b>	-----	-----	1,87	1,25
<b>0.5SPI+0.5CPI</b>	-----	-----	1,37	1,12
<b>0.2SPI+0.8CPI</b>	-----	-----	1,30	1,20
<b>TCPI<sub>BAC</sub></b>	1,00	1,00	0,83	0,00
<b>PC %</b>	0,00	0,00	33,33	100,00
<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	-----	71024,14	71024,13
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	-----	65018,85	71024,13
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	-----	59186,78	71024,13
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	-----	67744,16	71024,13
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	-----	69635,17	71024,13

Tabla 16: Valores e índices del EVM zona A reposiciones

<b>TAREA VARIOS VALORES ACUMULADOS</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 7</b>	<b>MES 8</b>
	<b>JUNIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>
<b>BCWS</b>	3002,11	6004,22	10507,39	12008,44
<b>BCWP</b>	3002,10	6004,21	10507,36	12008,44
<b>ACWP</b>	2881,60	5763,20	10085,60	11526,40
<b>SV</b>	-0,01	-0,01	-0,03	0,00



<b>CV</b>	120,50	241,01	421,76	482,04
<b>%SV</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>%CV</b>	4,01	4,01	4,01	4,01
<b>EAC<sub>CPI</sub></b>	11526,32	11526,30	11526,31	11526,28
<b>CPI</b>	1,04	1,04	1,04	1,04
<b>SPI</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>SCI</b>	1,04	1,04	1,04	1,04
<b>0.5SPI+0.5CPI</b>	1,02	1,02	1,02	1,02
<b>0.2SPI+0.8CPI</b>	1,03	1,03	1,03	1,03
<b>TCPI<sub>BAC</sub></b>	0,99	0,96	0,78	0,00
<b>PC %</b>	25,00	50,00	87,50	100,00
<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11526,32	11526,30	11526,31	11526,28
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11887,85	11767,32	11586,56	11526,28
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11526,35	11526,31	11526,32	11526,28
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11703,38	11644,34	11555,82	11526,28
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11596,29	11572,95	11537,97	11526,28

Tabla 17: Valores e índices del EVM zona A varios

## ZONA B POR TAREAS

<b>TAREA EXCAVACIÓN VALORES ACUMULADOS</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 7</b>	<b>MES 8</b>
	<b>JUNIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>
<b>BCWS</b>	6848,85	13697,7	23970,98	23970,98
<b>BCWP</b>	6612,68	13225,36	23144,38	23970,98
<b>ACWP</b>	7448,24	14896,48	26068,84	26999,87
<b>SV</b>	-236,17	-472,34	-826,60	0,00
<b>CV</b>	-835,56	-1671,12	-2924,46	-3028,89
<b>%SV</b>	-3,45	-3,45	-3,45	0,00
<b>%CV</b>	-12,64	-12,64	-12,64	-12,64
<b>EAC<sub>CPI</sub></b>	26999,89	26999,89	26999,89	26999,87
<b>CPI</b>	0,89	0,89	0,89	0,89
<b>SPI</b>	0,97	0,97	0,97	1,00
<b>SCI</b>	0,86	0,86	0,86	0,89
<b>0.5SPI+0.5CPI</b>	0,93	0,93	0,93	0,94
<b>0.2SPI+0.8CPI</b>	0,90	0,90	0,90	0,91
<b>TCPI<sub>BAC</sub></b>	1,05	1,18	-0,39	0,00
<b>PC %</b>	28,57	57,14	100,00	100,00
<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	26999,89	26999,89	26999,89	26999,87
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	25426,49	26025,88	26924,96	26999,87
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	27698,17	27432,16	27033,14	26999,87
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	26180,21	26492,46	26960,85	26999,87
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	26663,55	26791,68	26983,87	26999,87

Tabla 18: Valores e índices del EVM zona B excavación



TAREA TUBERÍA VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BCWS	3750,49	7500,97	13126,70	13126,70
BCWP	3621,16	7242,32	12674,06	13126,70
ACWP	6068,96	12137,92	21241,36	21999,98
SV	-129,33	-258,65	-452,64	0,00
CV	-2447,80	-4895,60	-8567,30	-8873,28
%SV	-3,45	-3,45	-3,45	0,00
%CV	-67,60	-67,60	-67,60	-67,60
EAC <sub>CPI</sub>	21999,97	21999,97	21999,97	21999,98
CPI	0,60	0,60	0,60	0,60
SPI	0,97	0,97	0,97	1,00
SCI	0,58	0,58	0,58	0,60
0.5SPI+0.5CPI	0,78	0,78	0,78	0,80
0.2SPI+0.8CPI	0,67	0,67	0,67	0,68
TCPI <sub>BAC</sub>	1,35	5,95	-0,06	0,00
PC %	28,57	57,14	100,00	100,00
EAC <sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	21999,97	21999,97	21999,97	21999,98
EAC <sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	15913,99	18232,45	21710,17	21999,98
EAC <sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	22568,95	22352,18	22027,06	21999,98
EAC <sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	18238,50	19671,44	21820,86	21999,98
EAC <sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	20247,05	20914,83	21916,50	21999,98

Tabla 19: Valores e índices del EVM zona B tubería

TAREA REGISTROS VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BCWS	2820,48	6581,11	10341,74	10341,74
BCWP	1654,68	4964,03	9928,06	10341,74
ACWP	2162,24	6486,72	12973,44	13514,00
SV	-1165,80	-1617,08	-413,68	0,00
CV	-507,56	-1522,69	-3045,38	-3172,26
%SV	-41,33	-24,57	-4,00	0,00
%CV	-30,67	-30,67	-30,67	-30,67
EAC <sub>CPI</sub>	13513,99	13514,01	13514,01	13514,00
CPI	0,77	0,77	0,77	0,77
SPI	0,59	0,75	0,96	1,00
SCI	0,45	0,58	0,73	0,77
0.5SPI+0.5CPI	0,68	0,76	0,86	0,88
0.2SPI+0.8CPI	0,73	0,76	0,80	0,81
TCPI <sub>BAC</sub>	1,06	1,39	-0,16	0,00
PC %	27,27	63,64	100,00	100,00



<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	13513,99	13514,01	13514,01	13514,00
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	16969,74	13616,27	13404,36	13514,00
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	21511,83	15803,22	13536,54	13514,00
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	15013,60	13564,77	13453,00	13514,00
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	14069,78	13534,23	13487,83	13514,00

Tabla 20: Valores e índices del EVM zona B registros

TAREA VALVULERÍA VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<b>BCWS</b>	1344,3	1344,3	4032,91	4032,91
<b>BCWP</b>	1209,87	2016,46	4032,91	4032,91
<b>ACWP</b>	1764,9	2941,5	5883	5883
<b>SV</b>	-134,43	672,16	0,00	0,00
<b>CV</b>	-555,03	-925,04	-1850,09	-1850,09
<b>%SV</b>	-10,00	50,00	0,00	0,00
<b>%CV</b>	-45,88	-45,87	-45,87	-45,87
<b>EAC<sub>CPI</sub></b>	5883,01	5882,99	5883,00	5883,00
<b>CPI</b>	0,69	0,69	0,69	0,69
<b>SPI</b>	0,90	1,50	1,00	1,00
<b>SCI</b>	0,62	1,03	0,69	0,69
<b>0.5SPI+0.5CPI</b>	0,79	1,09	0,84	0,84
<b>0.2SPI+0.8CPI</b>	0,73	0,85	0,75	0,75
<b>TCPI<sub>BAC</sub></b>	1,24	1,85	0,00	0,00
<b>PC %</b>	33,33	33,33	100,00	100,00
<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	5883,01	5882,99	5883,00	5883,00
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	4901,61	4285,79	5883,00	5883,00
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	6340,58	4902,48	5883,00	5883,00
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	5325,93	4786,77	5883,00	5883,00
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	5640,50	5318,22	5883,00	5883,00

Tabla 21: Valores e índices del EVM zona B valvulería

TAREA ACOMETIDAS VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<b>BCWS</b>	5423,07	12653,83	21692,27	21692,27
<b>BCWP</b>	3615,38	10846,13	21692,27	21692,27
<b>ACWP</b>	3003,52	9010,56	18021,12	18021,12
<b>SV</b>	-1807,69	-1807,70	-0,01	0,00
<b>CV</b>	611,86	1835,57	3671,14	3671,15
<b>%SV</b>	-33,33	-14,29	0,00	0,00
<b>%CV</b>	16,92	16,92	16,92	16,92
<b>EAC<sub>CPI</sub></b>	18021,11	18021,13	18021,13	18021,12
<b>CPI</b>	1,20	1,20	1,20	1,20



<b>SPI</b>	0,67	0,86	1,00	1,00
<b>SCI</b>	0,80	1,03	1,20	1,20
<b>0.5SPI+0.5CPI</b>	0,94	1,03	1,10	1,10
<b>0.2SPI+0.8CPI</b>	1,10	1,13	1,16	1,16
<b>TCPI<sub>BAC</sub></b>	0,97	0,86	0,00	0,00
<b>PC %</b>	25,00	58,33	100,00	100,00
<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	18021,11	18021,13	18021,13	18021,12
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	30118,86	21664,40	18021,13	18021,12
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	25529,91	19522,90	18021,13	18021,12
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	22333,15	19536,42	18021,13	18021,12
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	19492,45	18571,69	18021,13	18021,12

Tabla 22: Valores e índices del EVM zona B acometidas

TAREA REPOSICIONES VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<b>BCWS</b>	0	0	18199,93	36399,85
<b>BCWP</b>	0	0	24266,23	36399,85
<b>ACWP</b>	0	0	23363,34	35045,01
<b>SV</b>	0,00	0,00	6066,30	0,00
<b>CV</b>	0,00	0,00	902,89	1354,84
<b>%SV</b>	----	----	33,33	0,00
<b>%CV</b>	----	----	3,72	3,72
<b>EAC<sub>CPI</sub></b>	----	----	35045,01	35044,53
<b>CPI</b>	----	----	1,04	1,04
<b>SPI</b>	----	----	1,33	1,00
<b>SCI</b>	----	----	1,38	1,04
<b>0.5SPI+0.5CPI</b>	----	----	1,19	1,02
<b>0.2SPI+0.8CPI</b>	----	----	1,10	1,03
<b>TCPI<sub>BAC</sub></b>	1,00	1,00	0,93	0,00
<b>PC %</b>	0,00	0,00	50,00	100,00
<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	----	----	35045,01	35044,53
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	----	----	32463,31	35044,51
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	----	----	32124,72	35044,53
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	----	----	33593,80	35044,52
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	----	----	34417,78	35044,53

Tabla 23: Valores e índices del EVM zona B reposiciones

TAREA VARIOS VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<b>BCWS</b>	3002,11	6004,22	10507,39	12008,44
<b>BCWP</b>	3002,11	6004,22	10507,39	12008,44
<b>ACWP</b>	2881,60	5763,20	10085,60	11526,40



<b>SV</b>	0,03	0,00	0,00	0,00
<b>CV</b>	120,51	241,02	421,79	482,04
<b>%SV</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>%CV</b>	4,01	4,01	4,01	4,01
<b>EAC<sub>CPI</sub></b>	11526,40	11526,40	11526,39	11526,40
<b>CPI</b>	1,04	1,04	1,04	1,04
<b>SPI</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>SCI</b>	1,04	1,04	1,04	1,04
<b>0.5SPI+0.5CPI</b>	1,02	1,02	1,02	1,02
<b>0.2SPI+0.8CPI</b>	1,03	1,03	1,03	1,03
<b>TCPI<sub>BAC</sub></b>	0,99	0,96	0,78	0,00
<b>PC %</b>	25,00	50,00	87,50	100,00
<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11526,40	11526,40	11526,39	11526,40
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11887,84	11767,42	11586,65	11526,40
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11526,31	11526,40	11526,39	11526,40
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11703,42	11644,44	11555,91	11526,40
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11596,35	11573,04	11538,06	11526,40

Tabla 24: Valores e índices del EVM zona B varios

### ZONA C POR TAREAS

<b>TAREA EXCAVACIÓN VALORES ACUMULADOS</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 7</b>	<b>MES 8</b>
	<b>JUNIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>
<b>BCWS</b>	13384,36	26768,68	46845,17	46845,17
<b>BCWP</b>	13384,36	26768,68	46845,17	46845,17
<b>ACWP</b>	16000	32000	56000	56000
<b>SV</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>CV</b>	-2615,64	-5231,32	-9154,83	-9154,83
<b>%SV</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>%CV</b>	-19,54	-19,54	-19,54	-19,54
<b>EAC<sub>CPI</sub></b>	55999,89	55999,98	56000,00	56000,00
<b>CPI</b>	0,84	0,84	0,84	0,84
<b>SPI</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>SCI</b>	0,84	0,84	0,84	0,84
<b>0.5SPI+0.5CPI</b>	0,92	0,92	0,92	0,92
<b>0.2SPI+0.8CPI</b>	0,87	0,87	0,87	0,87
<b>TCPI<sub>BAC</sub></b>	1,08	1,35	0,00	0,00
<b>PC %</b>	28,57	57,14	100,00	100,00
<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	55999,89	55999,98	56000,00	56000,00
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	49460,81	52076,49	56000,00	56000,00
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	55999,89	55999,98	56000,00	56000,00
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	52439,31	53863,61	56000,00	56000,00
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	54495,30	55097,21	56000,00	56000,00

Tabla 25: Valores e índices del EVM zona C excavación



TAREA TUBERÍA VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BCWS	9767,84	19535,68	34187,45	34187,45
BCWP	9767,84	19535,68	34187,45	34187,45
ACWP	9714,3	19428,6	34000,1	34000,1
SV	0,00	0,00	0,00	0,00
CV	53,54	107,08	187,35	187,35
%SV	0,00	0,00	0,00	0,00
%CV	0,55	0,55	0,55	0,55
EAC <sub>CPI</sub>	34000,06	34000,06	34000,10	34000,10
CPI	1,01	1,01	1,01	1,01
SPI	1,00	1,00	1,00	1,00
SCI	1,01	1,01	1,01	1,01
0.5SPI+0.5CPI	1,00	1,00	1,00	1,00
0.2SPI+0.8CPI	1,00	1,00	1,00	1,00
TCPI <sub>BAC</sub>	1,00	0,99	0,00	0,00
PC %	28,57	57,14	100,00	100,00
EAC <sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	34000,06	34000,06	34000,10	34000,10
EAC <sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	34133,91	34080,37	34000,10	34000,10
EAC <sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	34000,06	34000,06	34000,10	34000,10
EAC <sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	34066,80	34040,10	34000,10	34000,10
EAC <sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	34026,71	34016,05	34000,10	34000,10

Tabla 26: Valores e índices del EVM zona C tubería

TAREA REGISTROS VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BCWS	619,94	3099,7	6819,33	6819,33
BCWP	2273,11	2273,11	6169,87	6819,33
ACWP	5626	5626	15270,5	16877,9
SV	1653,17	-826,59	-649,46	0,00
CV	-3352,89	-3352,89	-9100,63	-10058,57
%SV	266,67	-26,67	-9,52	0,00
%CV	-147,50	-147,50	-147,50	-147,50
EAC <sub>CPI</sub>	16878,00	16878,00	16877,92	16877,90
CPI	0,40	0,40	0,40	0,40
SPI	3,67	0,73	0,90	1,00
SCI	1,48	0,30	0,37	0,40
0.5SPI+0.5CPI	2,04	0,57	0,65	0,70
0.2SPI+0.8CPI	1,06	0,47	0,50	0,52
TCPI <sub>BAC</sub>	3,81	3,81	-0,08	0,00
PC %	9,09	45,45	100,00	100,00



<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	16878,00	16878,00	16877,92	16877,90
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	6865,88	11825,40	15988,32	16877,90
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	8694,73	20969,66	17047,12	16877,90
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	7859,63	13620,28	16262,95	16877,90
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	9928,84	15300,95	16558,64	16877,90

Tabla 27: Valores e índices del EVM zona C registros

TAREA VALVULERÍA VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<b>BCWS</b>	0	2070,25	8280,99	8280,99
<b>BCWP</b>	3106,12	3106,12	8280,99	8280,99
<b>ACWP</b>	3843,4	3843,4	8967,9	10249
<b>SV</b>	3106,12	1035,87	0,00	0,00
<b>CV</b>	-737,28	-737,28	-686,91	-1968,01
<b>%SV</b>	-----	50,04	0,00	0,00
<b>%CV</b>	-23,74	-23,74	-8,30	-23,77
<b>EAC<sub>CPI</sub></b>	10249,07	10249,07	8970,07	10251,48
<b>CPI</b>	0,81	0,81	0,92	0,81
<b>SPI</b>	-----	1,50	1,00	1,00
<b>SCI</b>	-----	1,21	0,92	0,81
<b>0.5SPI+0.5CPI</b>	-----	1,15	0,96	0,90
<b>0.2SPI+0.8CPI</b>	-----	0,95	0,94	0,85
<b>TCPI<sub>BAC</sub></b>	1,17	1,17	0,00	0,00
<b>PC %</b>	0,00	24,99	99,98	99,98
<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	10249,07	10249,07	8970,07	10251,48
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	7293,82	8969,90	10251,00
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	8112,82	8970,07	10251,48
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	8328,39	8969,98	10251,21
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	9312,26	8970,03	10251,36

Tabla 28: Valores e índices del EVM zona C valvulería





TAREA ACOMETIDAS VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BCWS	0	3273,75	8184,37	8184,37
BCWP	1636,88	4255,88	8184,37	8184,37
ACWP	4540	11804	22700	22700
SV	1636,88	982,13	0,00	0,00
CV	-2903,12	-7548,12	-14515,63	-14515,63
%SV	-----	30,00	0,00	0,00
%CV	-177,36	-177,36	-177,36	-177,36
EAC <sub>CPI</sub>	22699,92	22699,96	22700,00	22700,00
CPI	0,36	0,36	0,36	0,36
SPI	-----	1,30	1,00	1,00
SCI	-----	0,47	0,36	0,36
0.5SPI+0.5CPI	-----	0,83	0,68	0,68
0.2SPI+0.8CPI	-----	0,55	0,49	0,49
TCPI <sub>BAC</sub>	1,80	-1,09	0,00	0,00
PC %	0,00	40,00	100,00	100,00
EAC <sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	22699,92	22699,96	22700,00	22700,00
EAC <sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	-----	14825,91	22700,00	22700,00
EAC <sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	-----	20185,50	22700,00	22700,00
EAC <sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	-----	16535,56	22700,00	22700,00
EAC <sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL	-----	18967,07	22700,00	22700,00

Tabla 29: Valores e índices del EVM zona C acumulados

TAREA REPOSICIONES VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BCWS	0	0	22869,20	45738,4
BCWP	0	0	22869,20	45738,4
ACWP	0	0	24226	48452
SV	0,00	0,00	12361,92	0,00
CV	0,00	0,00	-1356,80	-2713,60
%SV	-----	-----	117,65	0,00
%CV	-----	-----	-5,93	-5,93
EAC <sub>CPI</sub>	-----	-----	48452,00	48452,00
CPI	-----	-----	0,94	0,94
SPI	-----	-----	2,18	1,00
SCI	-----	-----	2,05	0,94
0.5SPI+0.5CPI	-----	-----	1,56	0,97
0.2SPI+0.8CPI	-----	-----	1,19	0,96
TCPI <sub>BAC</sub>	1,00	1,00	1,06	0,00
PC %	0,00	0,00	22,97	100,00



<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	-----	48452,00	48452,00
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	-----	34733,28	48452,00
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	-----	35356,66	48452,00
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	-----	38883,38	48452,00
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	-----	-----	43435,79	48452,00

