



Departamento de posgrados

**“Alternativa para el Monitoreo del Avance de Obra en los
Proyectos de Construcción de la Ciudad de Cuenca”**

Maestría en Administración de Empresas

Autor: Carlos Ortega Vázquez

Director: Antonio Torres D.

**Cuenca – Ecuador
2013**

RESUMEN

El costo y el tiempo de un proyecto son pilares fundamentales en la consecución con éxito de sus objetivos, es por ello que de no ser planificados monitoreados y controlados adecuadamente, se llegaría a las penosas consecuencias futuras de incrementos en costo y/o prorrogas de plazo.

Para que un administrador pueda mantener el control sobre estas variables, o incluso disminuirlas, necesita de un pensamiento crítico, innovador, intuitivo y además contar con las herramientas apropiadas que le permitan determinar con la suficiente anticipación los problemas que pudieren suscitarse en el desarrollo un proyecto.

El presente ensayo tendrá como base de estudio y objeto de análisis un Proyecto de Construcción de Obras Civiles de la ciudad de Cuenca, y pretende desarrollar una alternativa de solución que facilite al administrador controlar el avance del proyecto en forma objetiva.

Para ello se realizará una adaptación del método del valor ganado (EVM) *Standard for Earned Value Management* desarrollado por el Project Managment Institute (PMI) en su Guía del PMBOK, a nuestro entorno de ejecución de obras bajo la modalidad de contratación por precios unitarios.

Palabras clave: Progreso; EMV; construcción; precios unitarios

ABSTRACT

The cost and time of a project are fundamental in the successful achievement of its objectives, which is why, if not properly planned, monitored, and controlled, it would lead to future cost overheads and time postponements.

In order for a manager to maintain control over these variables, or even reduce them, it is necessary intuitive, innovative, and critical thinking, as well as the appropriate tools to be able to determine in advance the problems that might arise during the development of a project.

This work has as a base of study and object of analysis a Civil Works Construction Project in the city of Cuenca, and aims to develop an alternative solution to facilitate the administrator an objective control of its progress.

For this purpose, the method of earned value (EVM) called Standard for Earned Value Management will be adapted to our work construction environment under the contract modality based on unit prices. This method was developed by the Project Management Institute (PMI) in its PMBOK Guide.

Key words: Progress, EMV, Construction, Unit prices



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

INDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	¡Error! Marcador no definido.
INDICE GENERAL.....	iii
INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROBLEMÁTICA.....	2
3. METODOLOGÍA	3
4. DESARROLLO	3
4.1. Escenario No.1.....	5
4.2. Escenario No.2.....	7
4.3. Escenario No.3.....	8
5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	10
6. SOLUCIÓN.....	18
6.1. Escenario No.1.....	18
6.2. Escenario No.2.....	21
6.3. Escenario No.3.....	24
7. RESULTADOS	26
8. CONCLUSIONES	27
9. BIBLIOGRAFÍA.....	29
10. ANEXOS.....	30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Cantidades y Precios.....	4
Tabla 2.- Cronograma Valorado de Inversiones	5
Tabla 3.- Cronograma Valorado Calle S/N (Esc. 1 Decremento de Cantidades)	7
Tabla 4.- Cronograma Valorado Calle S/N (Esc. 2 Incremento de Cantidades)	8
Tabla 5.- Cronograma Valorado Calle S/N (Esc. 3 Variación deliberada de Cantidades).....	10
Tabla 6.- Vinculo: Tabla de Cantidades y Precios con Actividades del Cronograma Gantt	12
Tabla 7.- Tabla de Cantidades y Precios, Actividades del Cronograma Gantt	14
Tabla 8.- Cronograma Valorado por Actividades.....	16
Tabla 9.- Cronograma Valorado por Grupos de Actividades	17
Tabla 10.- Alternativa de Cronograma Valorado Programado.....	17
Tabla 11.- Vínculo de rubros a las diferentes actividades (Esc. 1 Decremento de Cantidades).....	18
Tabla 12.- Cronograma Valorado Calle S/N (Esc. 1 Decremento de Cantidades)	19
Tabla 13.- Indicadores de avance (Esc. 1 Decremento de Cantidades)	20
Tabla 14.- Vínculo de rubros a las diferentes actividades (Esc. 2 Incremento de Cantidades).....	22
Tabla 15.- Cronograma Valorado Calle S/N (Esc. 2 Incremento de Cantidades)	22
Tabla 16.- Indicadores de avance (Esc. 2 Incremento de Cantidades)	24
Tabla 17.- Vínculo de rubros a las diferentes actividades (Escenario No. 3).....	25
Tabla 18.- Cronograma Valorado Calle S/N (Esc. 3 Variación Deliberada de Cantidades).....	25
Tabla 19.- Indicadores de avance (Esc. 3 Variación Deliberada de Cantidades)	26
Tabla 20.- Comparativa de caso Decremento de Cantidades (Esc. 1)	27
Tabla 21.- Comparativa de caso Incremento de Cantidades (Esc. 2).....	27

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Curva de inversión Escenario No.1.....	6
Figura 2.- Curva de inversión Escenario No.2.....	8
Figura 3.- Curva de inversión Escenario No.3.....	9
Figura 4.- Cronograma de Barras Gantt	13
Figura 5.- Curva de Inversión Escenario No.1	20
Figura 6.- Curva de Inversión Escenario No.2	23
Figura 7.- Valor Ganado, Valor Planificado y Costos Reales	31

Ing. Carlos Ortega V.
Trabajo de graduación
Ing. Antonio Torres D.
Diciembre, 2013

ALTERNATIVA PARA EL MONITOREO DEL AVANCE DE OBRA EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIUDAD DE CUENCA

1. INTRODUCCIÓN

En la contratación pública en el Ecuador, en el concurso de la construcción de proyectos bajo la modalidad de contratación por precios unitarios, es normal y esperado que se adjudique un contrato de construcción a la oferta más conveniente para la institución contratante, es decir la de “menor precio”, cumpliendo claro está con los demás requerimientos exigidos en los pliegos de concurso. En resumen, el concurso se definiría por la oferta económica, por lo que los oferentes encaminarían todos sus esfuerzos en obtener una oferta competitiva en este aspecto, relegando a un segundo plano en importancia un pilar fundamental en el éxito de la consecución del objeto del proyecto que es la planificación de la construcción, que frecuentemente si no es elaborada con la minuciosidad que se la requiere, conllevaría a futuras ampliaciones de plazo y/o incrementos de costo.

El delegado por el Estado que fungiría como responsable del proyecto es el denominado “Administrador”, y que tiene entre sus principales funciones el velar por el cabal cumplimiento de todas y cada una de las obligaciones derivadas del contrato. *Art.121* (La ley orgánica del sistema nacional de contratación pública del Ecuador LOSNCP, 2008)

Es por esto, que es necesario que el administrador tenga una perspectiva clara del desempeño del proyecto en todo momento, que le permita tomar decisiones con la debida oportunidad y de ser el caso desarrollar planes de recuperación de tal forma de cumplir adecuadamente con los objetivos empresariales. En tal virtud, en este trabajo se pretende desarrollar una alternativa que facilite al administrador del contrato el control y seguimiento del proyecto mediante la ayuda de indicadores que permitan cuantificar el avance de obra.

2. PROBLEMÁTICA

Las entidades contratantes en nuestra ciudad controlan fundamentalmente el avance del proyecto en base al cronograma valorado de trabajos, para cada fecha determinada contractualmente se realiza una comparativa entre el monto de inversión ejecutada por el contratista y el monto planificado del cronograma valorado. El resultado determina si existe adelanto o retraso del proyecto.

Lo anterior podría servir en determinadas circunstancias, como cuando las variaciones en lo referente a incremento o decremento de cantidades de obra, creación de obras adicionales, etc., no son importantes, es decir cuando lo planeado en el programa está acorde a lo realmente ejecutado. Por el contrario, cuando dichas variaciones son de consideración, esta medida ya no refleja la realidad y en consecuencia la perspectiva de estimación de costos y el plazo final para culminación del objeto del proyecto se torna incierta.

Como conocemos, en la modalidad de contratación por precios unitarios, las cantidades de obra a ejecutar son estimadas, a tal punto que la propia LOSNCP prevé incrementos de hasta un veinticinco (25%), además de un diez (10%) en obras adicionales del valor reajustado del contrato, sin necesidad de la suscripción de contratos complementarios, y suscribiéndolos podría alcanzar un treinta y cinco (35%) adicional; es decir que, hipotéticamente el monto de un contrato podría alcanzar el setenta y cinco (75%) del monto del contrato inicial. (*Art.87, Art.88 y Art.89*) (La ley orgánica del sistema nacional de contratación pública del Ecuador LOSNCP, 2008; (PMI), 2004)

De lo anterior se desprende que en los proyectos de construcción civil, es posible una considerable variación de cantidades y/o incrementos o decrementos de obra.

Bajo estas circunstancias, la cuantificación del avance del proyecto obtenida del cronograma valorado reflejaría un resultado distorsionado. En este caso la inversión ejecutada en una fecha determinada se la estaría comparando con una programada subvalorada, con la consecuencia de que eventualmente se podría observar adelantos en la obra cuando en realidad existan atrasos. Y si sucede lo contrario, también reflejaría distorsiones en la lectura del avance, es decir si las cantidades contractuales estuviesen sobrestimadas con lo realmente ejecutado, o si no se ejecutasen ciertas obras previstas inicialmente, daría como resultado una apreciación de retraso en el avance cuando en realidad podría no serlo.

Por otro lado, el avance ejecutado podría también desviarse de la realidad del avance del proyecto, pues está relacionado con la inversión ejecutada por el contratista, y si éste ejecuta obras cuyos rubros de precios unitarios son de impacto directo en la inversión, inclinaría el

avance de obra a su favor, o por el contrario si ejecuta obras de menor valor reflejaría un atraso con el programa.

3. METODOLOGÍA

Para nuestro estudio, hemos obtenido información de los métodos para el control el avance de los proyectos que emplean algunas de las principales empresas públicas locales, que desarrollan permanentemente obras de construcción civil de la ciudad de Cuenca como son: El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cuenca (GADC), La Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA EP), y La Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, particularmente La Unidad de Negocio Hidropaute.

Además de lo anterior, nos soportaremos en una metodología elaborada por el Project Management Institute (PMI), una organización internacional, que asocia a profesionales relacionados con la Gestión de Proyectos, que la desarrolló para medir el desempeño de los proyectos.

Para el caso que nos ocupa en materia de costo y tiempo, el Método del Valor Ganado, Practice Standard for Earned Value Management (EVM), de implantación generalizada en los proyectos promovidos por el Gobierno de los Estados Unidos, y que ha probado ser una eficiente herramienta de retroalimentación y medición de rendimiento del proyecto, proporcionando un medio para pronosticar el rendimiento futuro en base al rendimiento pasado. Si bien es cierto que esta metodología es aplicada para otras realidades de contratación, creemos que con ciertas adaptaciones podríamos emplearla en nuestro entorno nacional. Es nuestro Afán desarrollar una alternativa que se adapte a nuestros requerimientos y facilite el trabajo en materia de control a la administración del proyecto, tomando para ello, la metodología del Valor Ganado *“La técnica del valor ganado, compara el valor acumulativo del costo presupuestado del trabajo realizado (ganado) en la cantidad original del presupuesto asignada tanto con el costo presupuestado del trabajo planificado (programado) como con el costo real del trabajo realizado (real).”* ((PMI), 2004).

Para el análisis, nos apoyaremos en un modelo genérico de contratación por precios unitarios de una construcción tipo de obras civiles, en este caso La Construcción de Obras Hidrosanitarias, Canalización Telefónica, Muros, Veredas, Bordillos, Pavimentación Rígida, Señalización, Mitigación de impactos Ambientales de una calle de la ciudad de Cuenca, en el cual simularemos los diferentes escenarios mediante la manipulación sistemática de sus datos y analizaremos sus resultados.

4. DESARROLLO

En la Tabla 1 se presentan las cantidades y precios unitarios contractual, y en la Tabla 2 presentaremos el cronograma valorado de inversiones programado por el contratista en forma mensual, que no es más que el presupuesto de la Tabla 1 ponderada a lo largo del plazo estipulado.