Tabla 30: Valores e índices del EVM zona C reposiciones

<b>TAREA VARIOS VALORES ACUMULADOS</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 7</b>	<b>MES 8</b>
	<b>JUNIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>
<b>BCWS</b>	3002,11	6004,22	10507,39	12008,44
<b>BCWP</b>	3002,11	6004,22	10507,39	12008,44
<b>ACWP</b>	2881,6	5763,2	10085,6	11526,4
<b>SV</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>CV</b>	120,51	241,02	421,79	482,04
<b>%SV</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>%CV</b>	4,01	4,01	4,01	4,01
<b>EAC<sub>CPI</sub></b>	11526,40	11526,40	11526,39	11526,40
<b>CPI</b>	1,04	1,04	1,04	1,04
<b>SPI</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>SCI</b>	1,04	1,04	1,04	1,04
<b>0.5SPI+0.5CPI</b>	1,02	1,02	1,02	1,02
<b>0.2SPI+0.8CPI</b>	1,03	1,03	1,03	1,03
<b>TCPI<sub>BAC</sub></b>	0,99	0,96	0,78	0,00
<b>PC %</b>	25,00	50,00	87,50	100,00
<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11526,40	11526,40	11526,39	11526,40
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11887,93	11767,42	11586,65	11526,40
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11526,40	11526,40	11526,39	11526,40
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11703,46	11644,44	11555,91	11526,40
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	11596,37	11573,04	11538,06	11526,40

Tabla 31: Valores e índices del EVM zona C varios



## VALORES PARA EL PROYECTO GLOBAL

TAREA VARIOS VALORES ACUMULADOS	MES 2	MES 4	MES 7	MES 8
	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<b>BCWS</b>	65322,48	147794,85	335357,94	439943,76
<b>BCWP</b>	62293,92	139281,56	351360,29	439943,76
<b>ACWP</b>	77677,07	171789,47	406210,52	490628,79
<b>SV</b>	-3028,56	-8513,29	16002,35	0,00
<b>CV</b>	-15383,15	-32507,91	-54850,23	-50685,03
<b>%SV</b>	-4,64	-5,76	4,77	0,00
<b>%CV</b>	-24,69	-23,34	-15,61	-11,52
<b>EAC<sub>CPI</sub></b>	548585,52	542625,35	508622,60	490628,79
<b>CPI</b>	0,80	0,81	0,86	0,90
<b>SPI</b>	0,95	0,94	1,05	1,00
<b>SCI</b>	0,76	0,76	0,91	0,90
<b>0.5SPI+0.5CPI</b>	0,88	0,88	0,96	0,95
<b>0.2SPI+0.8CPI</b>	0,83	0,84	0,90	0,92
<b>TCPI<sub>BAC</sub></b>	1,04	1,12	2,63	0,00
<b>PC %</b>	14,85	33,59	76,23	100,00
<b>EAC<sub>CPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	548585,52	542625,35	508622,60	490628,79
<b>EAC<sub>SPI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	473687,21	490829,01	490759,55	490628,79
<b>EAC<sub>SCI</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	571479,80	565291,91	503958,34	490628,79
<b>EAC<sub>IC 1</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	507900,91	514782,73	498837,72	490628,79
<b>EAC<sub>IC 2</sub> VALOR ESTIMACIÓN FINAL</b>	531421,95	530962,93	504470,63	490628,79

Tabla 32: Valores e índices del EVM global



## 6.- ANÁLISIS DEL MÉTODO DE VALOR GANADO

### 6.1.- Gráficas zona A

Partimos de los datos obtenidos en las tablas anteriores de BCWS, BCWP y ACWP además de los valores acumulados a lo largo del proyecto y de los índices de ejecución junto con las variaciones de costes y planificación, para las distintas tareas de la zona A de trabajo, como son la excavación de las zanjas y pozos necesarios junto con el relleno mediante material aportado; la instalación de los distintos diámetros de tubería tanto de fundición como de polietileno, además de las distintas piezas necesarias para la unión de los tramos; los registros y nudos necesarios además de la valvulería, contadores, casetas, etc.; Las distintas acometidas para los edificios y casas de la zona; la reposición de aceras, jardines y firmes de carreteras y todo ello incluyendo la supervisión de la ejecución de la obra, seguridad y el control de calidad.

Con todos estos valores, se elaboran las gráficas siguientes: por un lado la gráfica con las curvas del trabajo programado, del valor ganado y del coste real del trabajo que se ha realizado sobre un gráfico de coste-tiempo. Al trazarlas desde el inicio del trabajo se puede ver la evolución del mismo y valorar cómo evolucionan los trabajos de ejecución del proyecto en esta zona.

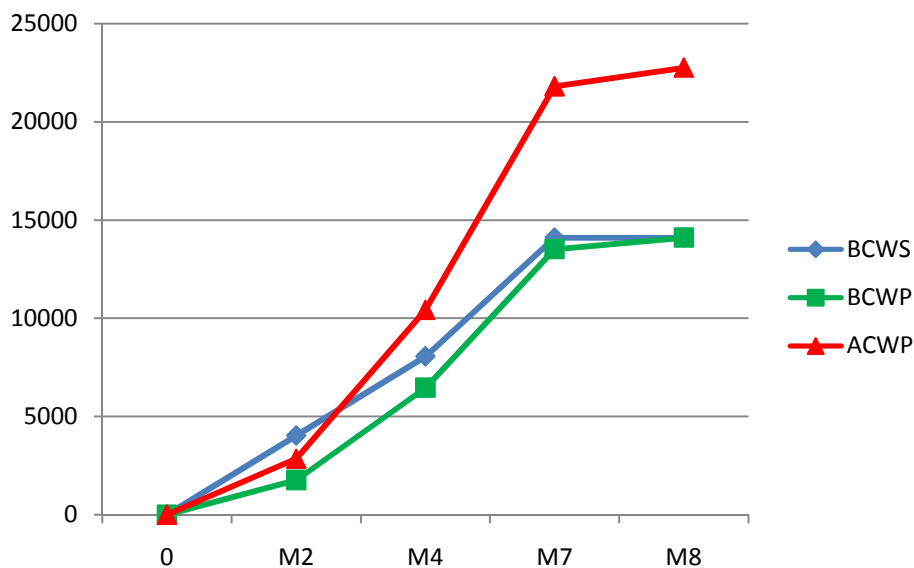


Fig 17: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona A excavación. Elaboración propia

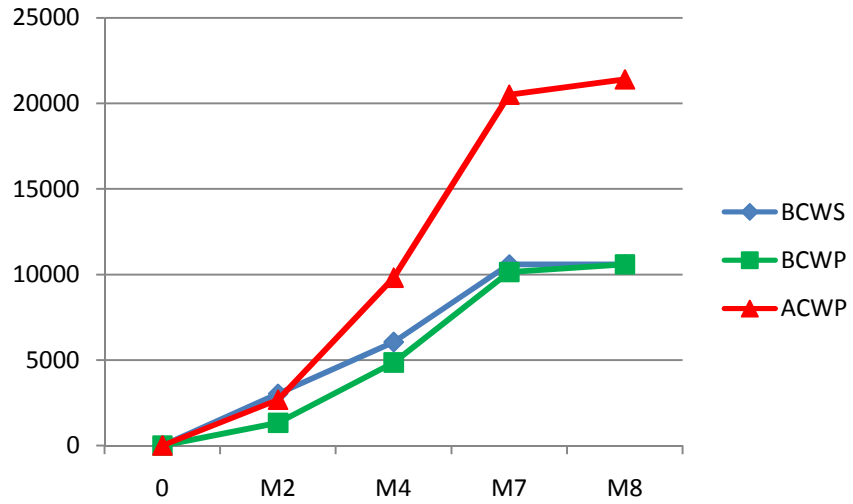


Fig 18: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona A tubería Elaboración propia

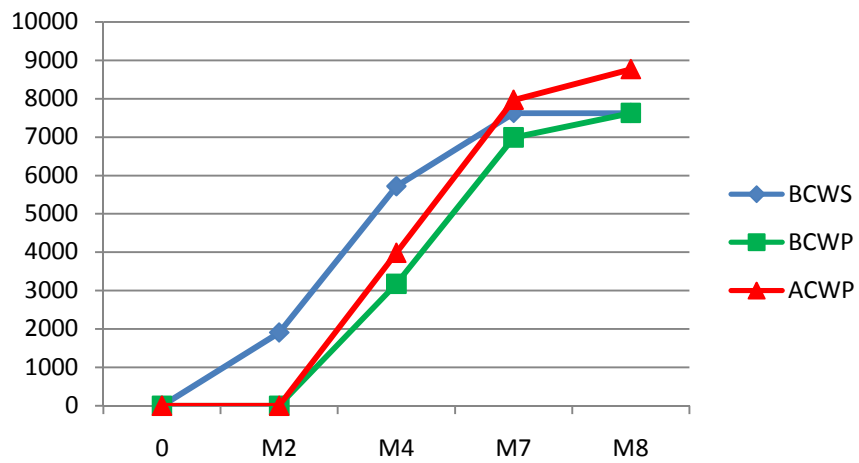


Fig 19: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona A registros Elaboración propia

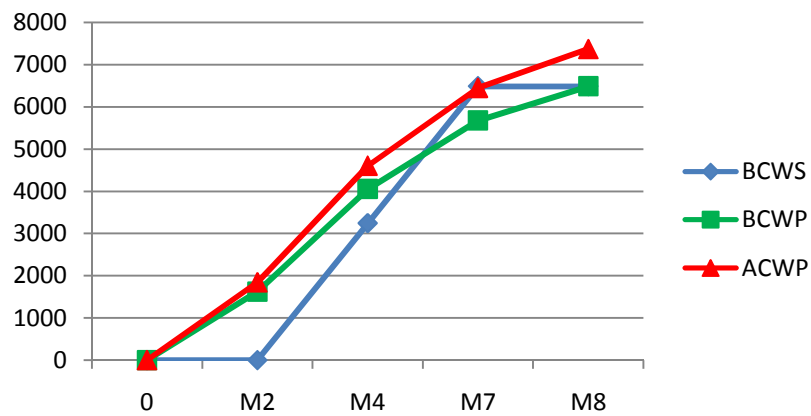


Fig 20: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona A valvulería Elaboración propia

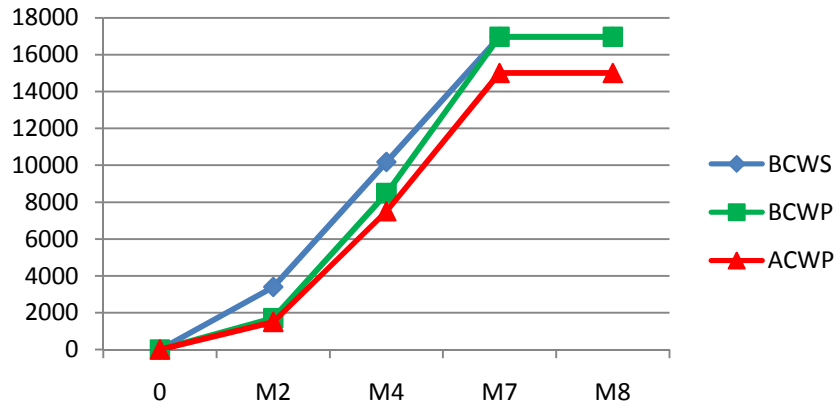


Fig 21: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona A acometidas Elaboración propia

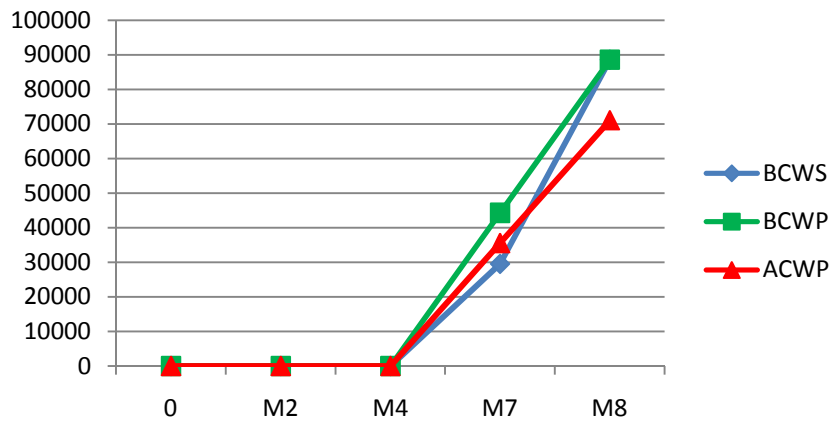


Fig 22: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona A reposiciones Elaboración propia

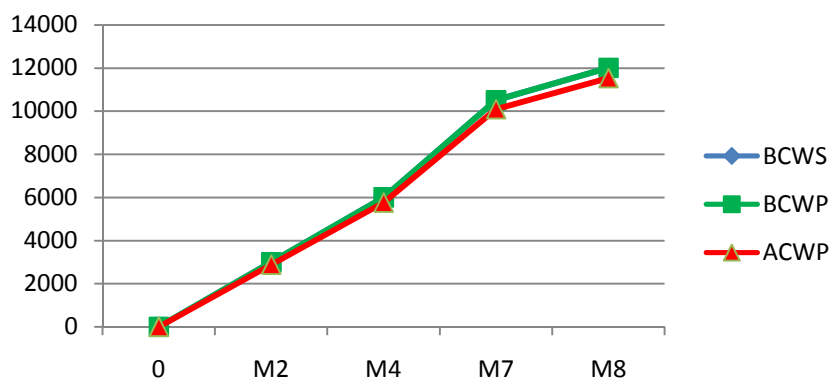


Fig 23: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona A varios Elaboración propia



Para poder observar si vamos adelantados o retrasados en la planificación que habíamos determinado al principio del proyecto, o si el coste está por encima o por debajo de lo planeado, realizamos las graficas que representan las curvas de las variaciones, es decir, las curvas que representan CV y SV.

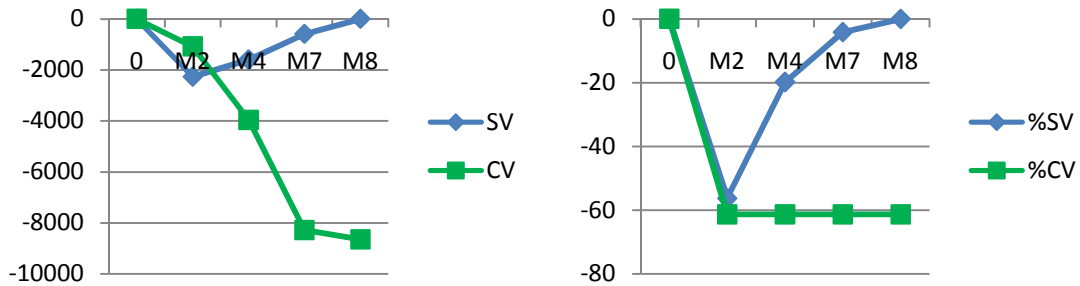


Fig 24: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A excavación Elaboración propia

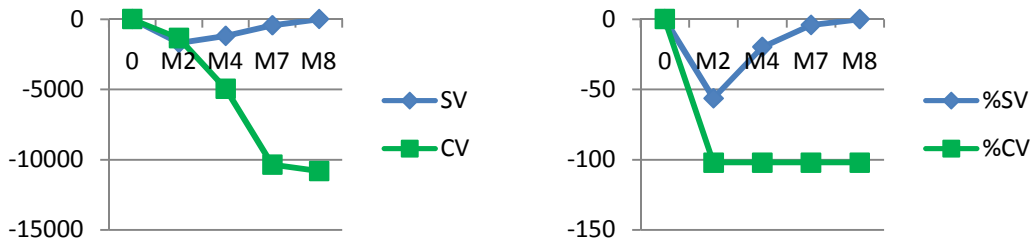


Fig 25: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A tubería Elaboración propia

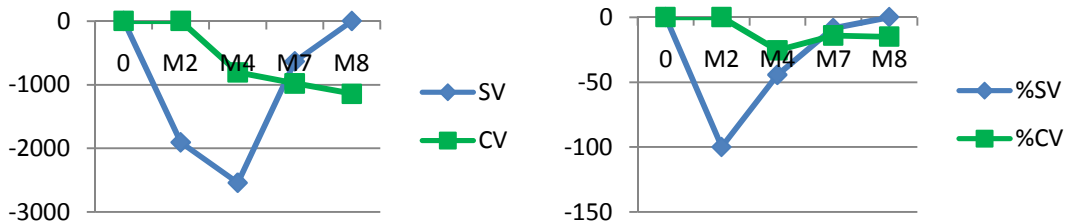


Fig 26: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A registros Elaboración propia

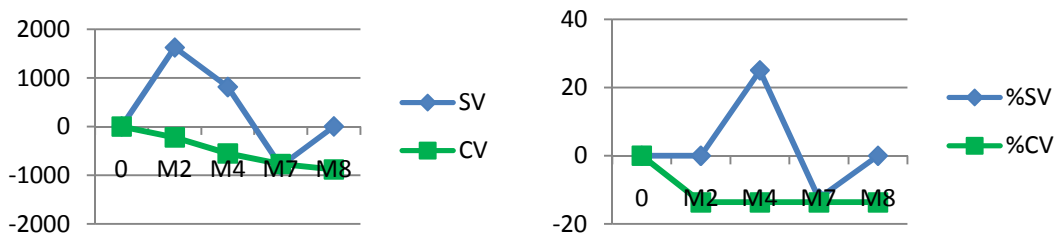


Fig 27: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A valvulería Elaboración propia

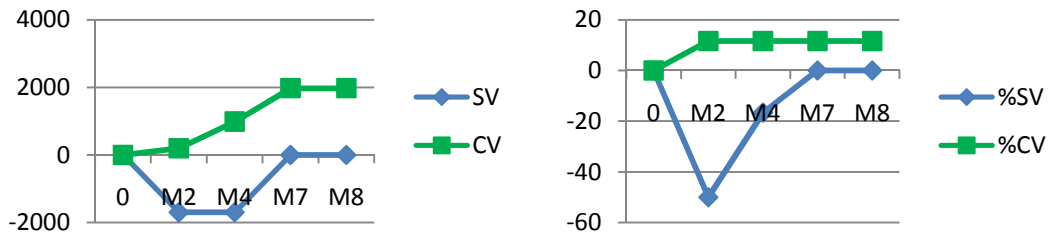


Fig 28: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A acometidas Elaboración propia

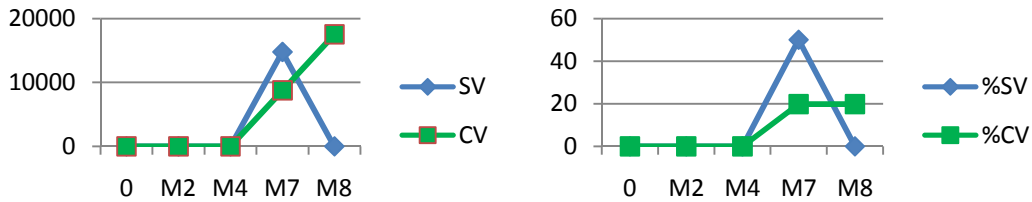


Fig 29: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A reposiciones Elaboración propia

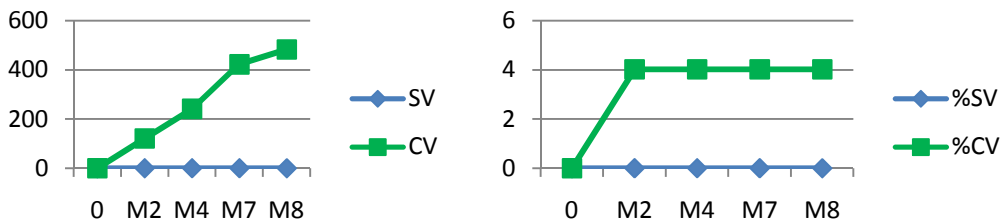


Fig 30: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A varios Elaboración propia

Por último realizamos las gráficas para cada una de las tareas de la zona A que representan las curvas de los índices de desempeño o ejecución que nos indican la forma en la cual se está desarrollando dicha zona del proyecto, y así poder tomar en caso de ser necesario, las medidas para corregir o reconducir la marcha del proyecto, por producirse variaciones sobre los objetivos marcados.