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS					
ITEM	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CONTRATO	
				CANTIDAD	MONTO
1	OBRAS HIDROSANITARIAS				23,542.94
1.001	EXCAVACIONES MECANICAS				1,032.48
1.001.001	Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material sin clasificar, cuchara 40 cm	m3	3.16	192.19	607.32
1.001.002	Excavación retroexcavadora, zanja 2-4 m, material sin clasificar, cuchara 40 cm	m3	3.39	46.23	156.72
1.001.003	Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material conglomerado, cuchara 40 cm	m3	4.35	48.05	209.02
1.001.004	Excavación retroexcavadora, zanja 2-4 m, material conglomerado, cuchara 40 cm	m3	5.14	11.56	59.42
1.002	EXCAVACIONES MANUALES				1,413.08
1.002.001	Excavación manual, zanja 0-2 m, material sin clasificar	m3	11.39	89.00	1,013.71
1.002.002	Excavación manual, zanja 2-4 m, material sin clasificar	m3	13.66	1.48	20.32
1.002.003	Excavación manual, zanja 0-2 m, material conglomerado	m3	16.70	22.25	371.58
1.002.004	Excavación manual, zanja 2-4 m, material conglomerado	m3	20.48	0.37	7.58
1.003	RELLENO DE ZANJAS				9,685.62
1.003.001	Relleno compactado con material de sitio en zanjas	m3	5.48	43.17	236.57
1.003.002	Relleno compactado con material de mejoramiento en zanjas	m3	24.32	388.53	9,449.05
1.004	REDES DE AGUA POTABLE				889.93
1.004.001	Tubería PVC d = 110 mm, U/E 1 MPA	MI	12.54	10.00	125.40
1.004.002	Tubería PVC d = 200 mm, U/E 1 MPA	MI	30.34	10.00	303.40
1.004.003	Tee HF d = 110 x 63 mm	U	63.89	2.00	127.78
1.004.004	Unión de reparación PVC d = 63 mm, U/E 1 MPA	U	11.55	4.00	46.20
1.004.005	Unión de reparación PVC d = 200 mm, U/E 1 MPA	U	57.05	2.00	114.10
1.004.006	Unión de reparación PVC d = 160 mm, U/E 1 MPA	U	34.61	5.00	173.05
1.005	DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE				3,183.80
1.005.001	Collarín HF d = 110 mm x 1/2" Importado	U	33.90	15.00	508.50
1.005.002	Collarín HF d = 110 mm x 3/4" Importado	U	37.69	1.00	37.69
1.005.003	Collarín HF d = 110 mm x 1" Importado	U	38.87	1.00	38.87
1.005.004	Toma de incorporación d = 1/2"	U	17.83	15.00	267.45
1.005.005	Toma de incorporación d = 3/4"	U	27.60	1.00	27.60
1.005.006	Tubo de cobre d = 1/2"	MI	11.13	160.00	1,780.80
1.005.007	Tubo de cobre d = 3/4"	MI	18.29	10.00	182.90
1.005.008	Unión cobre cobre d = 1/2"	U	9.43	1.00	9.43
1.005.009	Unión cobre HG d = 1/2"	U	7.66	8.00	61.28
1.005.010	Caja de vereda	U	6.84	8.00	54.72
1.005.011	Llave de vereda 1/2"	U	17.69	8.00	141.52
1.005.012	Llave de corte 1/2"	U	9.13	8.00	73.04
1.006	REDES DE ALCANTARILLADO				7,338.03
1.006.001	Tubería de hormigón d = 200 mm	MI	9.19	130.00	1,194.70
1.006.002	Tubería de hormigón d = 300 mm	MI	13.66	40.00	546.40
1.006.003	Tubería de hormigón d = 400 mm	MI	24.73	6.00	238.38
1.006.004	Tubería de hormigón d = 500 mm	MI	29.82	5.00	149.10
1.006.005	Tubería de hormigón d = 600 mm	MI	37.15	1.00	37.15
1.006.006	Pozo de revisión h = 2 a 2.5 m, incluye encofrado metálico, excluye tapa, cerco y/o brocal	U	267.08	2.00	534.16
1.006.007	Pozo till d = 300 mm, incluye cerco y tapa con platina perimetral	U	80.92	12.00	971.04
1.006.008	Pozo de revisión para sumidero, excluye tapa, cerco y/o brocal	U	70.04	4.00	280.16
1.006.009	Rejilla para sumidero	U	89.60	4.00	358.40
1.006.010	Caja para sumidero en calles	U	44.77	4.00	179.08
1.006.011	Brocal de hormigón para pozos (h=20cm) y tapa (h=10cm) cónicos, D=700mm, Tipo A	U	116.91	3.00	350.73
1.006.012	Reparación domiciliar de alcantarillado	MI	17.03	1.00	17.03
1.006.013	Cargado de material con minicargadora	m3	24.73	5.00	123.65
1.006.014	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	1.84	534.48	983.44
1.006.015	Sobrecarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia	m3-km	0.25	3,206.88	801.72
1.006.016	Catastro de obras hidrosanitarias y telefónicas aprobadas por ETAPA	Global	106.79	1.00	106.79
1.006.017	Demolición de estructuras de hormigón simple	m3	12.93	1.00	12.93
1.007	REPOSICION DE VIA				22,823.16
1.007.001	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	1.65	968.44	1,597.93
1.007.002	Cargado de material con cargadora	m3	1.25	1,480.04	1,850.05
1.007.003	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	1.84	1,480.04	2,723.27
1.007.004	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m3	22.49	1,800.38	2,142.45
1.007.005	Pedregal, conformación y compactación con equipo pesado	m3	20.08	1.05	21.08
1.007.006	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	22.89	360.08	8,242.23
1.007.007	Excavación manual material sin clasificar	m3	8.54	50.84	434.17
1.007.008	Sobrecarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia	m3-km	0.25	8,880.24	2,220.06
1.007.009	Material filtrante para drenes, suministro y colocación	MI	24.91	65.00	1,619.15
1.007.010	Tubería PVC perforada para dren, d= 160 mm	MI	8.65	120.00	1,038.00
1.007.011	Geotextil NT 1600, suministro e instalación	m2	2.15	400.00	860.00
1.007.012	Relleno fluido para recubrimiento y refuerzo de estructura vial	m3	49.84	1.50	74.76
1.008	REPOSICION DE VEREDA				7,147.93
1.008.001	Excavación manual material sin clasificar	m3	8.54	263.07	2,243.88
1.008.002	Cargado de material manualmente	m3	3.41	78.41	267.38
1.008.003	Cargado de material con minicargadora	m3	1.35	313.64	423.41
1.008.004	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	1.84	392.05	721.37
1.008.005	Relleno compactado con material de sitio	m3	6.22	34.78	216.33
1.008.006	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	24.91	81.14	2,021.49
1.008.007	Demolición de losa de vereda	m2	3.74	107.31	401.34
1.008.008	Retiro de replantillo	m2	0.91	107.31	97.65
1.008.009	Demolición de bordillo de hormigón de hasta 15x40 cm	MI	1.84	89.43	164.55
1.008.010	Sobrecarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia	m3-km	0.25	2,352.30	588.08
2	MUROS VEREDAS Y BORDILLOS				16,231.94
2.001	Replanteo de piedra e = 15 cm	m2	5.71	540.96	3,088.88
2.002	Mampostería de piedra con mortero 1:4	m3	81.73	29.74	2,430.65
2.003	Hormigón ciclópeo (60% H.S. y 40% piedra) f'c = 210 kg/cm2	m3	82.02	9.45	775.09
2.004	Bordillo incorporado de 10x30 cm, f'c = 210Kg/cm2	MI	9.15	368.00	3,367.20
2.005	Malta electrosoldada R-84	m2	2.68	81.14	217.46
2.006	Losa de hormigón simple e = 5 cm, f'c = 210 kg/cm2	m2	9.49	540.96	5,133.71
2.007	Curado de superficie con aditivo químico	m2	0.59	552.00	325.68
2.008	Corte y sellado de juntas con emulsión asfáltica	MI	2.42	184.00	445.28
2.009	Bolardo de aluminio para vereda	U	65.37	4.00	261.48
2.01	Encofrado metálico recto para muros	m2	10.22	18.25	186.52
3	PAVIMENTACION RIGIDA				55,826.65
3.001	Losa de Pavimento Hormigón f'c (28) = 300 kg/cm2	m3	137.13	360.08	49,377.77
3.002	Acero de refuerzo, fy=4200Kg/cm2	kg	1.88	1,123.77	2,112.69
3.003	Encofrado metálico para vías	MI	4.14	257.20	1,064.81
3.004	Curado de superficie con aditivo químico	MI	0.59	1,800.38	1,062.22
3.005	Corte y sellado de juntas con poliuretano, incluye cordón e imprimante	MI	3.73	571.55	2,131.88
3.006	Junta de madera para losa de hormigón	MI	1.84	42.00	77.28
4	SEÑALIZACION				954.48
4.001	Señalización vertical	U	101.48	2.00	202.96
4.002	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	MI	1.27	576.00	731.52
5	IMPACTOS AMBIENTALES				2,503.41
5.001	Valla de advertencia de obras y desvío	U	19.45	4.00	77.80
5.002	Valla de madera para advertencia de sitio de obra	U	34.22	2.00	68.44
5.003	Señalización con cinta	MI	0.19	288.00	54.72
5.004	Parante con base de hormigón, 20 usos	U	4.53	20.00	90.60
5.005	Pasos peatonales de tabla	U	8.83	15.00	132.45
5.006	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	0.22	960.00	211.20
5.007	Bloques de hormigón para protección de vías	U	15.71	15.00	235.65
5.008	Letrero de Información del Proyecto	U	320.23	1.00	320.23
5.009	Difusión Social	Global	590.00	1.00	590.00
5.01	Basurero de acero inoxidable para poste, suministro y colocación	U	180.58	4.00	722.32
6	CANALIZACION TELEFONICA				10,177.89
6.001	Excavación manual, zanja 0-2 m, material sin clasificar	m3	11.39	19.46	221.65
6.002	Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material sin clasificar, cuchara 40 cm	m3	3.16	175.10	553.32
6.003	Relleno compactado con material de mejoramiento en zanjas	m3	24.32	133.73	3,252.31
6.004	Relleno compactado con material de sitio en zanjas	m3	5.48	33.43	183.20
6.005	Tubería PVC para ducto telefónico, d = 110 mm	MI	3.56	852.60	3,035.26
6.006	Replanteo de piedra e = 15 cm	m2	5.71	7.07	40.37
6.007	Mampostería de ladrillo ancho 15 cm con mortero 1:3	m2	21.98	26.57	584.01
6.008	Enlucido con mortero 1:3	m2	9.19	26.63	244.73
6.009	Encofrado de madera recto para caja de teléfonos (2 usos)	m2	4.83	5.67	27.39
6.01	Hormigón Simple f'c = 210 kg/cm2	m3	107.55	1.95	209.72
6.011	Acero de refuerzo, fy=4200Kg/cm2	kg	1.88	105.00	197.40
6.012	Tapa de pozo de revisión HF	U	115.44	2.00	230.88
6.013	Tapa de H. A. de 50 x 50 cm con platina perimetral	U	31.21	3.00	93.63
6.014	Cargado de material manualmente	m3	3.41	50.59	172.51
6.015	Cargado de material con minicargadora	m3	1.35	202.34	273.16
6.016	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	1.84	252.37	463.99
6.017	Sobrecarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia	m3-km	0.25	1,517.58	379.40
6.018	Demolición de estructuras de hormigón simple	m3	12.93	1.05	13.58
SUMAN:					139,188.40

Tabla 1.- Cantidades y Precios

CRONOGRAMA PROGRAMADO POR CATEGORIA DE INVERSIÓN									
ITEM	CATEGORIAS DE INVERSION	INVERSION		09-jul-13 31-jul-13	01-ago-13 31-ago-13	01-sep-13 30-sep-13	01-oct-13 31-oct-13	01-nov-13 05-nov-13	% AVANC E
	Obras Hidrosanitarias	23,542.94	Programado	4,708.59	18,834.35				100.00%
			Ejecutado						90.00%
	Veredas	23,379.88	Programado		5,844.97	8,182.96	9,351.95		80.00%
			Ejecutado						70.00%
	Pavimento	78,649.80	Programado			15,729.96	55,054.86	7,864.98	60.00%
			Ejecutado						50.00%
	Señalización	934.48	Programado					934.48	40.00%
			Ejecutado						30.00%
	Canalización Telefónica	10,177.90	Programado				8,549.44	1,628.46	20.00%
			Ejecutado						10.00%
	Impacto Ambiental	2,503.41	Programado	1,251.71	1,251.71				
			Ejecutado						
INVERSIONES	PROGRAMADA	139,188.41		5,960.29	25,931.03	23,912.92	72,956.25	10,427.92	
	PROGRAMADA ACUMULADA			5,960.29	31,891.32	55,804.24	128,760.49	139,188.41	
	EJECUTADA								
	EJECUTADA ACUMULADA								
%	PROGRAMADA			4.28%	18.63%	17.18%	52.42%	7.49%	
	PROGRAMADA ACUMULADA			4.28%	22.91%	40.09%	92.51%	100.00%	
	EJECUTADA								
	EJECUTADA ACUMULADA								

Tabla 2.- Cronograma Valorado de Inversiones

Para facilidad de lectura del cronograma valorado, los rubros se los ha agrupado por secciones. Debemos advertir que el ejemplo escogido para nuestro propósito es relativamente pequeño, en el cual el sentido común para prever las dificultades o pronósticos podría estar presente en todo momento, pero se lo ha escogido así solamente para fines didácticos y un mejor entendimiento. Sin embargo, estas mismas dificultades podrían extrapolarse a proyectos de mayor duración y/o envergadura, siendo en estos casos, en donde el sentido común ya no basta, y necesitamos de herramientas que ayuden en la toma oportuna de decisiones.

4.1. Escenario No.1

Decremento de Cantidades

Durante este escenario se analiza el caso, en el cual las cantidades contractuales estuviesen sobreestimadas con respecto a las realmente ejecutas.

El punto de análisis se ha tomado para el momento en el cual se han terminado todos los trabajos y cumplido el objeto del contrato, procediendo a analizar las inversiones reales ejecutadas en forma mensual por el contratista.

Al observar las inversiones ejecutadas en el cronograma valorado, (ver Tabla 3) colegimos que solo en el primer mes de ejecución el contratista presenta un pequeño adelanto con respecto al programa, los demás meses subsiguientes el retraso presentado es considerable, a tal punto y conforme a nuestra legislación debería incurrir en multas, pues no alcanzaría el porcentaje de cumplimiento mínimo establecido para cada inversión parcial denominado la curva del 80%. (Figura 1).

Sin embargo este análisis no estaría del todo correcto, pues observamos que los grupos Obras Hidrosanitarias, Veredas y sobre todo Pavimento, sus cantidades estuvieron sobre estimadas,

mientras que en el grupo Impacto ambiental sus cantidades subestimadas. Como podemos apreciar en la planilla final el contratista presenta un avance total acumulado del 77,76% a pesar de haber terminado la obra.

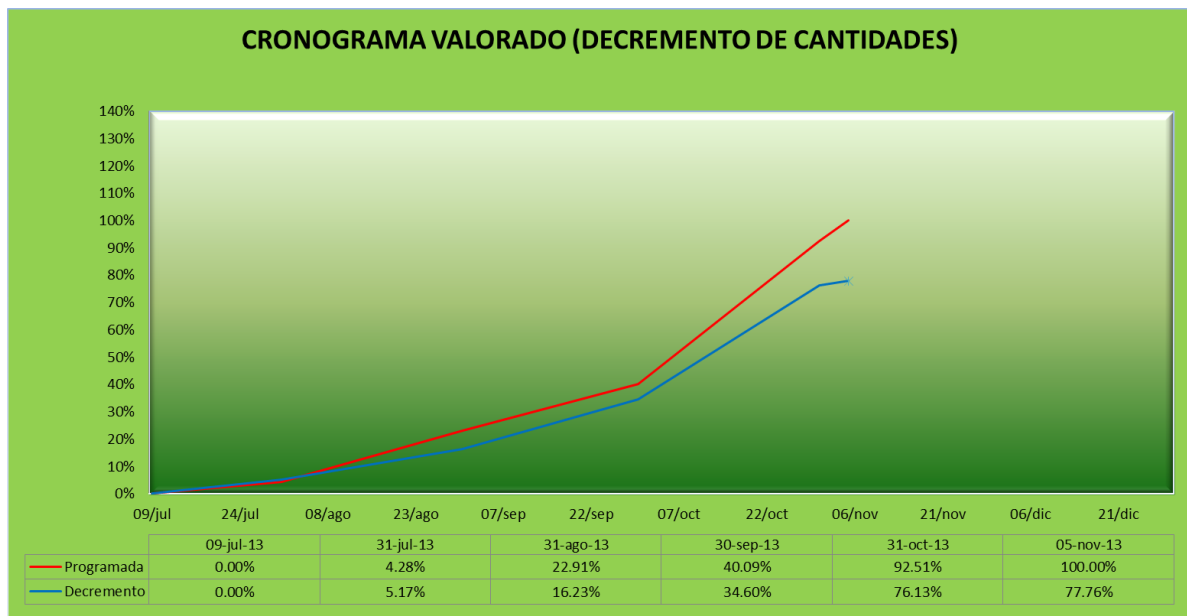


Figura 1.- Curva de inversión Escenario No.1

Del análisis podemos concluir que la lectura del avance valorado ejecutado, no fue de mucha ayuda para el monitoreo y control del proyecto pues los resultados obtenidos arrojaron un retraso constante. Sin embargo y en apego a la realidad, se explica que el contratista cumplió con el objeto de su obra a satisfacción, dentro del plazo e inclusive con un menor costo. Esto obedece a la disminución de obra contratada, y sería tan solo cerca de finalizar los trabajos que se podría conocer por sentido común el cumplimiento del contratista con su compromiso.

En cuanto al costo final del proyecto en el lapso del tiempo de su ejecución, no se lo conocería. Al observar la comparativa de las inversiones ejecutada y programada, ésta no aporta mayor detalle en este aspecto sino así también sólo cuando esté por finalizar los trabajos, a no ser que hagamos un estudio para obtener la nueva tabla de cantidades y estimar el nuevo presupuesto.

CRONOGRAMA PROGRAMADO POR CATEGORIA DE INVERSIÓN									
ITEM	CATEGORIAS DE INVERSION	INVERSION		09-jul-13 31-jul-13	01-ago-13 31-ago-13	01-sep-13 30-sep-13	01-oct-13 31-oct-13	01-nov-13 05-nov-13	% AVANCE
	Obras Hidrosanitarias	23,542.94 19,524.83	Programado Ejecutado	4,708.59 6,755.21	18,834.35 7,384.65				
	Veredas	23,379.88 20,367.96	Programado Ejecutado		5,844.97 6,121.44	2,919.49 14,403.33	2,465.48 -156.81		100.00% 90.00%
	Pavimento	78,649.80 53,337.83	Programado Ejecutado			15,729.96 1,316.27	55,054.86 52,021.56	7,864.98	70.00% 60.00%
	Señalización	934.48 807.14	Programado Ejecutado					934.48 807.14	50.00% 40.00%
	Canalización Telefónica	10,177.90 1,898.84	Programado Ejecutado				8,549.44	1,628.46 1,462.70	30.00% 20.00%
	Impacto Ambiental	2,503.41 12,291.14	Programado Ejecutado	1,251.71	1,251.71 1,897.73				10.00%
INVERSIONES	PROGRAMADA	139,188.41		5,960.29	25,931.03	23,912.92	72,956.25	10,427.92	
	PROGRAMADA ACUMULADA			5,960.29	31,891.32	55,804.24	128,760.49	139,188.41	
	EJECUTADA	108,227.74		7,191.35	15,403.82	25,561.96	57,800.78	2,269.84	
	EJECUTADA ACUMULADA			7,191.35	22,595.17	48,157.13	105,957.90	108,227.74	
%	PROGRAMADA			4.28%	18.63%	17.18%	52.42%	7.49%	
	PROGRAMADA ACUMULADA			4.28%	22.91%	40.09%	92.51%	100.00%	
	EJECUTADA			5.17%	11.07%	18.37%	41.53%	1.63%	
	EJECUTADA ACUMULADA			5.17%	16.23%	34.60%	76.13%	77.76%	
	CURVA DEL 80 %			3.43%	19.19%	36.66%	82.02%	100.00%	

Tabla 3.- Cronograma Valorado Calle S/N (Esc. 1 Decremento de Cantidades)

4.2. Escenario No.2

Incremento de Cantidades

En este caso, en el escenario que el proyecto se vea afectado por un incremento de cantidades.