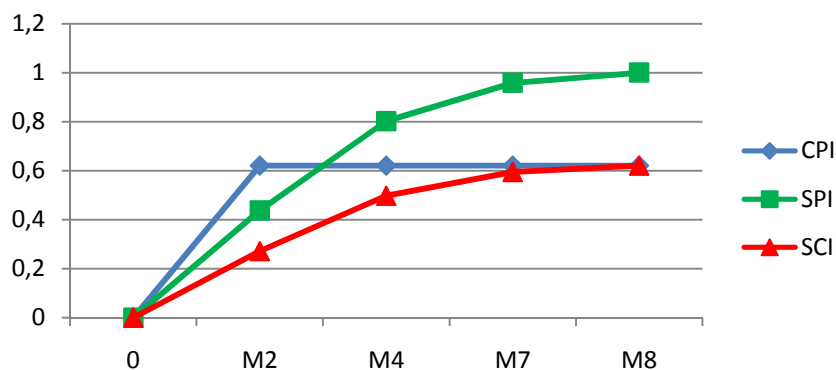


Fig 31: Gráfica SPI, CPI, SCI zona A excavación Elaboración propia



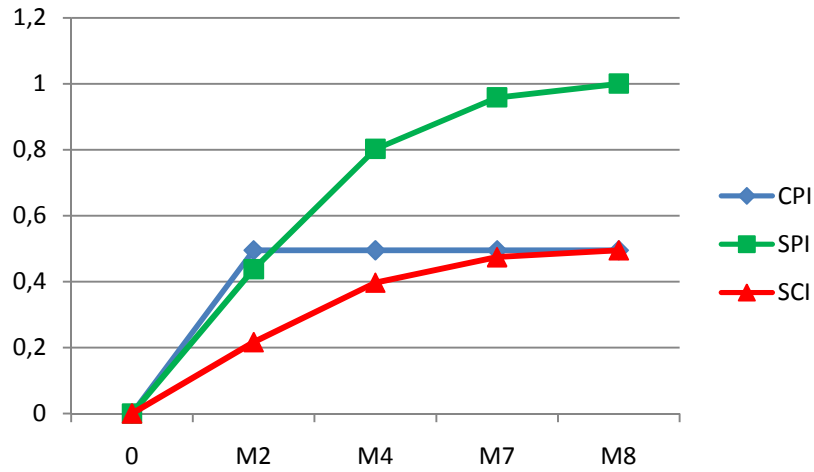


Fig 32: Gráfica SPI, CPI, SCI zona A tubería Elaboración propia

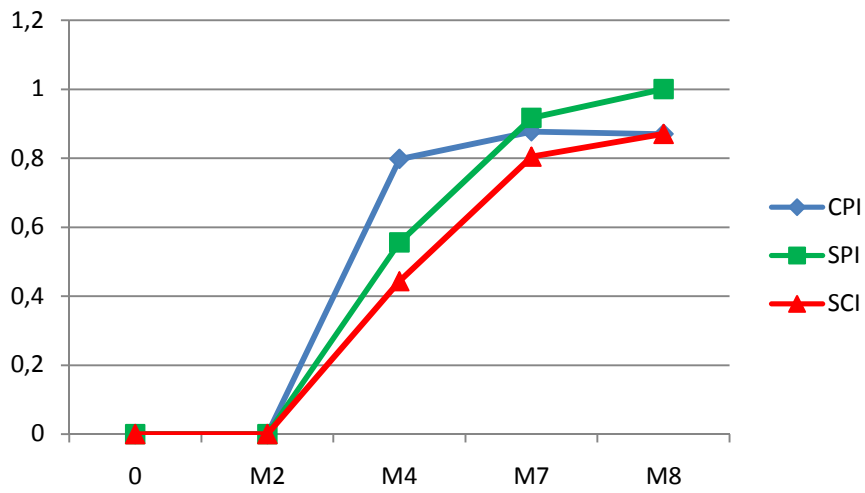


Fig 33: Gráfica SPI, CPI, SCI zona A registros Elaboración propia

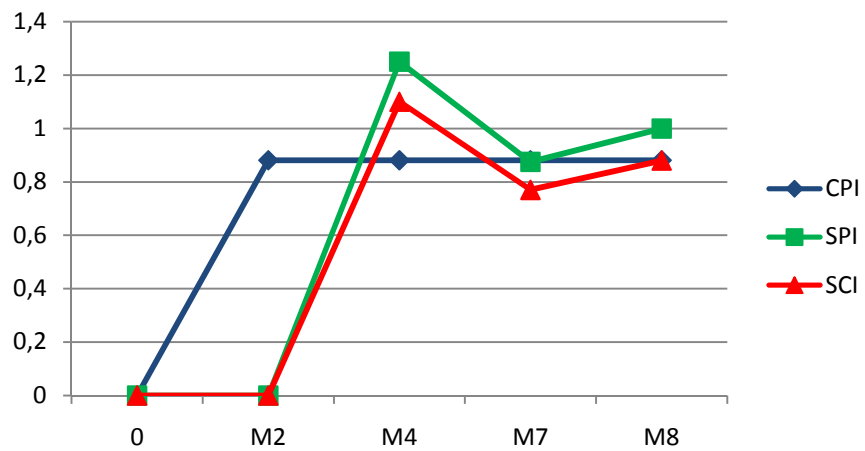


Fig 34: Gráfica SPI, CPI, SCI zona A valvulería Elaboración propia

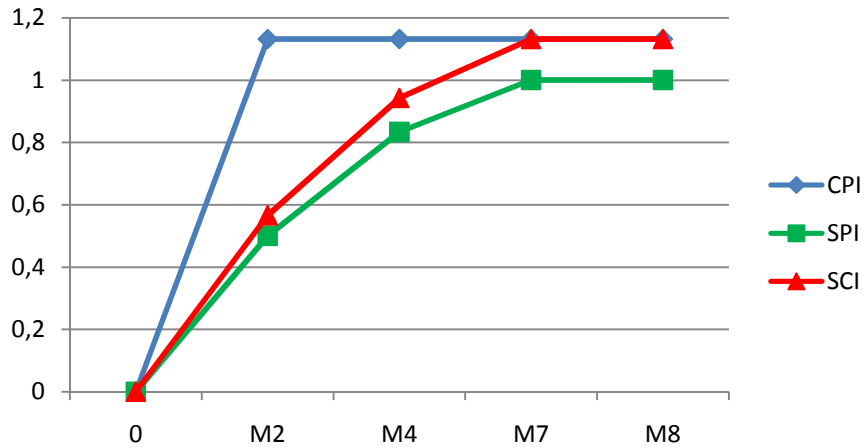


Fig 35: Gráfica SPI, CPI, SCI zona A acometidas Elaboración propia

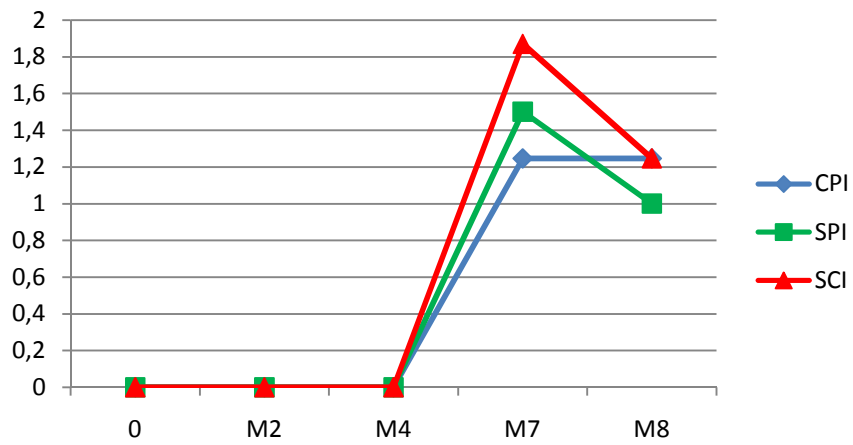


Fig 36: Gráfica SPI, CPI, SCI zona A reposiciones Elaboración propia

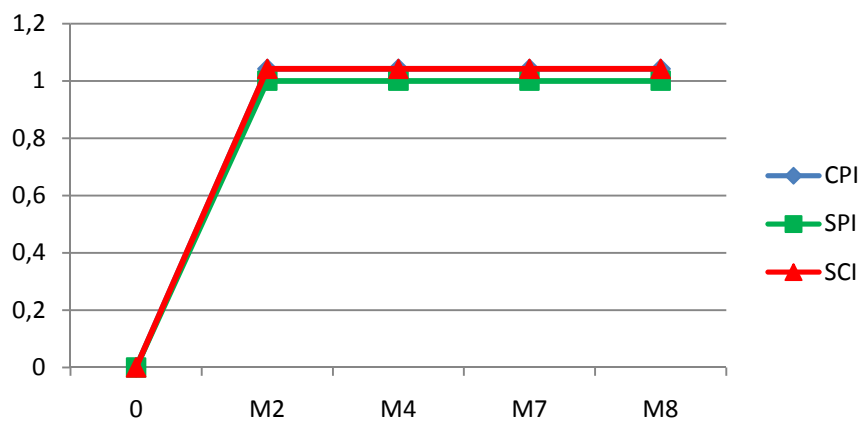


Fig 37: Gráfica SPI, CPI, SCI zona A varios Elaboración propia

En el apartado 7 se realizará la interpretación de los resultados basándonos en estas gráficas aquí indicadas y en los valores límite definidos en el método.



### 6.2.- Gráficas zona B

Al igual que el apartado 6.1. partimos de los datos obtenidos en las tablas de BCWS, BCWP y ACWP para las tareas de trabajo de la zona B del proyecto, además de los valores acumulados a lo largo del proyecto y de los índices de ejecución junto con las variaciones de costes y planificación.

Con todos estos valores, se elaboran las gráficas siguientes: por un lado la gráfica con las curvas del trabajo programado, del valor ganado y del coste real del trabajo que se ha realizado sobre un gráfico de coste-tiempo. Al trazarlas desde el inicio del trabajo se puede ver la evolución del mismo y valorar cómo evolucionan los trabajos de ejecución del proyecto en esta zona.

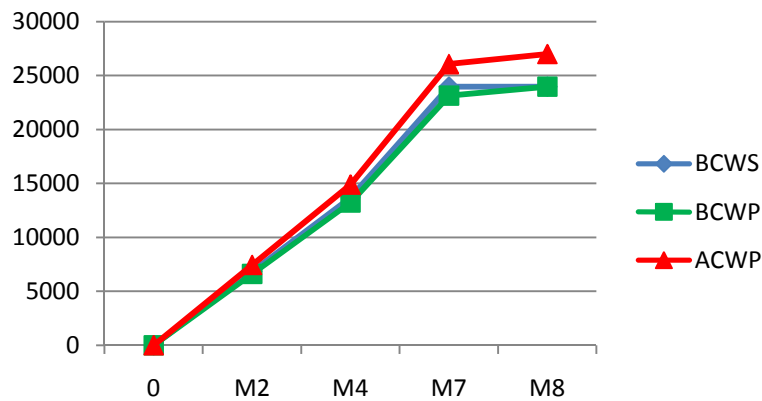


Fig 38: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona B excavación Elaboración propia

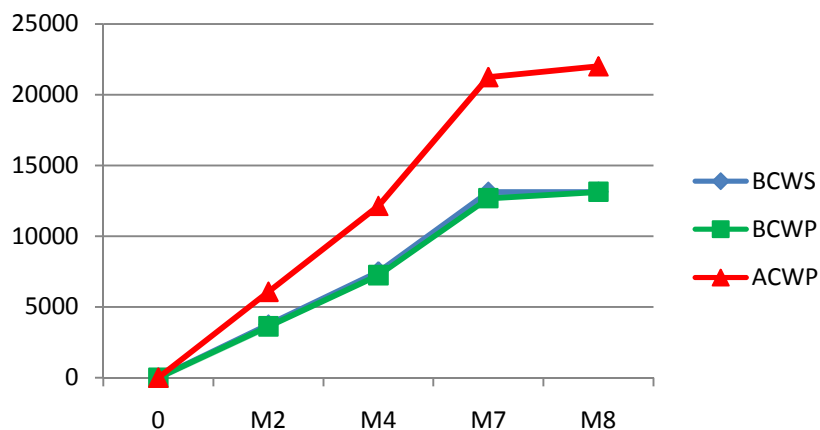


Fig 39: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona B tubería Elaboración propia

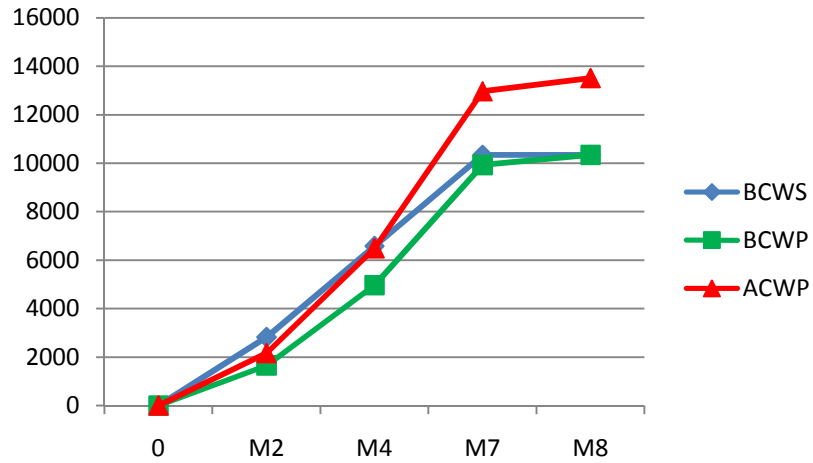


Fig 40: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona B registros Elaboración propia

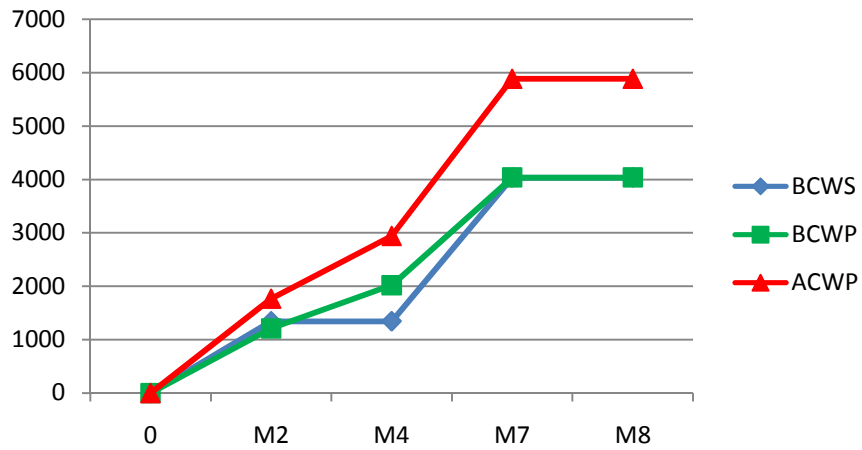


Fig 41: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona B valvulería Elaboración propia

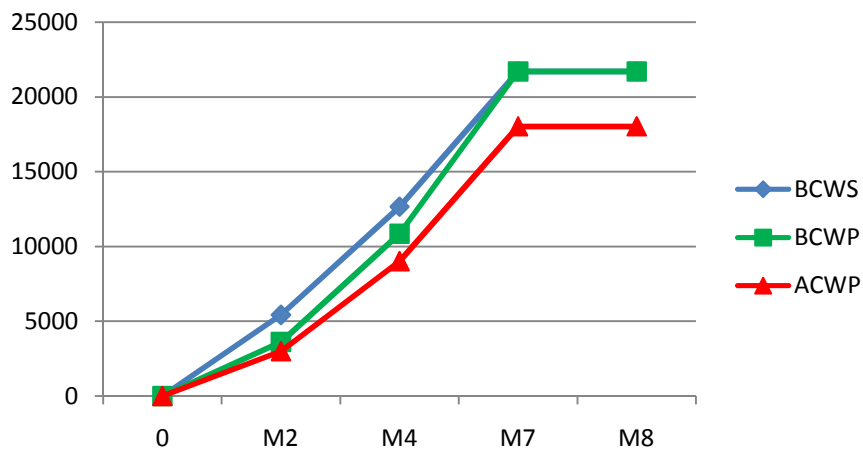


Fig 42: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona B acometidas Elaboración propia

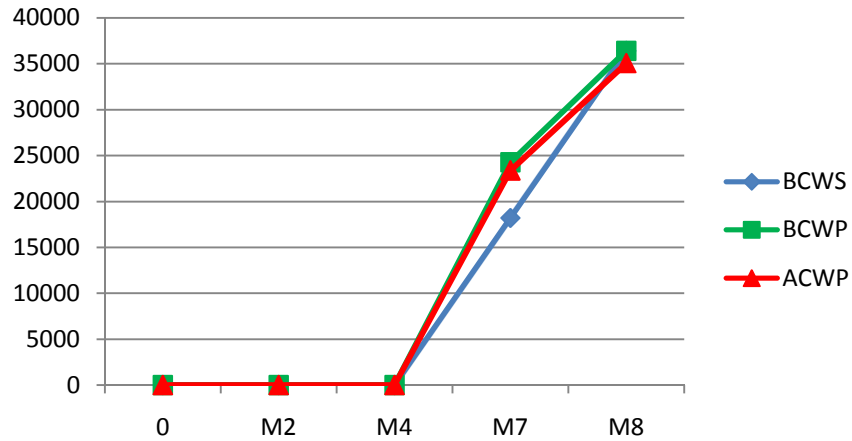


Fig 43: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona B reposiciones Elaboración propia

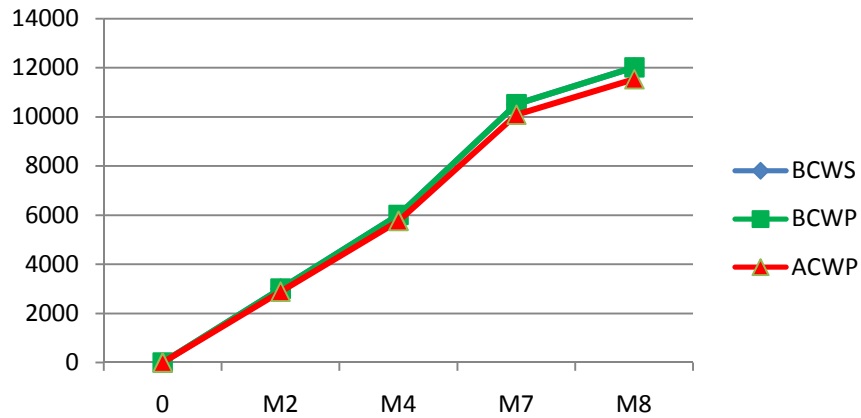


Fig 44: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona B varios Elaboración propia

Para poder observar si vamos adelantados o retrasados en la planificación que habíamos determinado al principio del proyecto, o si el coste está por encima o por debajo de lo planeado, realizamos las gráficas que representan las curvas de las variaciones, es decir, las curvas que representan CV y SV.

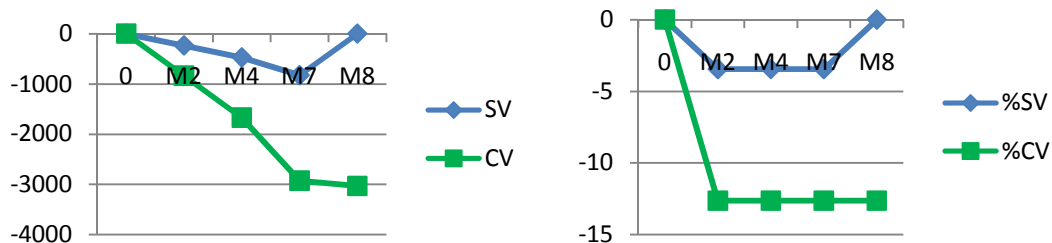


Fig 45: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B excavación Elaboración propia

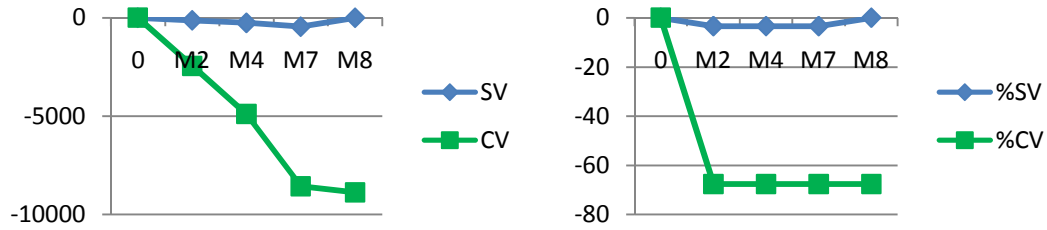


Fig 46: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B tubería Elaboración propia

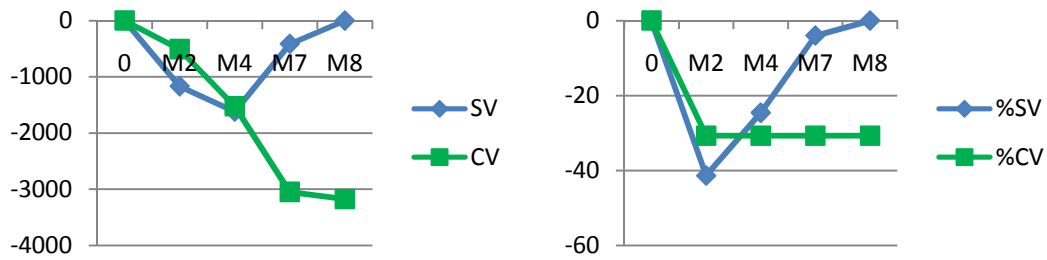


Fig 47: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B registros Elaboración propia

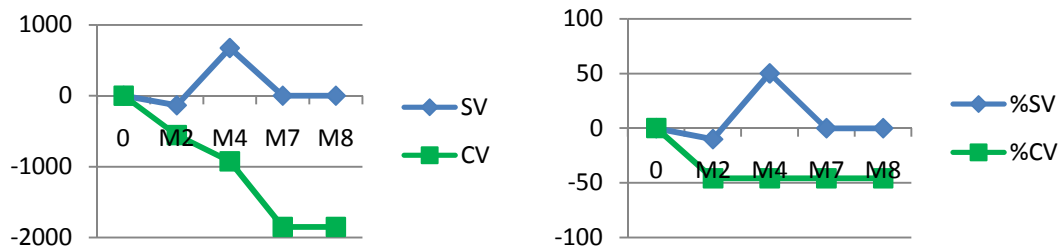


Fig 48: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B valvulería Elaboración propia

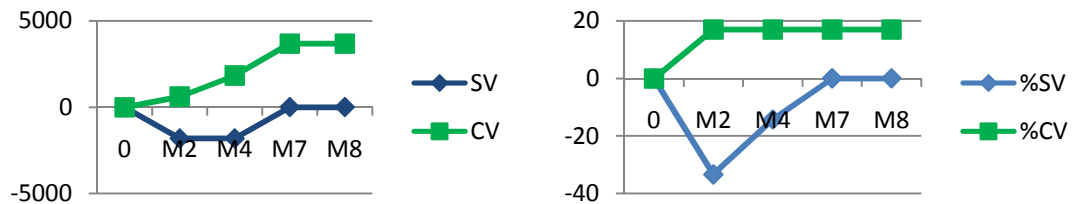


Fig 49: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B acometidas Elaboración propia

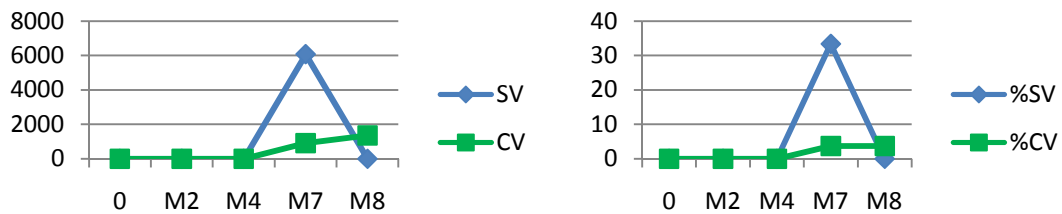


Fig 50: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B reposiciones Elaboración propia

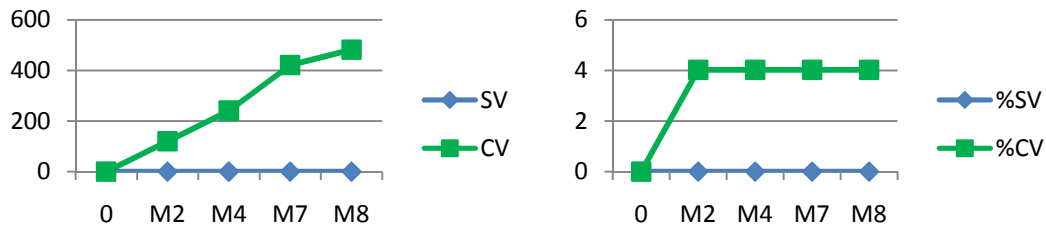


Fig 51: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B varios Elaboración propia

Por último realizamos las gráficas para cada una de las tareas de la zona B que representan las curvas de los índices de desempeño o ejecución que nos indican la forma en la cual se está desarrollando la zona B del proyecto, y así poder tomar en caso de ser necesario, las medidas para corregir o reconducir la marcha del proyecto, por producirse variaciones sobre los objetivos marcados.

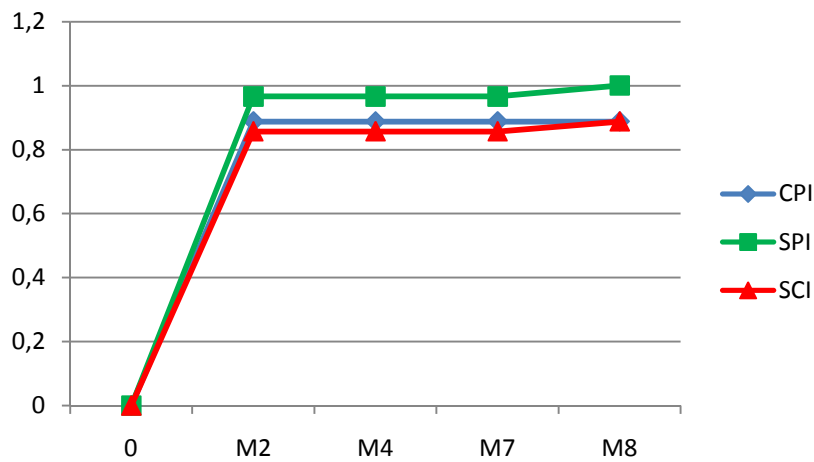


Fig 52: Gráfica SPI, CPI, SCI zona B excavación Elaboración propia

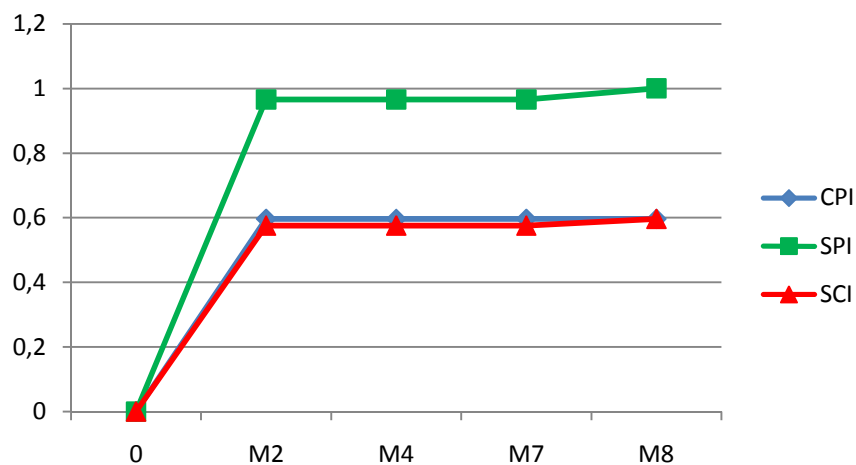


Fig 53: Gráfica SPI, CPI, SCI zona B tubería Elaboración propia

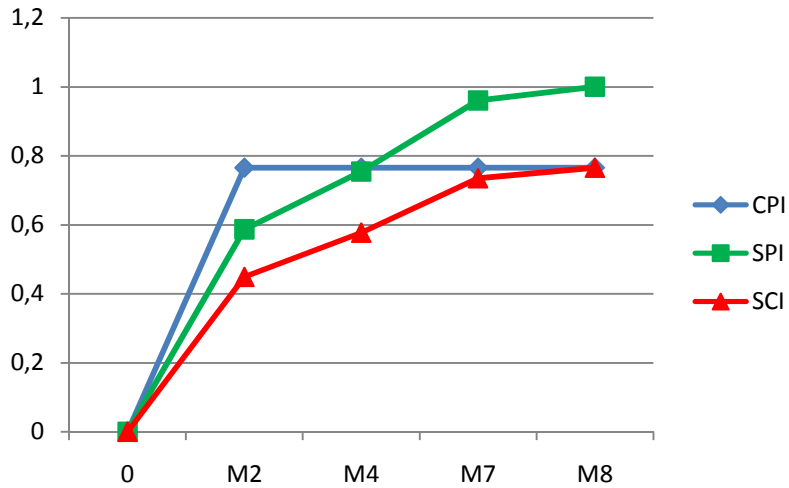


Fig 54: Gráfica SPI, CPI, SCI zona B registros Elaboración propia

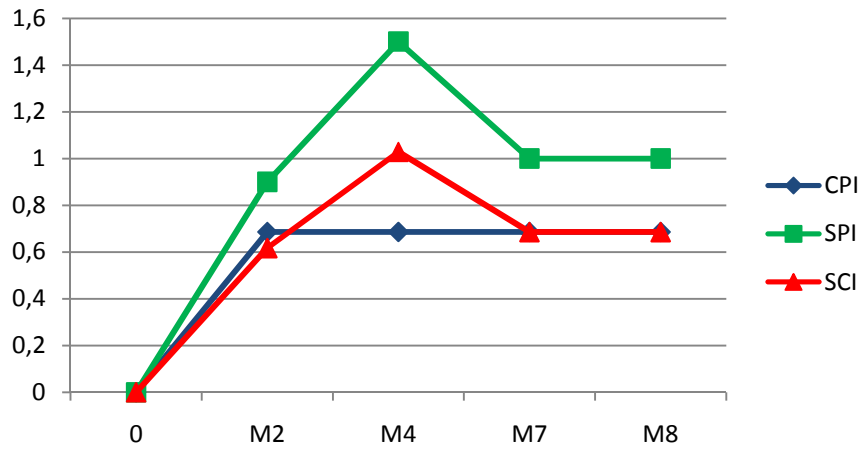


Fig 55: Gráfica SPI, CPI, SCI zona B valvuleria Elaboración propia

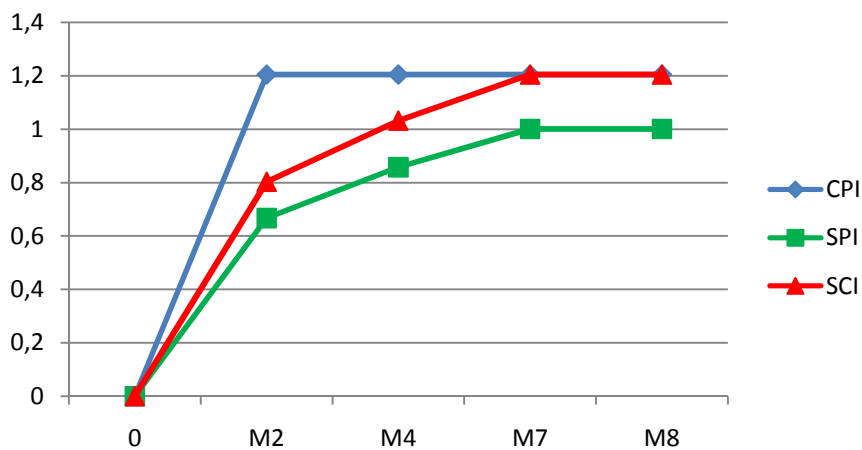


Fig 56: Gráfica SPI, CPI, SCI zona B acometidas Elaboración propia



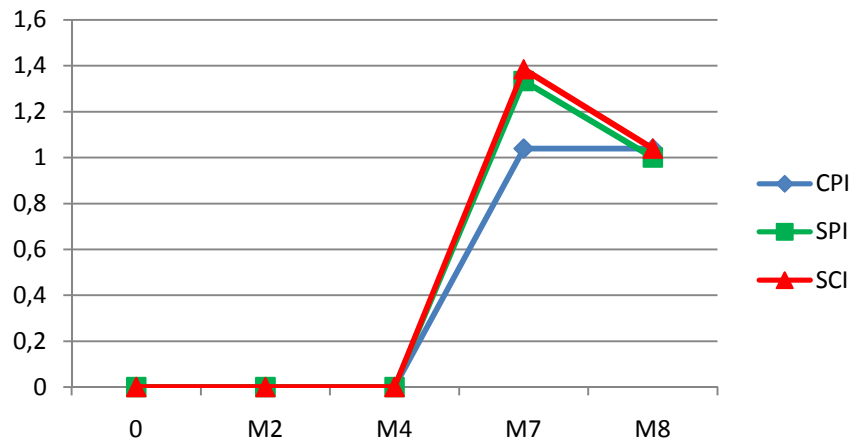


Fig 57: Gráfica SPI, CPI, SCI zona B reposiciones Elaboración propia

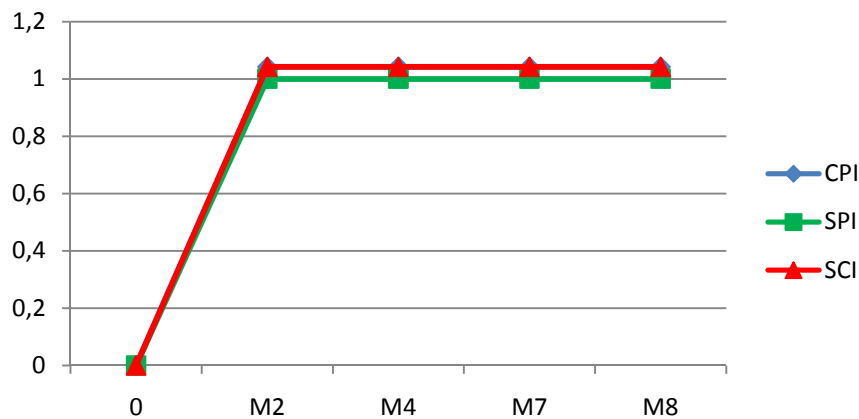


Fig 58: Gráfica SPI, CPI, SCI zona B varios Elaboración propia

En el apartado 7 se realizará la interpretación de los resultados basándonos en estas gráficas aquí indicadas y en los valores límite definidos en el método.

### 6.3.- GRÁFICAS ZONA C

Al igual que el apartado 6.1. partimos de los datos obtenidos en las tablas de BCWS, BCWP y ACWP para las tareas de trabajo de la zona C del proyecto, además de los valores acumulados a lo largo del proyecto y de los índices de ejecución junto con las variaciones de costes y planificación.

Con todos estos valores, se elaboran las gráficas siguientes: por un lado la gráfica con las curvas del trabajo programado, del valor ganado y del coste real del trabajo que se ha realizado sobre un gráfico de coste-tiempo. Al trazarlas desde el inicio del trabajo se puede ver la evolución del mismo y valorar cómo evolucionan los trabajos de ejecución del proyecto en esta zona.

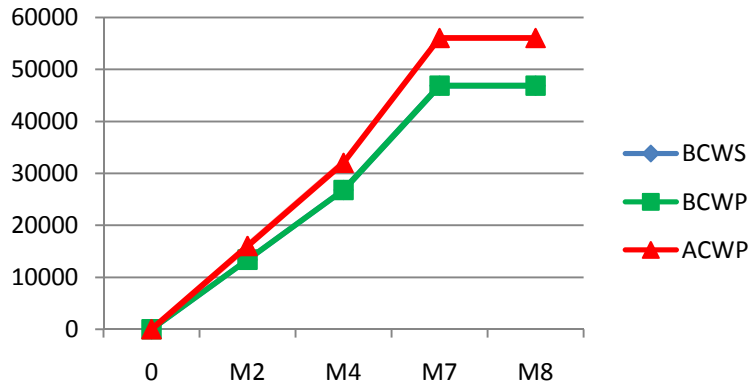


Fig 59: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona C excavación Elaboración propia

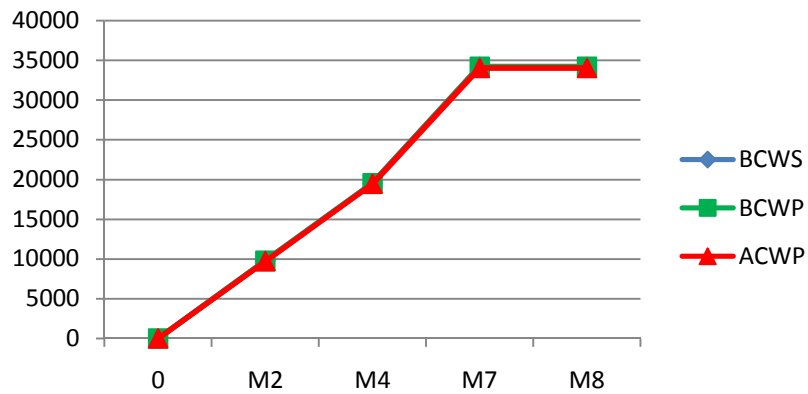


Fig 60: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona C tubería Elaboración propia

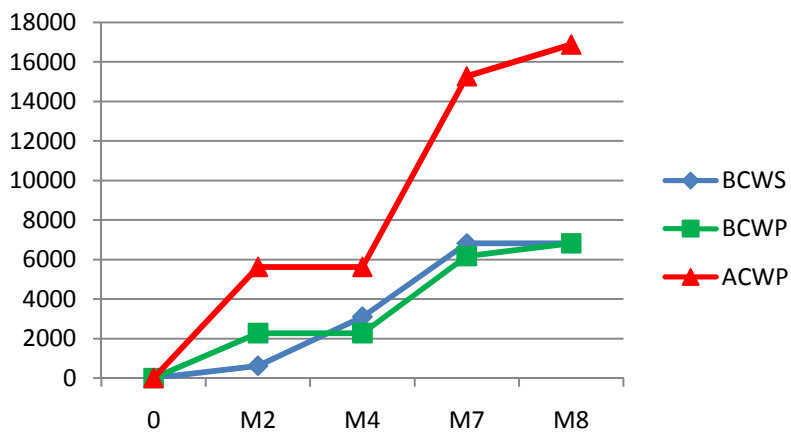


Fig 61: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona C registros Elaboración propia

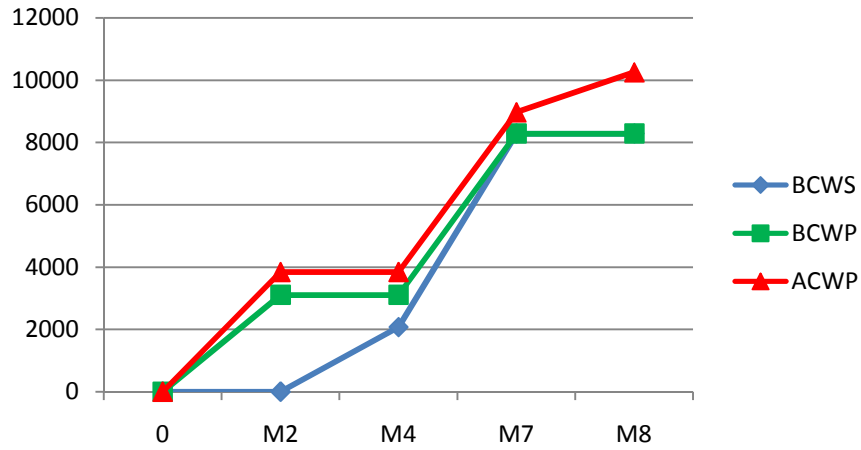


Fig 62: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona C valvulería Elaboración propia