De la observación de nuestra Tabla 4, tenemos que tan solo las obras de los grupos “Canalización Telefónica” y “Señalización” no han sufrido incrementos sustanciales, todos los demás grupos sí.

Analizando el cronograma valorado mensual, observamos que los cuatro primeros meses iniciales nuestro proyecto presenta un avance importante, es decir deduciríamos que el proyecto marcha con un buen adelanto con respecto a lo programado. Sin embargo como podemos observar más adelante en el tiempo, la realidad es otra, durante el quinto mes, es decir casi cuando los trabajos deberían haber concluido se evidencia un retraso, requiriendo tomar medidas para mitigar el impacto. En este caso para terminar el proyecto será necesaria una ampliación de plazo de 36 días, incremento que comúnmente es obtenido de forma proporcional al incremento de la inversión sobre el monto original. (Figura 2)

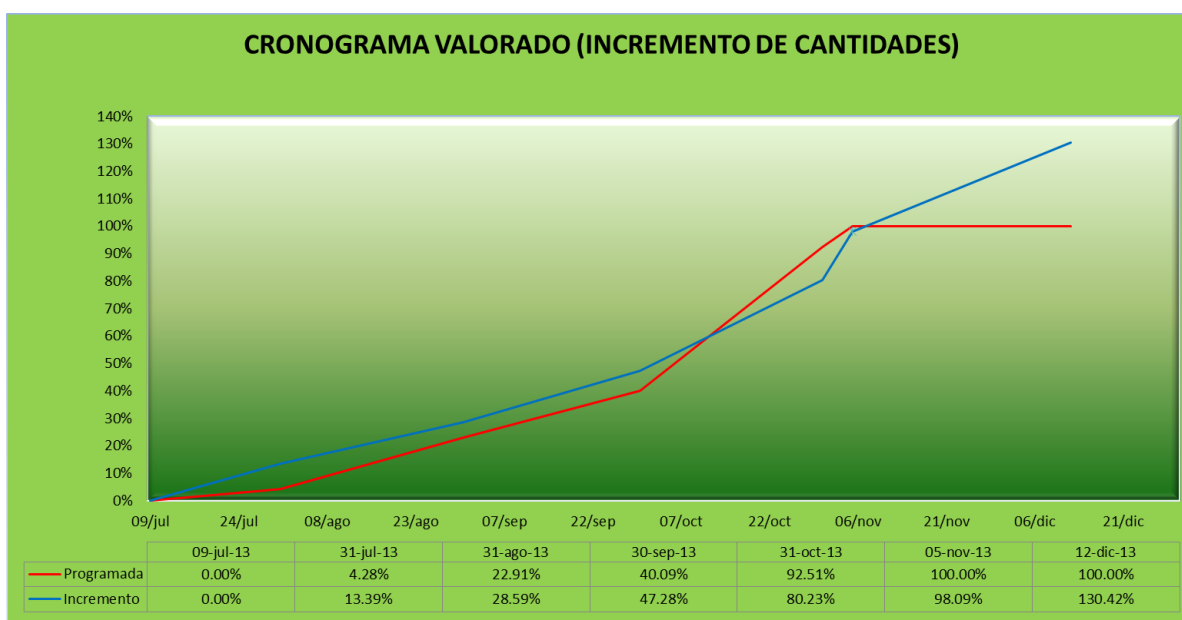


Figura 2.- Curva de inversión Escenario No.2

De igual manera que el caso anterior, el costo final del proyecto no se conocería sino solo cuando estén por concluir los trabajos con los graves consecuencias que ello significa.

CRONOGRAMA PROGRAMADO POR CATEGORIA DE INVERSIÓN									
ITEM	CATEGORIAS DE INVERSION	INVERSION		09-jul-13 31-jul-13	01-ago-13 31-ago-13	01-sep-13 30-sep-13	01-oct-13 31-oct-13	01-nov-13 30-nov-13	01-dic-13 12-dic-13
21.00	Obras Hidrosanitarias	23,542.94	Programado	4,708.59	18,834.35				
		39,282.71	Ejecutado	18,199.26	13,802.82	4,678.45	2,602.19		
35.00	Veredas	23,379.88	Programado		5,844.97	8,182.96	9,351.95		
		35,873.75	Ejecutado		5,464.93	14,403.33	14,903.60	1,101.88	
44.00	Pavimento	78,649.80	Programado			15,729.96	55,054.86	7,864.98	
		91,222.28	Ejecutado				24,894.88	22,282.15	44,045.25
51.00	Señalización	934.48	Programado					934.48	
		954.78	Ejecutado						954.78
53.00	Canalización Telefónica	10,177.90	Programado				8,549.44	1,628.46	
		12,291.14	Ejecutado		1,897.73	6,922.86	3,470.55		
59.00	Impacto Ambiental	2,503.41	Programado	1,251.71	1,251.71				
		1,898.84	Ejecutado	436.14				1,462.70	
INVERSIONES	PROGRAMADA	\$ 139,188		5,960.29	25,931.03	23,912.92	72,956.25	10,427.92	
	PROGRAMADA ACUMULADA			5,960.29	31,891.32	55,804.24	128,760.49	139,188.41	
	EJECUTADA	\$ 181,523		18,635.40	21,165.47	26,004.65	45,871.21	24,846.74	45,000.02
	EJECUTADA ACUMULADA			18,635.40	39,800.87	65,805.52	111,676.73	136,523.47	181,523.50
%	PROGRAMADA			4.28%	18.63%	17.18%	52.42%	7.49%	
	PROGRAMADA ACUMULADA			4.28%	22.91%	40.09%	92.51%	100.00%	
	EJECUTADA			13.39%	15.21%	18.68%	32.96%	17.85%	32.33%
	EJECUTADA ACUMULADA			13.39%	28.59%	47.28%	80.23%	98.09%	130.42%

Tabla 4.- Cronograma Valorado Calle S/N (Esc. 2 Incremento de Cantidades)

4.3. Escenario No.3

Variación Deliberada de Cantidades

En ocasiones es posible que el contratista para evitar sanciones contractuales, proceda con una variación deliberada de la inversión ejecutada, aprovechando los rubros que le representen un

mayor beneficio de inversión en un corto período de tiempo, por ejemplo rubros relacionados con los suministros, u otros que hagan que la inversión ejecutada aumente súbitamente en términos de costo.

Nuestro ejemplo no es precisamente un proyecto que contenga rubros de suministros, pero para simular la variación deliberada supondremos que el constructor consigue un adelanto en el pago en la planilla No. 3 de un 20 % del volumen del rubro Hormigón del Pavimento Rígido como suministro.

Bajo este supuesto, observamos claramente que la inversión ejecutada por el constructor asciende considerablemente (Ver Tabla 5), disimulando el retraso hasta el cuarto mes, que es cuando finalmente se lo evidencia y así también es necesaria una ampliación de plazo para concluir los trabajos. (Figura 3)

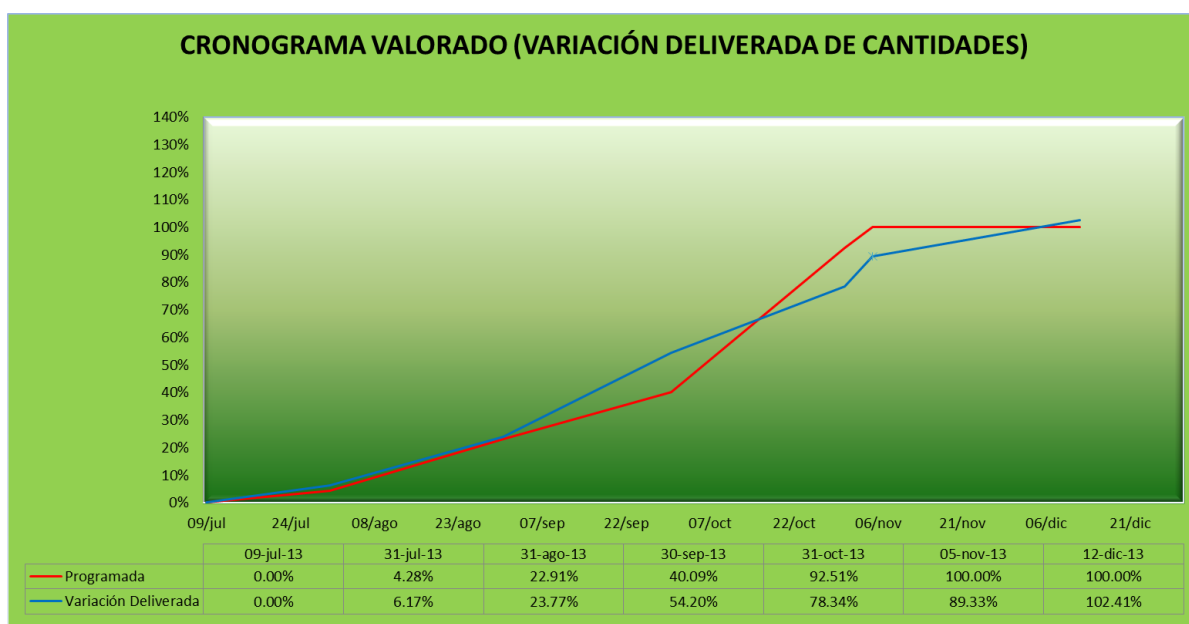


Figura 3.- Curva de inversión Escenario No.3

				1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
CRONOGRAMA PROGRAMADO POR CATEGORIA DE INVERSIÓN									
ITEM	CATEGORIAS DE INVERSION	INVERSION		09-jul-13 31-jul-13	01-ago-13 31-ago-13	01-sep-13 30-sep-13	01-oct-13 31-oct-13	01-nov-13 30-nov-13	01-dic-13 12-dic-13
21.00	Obras Hidrosanitarias	23,542.94	Programado	4,708.59	18,834.35				
		33,251.82	Ejecutado	8,152.57	22,012.57	683.90	2,402.79		
35.00	Veredas	23,379.88	Programado		5,844.97	8,182.96	9,351.95		
		24,508.82	Ejecutado		2,354.42	7,519.66	14,634.74		
44.00	Pavimento	78,649.80	Programado			15,729.96	55,054.86	7,864.98	
		73,701.09	Ejecutado			32,493.55	10,637.10	13,167.17	17,403.28
51.00	Señalización	934.48	Programado					934.48	
		807.14	Ejecutado						807.14
53.00	Canalización Telefónica	10,177.90	Programado				8,549.44	1,628.46	
		8,377.27	Ejecutado		127.62	1,663.44	5,921.15	665.07	
59.00	Impacto Ambiental	2,503.41	Programado	1,251.71	1,251.71				
		1,898.84	Ejecutado	436.14				1,462.70	
INVERSIONES	PROGRAMADA	\$ 139,188		5,960.29	25,931.03	23,912.92	72,956.25	10,427.92	
	PROGRAMADA ACUMULADA			5,960.29	31,891.32	55,804.24	128,760.49	139,188.41	
	EJECUTADA	\$ 142,545		8,588.71	24,494.61	42,360.55	33,595.77	15,294.94	18,210.42
	EJECUTADA ACUMULADA			8,588.71	33,083.32	75,443.86	109,039.63	124,334.57	142,544.99
%	PROGRAMADA			4.28%	18.63%	17.18%	52.42%	7.49%	
	PROGRAMADA ACUMULADA			4.28%	22.91%	40.09%	92.51%	100.00%	
	EJECUTADA			6.17%	17.60%	30.43%	24.14%	10.99%	13.08%
	EJECUTADA ACUMULADA			6.17%	23.77%	54.20%	78.34%	89.33%	102.41%

Tabla 5.- Cronograma Valorado Calle S/N (Esc. 3 Variación deliberada de Cantidades)

En lo relativo al costo del proyecto, en este caso ha sufrido un pequeño aumento de costo debido al incremento de ciertas cantidades, pero en general diríamos que el presupuesto inicial estaría correctamente estimado. Sin embargo, advertimos que el administrador no tendría mucha idea que ello ocurriría sino solo hasta el final.

5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Como hemos podido evidenciar, el controlar con el cronograma valorado el avance del proyecto podría no ser útil, pues depende de muchas variables y sobre todo de una minuciosa cuantificación inicial de la tabla de cantidades.

Claro que dependiendo del tipo de construcción a ejecutar las cantidades iniciales podrían variar con las realmente ejecutadas, por ejemplo si se trata de proyectos de edificación, la variación podría ser mínima pues lo que está establecido en los planos como: mamposterías, hormigones, aceros, tipos de acabados, etc., serían similares a los efectivamente construidos. En contraposición a esto en obras de infraestructura la variación puede ser muy importante por la incertidumbre propiamente del subsuelo como: excavaciones, cimentaciones, rellenos, limpieza de derrumbes, desalojos, transporte, etc., como es de comprender la cuantificación de sus cantidades acarrea una mayor dificultad.

En lo que respecta al plazo total, solo con el cronograma valorado es complejo establecer el plazo de duración de un proyecto, para definirlo con mayor exactitud es necesario algún método de programación por redes de actividades (Critical Path Metod (CPM), Program Evaluation and Review Technique (PERT), diagrama de bloques, Gantt), herramientas que permitirán al usuario modelar la planificación de las tareas necesarias para la realización de un proyecto, tal como lo

establece las Normas de Control Interno de la Contraloría General del Estado, (*Norma 408-12 Programación de la obra*) ((CGE), 2009)

Existen algunos software especializados para realizar este tipo de programación como: Microsoft Project, Primavera, entre otros, que son de mucha ayuda no solo a la hora de la planificación de la construcción del proyecto, sino también para su seguimiento y monitoreo a lo largo de su ejecución.

Con estos antecedentes expuestos, la lectura del avance de la obra se podría corregir si lo cuantificáramos en función del progreso físico real de sus actividades, independientemente de la inversión real ejecutada.

El avance de cada actividad en términos de progreso físico (% completado) multiplicado por su costo planificado nos expresaría la inversión en función de lo que originalmente se contrató para esa actividad. La sumatoria de todos estos valores parciales de cada actividad nos entregaría el avance de la obra en una fecha determinada en términos de costo (EV Earned Value, Valor Ganado), valor que no necesariamente coincidiría con la inversión ejecutada real (AC Actual Cost, Costo Actual).

Para llegar al objetivo debemos concluir con todas las actividades que fueron contratadas y cumplirlas también en los plazos previstos, independientemente de la inversión real ejecutada. El valor ganado nos servirá para la comparativa entre lo que debíamos invertir en la actividad con lo que realmente se está invirtiendo.

Si bien es cierto, en algunas entidades contratantes cuentan con la ayuda adicional de un cronograma de barras o Gantt (Figura 4), este cronograma es utilizado con la finalidad de controlar específicamente el plazo. Sin embargo, al no contener recursos como: materiales; mano de obra; equipos y sus costos, inmersos como datos en sus actividades, la ponderación del avance es proporcional a las duraciones de las actividades en términos de tiempo. Por ejemplo dos actividades de diferente costo planificado pero de igual duración tendrían el mismo peso ponderado en términos de tiempo,

En la propuesta además de contar con el cronograma de Gantt con las duraciones de sus actividades, sus vinculaciones, restricciones, etc., es requisito indispensable contar también con todas y cada una de dichas actividades valoradas adecuadamente, para a partir de este, construir el cronograma valorado.

Como lo expusimos anteriormente, el costo del proyecto acorde con nuestra legislación, está establecido en base a la cuantificación de todos los rubros propuestos, estos no tienen necesariamente una relación directa con las actividades generadas en nuestra programación de la obra; lo que significa en otras palabras que disponemos del costo del proyecto desglosado por rubros más no por actividades.

Como primer paso, debemos construir la planificación de la construcción del proyecto en un cronograma Gantt o similar, luego de que tengamos muy bien estructuradas sus actividades con las duraciones, enlaces, hitos, etc., deberíamos vincular o amarrar todos los rubros de la tabla de cantidades y precios unitarios con las actividades respectivas de nuestro cronograma de barras, de tal forma que al final obtendríamos las diferentes actividades debidamente costeadas. La sumatoria de todas ellas nos reflejaría el presupuesto del proyecto, es decir obtendríamos un cronograma valorado por actividades, que segmentadas en meses obtendríamos la valoración mensual programada de nuestro proyecto.

En el caso de este estudio lo que hemos hecho es asignar a cada rubro de la tabla de cantidades un código en el campo de enlace denominado “vínculo actividad” que corresponde al código de la tabla de actividades, con lo que podemos realizar una suma condicionada y asignar a las actividades todos los precios totales por rubros. (Ver Tabla 7)

Por ejemplo, todos los rubros: 1,001,001-1,001,0021,001,004-1,006,013-1,006,014....1,006,017 de la tabla de cantidades y precios del capítulo Obras Hidrosanitarias, los hemos vinculado a la actividad Excavación dentro del grupo resumen Alcantarillado de nuestro cronograma Gantt. (Ver Tabla 6)

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS						
VINCULO ACTIVIDAD	ITEM	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CONTRATO	
					CANTIDAD	MONTO
5	1,001,001	Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material sin clasificar, cuchara 40 cm	m3	3.16	192.19	607.32
5	1,001,002	Excavación retroexcavadora, zanja 2-4 m, material sin clasificar, cuchara 40 cm	m3	3.39	46.23	156.72
5	1,001,003	Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material conglomerado, cuchara 40 cm	m3	4.35	48.05	209.02
5	1,001,004	Excavación retroexcavadora, zanja 2-4 m, material conglomerado, cuchara 40 cm	m3	5.14	11.56	59.42

5	1,006,013	Cargado de material con minicargadora	m3	1.35	534.48	721.55
5	1,006,014	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	1.84	534.48	983.44
5	1,006,015	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia	m3-km	0.25	3,206.88	801.72
5	1,006,016	Catastro de obras hidrosanitarias y telefónicas aprobadas por ETAPA	Global	106.79	1.00	106.79
5	1,006,017	Demolición de estructuras de hormigón simple	m3	12.93	1.00	12.93
		Suma de los rubros relacionados con la actividad Excavación alcantarillado				3,658.91
TABLA DE ACTIVIDADES						
PROJECT					Costo	
ID	ACTIVIDAD		Comienzo	Fin		
2	INICIO		mar 09/07/13	mar 09/07/13		-
3	Obras Hidrosanitarias		mar 09/07/13	dom 18/08/13		-
4	Alcantarillado		mar 09/07/13	dom 18/08/13		-
5	Excavación					3,658.91
6	Instalación Tubería		mar 16/07/13	vie 19/07/13		
7	Construcción de Pozo de Revisión		sáb 20/07/13	lun 29/07/13		-

Tabla 6.- Vínculo: Tabla de Cantidades y Precios con Actividades del Cronograma Gantt

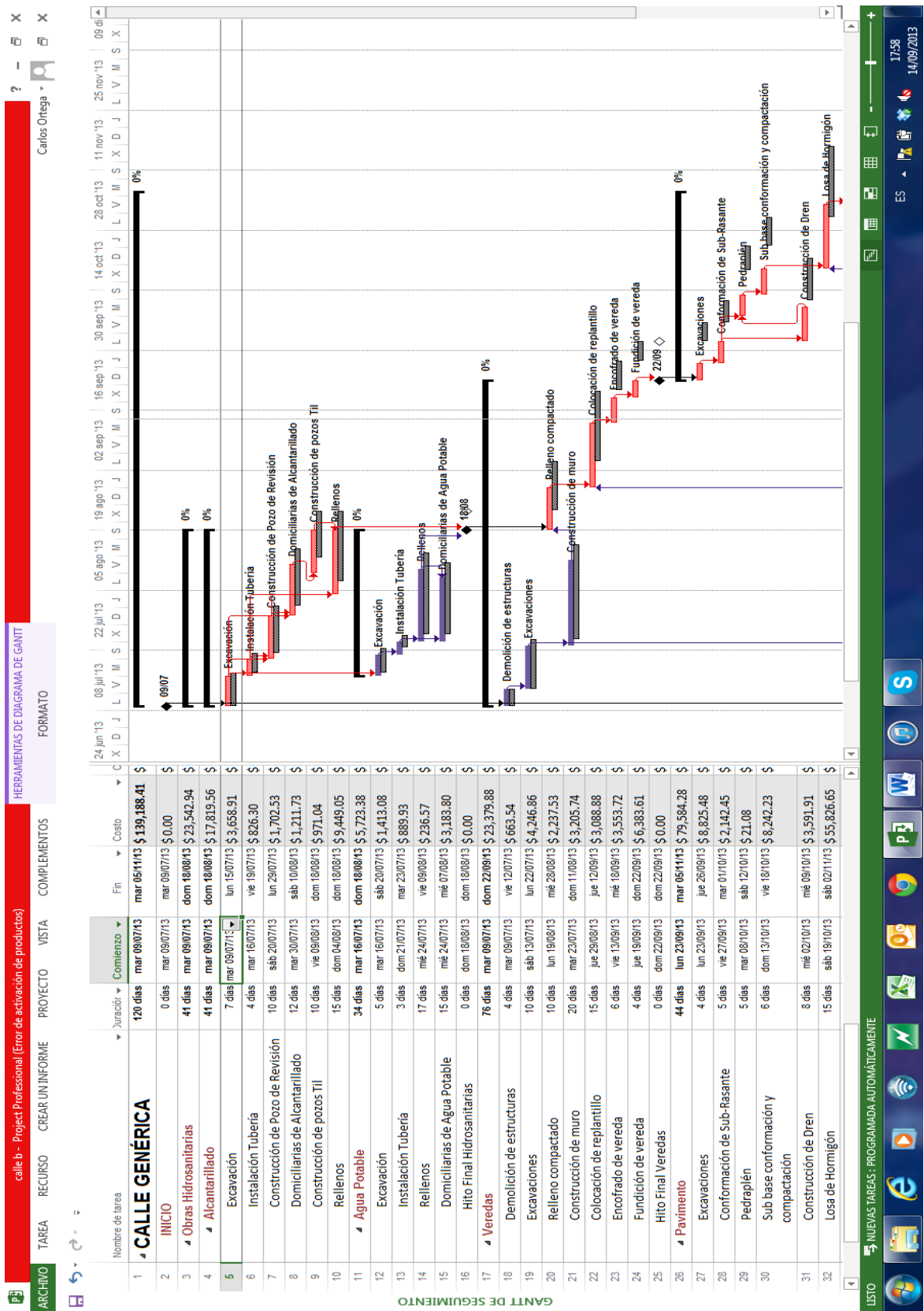


Figura 4.- Cronograma de Barras Gantt

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS									
VINCULO ACTIVADO	ITEM	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	CONTRATO MONTO	CANTIDAD	IMPORTE	100%RECMA
	1.00	OBRAS HIDROSANITARIAS				23,524.83	0.00	23,524.83	
	1.00	EXCAVACIONES MECANICAS				1,032.48	0.00	267.46	
	1.001.001	Excavación retroexcavadora, zanja 0.2 m, material sin clasificar, cuchara 40 cm	m3	3.55	192.19	607.32	84.64	267.46	
	1.001.002	Excavación retroexcavadora, zanja 2.4 m, material sin clasificar, cuchara 40 cm	m3	3.99	46.23	156.72	0.00	0.00	
	1.001.003	Excavación retroexcavadora, zanja 0.2 m, material conglomerado, cuchara 40 cm	m3	4.35	48.65	209.02	0.00	0.00	
	1.001.004	Excavación retroexcavadora, zanja 2.4 m, material conglomerado, cuchara 40 cm	m3	5.14	11.56	59.42	0.00	0.00	
	1.00	EXCAVACIONES MANUALES				1,413.08	0.00	3,350.65	
	1.001.001	Excavación manual, zanja 0.2 m, material sin clasificar	m3	11.39	89.00	1,013.71	294.18	3,350.65	
	1.001.002	Excavación manual, zanja 2.4 m, material sin clasificar	m3	13.66	1.48	20.22	0.00	0.00	
	1.001.003	Excavación manual, zanja 0.2 m, material conglomerado	m3	16.70	22.25	371.58	0.00	0.00	
	1.001.004	Excavación manual, zanja 2.4 m, material conglomerado	m3	20.48	0.37	7.38	0.00	0.00	
	1.00	RELLENO DE ZANIAS				9,685.62	0.00	7,214.37	
	1.001.001	Releño compactado con material de sitio en zanjas	m3	5.48	43.17	236.57	0.00	0.00	
	1.001.002	Releño compactado con material de mejoramiento en zanjas	m3	24.32	388.53	5,449.05	288.42	7,214.37	
	1.00	REDES DE AGUA POTABLE				889.92	0.00	98.54	
	1.001.001	Tubería PVC d = 110 mm, U/E 1 MPA	M	12.54	10.00	125.40	0.00	0.00	
	1.001.002	Tubería PVC d = 200 mm, U/E 1 MPA	M	30.34	10.00	303.40	0.00	0.00	
	1.001.003	Teo HF d = 110 x 63 mm	U	63.89	2.00	127.78	1.00	63.89	
	1.001.004	Unión de reparación PVC d = 63 mm, U/E 1 MPA	U	13.55	4.00	46.20	3.40	34.65	
	1.001.005	Unión de reparación PVC d = 200 mm, U/E 1 MPA	U	57.05	2.00	114.10	0.00	0.00	
	1.001.006	Unión de reparación PVC d = 160 mm, U/E 1 MPA	U	34.61	5.00	173.05	0.00	0.00	
	1.00	BOMBUILLAS DE AGUA POTABLE				3,183.80	0.00	1,019.28	
	1.001.001	Collarín HF d = 110 mm 1/2" importado	U	33.90	15.00	508.50	4.00	135.60	
	1.001.002	Collarín HF d = 110 mm 3/4" importado	U	37.69	1.00	37.69	0.00	0.00	
	1.001.003	Collarín HF d = 110 mm 1" importado	U	38.87	1.00	38.87	0.00	0.00	
	1.001.004	Toma de incorporación d = 1/2"	U	17.83	13.00	267.45	4.00	71.32	
	1.001.005	Toma de incorporación d = 3/4"	U	27.60	1.00	27.60	0.00	0.00	
	1.001.006	Tubo de cobre d = 1/2"	M	11.33	160.00	1,780.80	32.50	361.73	
	1.001.007	Tubo de cobre d = 3/4"	M	18.29	10.00	182.90	17.50	320.08	
	1.001.008	Unión cobre cobre d = 1/2"	U	9.43	1.00	9.43	2.00	18.86	
	1.001.009	Unión cobre HF d = 1/2"	U	7.85	8.00	62.80	61.28	481.92	
	1.001.010	Caja de vereda	U	6.84	8.00	54.72	6.00	41.04	
	1.001.011	Llave de vereda 1/2"	U	17.69	8.00	141.52	4.00	70.76	
	1.001.012	Llave de vereda 3/4"	U	9.13	8.00	73.04	0.00	0.00	
	1.00	REDES DE ALICANTILLADO				2,339.63	0.00	1,774.47	
	1.001.001	Tubería de hormigón d = 200 mm	M	9.39	130.00	1,194.70	76.25	705.74	
	1.001.002	Tubería de hormigón d = 300 mm	M	13.66	40.00	546.40	64.40	879.70	
	1.001.003	Tubería de hormigón d = 400 mm	M	18.73	5.00	93.65	0.00	0.00	
	1.001.004	Tubería de hormigón d = 500 mm	M	29.82	5.00	149.10	0.00	0.00	
	1.001.005	Tubería de hormigón d = 600 mm	M	37.15	1.00	37.15	5.00	185.75	
	1.001.006	Pozo de retención h = 2 a 2.5 m, incluye encofrado metálico, excluye tapa, cerco y/o bomba	U	267.08	2.00	534.16	0.00	0.00	
	1.001.007	Pozo III d = 300 mm, incluye cerco y tapa con platina perimetral	U	80.92	12.00	971.04	13.00	1,051.96	
	1.001.008	Pozo de retención para sumideros, excluye tapa, cerco y/o brocal	U	70.04	4.00	280.16	8.00	560.32	
	1.001.009	Bujía para sumidero	U	89.60	4.00	358.40	8.00	806.40	
	1.001.010	Caja para sumidero en culie	U	48.77	4.00	195.08	0.00	0.00	
	1.001.011	Brocal de hormigón para pozos (h=20cm) y tapa (h=10cm) cónicos, D=700mm, Tipo A	U	116.91	3.00	350.73	7.00	818.37	
	1.001.012	Reparación domiciliaria de alcantarillado	M	17.03	1.00	17.03	0.00	0.00	
	1.001.013	Cargado de material con miniexcavadora	m3	1.25	334.48	418.10	530.84	716.63	
	1.001.014	Transporte de materiales hasta 5 km, incluye pago en escombrera	m3 km	1.84	534.48	985.44	530.84	976.75	
	1.001.015	Sobrecarros de materiales para desalco, lugar determinado por el fiscalizador, Di	m3 km	0.25	3,206.88	801.72	2,133.38	530.84	
	1.001.016	Catastro de obras hidrosanitarias y telefónicas aprobadas por ETAPA	Global	106.79	1.00	106.79	1.00	106.79	
	1.001.017	Remoción de estructura de hormigón simple	m3	12.83	1.00	12.83	2.88	37.24	
	1.00	REPOSICION DE VIA (INFRAESTRUCTURA)				2,423.14	0.00	16,837.89	
	1.001.001	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	1.65	168.44	1,597.93	464.88	767.06	
	1.001.002	Cargado de material con cargadora	m3	1.25	1,480.04	1,850.05	604.35	755.44	
	1.001.003	Transporte de materiales hasta 5 km, incluye pago en escombrera	m3	1.84	1,480.04	2,712.27	604.35	1,112.09	
	1.001.004	Sub-base conformada y compactación con equipo pesado	m3	1.39	1,800.38	2,502.45	1,271.63	1,513.24	
	1.001.005	Hedragón, conformación y compactación con equipo pesado	m3	20.08	1.05	21.08	0.00	0.00	
	1.001.006	Sub-base conformación y compactación con equipo pesado	m3	22.89	360.08	8,242.23	254.32	5,821.38	
	1.001.007	Excavación manual material sin clasificar	m3	11.39	484.17	5,511.45	45	514.92	
	1.001.008	Sobrecarros de materiales para desalco, lugar determinado por el fiscalizador, Di	m3 km	0.25	8,880.24	2,220.06	2,417.40	604.35	
	1.001.009	Material filtrante para drenes, suministro y colocación	m3	24.91	65.00	1,619.15	0.00	0.00	
	1.001.010	Tubería PVC perforada para drenes, d=160 mm	M	8.65	120.00	1,038.00	0.00	0.00	
	1.001.011	Bombefeo NT 500, suministro e instalación	m2	2.15	400.00	860.00	0.00	0.00	
	1.001.012	Releño fluido para recubrimiento y refuerzo de estructura val	m3	49.84	3.50	74.76	0.00	0.00	
	1.00	REPOSICION DE VEREDA (INFRAESTRUCTURA)				7,147.93	0.00	6,053.18	
	1.001.001	Excavación manual material sin clasificar	m3	8.54	263.07	2,246.62	208.09	1,777.09	
	1.001.002	Cargado de material manual	m3	1.45	78.43	113.62	0.00	0.00	
	1.001.003	Cargado de material con miniexcavadora	m3	1.35	133.64	181.41	304.84	411.53	
	1.001.004	Transporte de materiales hasta 5 km, incluye pago en escombrera	m3	1.84	392.05	721.37	304.84	540.91	
	1.001.005	Releño compactado con material de sitio	m3	6.22	34.78	216.13	0.00	0.00	
	1.001.006	Releño compactado con material de mejoramiento	m3	24.91	81.14	2,021.20	81.51	2,070.41	
	1.001.007	Demolición de losa de vereda	m2	3.74	107.31	401.34	154.21	576.75	
	1.001.008	Retiro de replantillo	m2	0.91	107.31	97.65	148.95	135.54	
	1.001.009	Demolición de bordillo de hormigón de hasta 15x40 cm	m3	1.84	89.43	164.55	139.19	256.11	
	1.001.010	Sobrecarros de materiales para desalco, lugar determinado por el fiscalizador, Di	m3 km	0.25	2,352.30	590.58	2,219.36	540.84	
	1.00	MURDS VEREDAS Y BORDILLOS				16,251.94	0.00	14,314.78	
	2.001	Replanteo de piedra e = 15 cm	m2	5.71	540.86	3,088.88	473.25	2,702.26	
	2.002	Mampostería de piedra con mortero 1:4	m3	81.73	29.74	2,430.65	30.06	2,456.80	
	2.003	Hormigón ciclopico 160x160x160 (40% arena) f'c = 210 kg/cm2	m3	82.82	9.45	771.09	0.00	0.00	
	2.004	Bordillo incorporado de 10x30 cm, f'c = 210kg/cm2	m2	9.55	368.00	3,367.20	364.27	3,333.07	
	2.005	Malla electrosoldada R-84	m2	2.68	81.34	217.46	103.88	278.40	
	2.006	Losa de hormigón simple e = 5 cm, f'c = 210 kg/cm2	m2	9.49	540.86	5,133.71	469.57	4,456.32	
	2.007	Curado de superficie con aditivo químico	m2	0.59	552.00	325.68	0.00	297.17	
	2.008	Corte y sellado de juntas con emulsión asfáltica	m2	2.42	184.00	445.28	326.80	790.86	
	2.009	Botado de aluminio para vereda	u	65.37	4.00	261.48	0.00	0.00	
	2.010	Incofrado metálico recto para muros	m2	10.22	18.25	186.52	0.00	0.00	
	1.00	PAVIMENTACION RIGIDA				15,831.60	0.00	42,790.74	
	3.001	Losa de Pavimento Hormigón f'c (28) = 300 kg/cm2	m3	137.13	360.08	49,377.77	268.55	36,828.24	
	3.002	Acero de refuerzo, fy=4200kg/cm2	kg	1.88	1,123.77	2,112.69	1,286.95	2,419.46	
	3.003	Incofrado metálico para vías	m2	4.14	257.20	1,064.81	242.13	1,002.42	
	3.004	Curado de superficie con aditivo químico	m2	0.59	1,860.38	1,062.22	1,271.00	1,609.39	
	3.005	Corte y sellado de juntas con poliantonio, incluye cordón e imprimante	m2	3.79	571.55	2,131.88	445.60	1,662.09	
	3.006	Junta de madera para losa de hormigón	m2	1.84	42.00	77.28	21.00	38.64	
	4.000	SEÑALIZACION				934.48	0.00	807.14	
	4.001	Señalización vertical	u	102.48	2.00	204.96	1.00	102.48	
	4.002	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	m2	1.27	576.00	731.52	395.83	502.70	
	5.000	IMPACTOS AMBIENTALES				2,503.41	0.00	1,898.84	
	5.001	Valia de advertencia de obras y desvío	u	19.45	4.00	77.80	2.00	38.90	
	5.002	Valia de madera para advertencia de sitio de obra	u	18.27	2.00	36.54	0.00	0.00	
	5.003	Señalización con cinta	m2	0.39	288.00	54.72	100.00	57.00	
	5.004	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	4.53	20.00	90.60	32.00	144.96	
	5.005	Paso peatonales de tabla	u	4.83	15.00	72.45	15.00	72.45	
	5.006	Cobertura de plástico (5 años)	m2	0.22	960.00	211.20	930.00	209.20	
	5.007	Rioques de hormigón para protección de vías	u	15.71	15.00	235.65	18.00	282.78	
	5.008	Letrero de información del Proyecto	u	320.23	1.00	320.23	1.00	320.23	
	5.009	Señalización Social	Global	590.00	1.00	590.00	0.00	0.00	
	5.010	Resurso de acero inoxidable para poste, suministro y colocación	u	180.58	4.00	722.32	4.00	722.32	
	6.000	CANALIZACION TELEFONICA				10,177.89	0.00	12,293.14	
	6.001	Excavación manual, zanja 0.2 m, material sin clasificar	m3	11.39	19.46	221.65	106.01	1,207.45	
	6.002	Excavación retroexcavadora, zanja 0.2 m, material sin clasificar, cuchara 40 cm	m3	3.16	175.10	553.32	78.95	249.48	
	6.003	Releño compactado con material de mejoramiento en zanjas	m3	24.91	133.73	3,422.21	145.18	3,530.78	
	6.004	Releño compactado con material de sitio en zanjas	m3	5.48	33.43	183.20	0.00	0.00	
	6.005	Tubería PVC para ducto telefónico, d = 110 mm	m3	3.56	852.60	3,035.26	1,099.40	3,913.86	
	6.006	Replanteo de arena e = 15 cm	m2	5.71	7.07	40.57	11.54	65.88	
	6.007	Mampostería de ladrillo ancho 15 cm con mortero 1:3	m3	21.98	26.57	584.01	42.00	934.15	
	6.008	Incluido con mortero 1:3	m3	9.19	26.63	244.73	42.16	387.45	
	6.009	Incofrado de madera recto para caja de teléfonos (2 usos)	m2	4.83	5.67	27.39	8.89	42.54	
	6.010	Hormigón Simple f'c = 210 kg/cm2	m3	107.55	1.98	209.72	2.43	262.86	
	6.011	Acero de refuerzo, fy=4200kg/cm2	kg	1.88	105.00	197.40	138.30	260.00	
	6.012	Tapa de pozo de revisión HF	u	115.44	2.				