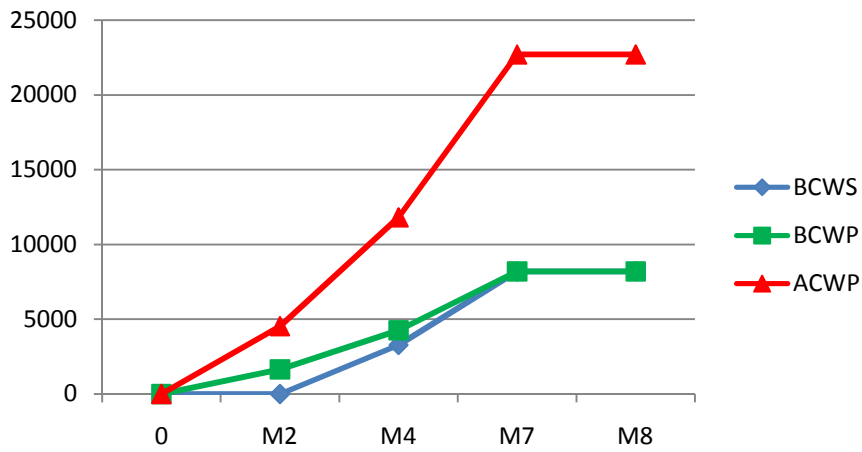


Fig 63: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona C acometidas. Elaboración propia

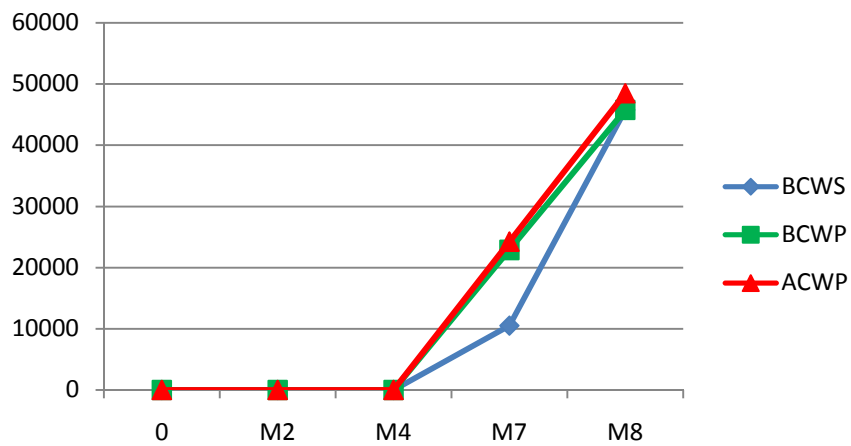


Fig 64: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona C reposiciones. Elaboración propia

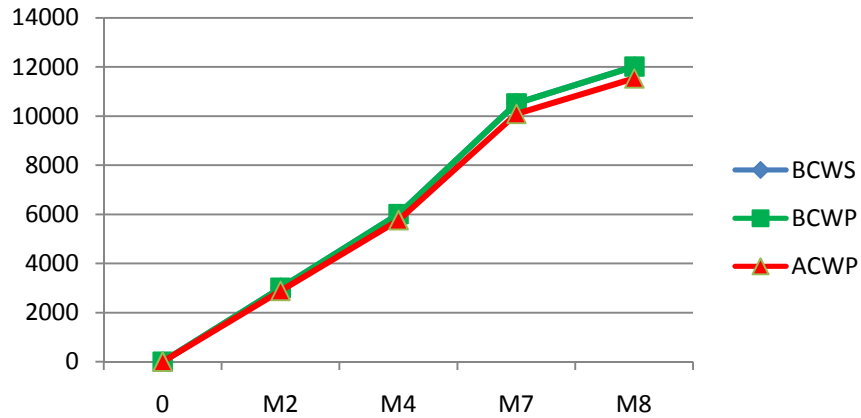


Fig 65: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona C varios Elaboración propia

Para poder observar si vamos adelantados o retrasados en la planificación que habíamos determinado al principio del proyecto, o si el coste está por encima o por debajo de lo planeado, realizamos las gráficas que representan las curvas de las variaciones, es decir, las curvas que representan CV y SV.

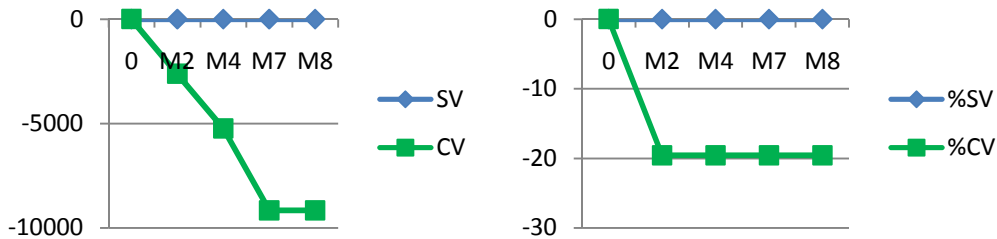


Fig 66: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C excavación Elaboración propia

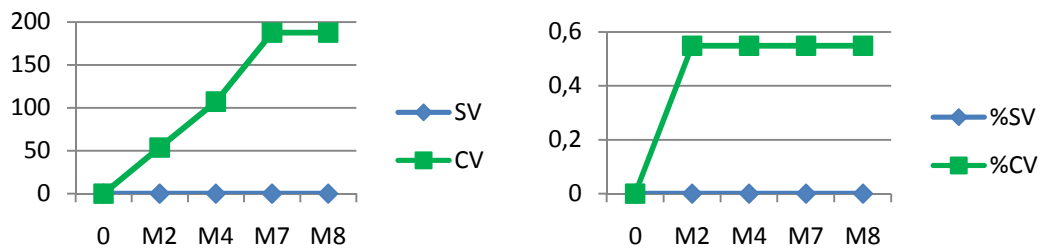


Fig 67: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C tubería Elaboración propia

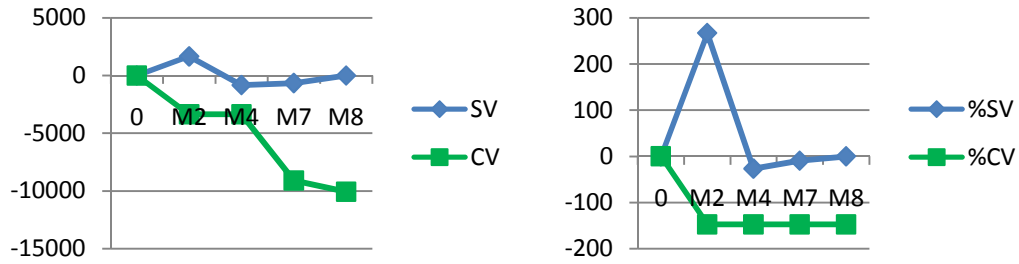


Fig 68: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C registros Elaboración propia

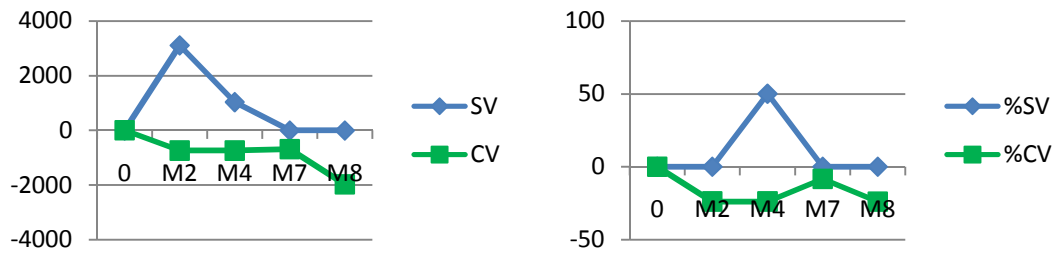


Fig 69: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C valvulería Elaboración propia

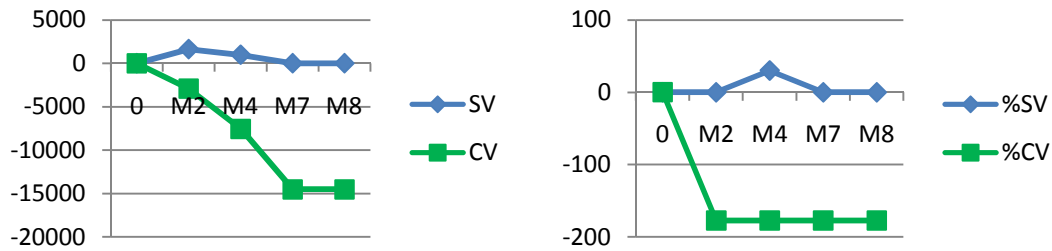


Fig 70: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C acometidas Elaboración propia

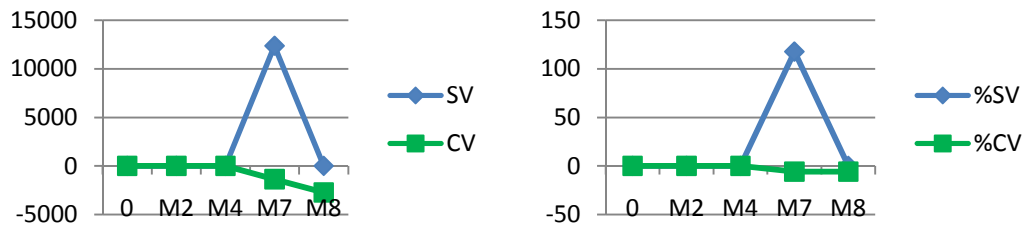


Fig 71: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C reposiciones Elaboración propia

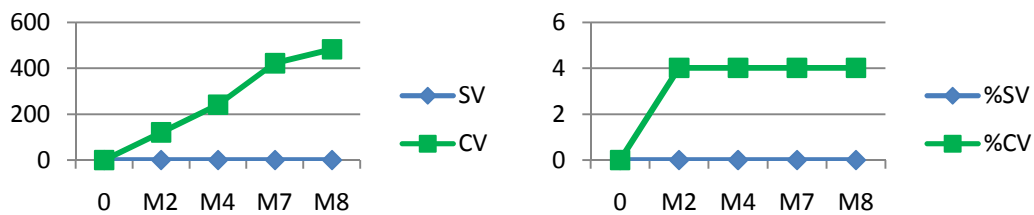


Fig 72: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C varios Elaboración propia



Por último realizamos las gráficas para cada una de las tareas de la zona C que representan las curvas de los índices de desempeño o ejecución que nos indican la forma en la cual se está desarrollando la zona C del proyecto, y así poder tomar en caso de ser necesario, las medidas para corregir o reconducir la marcha del proyecto, por producirse variaciones sobre los objetivos marcados.

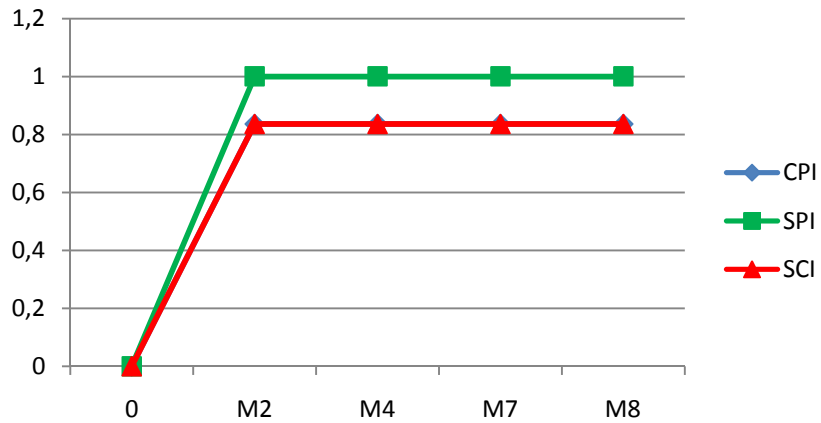


Fig 73: Gráfica SPI, CPI, SCI zona C excavación Elaboración propia

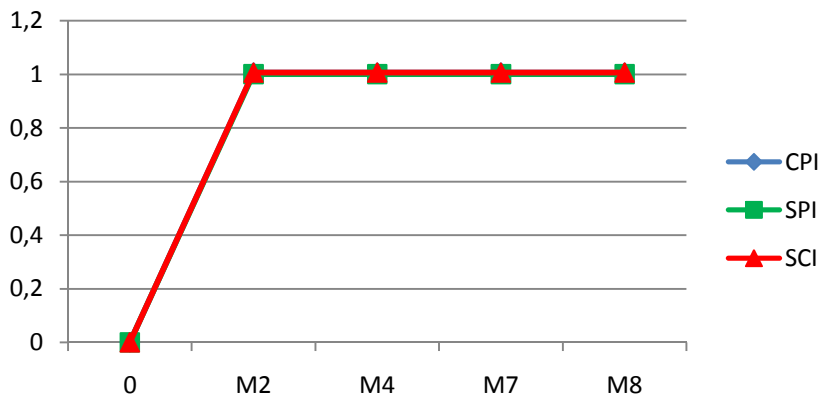


Fig 74: Gráfica SPI, CPI, SCI zona C tubería Elaboración propia

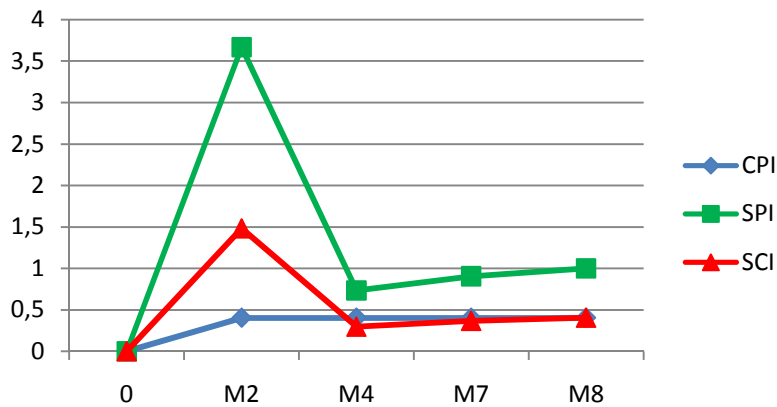


Fig 75: Gráfica SPI, CPI, SCI zona C registros Elaboración propia

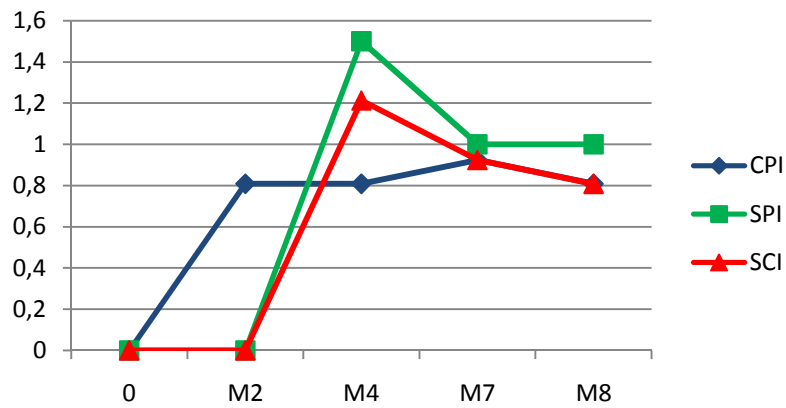


Fig 76: Gráfica SPI, CPI, SCI zona C valvulería Elaboración propia

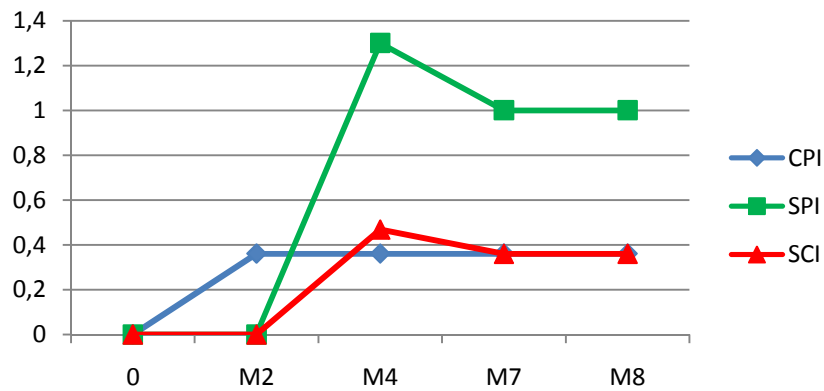


Fig 77: Gráfica SPI, CPI, SCI zona C acometidas Elaboración propia

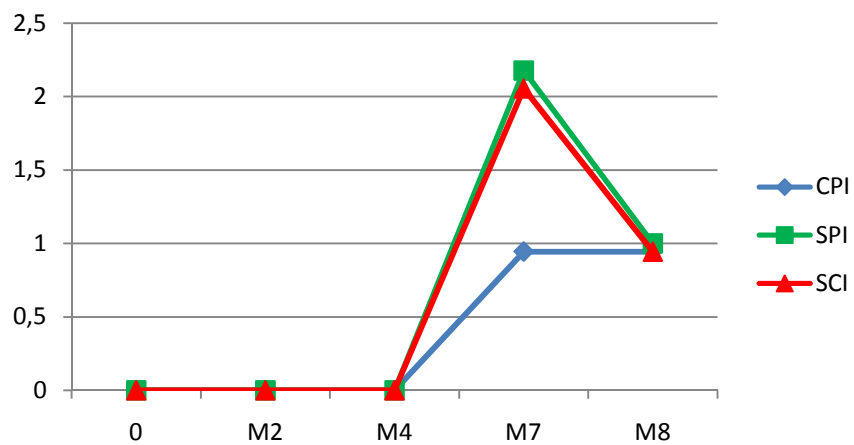


Fig 78: Gráfica SPI, CPI, SCI zona C reposiciones Elaboración propia

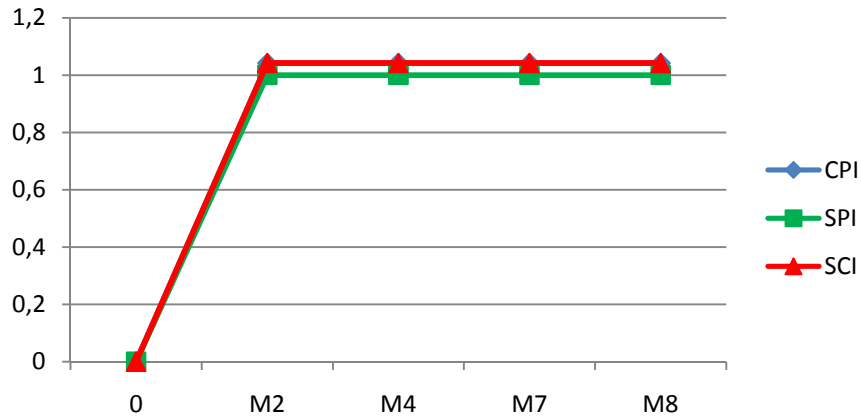


Fig 79: Gráfica SPI, CPI, SCI zona C varios Elaboración propia

En el apartado 7 se realizará la interpretación de los resultados basándonos en estas gráficas aquí indicadas y en los valores límite definidos en el método.

#### 6.4.- Gráficas proyecto global

Al igual que el apartado 6.1. partimos de los datos obtenidos en las tablas de BCWS, BCWP y ACWP para el proyecto de ejecución global, además de los valores acumulados a lo largo del proyecto y de los índices de ejecución junto con las variaciones de costes y planificación.

Con todos estos valores, se elaboran las gráficas siguientes: por un lado la gráfica con las curvas del trabajo programado, del valor ganado y del coste real del trabajo que se ha realizado sobre un gráfico de coste-tiempo. Al trazarlas desde el inicio del trabajo se puede ver la evolución del mismo y valorar cómo evolucionan los trabajos de ejecución del proyecto en esta zona.