La diferencia entre el cronograma valorado empleado por las entidades contratantes, con el de la propuesta, radica entonces en que, el primero es elaborado en base a la distribución de todos los rubros en el tiempo, mientras que el otro es en base a las actividades.

La distribución de rubros en el tiempo no entrega información relevante para nuestro cometido, por ejemplo de que nos serviría conocer la excavación en suelo, la excavación en fango o la excavación en roca a lo largo del tiempo, o el desalojo de estas excavaciones. Lo que si serviría es conocer su inicio y la duración de actividades como la excavación de la red alcantarillado, excavación de la red de agua potable, etc., independientemente de su tipo de excavación pues como ya lo dijimos anteriormente muchas veces es incierto.

Ahora bien, en nuestro modelo genérico, simularemos los mismos escenarios recreados anteriormente, para establecer las diferencias y las bondades de la alternativa.

Para ello, y luego de construido nuestra planificación (Figura 4) procedemos a construir la matriz de cronograma valorado (Ver Tabla 8), donde en la columnas constarían las actividades y a la derecha distribuidas linealmente el costo de las actividad en forma mensual, la sumatoria de todas ellas nos daría el Presupuesto original del proyecto (BAC) *Budget at Completion*.

CRONOGRAMA VALORADO							
ID	ACTIVIDAD	TOTALES	09-jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	05-nov-13
2	INICIO						
3	Obras Hidrosanitarias	23,542.94	10,181.07	13,361.87	-	-	-
4	Alcantarillado	17,819.56	6,284.68	11,534.88	-	-	-
5	Excavación	3,658.91	3,658.91	-	-	-	-
6	Instalación Tubería	826.30	826.30	-	-	-	-
7	Cosntrucción de Pozo de Revisión	1,702.53	1,702.53	-	-	-	-
8	Domiciliarias de Alcantarillado	1,211.73	96.94	1,114.79	-	-	-
9	Cosntrucción de pozos Til	971.04	-	971.04	-	-	-
10	Rellenos	9,449.05	-	9,449.05	-	-	-
11	Agua Potable	5,723.38	3,896.39	1,826.99	-	-	-
12	Excavación	1,413.08	1,413.08	-	-	-	-
13	Instalación Tubería	889.93	889.93	-	-	-	-
14	Rellenos	236.57	96.99	139.58	-	-	-
15	Domiciliarias de Agua Potable	3,183.80	1,496.39	1,687.41	-	-	-
16	Hito Final Hidrosanitarias	-	-	-	-	-	-
17	Veredas	23,379.88	6,192.70	4,562.52	12,624.66	-	-
18	Demolición de estructuras	663.54	663.54	-	-	-	-
19	Excavaciones	4,246.86	4,246.86	-	-	-	-
20	Relleno compactado	2,237.53	-	2,237.53	-	-	-
21	Construcción de muro	3,205.74	1,282.30	1,923.44	-	-	-
22	Colocación de replantillo	3,088.88	-	401.55	2,687.33	-	-
23	Encofrado de vereda	3,553.72	-	-	3,553.72	-	-
24	Fundición de vereda	6,383.61	-	-	6,383.61	-	-
25	Hito Final Veredas	-	-	-	-	-	-
26	Pavimento	79,584.28	-	-	10,110.95	57,373.52	12,099.81
27	Excavaciones	8,825.48	-	-	8,825.48	-	-
28	Conformación de Sub-Rasante	2,142.45	-	-	1,285.47	856.98	-
29	Pedraplén	21.08	-	-	-	21.08	-
30	Sub base conformación y compactación	8,242.23	-	-	-	8,242.23	-
31	Construcción de Dren	3,591.91	-	-	-	3,591.91	-
32	Losa de Hormigón	55,826.65	-	-	-	44,661.32	11,165.33
33	Señalización	934.48	-	-	-	-	934.48
34	Hito Final Pavimento	-	-	-	-	-	-
35	Canalización Telefónica	10,177.90	3,693.50	6,484.40	-	-	-
36	Excavaciones	2,079.00	2,079.00	-	-	-	-
37	Instalación ducto telefónico	3,035.26	1,305.16	1,730.10	-	-	-
38	Construcción de cámaras	1,628.13	309.34	1,318.79	-	-	-
39	Rellenos	3,435.51	-	3,435.51	-	-	-
40	Hito Final Telefónicos	-	-	-	-	-	-
41	Impacto Ambiental	2,503.41	475.65	675.92	650.89	675.92	25.03
42	Varios Ambiental	2,503.41	475.65	675.92	650.89	675.92	25.03
43	Fin	-	-	-	-	-	-
Programado Parcial		139,188.41	20,542.92	25,084.71	23,386.50	58,049.44	12,124.84
Programado Acumulado			20,542.92	45,627.63	69,014.13	127,063.57	139,188.41
% Programado Parcial			14.76%	18.02%	16.80%	41.71%	8.71%
% Programado Acumulado			14.76%	32.78%	49.58%	91.29%	100.00%

Tabla 8.- Cronograma Valorado por Actividades

Expresado en grupos de trabajo a manera de resumen (Tabla 9)

RESUMEN POR GRUPOS CRONOGRAMA VALORADO						
ACTIVIDAD	TOTALES	09-jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	05-nov-13
Obras Hidrosanitarias	23,542.94	18,766.20	4,060.20	716.53		
Veredas	23,379.87		3,429.89	19,949.98		
Pavimento	78,649.81	3,591.91		7,729.80	67,328.10	0.00
Señalización	934.48					934.48
Canalización Telefónica	10,177.89		2,270.81	6,138.97	1,768.11	
Impacto Ambiental	2,503.41	575.00				1,928.41
Programado Parcial	139,188.41	20,542.92	25,084.71	23,386.50	58,049.44	12,124.84
Programado Acumulado		20,542.92	45,627.63	69,014.13	127,063.57	139,188.41
% Programado Parcial		14.76%	18.02%	16.80%	41.71%	8.71%
% Programado Acumulado		14.76%	32.78%	49.58%	91.29%	100.00%

Tabla 9.- Cronograma Valorado por Grupos de Actividades

En este cronograma se establece el desglose valorado programado mensual de las actividades con el cual contrastaremos el avance mensual en términos de valor ganado. Pero por otro lado es importante también el conocer la inversión real ejecutada mensualmente, para realizar comparaciones. En otras palabras, obtendríamos el avance mensual programado, el ejecutado real y el valor ganado, y estos podrían a su vez expresarse en términos de porcentaje para facilidad de su lectura (Ver tabla 10).

CRONOGRAMA PROGRAMADO POR CATEGORIA DE INVERSIÓN								
ITEM	CATEGORIAS DE INVERSION	INVERSION		09-jul-13 31-jul-13	01-ago-13 31-ago-13	01-sep-13 30-sep-13	01-oct-13 31-oct-13	01-nov-13 05-nov-13
Obras Hidrosanitarias	Programado	23,542.94		10,181.07	13,361.87			
	Ejecutado							
Veredas	Programado	23,379.88		6,192.70	4,562.52	12,624.66		
	Ejecutado							
Pavimento	Programado	78,649.80				10,110.95	57,373.52	11,165.33
	Ejecutado							
Señalización	Programado	934.48						934.48
	Ejecutado							
Canalización Telefónica	Programado	10,177.90		3,693.51	6,484.39			
	Ejecutado							
Impacto Ambiental	Programado	2,503.41		475.65	675.92	650.89	675.92	25.03
	Ejecutado							
INVERSIONES	PROGRAMADA	139,188		20,542.93	25,084.70	23,386.50	58,049.44	12,124.84
	PROGRAMADA ACUMULADA			20,542.93	45,627.63	69,014.13	127,063.57	139,188.41
	EJECUTADA	-						
	EJECUTADA ACUMULADA							
	VALOR GANADO PARCIAL	-						
	VALOR GANADO ACUMULADO							
%	PROGRAMADA			14.76%	18.02%	16.80%	41.71%	8.71%
	PROGRAMADA ACUMULADA			14.76%	32.78%	49.58%	91.29%	100.00%
	EJECUTADA							
	EJECUTADA ACUMULADA							
	VALOR GANADO PARCIAL							
	VALOR GANADO ACUMULADO							

Tabla 10.- Alternativa de Cronograma Valorado Programado

6. SOLUCIÓN

De igual manera como lo expusimos en la primera parte vamos a presentar los nuevos resultados en base a la alternativa expuesta, basándonos en las mismas condiciones iniciales de inversión ejecutadas por el contratista (planillas de obra), y consideraremos el nuevo plan o programa de inversiones en base al valor ganado ejecutado en los diferentes escenarios.

6.1. Escenario No.1

Decremento de Cantidades

En nuestro cronograma, al ingresar el progreso real ejecutado mensual multiplicado por el valor planificado, obtenemos el valor ganado **EV**, (% progreso por **PV** (Plan Value, Valor Planeado) de cada actividad), así como también conocemos el **AC** que es la inversión real ejecutada de rubros ligada a las actividades. (Ver Tabla 11)

ACTIVIDADES	BAC	% PROGRESO					Planilla 1		Planilla 2		Planilla 3		Planilla 4		Planilla 5	
	139,188.40	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	AC	EV	AC	EV	AC	EV	AC	EV	AC	EV
1 CALLE SIN	-						7,191	22,933	22,595	32,694	48,157	67,229	105,958	136,326	108,228	139,188
2 INICIO	-						-	18,766	-	22,826	-	23,543	-	23,543	-	23,543
3 Obras Hidrosanitarias	-						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Alcantarillado	-						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Excavación	3,658.91	88%	100%	100%	100%	100%	1,310	3,204	2,151	3,659	2,513	3,659	2,636	3,659	2,636	3,659
6 Instalación Tubería	826.30	88%	100%	100%	100%	100%	770	724	880	826	880	826	1,065	826	1,065	826
7 Construcción de Pozo de Revisión	1,702.53		88%	100%	100%	100%	-	-	490	1,490	560	1,703	2,588	1,703	2,588	1,703
8 Domiciliarias de Alcantarillado	1,211.73	38%	77%	100%	100%	100%	202	466	625	932	634	1,212	701	1,212	701	1,212
9 Construcción de pozos TII	971.04	38%	77%	100%	100%	100%	405	373	809	747	1,052	971	1,052	971	1,052	971
10 Rellenos	9,449.05	88%	100%	100%	100%	100%	3,166	8,275	5,809	9,449	6,985	9,449	7,014	9,449	7,014	9,449
11 Agua Potable	-						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12 Excavación	1,413.08	100%	100%	100%	100%	100%	902	1,413	2,589	1,413	3,317	1,413	3,351	1,413	3,351	1,413
13 Instalación Tubería	889.93	100%	100%	100%	100%	100%	-	890	99	890	99	890	99	890	99	890
14 Rellenos	236.57	100%	100%	100%	100%	100%	-	237	-	237	-	237	-	237	-	237
15 Domiciliarias de Agua Potable	3,183.80	100%	100%	100%	100%	100%	-	3,184	688	3,184	1,019	3,184	1,019	3,184	1,019	3,184
16 Hito Final Hidrosanitarias	-			100%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17 Veredas	-						-	-	3,430	-	23,380	-	23,380	-	23,380	-
18 Demolición de estructuras	663.54		100%	100%	100%	100%	-	-	968	664	968	664	968	664	968	664
19 Excavaciones	4,246.86		12%	100%	100%	100%	-	-	1,076	517	3,082	4,247	3,054	4,247	3,054	4,247
20 Relleno compactado	2,237.53		12%	100%	100%	100%	-	-	310	272	2,056	2,238	2,030	2,238	2,030	2,238
21 Construcción de muro	3,205.74		12%	100%	100%	100%	-	-	2,334	390	2,457	3,206	2,457	3,206	2,457	3,206
22 Colocación de replantillo	3,088.88		12%	100%	100%	100%	-	-	370	376	2,739	3,089	2,702	3,089	2,702	3,089
23 Encofrado de vereda	3,553.72		12%	100%	100%	100%	-	-	406	433	3,333	3,554	3,333	3,554	3,333	3,554
24 Fundición de vereda	6,383.61		12%	100%	100%	100%	-	-	657	777	5,888	6,384	5,823	6,384	5,823	6,384
25 Hito Final Veredas	-			100%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26 Pavimento	-						-	3,592	-	3,592	-	11,322	-	78,650	-	79,584
27 Excavaciones	8,825.48			10%	100%	100%	-	-	-	-	-	909	3,302	8,825	3,302	8,825
28 Conformación de Sub-Rasante	2,142.45			10%	100%	100%	-	-	-	-	-	221	1,513	2,142	1,513	2,142
29 Pedraplén	21.08			10%	100%	100%	-	-	-	-	-	2	-	21	-	21
30 Sub base conformación y compactación	8,242.23			10%	100%	100%	-	-	-	-	-	849	5,821	8,242	5,821	8,242
31 Construcción de Dren	3,591.91	100%	100%	100%	100%	100%	-	3,592	-	3,592	-	3,592	-	3,592	-	3,592
32 Losa de Hormigón	55,826.65			10%	100%	100%	-	-	-	-	1,316	5,749	42,701	55,827	42,701	55,827
33 Señalización	934.48				100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	807	934
34 Hito Final Pavimento	-				100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35 Canalización Telefónica	-						-	-	2,271	-	8,410	-	10,178	-	10,178	-
36 Excavaciones	2,079.00		27%	98%	100%	100%	-	-	287	552	1,700	2,045	2,464	2,079	2,464	2,079
37 Instalación ducto telefónico	3,035.26		27%	98%	100%	100%	-	-	1,040	806	3,850	2,986	3,914	3,035	3,914	3,035
38 Construcción de cámaras	1,628.13				100%	100%	-	-	-	-	343	-	2,382	1,628	2,382	1,628
39 Rellenos	3,435.51		27%	98%	100%	100%	-	-	571	912	2,928	3,379	3,531	3,436	3,531	3,436
40 Hito Final Telefónicos	-						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41 Impacto Ambiental	-						-	575	-	575	-	575	-	575	-	2,503
42 Varios Ambiental	2,503.41	23%	23%		23%	100%	436	575	436	575	436	575	436	575	1,899	2,503
43 Fin	-						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 11.- Vínculo de rubros a las diferentes actividades (Esc. 1 Decremento de Cantidades)

El cronograma de inversiones final quedaría de la siguiente manera:

CRONOGRAMA PROGRAMADO POR CATEGORIA DE INVERSIÓN								
ITEM	CATEGORIAS DE INVERSION	INVERSION		09-jul-13 31-jul-13	01-ago-13 31-ago-13	01-sep-13 30-sep-13	01-oct-13 31-oct-13	01-nov-13 05-nov-13
	Obras Hidrosanitarias	23,542.94 23,542.94 19,524.83	Programado EV Ejecutado	10,181.07 18,766.20 6,755.21	13,361.87 4,060.20 7,384.65	716.53 2,919.49	2,465.48	
	Veredas	23,379.88 23,379.87 20,367.96	Programado EV Ejecutado	6,192.70 3,429.89 6,121.44	4,562.52 19,949.98 14,403.33	12,624.66 57,373.52 -156.81		
	Pavimento	78,649.80 78,649.81 53,337.83	Programado EV Ejecutado	3,591.91 7,729.80 1,316.27		10,110.95 67,328.10 52,021.56		11,165.33 0.00
	Señalización	934.48 934.48 807.14	Programado EV Ejecutado					934.48 934.48 807.14
	Canalización Telefónica	10,177.90 10,177.89 1,898.84	Programado EV Ejecutado	3,693.50 436.14	6,484.40 2,270.81	6,138.97	1,768.11	
	Impacto Ambiental	2,503.41 2,503.41 12,291.14	Programado EV Ejecutado	475.65 575.00 1,897.73	675.92 650.89	650.89 3,470.55	675.92	1,462.70 25.03 1,928.41
INVERSIONES	PROGRAMADA	139,188		20,542.92	25,084.71	23,386.50	58,049.44	12,124.84
	PROGRAMADA ACUMULADA			20,542.92	45,627.63	69,014.13	127,063.57	139,188.41
	EJECUTADA	108,228		7,191.35	15,403.82	25,561.96	57,800.78	2,269.84
	EJECUTADA ACUMULADA			7,191.35	22,595.17	48,157.13	105,957.90	108,227.74
	VALOR GANADO PARCIAL	139,188		22,933.11	9,760.90	34,535.29	69,096.21	2,862.89
	VALOR GANADO ACUMULADO			22,933.11	32,694.02	67,229.31	136,325.51	139,188.40
%	PROGRAMADA			14.76%	18.02%	16.80%	41.71%	8.71%
	PROGRAMADA ACUMULADA			14.76%	32.78%	49.58%	91.29%	100.00%
	EJECUTADA			5.17%	11.07%	18.37%	41.53%	1.63%
	EJECUTADA ACUMULADA			5.17%	16.23%	34.60%	76.13%	77.76%
	VALOR GANADO PARCIAL			16.48%	7.01%	24.81%	49.64%	2.06%
	VALOR GANADO ACUMULADO			16.48%	23.49%	48.30%	97.94%	100.00%

Tabla 12.- Cronograma Valorado Calle S/N (Esc. 1 Decremento de Cantidades)

En la Tabla 12, observamos que en el primer mes de ejecución, a pesar de tener un monto de inversión real de **AC** \$ 7,191.35, valor muy por debajo del programado \$ 20,592.92, nuestro avance **EV** nos dice que estamos adelantados con respecto al plan con \$ 22,993.11

En resumen observamos que nuestro proyecto presenta un adelanto en el primer mes, un retraso en el segundo y se puede decir que de ahí para adelante continua acorde a nuestro plan, es decir se cumpliría con el objeto del contrato en el tiempo de acuerdo a estos indicadores, y todo esto a pesar que la inversión real presente un decremento respecto de la contratada. (Figura 5)

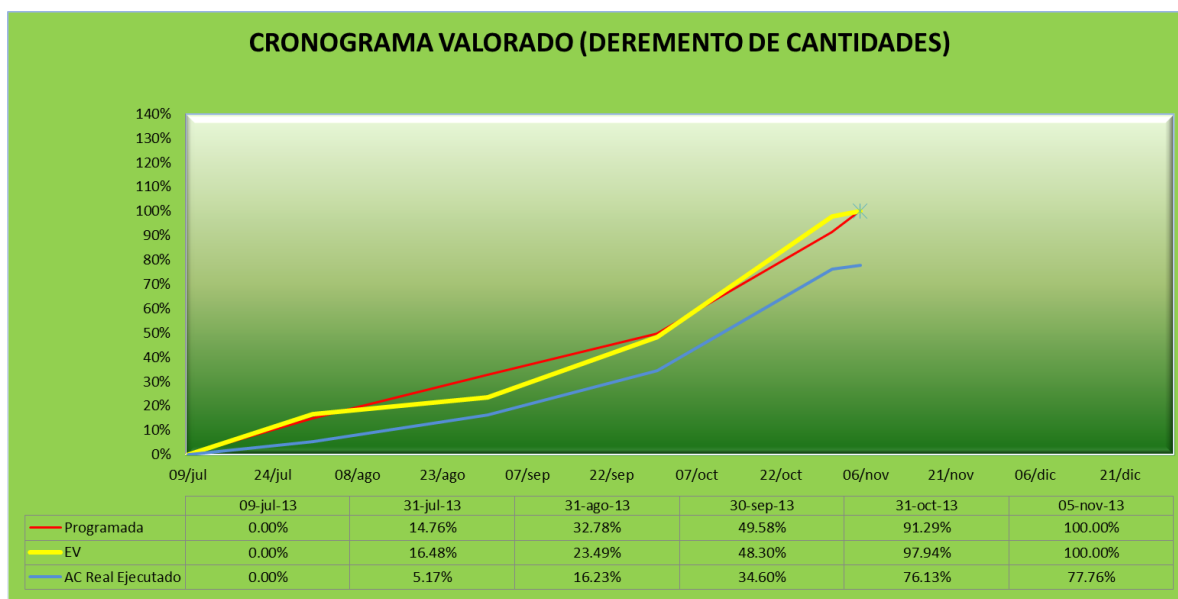


Figura 5.- Curva de Inversión Escenario No.1

Analizando otros indicadores de la metodología PMBok, (Tabla 13)

Planilla 1		Planilla 2		Planilla 3		Planilla 4		Planilla 5	
PV	20,543	PV	45,628	PV	69,014	PV	127,064	PV	139,188
CV	15,742	CV	10,099	CV	19,072	CV	30,368	CV	30,961
CPI	3.19	CPI	1.45	CPI	1.40	CPI	1.29	CPI	1.29
SV	2,390	SV	- 12,934	SV	- 1,785	SV	9,262	SV	- 0
SPI	1.12	SPI	0.72	SPI	0.97	SPI	1.07	SPI	1.00
EAC1	123,447	EAC1	129,090	EAC1	120,116	EAC1	108,821	EAC1	108,228
EAC2	43,647	EAC2	96,195	EAC2	99,702	EAC2	108,183	EAC2	108,228
EAC3	112,878	EAC3	119,408	EAC3	113,574	EAC3	108,561	EAC3	108,228
ETC	116,255	ETC	106,494	ETC	71,959	ETC	2,863	ETC	-
CPI1	1.10	CPI1	1.10	CPI1	1.10	CPI1	1.10	CPI1	1.10
ECA3 considerando un CPI1 a futuro de 1.1									

Tabla 13.- Indicadores de avance (Esc. 1 Decremento de Cantidades)

En la Tabla 13, al observar la proyección del costo de nuestro proyecto (Estimate At Completion (EAC), Estimado hasta concluir), desde la planilla no. 1 sabríamos que la ejecución no llegaría al costo presupuestado del proyecto (\$ 139,188.40). Para nuestro ejemplo el coeficiente CPI₁ (Cost Performance Index, Índice del desempeño del costo) del EAC3 hemos considerado 1.10, que significa una proyección a futuro del costo del proyecto si se mantuviese una relación entre el EV/AC de 1.10.

Los valores EAC nos demuestran que nuestro proyecto tiene las cantidades sobrestimadas y probablemente no se llegue a ejecutar la inversión total. Como es de esperar esta información se

hace más certera cada vez que se ingresan más datos, lo que sin duda es de mucha ayuda para el control del costo de nuestro proyecto.

El EAC_2 , se consideraría si es que en base a la información pasada y conocida de nuestro indicador CPI, se extrapole suponiendo que se mantendrían las mismas condiciones en el futuro.

En su momento el administrador decidirá cual valor de EAC tomará como mejor alternativa para estimar su proyección del costo del proyecto, de poseer ya cierta información histórica del proyecto, o si no la tiene, se podría establecer como costo estimado el proyecto simplemente el EAC_1 .

En lo que respecta al plazo, el indicador SPI (Schedule Performance Index, Índice de desempeño del cronograma), nos refleja que nuestro proyecto arranca con un adelanto al cronograma, luego tenemos un considerable retraso en el segundo mes para de ahí en más, en los meses subsiguientes estar acorde a lo planificado. No olvidemos que no tenemos que perder de vista el monitoreo y control de las actividades críticas del cronograma Gantt, puesto de que de su adelanto o retraso depende el plazo final.

6.2. Escenario No.2

Incremento de Cantidades

En este segundo escenario recreamos nuevamente las condiciones iniciales de inversión de nuestro proyecto, e ingresando el progreso real ejecutado mensual, obtenemos su correspondiente **EV**, y **AC** a partir del mismo presupuesto.

ACTIVIDADES	BAC	% PROGRESO						Planilla 1		Planilla 2		Planilla 3		Planilla 4		Planilla 5		Planilla 6	
	139,188.40	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	AC	EV	AC	EV	AC	EV	AC	EV	AC	EV	AC	EV
1 CALLE S/N	-	-	-	-	-	-	-	18,635	11,930	39,801	28,636	65,806	55,908	111,677	68,047	136,523	108,449	181,523	139,188
2 INICIO	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 Obras Hidrosanitarias	-	-	-	-	-	-	-	-	11,355	-	22,360	-	23,543	-	23,543	-	23,543	-	23,543
4 Alcantarillado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Excavación	-	36%	100%	100%	100%	100%	100%	2,961	1,319	3,899	3,659	4,274	3,659	4,397	3,659	4,397	3,659	4,397	3,659
6 Instalación Tubería	3,658.91	36%	100%	100%	100%	100%	100%	770	298	2,136	826	2,136	826	2,434	826	2,434	826	2,434	826
7 Construcción de Pozo de Revisión	826.30	-	88%	100%	100%	100%	100%	-	-	490	1,490	560	1,703	2,588	1,703	2,588	1,703	2,588	1,703
8 Domiciliarias de Alcantarillado	1,702.53	28%	56%	100%	100%	100%	100%	515	337	1,507	673	1,645	1,212	1,737	1,212	1,737	1,212	1,737	1,212
9 Construcción de pozos Til	1,211.73	28%	56%	100%	100%	100%	100%	405	270	809	539	1,457	971	1,457	971	1,457	971	1,457	971
10 Rellenos	971.04	36%	100%	100%	100%	100%	100%	12,646	3,407	15,289	9,449	16,465	9,449	16,494	9,449	16,494	9,449	16,494	9,449
11 Agua Potable	9,449.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12 Excavación	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	902	1,413	2,589	1,413	3,317	1,413	3,351	1,413	3,351	1,413	3,351	1,413
13 Instalación Tubería	1,413.08	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-	890	1,213	890	2,425	890	2,425	890	2,425	890	2,425	890
14 Rellenos	889.93	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-	237	-	237	-	237	-	237	-	237	-	237
15 Domiciliarias de Agua Potable	236.57	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-	3,184	4,069	3,184	4,401	3,184	4,401	3,184	4,401	3,184	4,401	3,184
16 Hito Final Hidrosanitarias	3,183.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17 Veredas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,430	-	23,380	-	23,380	-	23,380	-	23,380
18 Demolición de estructuras	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	-	-	968	664	968	664	968	664	968	664	968	664
19 Excavaciones	663.54	-	12%	100%	100%	100%	100%	-	-	1,076	517	3,082	4,247	3,229	4,247	3,229	4,247	3,229	4,247
20 Relleno compactado	4,246.86	-	12%	100%	100%	100%	100%	-	-	310	272	2,056	2,238	2,355	2,238	2,355	2,238	2,355	2,238
21 Construcción de muro	2,237.53	-	12%	100%	100%	100%	100%	-	-	2,334	390	2,457	3,206	15,580	3,206	15,580	3,206	15,580	3,206
22 Colocación de replantillo	3,205.74	-	12%	100%	100%	100%	100%	-	-	370	376	2,739	3,089	2,865	3,089	2,865	3,089	2,865	3,089
23 Encofrado de vereda	3,088.88	-	12%	100%	100%	100%	100%	-	-	406	433	3,333	3,554	3,333	3,554	3,520	3,554	3,520	3,554
24 Fundición de vereda	3,553.72	-	12%	100%	100%	100%	100%	-	-	-	777	5,232	6,384	6,441	6,384	7,357	6,384	7,357	6,384
25 Hito Final Veredas	6,383.61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26 Pavimento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,371	-	48,845	-	79,584
27 Excavaciones	-	-	-	-	10%	60%	100%	-	-	-	-	-	-	9,677	909	13,079	5,321	13,079	8,825
28 Conformación de Sub-Rasante	8,825.48	-	-	-	10%	60%	100%	-	-	-	-	-	-	1,785	221	2,142	1,292	2,142	2,142
29 Pedraplén	2,142.45	-	-	-	10%	60%	100%	-	-	-	-	-	-	-	2	1,265	13	1,265	21
30 Sub base conformación y compactación	21.08	-	-	-	10%	60%	100%	-	-	-	-	-	-	9,891	849	12,363	4,969	12,363	8,242
31 Construcción de Dren	8,242.23	-	-	-	74%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	3,543	2,641	5,001	3,592	5,001	3,592
32 Losa de Hormigón	3,591.91	-	-	-	10%	60%	100%	-	-	-	-	-	-	-	5,749	13,326	33,658	57,371	55,827
33 Señalización	55,826.65	-	-	-	-	-	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	955	934
34 Hito Final Pavimento	934.48	-	-	-	100%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35 Canalización Telefónica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,271	-	8,410	-	10,178	-	10,178	-	10,178
36 Excavaciones	-	-	27%	98%	100%	100%	100%	-	-	287	552	1,700	2,045	2,464	2,079	2,464	2,079	2,464	2,079
37 Instalación ducto telefónico	2,079.00	-	27%	98%	100%	100%	100%	-	-	1,040	806	3,850	2,986	3,914	3,035	3,914	3,035	3,914	3,035
38 Construcción de cámaras	3,035.26	-	-	-	100%	100%	100%	-	-	-	-	343	-	2,382	1,628	2,382	1,628	2,382	1,628
39 Rellenos	1,628.13	-	27%	98%	100%	100%	100%	-	-	571	912	2,928	3,379	3,531	3,436	3,531	3,436	3,531	3,436
40 Hito Final Telefónicos	3,435.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41 Impacto Ambiental	-	-	-	-	-	-	-	-	575	-	575	-	575	-	575	-	2,503	-	2,503
42 Varios Ambiental	-	-	23%	23%	23%	100%	100%	436	575	436	575	436	575	436	575	1,899	2,503	1,899	2,503
43 Fin	2,503.41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 14.- Vínculo de rubros a las diferentes actividades (Esc. 2 Incremento de Cantidades)