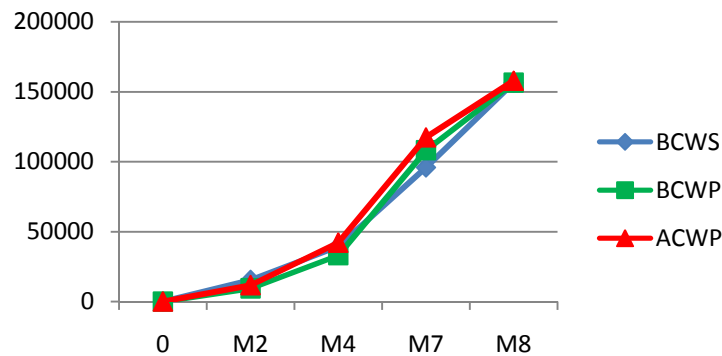


Fig 80: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona A total Elaboración propia



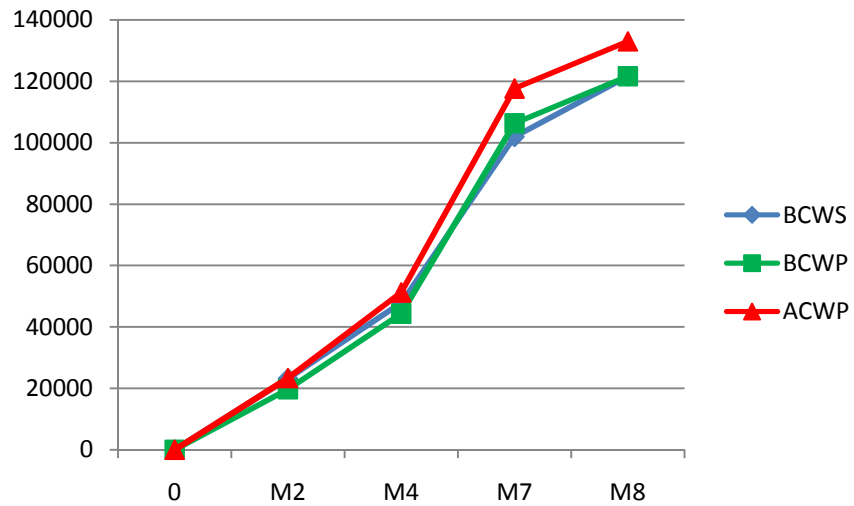


Fig 81: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona B total Elaboración propia

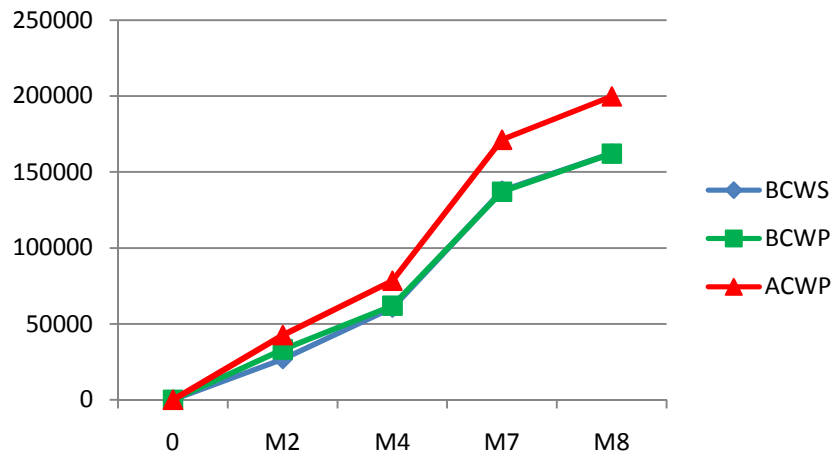


Fig 82: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP zona C total Elaboración propia

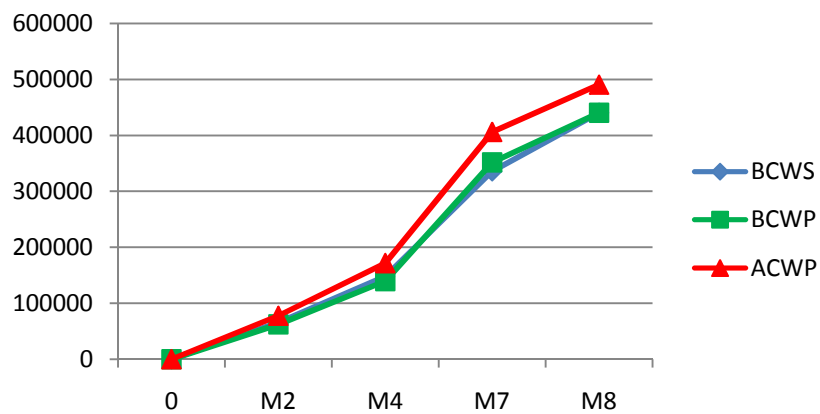


Fig 83: Gráfica BCWS,BCWP y ACWP global Elaboración propia



Para poder observar si vamos adelantados o retrasados en la planificación que habíamos determinado al principio del proyecto, o si el coste está por encima o por debajo de lo planeado, realizamos las gráficas que representan las curvas de las variaciones, es decir, las curvas que representan CV y SV.

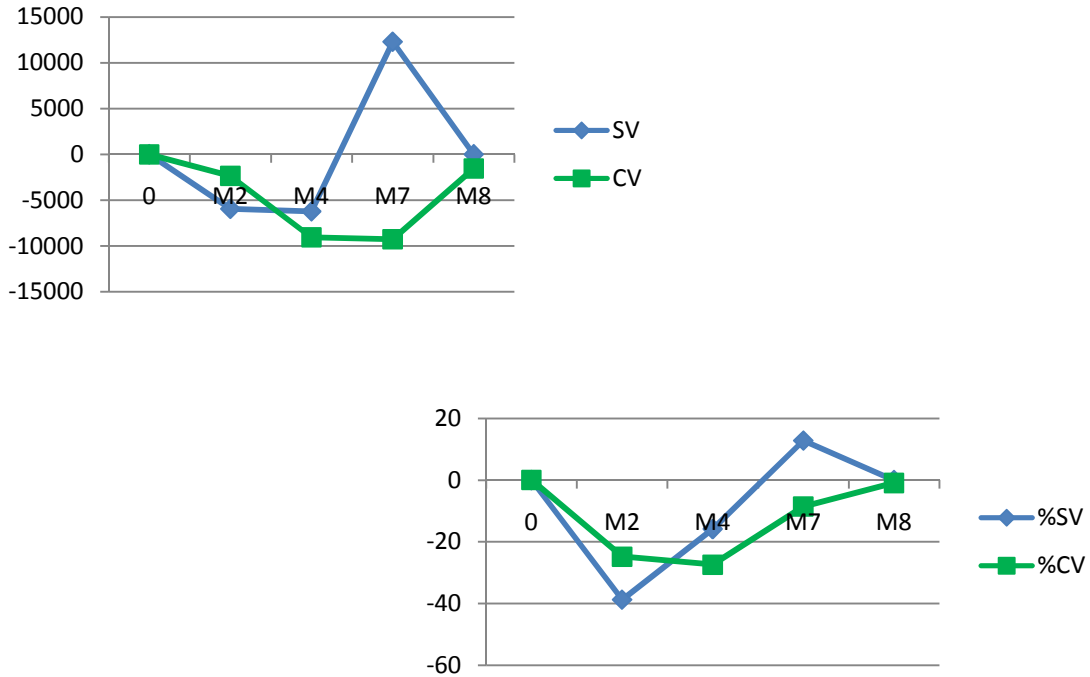


Fig 84: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona A total Elaboración propia

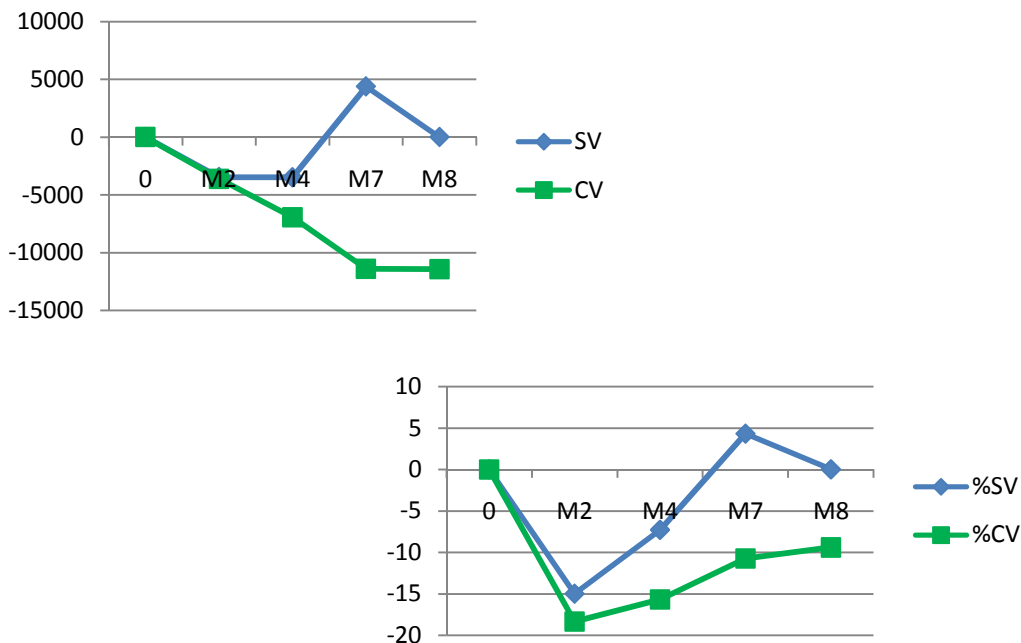


Fig 85: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona B total Elaboración propia

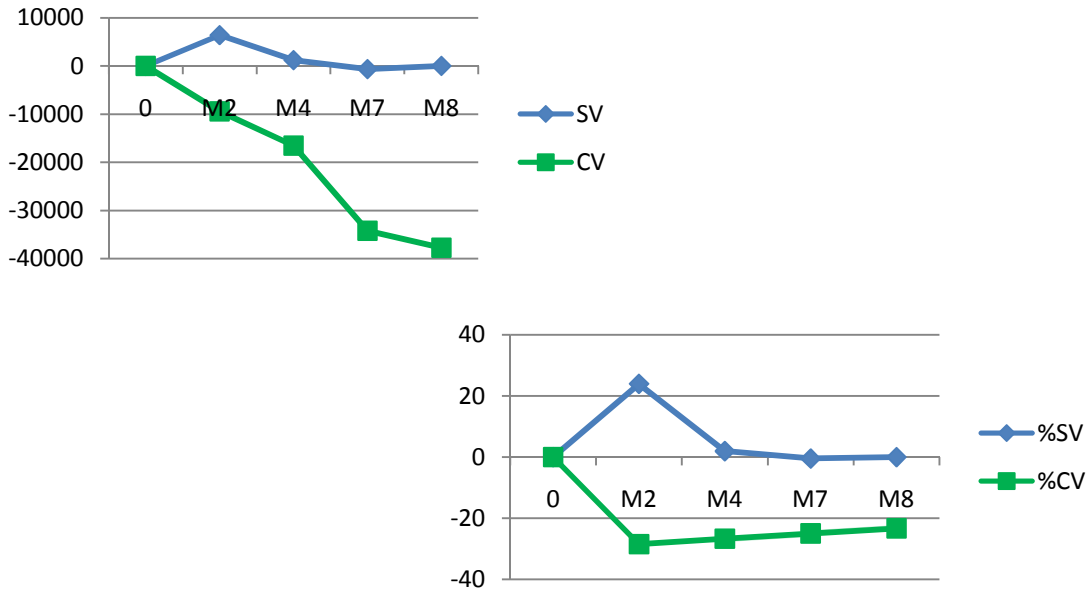


Fig 86: Gráficas SV, CV, SV% y CV% zona C total Elaboración propia

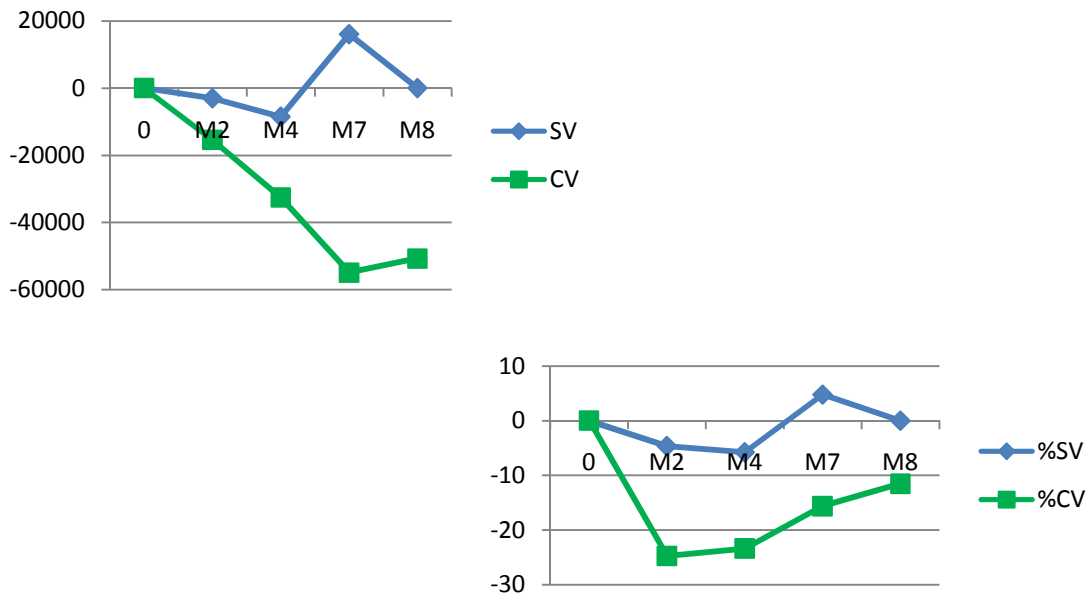


Fig 87: Gráficas SV, CV, SV% y CV% global Elaboración propia

Por último realizamos las gráficas para cada una de las tareas de las distintas zonas que representan las curvas de los índices de desempeño o ejecución que nos indican la forma en la cual se está desarrollando las distintas zonas del proyecto, y así poder tomar en caso de ser necesario, las medidas para corregir o reconducir la marcha del proyecto, por producirse variaciones sobre los objetivos marcados.

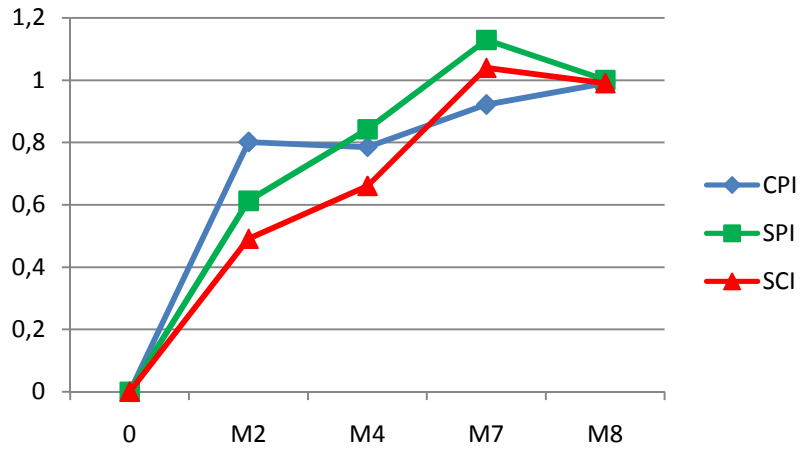


Fig 88: Gráfica SPI, CPI, SCI zona A total Elaboración propia

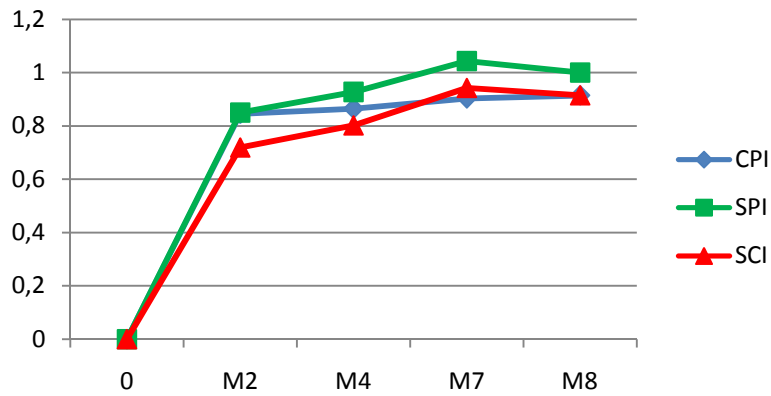


Fig 89: Gráfica SPI, CPI, SCI zona B total Elaboración propia

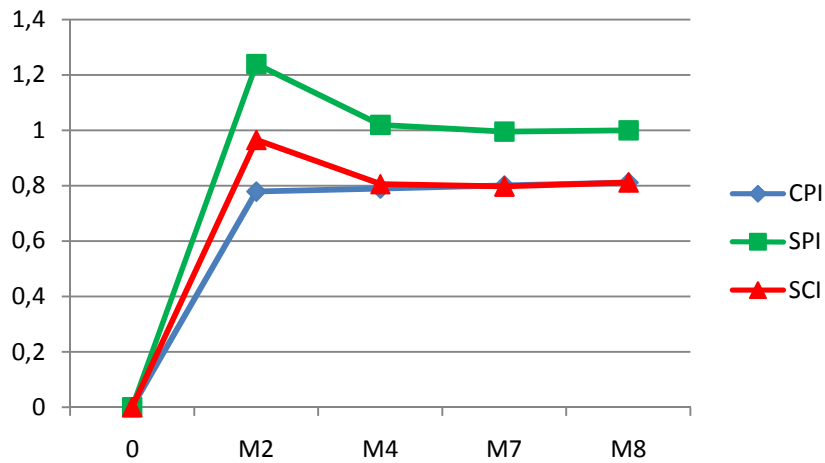


Fig 90: Gráfica SPI, CPI, SCI zona C total Elaboración propia

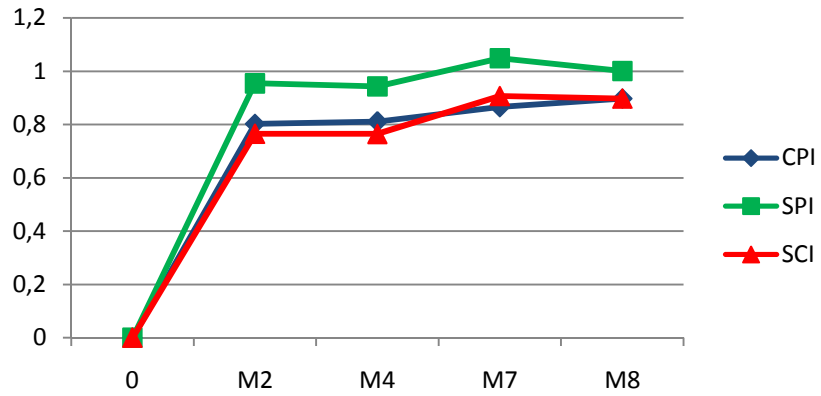


Fig 91: Gráfica SPI, CPI, SCI global Elaboración propia

En el apartado 7 se realizará la interpretación de los resultados basándonos en estas gráficas aquí indicadas y en los valores límite definidos en el método.



## 7.- INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

---

Debemos de tener presente que para una fecha dada de nuestro proyecto, el coste planificado acumulado del proyecto, es la suma de las siguientes contribuciones:

- Todas las tareas cuya finalización se haya dado en una fecha anterior a la fecha de control dada, contribuirán con todo su coste planificado al coste planificado acumulado del proyecto.
- Todas aquellas tareas cuyo inicio ocurra con fecha posterior a la fecha del control, no contribuirán aun al coste planificado acumulado del proyecto.
- Todas aquellas tareas que deberían estar en ejecución en la fecha de control dada contribuirán con su fracción de coste planificado de acuerdo a la proporcionalidad entre certificación y avance que se haya aplicado.

Y con todo ello tenemos la proyección temporal del presupuesto del proyecto.