Resultado de estas inversiones reales, programadas y nuestro EV construimos el cronograma de seguimiento de inversiones:

ITEM	CATEGORIAS DE INVERSION	INVERSION		09-jul-13 31-jul-13	01-ago-13 31-ago-13	01-sep-13 30-sep-13	01-oct-13 31-oct-13	01-nov-13 30-nov-13	01-dic-13 12-dic-13
Obras Hidrosanitarias	Programado	23,542.94		10,181.07	13,361.87				
	EV	23,542.94		11,354.59	11,005.41	1,182.94			
	Ejecutado	39,282.71		18,199.26	13,802.82	4,678.45	2,602.19		
	Programado	23,379.88		6,192.70	4,562.52	12,624.66			
Veredas	EV	23,379.87			3,429.89	19,949.98			
	Ejecutado	35,873.75			5,464.93	14,403.33	14,903.60	1,101.88	
	Programado	78,649.80				10,110.95	57,373.52	11,165.33	
	EV	78,649.81					10,370.91	38,474.12	29,804.78
Pavimento	Ejecutado	91,222.28					24,894.88	22,282.15	44,045.25
	Programado	934.48						934.48	
	EV	934.48							934.48
	Ejecutado	954.78							954.78
Canalización Telefónica	Programado	10,177.90		3,693.51	6,484.39		1,768.11		
	EV	10,177.89			2,270.81	6,138.97	1,768.11		
	Ejecutado	12,291.14			1,897.73	6,922.86	3,470.55		
	Programado	2,503.41		475.65	675.92	650.89	675.92	25.03	
Impacto Ambiental	EV	2,503.41		575.00				1,928.41	
	Ejecutado	1,898.84		436.14				1,462.70	
INVERSIONES	PROGRAMADA	139,188		20,542.93	25,084.70	23,386.50	58,049.44	12,124.84	
	PROGRAMADA ACUMULADA			20,542.93	45,627.63	69,014.13	127,063.57	139,188.41	
	EJECUTADA	181,523		18,635.40	21,165.47	26,004.65	45,871.21	24,846.74	45,000.02
	EJECUTADA ACUMULADA			18,635.40	39,800.87	65,805.52	111,676.73	136,523.47	181,523.50
	VALOR GANADO PARCIAL	139,188		11,929.59	16,706.11	27,271.89	12,139.02	40,402.53	30,739.25
	VALOR GANADO ACUMULADO			11,929.59	28,635.70	55,907.59	68,046.62	108,449.15	139,188.40
%	PROGRAMADA			14.76%	18.02%	16.80%	41.71%	8.71%	
	PROGRAMADA ACUMULADA			14.76%	32.78%	49.58%	91.29%	100.00%	
	EJECUTADA			13.39%	15.21%	18.68%	32.96%	17.85%	32.33%
	EJECUTADA ACUMULADA			13.39%	28.59%	47.28%	80.23%	98.09%	130.42%
	VALOR GANADO PARCIAL			8.57%	12.00%	19.59%	8.72%	29.03%	22.08%
	VALOR GANADO ACUMULADO			8.57%	20.57%	40.17%	48.89%	77.92%	100.00%

Tabla 15.- Cronograma Valorado Calle S/N (Esc. 2 Incremento de Cantidades)

Analizando el avance valorado mensual en términos de Valor Ganado (Tabla 15), observamos claramente que nuestro proyecto presenta un retraso considerable desde su inicio y no se recupera dentro del plazo contractual, a tal punto que es necesaria una ampliación de 36 días para concluir el proyecto.

De la lectura de avance valorado controlado únicamente por la inversión ejecutada (Ver Tabla 4), deduciríamos que el proyecto marcha con un buen adelanto con respecto a lo programado. Sin embargo como podemos observar con nuestro avance en base al Valor Ganado que no es así, deducimos un retraso constante en el tiempo.

Con esta información disponible, el administrador podría haber tomado medidas con la suficiente antelación para mitigar el impacto en costo y tiempo del proyecto. (Figura 6)

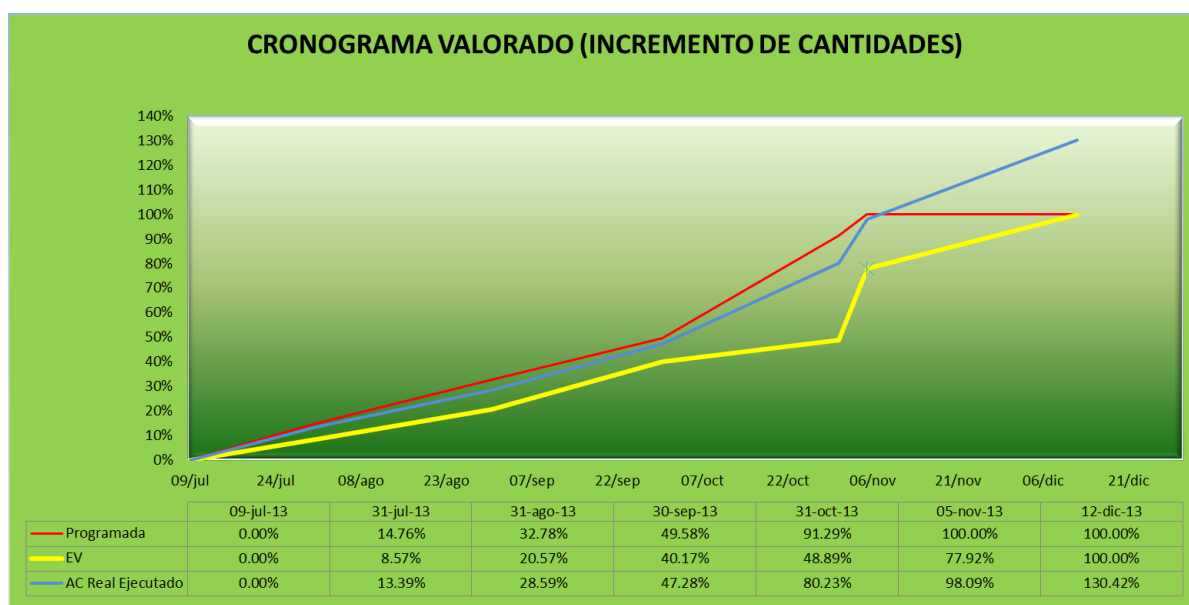


Figura 6.- Curva de Inversión Escenario No.2

Inclusive así se planillen rubros que incrementen la inversión ejecutada, estos no tendrían efecto en nuestro cronograma del valor ganado, pues medimos el progreso de una actividad en términos físicos mas no de costo.

Por otro lado, analizando los indicadores EAC (Ver Tabla 16) en el transcurso del tiempo, también resulta evidente que el proyecto tendría un incremento de costo respecto de nuestro presupuesto inicial de \$139,188.40.

Planilla 1		Planilla 2		Planilla 3		Planilla 4		Planilla 5		Planilla 6	
PV	20,543	PV	45,628	PV	69,014	PV	127,064	PV	139,188	PV	139,188
CV	- 6,706	CV	- 11,165	CV	- 9,898	CV	- 43,630	CV	- 28,074	CV	- 42,335
CPI	0.64	CPI	0.72	CPI	0.85	CPI	0.61	CPI	0.79	CPI	0.77
SV	- 8,613	SV	- 16,992	SV	- 13,107	SV	- 59,017	SV	- 30,739	SV	- 0
SPI	0.58	SPI	0.63	SPI	0.81	SPI	0.54	SPI	0.78	SPI	1.00
EAC1	145,894	EAC1	150,354	EAC1	149,086	EAC1	182,819	EAC1	167,263	EAC1	181,523
EAC2	217,428	EAC2	193,458	EAC2	163,830	EAC2	228,433	EAC2	175,220	EAC2	181,524
EAC3	134,325	EAC3	140,303	EAC3	141,515	EAC3	176,351	EAC3	164,468	EAC3	181,523
ETC	127,259	ETC	110,553	ETC	83,281	ETC	71,142	ETC	30,739	ETC	0
CPI1	1.10	CPI1	1.10	CPI1	1.10	CPI1	1.10	CPI1	1.10	CPI1	1.10
ECA3 considerando un CPI1 a futuro de 1.1											

Tabla 16.- Indicadores de avance (Esc. 2 Incremento de Cantidades)

El escogimiento de tal o cual EAC debemos asumir, dependerá de la experiencia del administrador y del conocimiento de las condiciones específicas de cada proyecto, en este caso existe un incremento considerable en las cantidades de las obras de infraestructura, y es probable que se mantengan condiciones parecidas para las demás estructuras: vial; canalización, telefónica, etc. Por esta razón consideramos que la estimación de nuestro proyecto sería con el EAC3. Considerando un CPI de 1.10.

En cuanto a la lectura del indicar SPI, observamos que desde el inicio tenemos problemas con el cumplimiento del cronograma, pues en ningún mes recuperamos el retraso. En otras palabras no cumpliríamos con nuestro objetivo de entregar el proyecto dentro del plazo establecido.

6.3. Escenario No.3

Variación Deliberada de Cantidades

ACTIVIDADES	BAC	% PROGRESO						Planilla 1		Planilla 2		Planilla 3		Planilla 4		Planilla 5		Planilla 6	
	139,188.40	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	AC	EV	AC	EV	AC	EV	AC	EV	AC	EV	AC	EV
1 CALLE S/N	-	-	-	-	-	-	-	6,597	21,915	23,135	32,615	48,755	39,690	81,153	61,268	104,322	100,719	136,197	139,453
2 INICIO	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-	12,791	-	22,826	-	23,543	-	23,543	-	23,543	-	23,543
3 Obras Hidrosanitarias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Alcantarillado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Excavación	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	632	3,659	1,473	3,659	1,835	3,659	2,825	3,659	2,825	3,659	2,825	3,659
6 Instalación Tubería	3,658.91	25%	100%	100%	100%	100%	100%	137	207	546	826	546	826	584	826	584	826	584	826
7 Construcción de Pozo de Revisión	826.30	-	88%	100%	100%	100%	100%	-	-	490	1,490	560	1,703	2,588	1,703	2,588	1,703	2,588	1,703
8 Domiciliarias de Alcantarillado	1,702.53	38%	77%	100%	100%	100%	100%	919	466	1,342	932	1,342	1,212	1,342	1,212	1,342	1,212	1,342	1,212
9 Construcción de pozos Til	1,211.73	38%	77%	100%	100%	100%	100%	405	373	809	747	1,052	971	1,052	971	1,052	971	1,052	971
10 Rellenos	971.04	25%	100%	100%	100%	100%	100%	3,166	2,362	9,733	9,449	9,733	9,449	9,733	9,449	9,733	9,449	9,733	9,449
11 Agua Potable	9,449.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12 Excavación	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	902	1,413	1,016	1,413	1,016	1,413	1,016	1,413	1,016	1,413	1,016	1,413
13 Instalación Tubería	1,413.08	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-	890	954	890	954	890	954	890	954	890	954	890
14 Rellenos	889.93	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-	237	-	237	-	237	-	237	-	237	-	237
15 Domiciliarias de Agua Potable	236.57	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-	3,184	3,853	3,184	3,853	3,184	3,853	3,184	3,853	3,184	3,853	3,184
16 Hito Final Hidrosanitarias	3,183.80	-	-	100%	100%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17 Veredas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	664	-	3,430	-	23,380	-	23,380	-	23,380
18 Demolición de estructuras	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	-	-	968	664	968	664	968	664	968	664	968	664
19 Excavaciones	663.54	-	-	12%	100%	100%	100%	-	-	1,076	-	3,082	517	3,322	4,247	3,322	4,247	3,322	4,247
20 Relleno compactado	4,246.86	-	-	12%	100%	100%	100%	-	-	310	-	2,056	272	2,654	2,238	2,654	2,238	2,654	2,238
21 Construcción de muro	2,237.53	-	-	12%	100%	100%	100%	-	-	-	-	2,334	390	3,152	3,206	3,152	3,206	3,152	3,206
22 Colocación de replantillo	3,205.74	-	-	12%	100%	100%	100%	-	-	-	-	370	376	2,739	3,089	2,739	3,089	2,739	3,089
23 Encofrado de vereda	3,088.88	-	-	12%	100%	100%	100%	-	-	-	-	406	433	3,333	3,554	3,333	3,554	3,333	3,554
24 Fundición de vereda	3,553.72	-	-	12%	100%	100%	100%	-	-	-	-	657	777	5,888	6,384	5,888	6,384	5,888	6,384
25 Hito Final Veredas	6,383.61	-	-	100%	100%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26 Pavimento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,592	-	3,592	-	41,115	-	79,849
27 Excavaciones	-	-	-	-	-	50%	100%	-	-	-	-	2,370	-	5,672	-	7,599	4,412	7,599	8,825
28 Conformación de Sub-Rasante	8,825.48	-	-	-	-	50%	100%	-	-	-	-	-	-	1,513	-	1,513	1,071	1,513	2,142
29 Pedraplén	2,142.45	-	-	-	-	50%	100%	-	-	-	-	-	-	602	-	602	11	602	21
30 Sub base conformación y compactación	21.08	-	-	-	-	50%	100%	-	-	-	-	-	-	5,821	-	8,339	4,120	8,339	8,242
31 Construcción de Dren	8,242.23	-	-	100%	100%	100%	100%	-	-	-	-	3,517	3,592	3,517	3,592	3,517	3,592	3,517	3,592
32 Losa de Hormigón	3,591.91	-	-	-	-	50%	100%	-	-	-	-	9,876	-	9,876	-	26,471	27,909	57,310	55,827
33 Señalización	55,826.65	-	-	-	-	-	128%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,036	1,199
34 Hito Final Pavimento	934.48	-	-	-	100%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35 Canalización Telefónica	-	-	-	-	-	-	-	-	8,550	-	8,550	-	8,550	-	10,178	-	10,178	-	10,178
36 Excavaciones	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-	2,079	128	2,079	940	2,079	2,464	2,079	2,464	2,079	2,464	2,079
37 Instalación ducto telefónico	2,079.00	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-	3,035	-	3,035	-	3,035	-	3,035	-	3,035	-	3,035
38 Construcción de cámaras	3,035.26	-	-	-	-	100%	100%	-	-	-	-	280	-	2,320	1,628	2,382	1,628	2,382	1,628
39 Rellenos	1,628.13	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-	3,436	-	3,436	571	3,436	2,928	3,436	3,531	3,436	3,531	3,436
40 Hito Final Telefónicos	3,435.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41 Impacto Ambiental	-	-	-	-	-	-	-	-	575	-	575	-	575	-	575	-	2,503	-	2,503
42 Varios Ambiental	-	23%	23%	23%	100%	100%	-	436	575	436	575	436	575	436	575	1,899	2,503	1,899	2,503
43 Fin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 17.- Vínculo de rubros a las diferentes actividades (Escenario No. 3)

Una vez construidos los valores EV y AC como consta en la Tabla 17 procedemos a analizar la tabla del cronograma valorado (Ver Tabla 18).