Como se ha podido ver en el apartado anterior, se han realizado las gráficas para cada una de las zonas y en éstas, para cada una de las tareas, con el fin de tener mayor precisión a la hora de realizar el análisis. Todos los estudios fueron desarrollados mediante los costes de cada una de las partidas y según el avance de la obra mes a mes.

La curva BCWS, trabajo planificado, se obtienen con la planificación inicial y el coste presupuestado para cada una de las tareas y zonas distribuido proporcionalmente a la planificación.

La curva BCWP, valor ganado, se obtienen con la planificación actualizada y el presupuesto de coste inicial para cada zona y tarea, distribuido proporcionalmente a la correspondiente planificación actualizada a la fecha del control.

La curva ACWP, coste real para el trabajo que sea realizado, se ha construido con los valores de los costes realizados mensualmente durante el desarrollo del contrato.



Mediante estas curvas se generan las gráficas coste-tiempo descritas en el apartado 6 del presente documento. Y es en ellas donde se va viendo la evolución de cada tarea, lo que nos permitirá tomar decisiones si el desarrollo de las mismas no es el considerado inicialmente.

### **7.1.- Análisis de la zona A**

Observando las curvas halladas en el apartado 6, vemos la evolución de las distintas tareas a lo largo de la duración de la obra. Se tomaron tres puntos de control establecidos en los meses de Junio, Agosto y Noviembre además del mes de finalización de la obra.

Para la tarea de excavación, en el control del mes 2 tanto el coste como la duración están por debajo del presupuestado seguramente debido a que esta tarea comenzó más tarde por temas relacionados con la llegada tardía de uno de los permisos necesarios, pero a partir de este punto el coste comienza a ser superior al inicial, punto que se observa en el control del mes 4 y cuya evolución sigue creciendo hasta el último control. Debido al retraso inicial hubo que contar con un mayor número de mano de obra para poder acabar en el plazo establecido lo que implicó un aumento del coste en esta tarea. El tiempo de ejecución de la tarea está por debajo del presupuestado inicialmente, hasta los últimos meses en los cuales se finaliza en el plazo previsto

Para la instalación de la tubería, en el primer control, el presupuesto va a la par que el coste real mientras que el avance de la tarea es inferior. A partir de este control y en los sucesivos el coste se dispara y la duración de la tarea es ligeramente inferior a la planificada. En el último mes se finaliza en el plazo previsto.

Los registros se deberían haber comenzado desde el inicio de la obra pero debido a los retrasos con las tareas anteriores, no es hasta a partir del control 1 donde comienzan a realizarse y por ello estos valores no se muestran hasta pasados los dos primeros meses. En el último control el coste es igual al presupuestado mientras que la duración de la tarea es inferior a la diseñada para terminar en plazo al final de la obra.

La colocación de piezas y válvulas comienza antes de lo previsto debido a un by-pass inicial y por ello, desde el principio y hasta el último control de la tarea, es inferior al



planificado. El coste comienza siendo inferior hasta el segundo control, donde se estabiliza y comienza a ascender para terminar con un valor por encima del presupuestado. La tarea se realiza en el plazo previsto.

La realización de las acometidas tiene desde el principio y hasta el último control un coste inferior al presupuestado y la duración de la tarea siendo inferior en los primeros meses, finalmente dura lo inicialmente diseñado.

La reposiciones de firmes y aceras comienzan en el tiempo definido y terminan según el plazo establecido, además de llevarse a cabo con un coste inferior ya que la zona de fresado que se planteó en un principio fue reducida por la Propiedad.

Por último la tarea de varios que engloba varias acciones distintas sigue tanto en duración como en coste a la curva diseñada en el presupuesto inicial.

Estudiando a continuación las curvas CV y SV tenemos que para el caso de la excavación, tubería, registros y valvulería hay un exceso de presupuesto ya que CV es menor que cero, mientras que en acometidas, reposiciones y varios estamos o por debajo del presupuesto o según lo presupuestado. Para determinar si vamos o no retrasados nos fijamos en las curvas SV. Todas las tareas que tienen dicho valor negativo indican que van con retraso, y si es positivo que van adelantadas. En nuestro caso todas las tareas terminaron en el último mes según lo previsto por lo que dicho valor es cero. Viendo las gráficas podemos ver aquellas en las cuales estos valores nos indicaban que existía una desviación. Para la excavación, tubería, registros y valvulería desde el primer control se observa que  $CV < 1$ ; para las acometidas, para las reposiciones y varios siempre es  $CV = > 0$  lo que nos indica que trabajamos según el presupuesto o por debajo de él. Para el plazo observamos que la excavación y tubería comenzamos en el primer control con un retraso significativo al plazo previsto pero a partir de este control conseguimos estabilizar el tiempo y acabamos según lo presupuestado en plazo. La tarea de registros hasta el control 3 va muy retrasada y a partir de este control se estabiliza para terminar en tiempo. La valvulería y acometidas tienen varios picos de retraso en los diferentes controles para concluir en tiempo y las tareas de varios y reposiciones van siempre sin ningún retraso.

Finalmente mediante las gráficas de CPI, SPI medimos la eficiencia en coste y programación. Para la excavación, tubería, registros y valvulería no estamos llevando





a cabo un desempeño deseable ya que los valores CPI son menores de 1, mientras que para las reposiciones, varios y acometidas el desempeño de ambos factores es el deseable. El desempeño medido por SPI nos indica que todas las tareas evolucionan según lo deseado ya que sus curvas tienen a 1.

## 7.2.- Análisis de la zona B

Observando las curvas halladas en el apartado 6, vemos la evolución de las distintas tareas a lo largo de la duración de la obra. Al igual que para la zona A se tomaron tres puntos de control establecidos en los meses de Junio, Agosto y Noviembre además del final de la obra.

Para la tarea de excavación de zanjas, pozos y arquetas, junto con su relleno se puede ver que la curva ACWP, discurre paralelamente y por encima de la BCWS que es la planificada en tiempo y coste. Como la BCWP está colocada por debajo de la ACWP nos indica que aunque en tiempo vamos según el establecido, el coste está ligeramente por encima del presupuestado inicialmente. La posible desviación se aprecia a partir del mes de control 4. En el mes de Octubre de ese año, hubo una semana con exceso de lluvia que obligó a utilizar bombas de achique para desalojar el agua de las zanjas, y a utilizar recubrimientos de la zahorra y arena almacenada para el relleno, lo que obligó a aumentar el coste de esta partida.

La Instalación de tubería aunque el tiempo discurre según lo planificado, se produce un coste muy por encima del presupuestado que ya comienza a verse desde el primer control realizado en el segundo mes, debido a un aumento de precio por parte del suministrador.

La ejecución de registros en el primer control tanto en coste como en tiempo van por debajo del planificado. Se comenzó más tarde a ejecutarlos y con los mismos medios por ello las líneas BSWP y ACWP van por debajo de la BCWS. En el segundo control se observa que siendo el tiempo establecido por debajo del presupuestado, el coste iguala al presupuestado, pero esto indica que posiblemente no se hayan realizado el número de registros planificados y que el coste va a ser mayor. Se aprecia en el control del mes 7 que el coste real está por encima del presupuestado. Si se hubiese realizado este método se podría haber detectado en el mes 4 y se podría haber corregido.



La valvulería está descontrolada desde el primer control donde el tiempo y el coste de esta tarea está por encima del presupuestado, y sigue de esta manera en el siguiente control establecido en el mes 4. En el tercer control el coste sigue disparado mientras que el plazo se ajusta al previsto.

La tarea de reposiciones comienza según lo planificado en el mes 4 y su duración en el mes 7 es la planificada inicialmente, aunque el coste está ligeramente por encima del presupuestado. Al finalizar tanto el coste como el plazo se encuentran según lo presupuestado.

Las acometidas a lo largo de todos los controles tienen un coste real inferior al presupuestado. En cuanto a duración, en los dos primeros meses de control se ejecutan por debajo del tiempo establecido, pero en el mes 7 la tarea está siendo realizada a tiempo.

Para la última tarea de la zona B que corresponde a varios, a lo largo de toda la gráfica y en todos los controles, la tarea discurre prácticamente según lo presupuestado tanto en duración como en coste.

Al observar las curvas CV y SV de todas las tareas de excavación, tubería, registros y valvulería con exceso de presupuesto desde el inicio de la obra, mientras que las acometidas, reposiciones y varios discurren según lo presupuestado inicialmente. Las curvas SV nos indican el retraso o adelanto de las distintas tareas y en este caso prácticamente todas ellas están con la duración diseñada o con adelanto con respecto al cronograma inicial.

Con todo lo expuesto anteriormente se evalúan los índices de desempeño de planificación (SPI) y del presupuesto (CPI) para cada una de las tareas. Tanto para la excavación como la instalación de tuberías (en mayor medida), realización de registros, valvulería el CPI está por debajo de 1 lo que nos indica que el desempeño no está realizándose según lo previsto, mientras que el SPI discurre hacia el 1 o es 1 por lo que la eficiencia en el plazo es adecuada.

El índice de desempeño del presupuesto CPI para las actividades de acometidas, reposición de firmes y varios, es mayor o próxima a 1 así que nuestro coste está según lo presupuestado. El índice de desempeño SPI para estas actividades



anteriores tiende a 1 al final del proyecto lo que nos indica que ha transcurrido según lo previsto en plazo.

### **7.3.- Análisis de la zona C**

Observando las curvas halladas en el apartado 6, vemos la evolución de las distintas tareas a lo largo de la duración de la obra. Al igual que en los apartados anteriores se tomaron tres puntos de control establecidos en los meses de Junio, Agosto y Noviembre además del final de la obra.

Como se ve en la gráfica de excavación de la zona C desde el control del mes 2 hay una desviación del coste de la misma que se irá incrementando a lo largo de la obra como se observa en el control del mes 7, sin embargo la duración de la misma va según lo previsto en el presupuesto.

La instalación de la tubería discurre sobre la curva BCWS en todos los puntos de control, así que esta tarea de la zona C se distribuye en tiempo y coste según lo planificado en el proyecto de ejecución.

La siguiente gráfica pertenece a la ejecución de los registros. En el primer control que se realiza en el mes 2 el coste y el tiempo van por encima de la línea BCWS que nos indica lo presupuestado. Se corrige el tiempo en los siguientes controles pero se introduce más mano de obra lo que implica que se dispare el coste del mismo.

En la tarea de la valvulería, se había planificado no comenzar hasta el mes 2 y por ello al comenzar desde el inicio de la obra en ese primer control se dispara el tiempo y el coste real. En el control del mes 4 seguimos por encima en las dos variables de tiempo y coste para terminar en el control del mes 7 con una disminución del tiempo planificado pero con un aumento sobre el coste inicial.

En reposiciones de firmes hasta el control del mes 4 no se comienza la obra. Aunque el coste es ligeramente superior al presupuestado la ejecución del mismo se llevo a cabo en menor tiempo.

Desde el principio las curvas BCWP y ACWP de las acometidas han ido por encima de la curva BCWS en tiempo y coste. Los retrasos en otras actividades han implicado que se necesitase más manos de obra y por ello el aumento de coste final de la tarea.



La última tarea de la zona C al igual que las de las otras zonas, es la de varios y como en ellas, esta actividad discurre en tiempo y coste según lo previsto.

Para determinar si se va adelantado o retrasado, con exceso o no de coste, observamos las curvas CV y SV. Las tareas de excavación, registros, valvulería, acometidas y reposiciones van con exceso de presupuesto desde el inicio de la obra, mientras que la instalación de tubería y varios está según el coste previsto. Las curvas SV de la excavación, tubería, acometidas y varios van de acuerdo a lo programado en el cronograma. La curva de los registros comienza adelantada para levemente retrasarse y concluir en el tiempo previsto. Las curvas de la valvulería y reposiciones comienzan adelantándose para concluir en el plazo.

Con todo lo expuesto anteriormente se evalúan los índices de desempeño de planificación (SPI) y del presupuesto (CPI) para cada una de las tareas. Tanto para la tarea de varios, como de reposiciones y tubería el valor de CPI es igual a 1 lo que implica que las tareas se han llevado según la planificación del coste. Para las tareas de ejecución de registros, valvulería, acometidas y excavación este índice está siempre por debajo de 1 por lo que el desempeño no evoluciona según lo planificado. El valor de SPI para todas las tareas, aunque en algunos momentos se desvíe, termina en 1 por lo que se llevaron de acuerdo con el desempeño del proyecto previsto.

#### **7.4.- Análisis global de la obra**

Una vez analizadas cada una de las partidas de la obra por zona, pasamos a analizar de manera global la ejecución de la obra para determinar las conclusiones oportunas sobre la misma.

Vistas las gráficas del punto 6.4 donde aparecen las diferentes curvas, se observa que si se analiza la zona A en su conjunto la curva de ACWP, en el primer control establecido el coste y el tiempo de ejecución eran inferiores al presupuestado, pero seguramente debido al retraso de comienzo de la obra por falta inicial de uno de los permisos necesarios. A partir de este punto el coste comienza a elevarse hasta ir parejo con la curva BCWS mientras que el tiempo de ejecución es inferior. Pero a partir del control del mes 4 el coste y el tiempo son ligeramente superiores al previsto hasta el final de la obra en la que prácticamente los valores son los presupuestados en el inicio.



La zona B de la obra prácticamente sigue el curso del presupuesto inicial hasta el control segundo del mes 4. Es en este momento donde el coste real es superior al inicial, aunque en esta zona el tiempo de ejecución siguió el trazado en el proyecto.

En la zona C de la obra, ya desde el inicio la desviación de tiempo y coste se aprecia con respecto al proyectado. En el control del mes 4 el coste supera el presupuestado mientras que se recuperan los tiempos. Se debe a la introducción de mano de obra para no retrasar el proyecto total, y finalmente en el mes de control final, así como se consiguió que la duración no sobrepasara los límites establecidos, el coste fue bastante superior al presupuestado.

Se observa en la gráfica global como el coste es mayor del inicialmente planteado y la duración del proyecto es prácticamente la planificada.

Las dos magnitudes derivadas CV y SV nos dan la desviación en coste y la desviación en programación, en la fecha de control en la que se mide el curso del proyecto. Si el trabajo que queda por acometer, con independencia de como quede afectado por las desviaciones en que se ha incurrido hasta el momento, se realizara según el esfuerzo inicialmente previsto, el proyecto finalizaría con las desviaciones citadas. Pero, aun siendo un pronóstico pesimista, en el caso de desviaciones negativas, quizás sea mucho más optimista de lo que creemos.

Observando las curvas SV y CV para cada zona en general y para el proyecto total vemos que en la zona B la obra tiene un valor  $SV > 1$  lo que implica que se está ejecutando sin retraso, el valor de SV para la zona C es 1 lo que se interpreta como que se está realizando la obra según el cronograma al igual que en la zona A. Estos índices al tomarlos en global se compensan y el resultado es que la obra está siendo ejecutada según lo previsto.

Para la zona A el valor CV es prácticamente cero al final de la gráfica, lo que implica que la obra se está ejecutando según el presupuesto previsto, mientras que para la zona B el valor es menor que cero lo que nos indica que llevamos un sobrecoste. Para la zona C el valor es de 0, por ello no nos hemos desviado de lo previsto. El global de la obra tiene un índice negativo por lo que en este último control nos está diciendo que la obra va con sobrecoste.



Por último al evaluar los índices de desempeño en la zona A en el último control el SPI supera la unidad y por ello el desempeño de la obra en tiempo va según lo establecido, y el CPI es prácticamente 1 lo que implica que el coste es prácticamente el presupuestado inicialmente. En la zona B el SPI es igual a 1 por lo que nos hemos ceñido a la duración del proyecto para esa zona pero CPI es menor que 1 así que el coste está por encima del presupuestado. En la zona C el índice de desempeño de la planificación es igual a 1 pero el índice de desempeño del presupuesto en coste es menor que 1 y por ello lo que indica que vamos mal en coste pero según el tiempo establecido

En resumen, y fijándonos en la gráfica final del proyecto en global de los índices de desempeño SPI y CPI se obtiene que la obra terminó en tiempo establecido pero por encima de su presupuesto.

Las variables a estudiar a continuación son un grupo de magnitudes del método del valor ganado que nos permiten efectuar una predicción acerca de cuál puede ser el coste final del proyecto si esta tendencia de desviarse del plan previsto continua a lo largo de todo el proyecto y no se hace nada por remediar la trayectoria.

La estimación del coste final EAC, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución o factores de rendimiento SPI, CPI, SCI y los índices de rendimiento del coste a la finalización  $TCPI_{EAC}$  y  $TCPI_{BAC}$  representando estas estimaciones en un grafico de coste-tiempo. Esto permite reflejar las expectativas del analista acerca del proyecto. Con el factor SPI, obtenemos el límite superior y con el factor CPI, obtenemos el límite inferior, como se puede comprobar en las gráficas siguientes, podemos ver el valor que va tomando la estimación del coste final en función del índice de ejecución que utilizemos para su cálculo y con cuál de ellos obtenemos una aproximación mejor al valor final.