CRONOGRAMA PROGRAMADO POR CATEGORIA DE INVERSIÓN									
ITEM	CATEGORIAS DE INVERSION	INVERSION		09-jul-13 31-jul-13	01-ago-13 31-ago-13	01-sep-13 30-sep-13	01-oct-13 31-oct-13	01-nov-13 30-nov-13	01-dic-13 12-dic-13
Obras Hidrosanitarias	23,542.94	Programado		10,181.07	13,361.87				
	23,542.94	EV		12,790.65	10,035.75	716.53			
	23,945.95	Ejecutado		6,160.52	14,056.28	674.71	3,054.44		
	23,379.88	Programado		6,192.70	4,562.52	12,624.66			
Veredas	23,379.87	EV			663.54	2,766.34	19,949.98		
	22,056.92	Ejecutado			2,354.42	7,519.66	12,182.84		
	78,649.80	Programado				10,110.95	57,373.52	11,165.33	
	78,649.81	EV				3,591.91		37,523.32	37,534.58
Pavimento	78,881.80	Ejecutado				15,762.70	11,239.50	21,040.32	30,839.28
	934.48	Programado						934.48	
	1,199.40	EV							1,199.40
	1,035.96	Ejecutado							1,035.96
Canalización Telefónica	10,177.90	Programado		3,693.51	6,484.39				
	10,177.89	EV		8,549.77			1,628.13		
	8,377.27	Ejecutado			127.62	1,663.44	5,921.15	665.07	
	2,503.41	Programado		475.65	675.92	650.89		25.03	
Impacto Ambiental	2,503.41	EV		575.00				1,928.41	
	1,898.84	Ejecutado		436.14				1,462.70	
INVERSIONES	PROGRAMADA	139,188		20,542.93	25,084.70	23,386.50	58,049.44	12,124.84	
	PROGRAMADA ACUMULADA			20,542.93	45,627.63	69,014.13	127,063.57	139,188.41	
	EJECUTADA	136,197		6,596.66	16,538.32	25,620.51	32,397.92	23,168.09	31,875.24
	EJECUTADA ACUMULADA			6,596.66	23,134.98	48,755.49	81,153.41	104,321.50	136,196.74
	VALOR GANADO PARCIAL	139,453		21,915.42	10,699.30	7,074.79	21,578.11	39,451.73	38,733.98
	VALOR GANADO ACUMULADO			21,915.42	32,614.72	39,689.50	61,267.61	100,719.34	139,453.32
%	PROGRAMADA			14.76%	18.02%	16.80%	41.71%	8.71%	
	PROGRAMADA ACUMULADA			14.76%	32.78%	49.58%	91.29%	100.00%	
	EJECUTADA			4.74%	11.88%	18.41%	23.28%	16.65%	22.90%
	EJECUTADA ACUMULADA			4.74%	16.62%	35.03%	58.30%	74.95%	97.85%
	VALOR GANADO PARCIAL			15.75%	7.69%	5.08%	15.50%	28.34%	27.83%
	VALOR GANADO ACUMULADO			15.75%	23.43%	28.51%	44.02%	72.36%	100.19%

Tabla 18.- Cronograma Valorado Calle S/N (Esc. 3 Variación Deliberada de Cantidades)

En este caso podríamos colegir que del EV acumulado tan solo en el primer mes se observa un adelanto respecto al plan, el resto de los meses subsiguientes el retraso es evidente, necesitándose una ampliación para concluir el objetivo. Todo esto y a pesar del suministro efectuado, pues este incremento de costo resultante hace su efecto en la inversión ejecutada, mas no en el progreso físico de ejecución de la actividad “Losa de Hormigón”, por esta razón la lectura del avance no se ve alterada.

Y en lo referente al costo final del proyecto, al observar los indicadores (Ver Tabla 19) constatamos que el costo futuro se alteraría porque en este proyecto al no existir suministros, la estimación del costo se tomaría como inversión verdaderamente ejecutada en el tercer mes, alterando su estimación.

Planilla 1		Planilla 2		Planilla 3		Planilla 4		Planilla 5		Planilla 6	
PV	20,543	PV	45,628	PV	69,014	PV	127,064	PV	139,188	PV	139,188
CV	15,319	CV	9,480	CV	- 9,066	CV	- 19,886	CV	- 3,602	CV	3,257
CPI	3.32	CPI	1.41	CPI	0.81	CPI	0.75	CPI	0.97	CPI	1.02
SV	1,372	SV	- 13,013	SV	- 29,325	SV	- 65,796	SV	- 38,469	SV	265
SPI	1.07	SPI	0.71	SPI	0.58	SPI	0.48	SPI	0.72	SPI	1.00
EAC1	123,870	EAC1	129,709	EAC1	148,254	EAC1	159,074	EAC1	142,791	EAC1	135,932
EAC2	41,896	EAC2	98,732	EAC2	170,982	EAC2	184,365	EAC2	144,166	EAC2	135,938
EAC3	113,208	EAC3	120,020	EAC3	139,209	EAC3	146,087	EAC3	139,293	EAC3	135,956
ETC	117,273	ETC	106,574	ETC	99,499	ETC	77,921	ETC	38,469	ETC	- 265
CPI1	1.10	CPI1	1.10	CPI1	1.10	CPI1	1.20	CPI1	1.10	CPI1	1.10

Tabla 19.- Indicadores de avance (Esc. 3 Variación Deliberada de Cantidades)

7. RESULTADOS

En lo referente al escenario No. 1, (Ver tabla 20) podemos constatar que las interpretaciones del avance entre el Cronograma Valorado y las del método de Valor Ganado son diferentes. La primera nos presenta un panorama de retraso total del proyecto, mientras que en la segunda existe retraso en el mes dos y de ahí en más tiende al alza, lo que se corrobora con la consecución del objeto dentro del plazo previsto.

En cuanto al monto, con el control del cronograma valorado el valor del contrato se mantiene inalterable hasta el final, es decir, se estima que el proyecto costará \$ 139,188.40. Con la alternativa prevemos desde el segundo mes una disminución importante del costo final del proyecto, claro que es necesario mayor información acerca de las condiciones específicas de las obras a construir para establecer con mayor claridad cual alternativa de (EAC) se podría optar. Sin embargo es de mucha ayuda para la administración, conocer que el monto del proyecto disminuirá tal y como en verdad ha sucedido en lo posterior, conforme a la lectura final de los resultados.

COMPARATIVA CRONOGRAMA DE INVERSIONES ESCENARIO No.1					
CRONOGRAMA VALORADO	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5
PROGRAMADA	4%	23%	40%	93%	100%
EJECUTADA	5%	16%	35%	77%	78%
INTERPRETACIÓN	Adelanto	Retraso	Retraso	Retraso	Retraso
VALOR GANADO	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5
PROGRAMADA	15%	33%	50%	91%	100%
EJECUTADA	16%	23%	48%	98%	100%
INTERPRETACIÓN	Adelanto	Retraso	Retraso	Adelanto	OK

Tabla 20.- Comparativa de caso Decremento de Cantidades (Esc. 1)

Del análisis del escenario No. 2 (Ver Tabla 21) observamos que con la lectura del cronograma valorado por inversión, el proyecto presenta un adelanto en los 3 meses iniciales y en los dos últimos se evidencia un retraso que es el que finalmente posterga el plazo 36 días. Con la alternativa propuesta en cambio se observa desde el inicio un retraso constante el cual no se recupera a lo largo del tiempo.

También en lo referente al monto del contrato con el control del Cronograma Valorado, se evidencia por sentido común, que el contrato se incrementaría en valor; pero en un proyecto de mayor envergadura o que involucre muchas más actividades, el sentido común ya no será de mucha ayuda. Con la alternativa propuesta se evidencia desde un principio que el proyecto sufrirá un incremento en costo como se lo puede apreciar en la Tabla 16.

COMPARATIVA CRONOGRAMA DE INVERSIONES ESCENARIO No.2						
CRONOGRAMA VALORADO	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6
PROGRAMADA	4%	23%	40%	93%	100%	100%
EJECUTADA	13%	29%	47%	80%	98%	130%
INTERPRETACIÓN	Adelanto	Adelanto	Adelanto	Retraso	Retraso	Adelanto
VALOR GANADO	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6
PROGRAMADA	15%	33%	50%	91%	100%	100%
EJECUTADA	9%	21%	40%	49%	78%	100%
INTERPRETACIÓN	Retraso	Retraso	Retraso	Retraso	Retraso	OK

Tabla 21.- Comparativa de caso Incremento de Cantidades (Esc. 2)

8. CONCLUSIONES

Como hemos demostrado el control de los proyectos solamente por la comparativa de la inversión ejecutada con la programada, nos puede conducir a lecturas erróneas del avance en

tiempo y costo. Con la alternativa propuesta podemos obtener indicadores que permitan evaluar de mejor manera el desempeño del proyecto.

Si bien es cierto que la alternativa propuesta hace énfasis en los indicadores de costo y tiempo del proyecto, no tenemos que dejar de monitorear y controlar el cronograma vinculado Gantt. Un retraso importante en una actividad que está fuera de la ruta crítica puede tener un impacto mínimo en el cronograma total del proyecto, mientras que un retraso menor en una actividad crítica desplazaría el plazo total directamente.

Finalmente, del desempeño de las actividades de la ruta crítica dependerá el retraso o adelanto de nuestro proyecto, es por ello que consideramos indispensable su monitoreo y control, todo ello y a pesar de que podamos tener unos excelentes índices de desempeño de cronograma y de costo.

Para el control de un proyecto es necesario de un cronograma de barras técnicamente bien elaborado, con sus actividades vinculadas y costeadas, con hitos de control distribuidos estratégicamente, además de su ruta crítica. Sobre esta base, es posible establecer indicadores que permitirán un mejor control del costo y tiempo de un proyecto, facilitando con la suficiente antelación la toma de decisiones al administrador.

9. BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE L. (2010). Microsoft Project 2010 Resolución de Problemas de Programación – Resolución de Problemas de Recursos – Análisis del Progreso Financiero – El Uso de Macros para acelerar su trabajo. Perú. MACRO E.I.R.L. Primera edición.

Biblioteca Digital de la UDA. <http://www.uazuay.edu.ec/bibliotecas/uda.htm>

E+PMC PROJECT MANAGEMENT CONSULTING. (2008). Taller de Preparación para Optar a la Certificación PMP. Ecuador

LEY ORGANICA DEL SISTEMA NACIONAL DE CONTRATACION PÚBLICA. (2008). Ecuador. Registro oficial No 395.

NORMAS DE CONTROL INTERNO PARA LAS ENTIDADES, ORGANISMOS EL SECTOR PÚBLICO Y PERSONAS JURÍDICAS DE DERECHO PRIVADO QUE DISPONGAN DE RECURSOS PÚBLICOS. CONTRALORÍA GENERAL EL ESTADO. (2009). Ecuador. Registro Oficial No. 87

(PMI) PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, INC. ©2008. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®). U.S.A. Cuarta edición

Portal de Compras Públicas. Sistema Oficial de Contratación Pública. Ecuador. (2013). www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras

Programa de Entrenamiento en Dirección de Proyectos alineado al Estándar PMBOK del PMI®. (2013). 5ta Edición. Proyecto eMIG.

REGLAMENTO A LA LEY ORGANICA SISTEMA NACIONAL CONTRATACION PÚBLICA. (2009). Ecuador. Decreto ejecutivo 1700. Registro oficial No 588.

SEJAS F. (2012). Manual de Uso Microsoft Project 2010. Santa Cruz – Bolivia

TORO F. (2009). Proyectos Planeación y Control Project – Excel. Colombia. ECOE EDICIONES. Primera edición

10. ANEXOS

TERMINOLOGÍA:

Presupuesto total, Budget at Completion (BAC).- Es el presupuesto original del proyecto.

Valor planificado, Plan Value (PV).- Valor planificado inicial para cada actividad. El total del PV se conoce a veces como la línea base para la medición del desempeño (**PMB**).

Valor Ganado, Earned Value (EV).- El valor ganado es el valor del trabajo completado expresado en términos del presupuesto asignado para una actividad. Es igual al producto del porcentaje de avance físico de la actividad (% Completado) por su **PV**.

Costo real, Actual Cost (AC).- El costo real es el costo en el que se ha incurrido realmente y que se ha registrado durante la ejecución del trabajo realizado para una actividad.

Variación del cronograma, Schedule Variance (SV).- La variación del cronograma es una medida del desempeño del cronograma en un proyecto.

$$\text{Ecuación: } SV = EV - PV \qquad SV > 0 \text{ Acelerado} \qquad SV < 0 \text{ Retrasado}$$

Variación del costo Cost Variance (CV).- La variación del costo es una medida del desempeño del costo en un proyecto.

$$\text{Ecuación: } CV = EV - AC \qquad CV > 0 \text{ Eficiente} \qquad CV < 0 \text{ Ineficiente}$$

Índice de desempeño del cronograma, Schedule Performance Index (SPI).- El índice de desempeño del cronograma (SPI) es una medida del avance logrado en un proyecto en comparación con el avance planificado.

$$\text{Ecuación: } SPI = EV/PV.$$

$SPI < 1$ la cantidad de trabajo efectuada es menor a la prevista

$SPI > 1$ la cantidad de trabajo efectuada es mayor a la prevista

Índice del desempeño del costo, Cost Performance Index (CPI).- El índice del desempeño del costo es una medida del valor del trabajo completado, en comparación con el costo o avance reales del proyecto.

$$\text{Ecuación: } CPI = EV/AC$$

$CPI < 1$ sobrecosto con respecto al trabajo completado

$CPI > 1$ costo inferior con respecto al desempeño a la fecha

La metodología del Valor Ganado entre otro de sus puntos fuertes permite establecer proyecciones del costo final el proyecto:

Estimado hasta concluir, *Estimate At Completion (EAC)*.- Es el estimado del costo total del proyecto, a medida que avanza el tiempo.

Ecuaciones:

$$EAC = AC + (BAC - EV)$$

Cuando en base de la experiencia del indicador CPI ya conocido hasta una fecha determinada, se prevea que las condiciones se mantendrían similares a futuro, entonces se podría utilizar esta otra ecuación:

$$EAC_1 = AC + \frac{(BAC - EV)}{CPI}$$

O también si se pudiese estimar la variación futura del CPI, en aumento o en defecto, se podría utilizar la misma ecuación sustituyendo el nuevo CPI.

Estimación hasta la conclusión, *Estimate to Complete (ETC)*.-

$$\text{Ecuación: } = ETC = EAC - AC$$

Existen además otros indicadores en esta metodología, pero para el análisis de nuestro estudio nos centraremos en los expuestos, pues con ellos englobamos toda la problemática a solucionar.

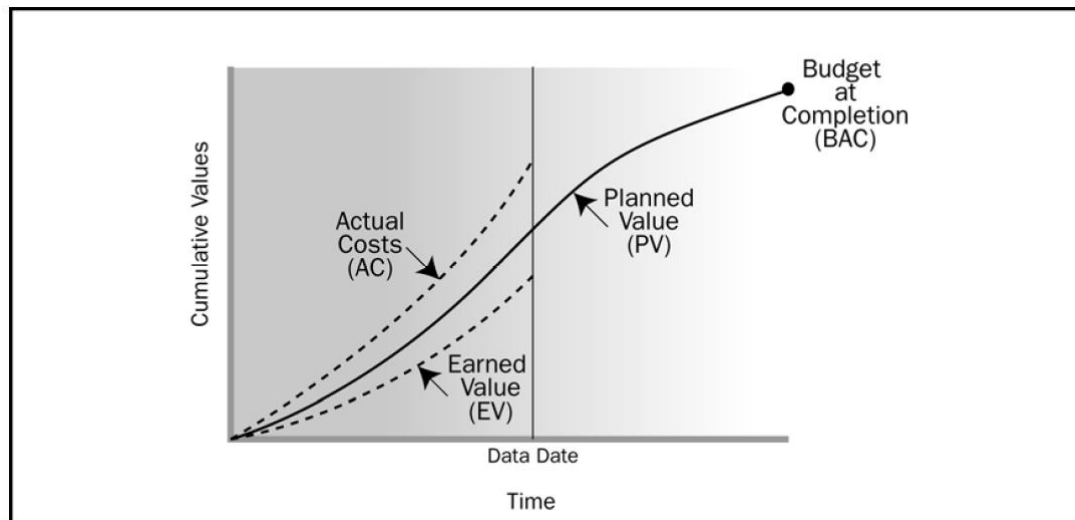


Figura 7.- Valor Ganado, Valor Planificado y Costos Reales

(Fuente: PMI ©2008 Project Management Institute.)