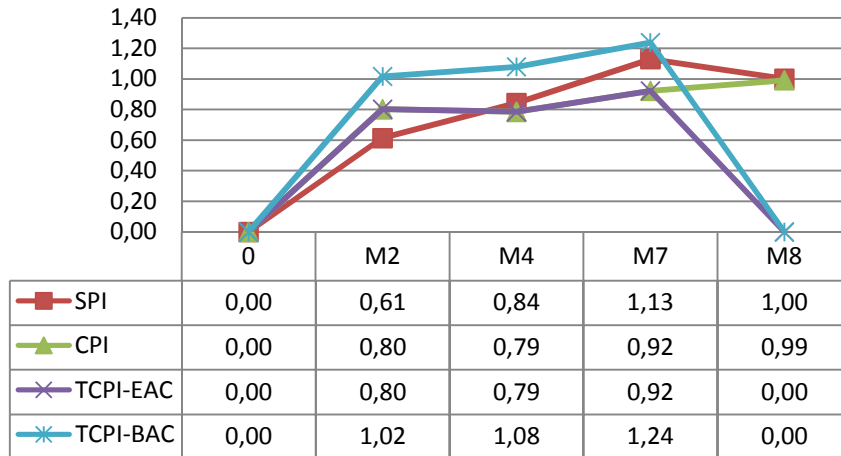


Fig 92: Gráfica TCPI zona A total. Elaboración propia

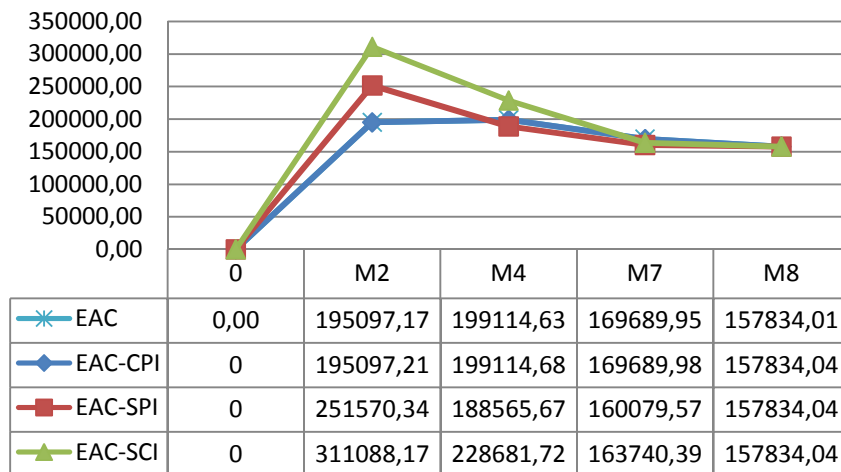


Fig 93: Gráfica EAC zona A total. Elaboración propia

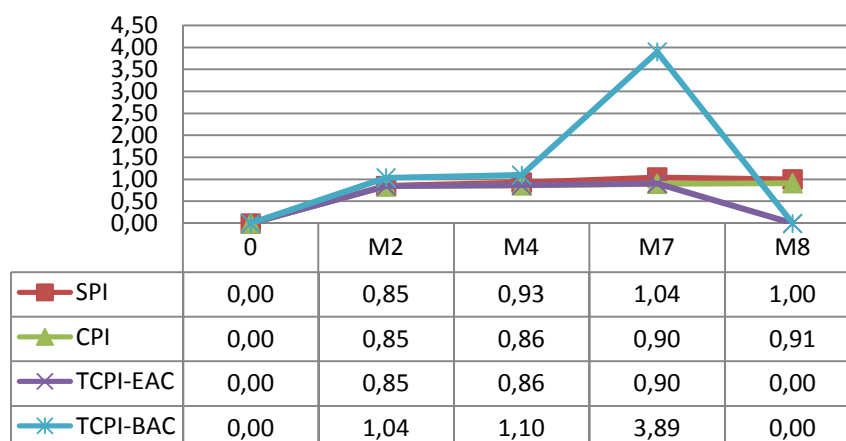


Fig 94: Gráfica TCPI zona B total. Elaboración propia

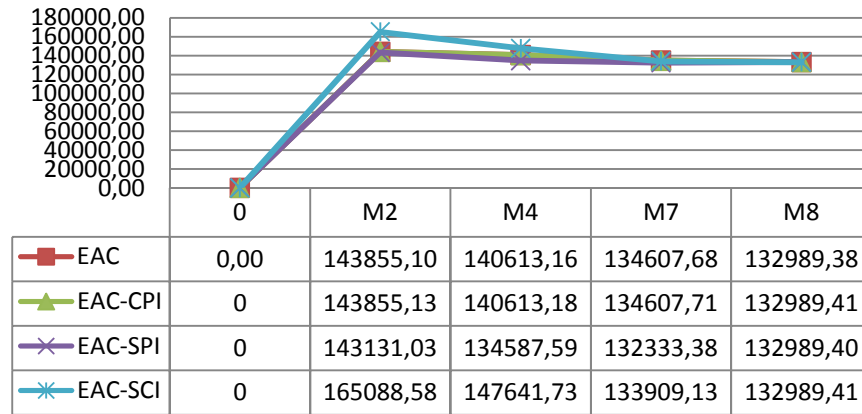


Fig 95: Gráfica EAC zona B total. Elaboración propia

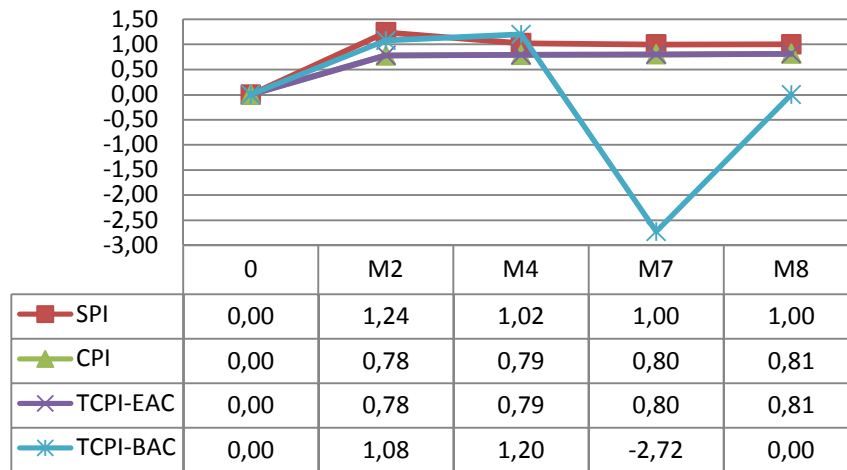


Fig 96: Gráfica TCPI zona C total. Elaboración propia

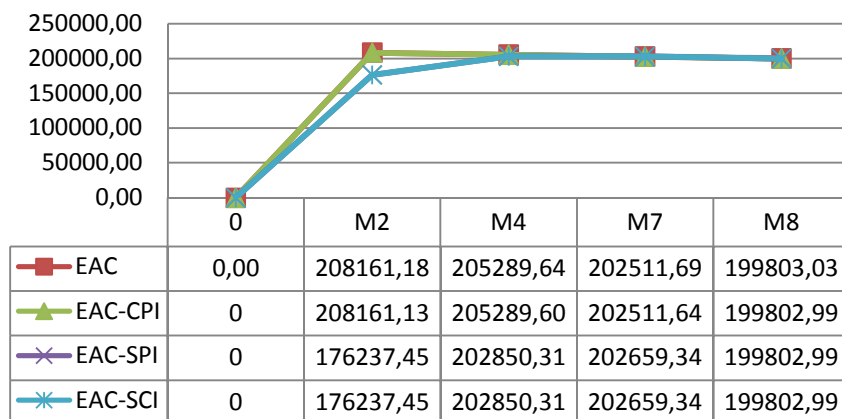


Fig 97: Gráfica EAC zona C total Elaboración propia



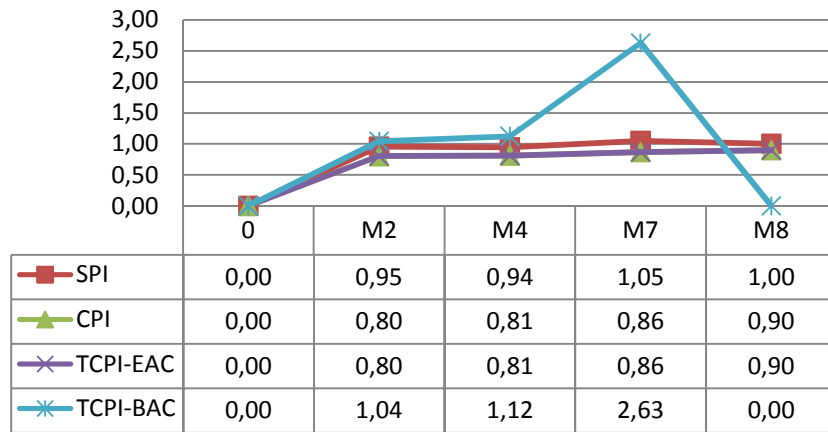


Fig 98: Gráfica TCPI zona global total Elaboración propia

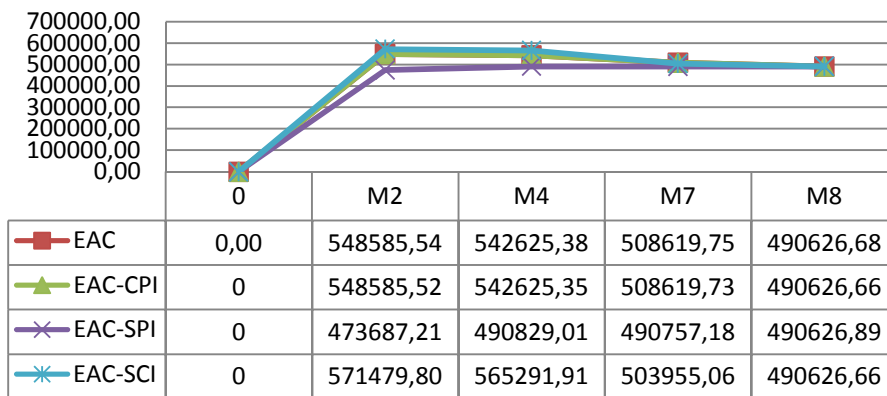


Fig 99: Gráfica EAC global Elaboración propia

Al igual que el estudio que se ha realizado para cada zona y tarea individualmente, la estimación del coste final se puede considerar fiable a partir del 25% del proyecto a la vista de los valores que ha tomado, ya que se puede apreciar que los índices de ejecución mantienen unas curvas mas planas y próximas a la unidad.



## 8.- CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE FUTURO

---

### 8.1.- Conclusiones

A la hora de aplicar este método a obras de instalaciones de tuberías de agua, es conveniente desglosar el proyecto en cada una de las tareas a realizar independientemente ya que en el global del proyecto, los costes totales, dependiendo del momento en el cual se realice el control, pueden verse compensados y la dificultad de encontrar las desviaciones puede producir que éstas no sean contempladas a tiempo. Para un mejor control de la evolución de la obra, sería conveniente desglosar además los costes imputados a las tareas, en mano de obra, material y maquinaria.

Para poder seguir la evolución del proyecto lo más riguroso posible, conviene realizar controles periódicos, de no más de 2 meses entre ambos, cuando la duración de la obra es menor a un año, ya que si se espacian en más tiempo, las desviaciones que hayan podido producirse puede que no se detecten en el momento oportuno. Esto se refleja en nuestro caso, ya que se realizaron los controles al principio cada dos meses y finalmente cada tres, lo que pudo ocultar desviaciones finales.

Se ha podido detectar mediante la aplicación del método del valor ganado en la obra estudiada en este trabajo fin de Máster, que las tareas o actividades que se ejecutan al final de la obra o que se imputan de manera constante a lo largo de toda la ejecución no aportan valor al método (p.e: tarea de reposiciones; tarea de varios)

Mediante este método y en esta obra, se aprecia un valor fiable del valor del proyecto a partir del aproximadamente el 25% de la obra que es lo que los autores que estudian este método suelen estimar para comenzar a ver resultados.

Con este estudio se ha podido apreciar que las curvas obtenidas de los distintos índices han ido marcando las diferentes incidencias que se han ido sucediendo a lo largo de la ejecución de la obra, pero aportándonos datos cuantitativos y no cualitativos. Estos momentos en que el tiempo ha sido mayor de lo esperado o el coste ha sufrido un aumento debido a retrasos por la lluvia, por no tener todos los permisos y al final tener que aumentar la mano de obra, o por no haber previsto la necesidad de más trabajadores en actividades determinadas, los hemos podido conocer porque la obra ya está ejecutada.



Hemos conseguido medir el desempeño durante el horizonte del proyecto. Es una herramienta que permite controlar en forma simultánea el alcance, el costo y el plazo del proyecto. El ejemplo muestra que la aplicación de la administración del valor ganado es fácil de utilizar con la ayuda de una hoja excel, convirtiéndose en una gran ayuda para el gerente de proyectos.

Con este estudio se pretende establecer una forma de trabajo para el control de este tipo de proyectos que nos permitirá determinar el estado real en coste y tiempo en cualquier punto de la ejecución y una estimación final de la evolución de la obra, aunque lo ideal es unir este método a otros métodos utilizados para la gestión integrada de proyectos porque pueden proporcionar una ayuda importante para el control del proyecto a los administradores del mismo y generar así un modelo económico más completo

Lo que si debemos de tener en cuenta en todo momento es, que si bien el método detecta desviaciones en el tiempo y coste, no nos da las soluciones para poder evitar los inconvenientes surgidos, ya que esto va a depender de la experiencia y habilidad de los gestores del mismo.

## **8.2.- Líneas de futuro**

En un futuro se deberá realizar la aplicación de este método en obras similares a la descrita, ya ejecutadas y también desde el inicio de la ejecución del proyecto, para poder verificar que las conclusiones halladas en el estudio realizado en este documento nos permitan afirmar que el método aplicado nos sirve para sentar unas bases fiables en el control de los proyectos en ejecución.

Aplicar esta metodología en algún proyecto que se haya tenido que cancelar por su inviabilidad, o que se haya demorado en plazo, o que el coste sea muy elevado, además de a aquellos proyectos que se hayan ejecutado según las previsiones iniciales y por tanto se hayan obtenido beneficios.

Desarrollar el método del valor ganado dentro de otras aplicaciones informáticas dedicadas al estudio de las obras civiles, como por ejemplo el Presto, MSproject etc., para tener una mayor capacidad de control de la obra.



También podemos utilizarlo en obras que requieren diferentes zonas de trabajos para realizar comparativas entre equipos, tareas etc, y así obtener rendimientos entre cuadrillas.

Se puede plantear la generación de un programa informático mediante la recopilación de datos de obras ya ejecutadas y similares a la descrita que sirva de apoyo a las decisiones a tomar cuando se observen desviaciones del plazo y/o coste.

Podemos enfocar este método desde la óptica de las lecciones aprendidas aplicándolo a diversas obras de la misma naturaleza ya ejecutadas, para obtener los puntos donde se han producido desviaciones de coste y/o plazo, y así determinar las causas iniciales que originaron dichas desviaciones.

Otra línea de futuro interesante sería la introducción de este método en el seguimiento y control de las obras licitadas por la Administración Pública, ya que hasta ahora solo se sirven de las certificaciones emitidas por la empresa contratada a final de cada mes. Al exigir este tipo de métodos se puede evitar las bajas desproporcionadas que actualmente se dan en este tipo de obras, y que conllevan a sobrecoste y modificaciones de proyectos, empujados muchas veces por la amenaza de paralizaciones de obras o de suspensión de trabajos por pérdidas de solvencia de las mismas. Esto produce retrasos y otros inconvenientes en la ejecución de los trabajos.

Finalmente, es necesario comentar que, estas líneas de trabajo no son una propuesta cerrada, de forma que, todas aquellas ideas de interés que vayan surgiendo conforme se avance en la investigación en otros proyectos, se irán incorporando a esta lista.



## 9.- BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

---

Las fechas de consulta de las diferentes páginas web y artículos que aparecen en esta bibliográfica se han realizado en los meses de mayo y junio del año 2014.

- José Manuel Granda Gutiérrez. "Valoración de la aplicación del método del valor ganado a proyectos industriales". Máster interuniversitario en dirección de proyectos. Universidad de Oviedo. 2010.
- Javier F. del Carpio Gallegos. "Administración del valor ganado aplicado a proyectos de tecnología de la información". Revista Industrial Data. Publicado en Internet. Marzo 2008.
- Project Management Institute (PMI). Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMBOK) Madrid, 2008
- D. Navarro. "Seguimiento de proyectos con el Análisis del Valor Ganado" consultado en <http://direccion-proyectos.blogspot.com/dnavarro@armell.com>, 2008
- John Alba. "Método del Valor Ganado" consultado en [http://es.scribd.com/doc/36983392/Valor-Ganado\\_2004](http://es.scribd.com/doc/36983392/Valor-Ganado_2004)
- Duncan Haughey. "What is Earned Value?" consultado en <http://projectsmart.co.uk>, 2002
- Fernando G. Valderrama y Rafael Guadalupe García. "Dos modelos de aplicación del método del Valor Ganado (EVM) para el sector de la construcción". XIV INTERNATIONAL CONGRESS ON PROJECT ENGINEERING Escuela Técnica Superior de Topografía, Geodesia y Cartografía Universidad Politécnica de Madrid . Dirección y Gestión de Proyectos. Madrid 2010.
- Jorge Alsina. "Gestión de Valor Ganado para Control de Proyectos", Project Charter S.A. [www.projectcharter.com](http://www.projectcharter.com)- 2011.



- John Rusk "Earned Value for Agile Development". Optimization Ltd.2009
- An Earned Value Tutorial, por Mark Durrenberger, Principal Oak Associates, Inc., 2002
- Suketu Nagrecha "An introduction to Earned Value Analysis". Newsle.com March 16, 2002
- Joseph Lukas "Earned Value Analysis, why it doesn't work" AACE INTERNATIONAL TRANSACTIONS. 2008
- Joaquín Ibáñez "Seguimiento del Proyecto mediante Earned Value" [www.liderproyecto.com](http://www.liderproyecto.com), 24/11/2009
- Mario Vanhoucke "On the dynamic use of Project performance and Schedule risk information during Project tracking", [www.elsevier.com/locate/omega](http://www.elsevier.com/locate/omega), 2011
- Andrés Felipe Gómez "Earned value analysis- EVA", II Jornada de Gerencia de Proyectos de IT-ACIS Bogota DC, Earned Value, currently with Primavera Systems, 25 y 26/03/2004.
- Shai Rozenes, Gad Vitner, Stuart Spraggett, "Multidimensional Project Control System", [www.elsevier.com/locate/iiproman](http://www.elsevier.com/locate/iiproman), 30 december 2002.
- Robert A. Marshall "The contribution of earned value management to project success on contracted efforts", [www.ncmahq.org/files/articles/icm07\\_pp21-33.pdf](http://www.ncmahq.org/files/articles/icm07_pp21-33.pdf) . Summer 2007,
- Anthony Cabri and Mike Griffiths, "Earned Value and Agile Reporting" [www.leadinganswers.typepad.com/leading\\_answers/files/agile\\_and\\_earned\\_value\\_reporting.pdf](http://www.leadinganswers.typepad.com/leading_answers/files/agile_and_earned_value_reporting.pdf), 2005
- Quentin W. Fleming, Joel M. Koppelman, "Earned Value Management: Mitigating the risks associated with construction projects - Risk Management", [www.findarticles.com/p/articles](http://www.findarticles.com/p/articles). 2002



- Robert A. Marshall, "The Top 10 Secrets of Earned Value Management", [www.goutech.com/pcio/the-top-10-secrets-of-earned.html](http://www.goutech.com/pcio/the-top-10-secrets-of-earned.html), 9 November 2008.
- Eduardo Gonzalez "Earned Value Management for it projects" [www.prsi.ca/pdf/ppmwpevm\\_v6.pdf](http://www.prsi.ca/pdf/ppmwpevm_v6.pdf) , 2005
- Dan Ferens and Ellen Walker, "Earned Value Management: keeping your project on track" Tech Views vol. 12, number 1, [www.journalthedacs.com](http://www.journalthedacs.com) , Abril 2009.
- Luis M. Arroyo "How to Apply Earned Value Management to Programs that Include Elements of Continuous Operations", [www.allpm.com/allpmnewsletter/august2010/word/article-8-spanish-0810.pdf](http://www.allpm.com/allpmnewsletter/august2010/word/article-8-spanish-0810.pdf), 2010
- Alexandre Rodrigues "Effective Measurement of Time Performance using Earned Value Management", PM World Today (vol. XII, issue X), [www.pmworldtoday.net](http://www.pmworldtoday.net), octubre 2010
- Walt Lipke "Schedule Analysis Using EVM Data", [www.earnedschedule.com](http://www.earnedschedule.com), [www.earnedschedule.com/docs/schedule%20is%20different.pdf](http://www.earnedschedule.com/docs/schedule%20is%20different.pdf), noviembre 2011.
- Chen Yu Chao "Consolidate Earned Value Principle with Integrated Cost Management - On project Budget Control during Construction and Investment Period" [www.seiofbluemountain.com/upload/product/200910/2008qlhyl2a22.pdf](http://www.seiofbluemountain.com/upload/product/200910/2008qlhyl2a22.pdf) Año 2008.
- Akbar Toloian "The Application of Earned Value and Cost Controlling Techniques in Evaluating of Development Projects", Journal of Basic and Applied Scientific Research, Tex Road Publication, ISSN 2090-4304. 2011.
- "Practice Standard for Earned Value Management", ISBN-1-930699-42-5, [www.thiqaruni.org/pharmacy2/53.pdf](http://www.thiqaruni.org/pharmacy2/53.pdf), 2005.



- Jose Angelo Valle, "The Use of Earned Value Analysis in the Cost Management of Construction Projects" [www.icoste.org/ICMJ%20papers/valle%20-%20EVA.pdf](http://www.icoste.org/ICMJ%20papers/valle%20-%20EVA.pdf), 2004.
- EunHong Kim, William G. Wells, Michael R. Duffey "A model for Effective Implementation of Earned Value Management Methodology", Elsevier Science, [www.tacticalprojectmanagement.com/attachments/](http://www.tacticalprojectmanagement.com/attachments/), 2003.
- Alexander Garrido "Metodología de Valor Ganado y CPM-PERT en el control presupuestal de un proyecto de inversión: Estudio de caso de un proyecto de la construcción", VI Congreso Internacional de Gerencia de Proyectos, [www.puiportal.iaveriana.edu.co/portal/page/portal/facultad%20de%20ingenieria](http://www.puiportal.iaveriana.edu.co/portal/page/portal/facultad%20de%20ingenieria) 15 octubre 2010.
- Giuseppe Graziano Capasso "Evaluación de la Metodología Aplicada por la Unidad de Planificación y Control de una Empresa Consultora de Ingeniería para el Control de Proyectos IPC" [www.biblioteca2.ucab.edu.ue/anexos/biblioteca/marc/texto/AARIS26.pdf](http://www.biblioteca2.ucab.edu.ue/anexos/biblioteca/marc/texto/AARIS26.pdf), julio 2007.