

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CONTROL DE COSTOS DE PROYECTOS DE INGENIERÍA
BÁSICA Y DE DETALLE. MACOLLAS N2 Y N3. CAMPO
YUCAL PLACER, ESTADO GUÁRICO, VENEZUELA**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Figueroa P, Ana K
Para optar al Título de
Ingeniera de Petróleo.

Caracas, 2013

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CONTROL DE COSTOS DE PROYECTOS DE INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE. MACOLLAS N2 Y N3. CAMPO YUCAL PLACER, ESTADO GUÁRICO, VENEZUELA

Tutor Académico: Ing. Pedro Díaz

Tutor Industrial: Ing. Maribel Quintero

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Figueroa P, Ana K
Para optar al Título de
Ingeniera de Petróleo.

Caracas, 2013

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen de Coromoto.

*A mis padres Ricardo Figueroa y Dorys Prin,
por apoyarme en todo momento, y ser motivo de inspiración en este camino.*

*A Carlos Figueroa,
por brindarme su apoyo e impulsarme a ser mejor persona.*

*A Ricarda, Carlos, Rosana y Ricardo,
quienes desde el cielo me protegen; este triunfo es para ustedes.*

*A Eduardo Bastidas,
por confiar en mí, y demostrarme su amor incondicional.*

AGRADECIMIENTOS

Antes que nadie a Dios y la Virgen de Coromoto.

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, en cuyos espacios me formé como profesional y aprendí a quererla como mi segunda casa.

A Pedro Díaz, por apoyarme desde principio, y ser un tutor insustituible en esta última etapa de carrera.

A Maribel Quintero, por ayudarme en esta nueva fase y compartir sus conocimientos, mostrándome otra faceta de la ingeniería.

A Alexis Gammiero, por brindarme su apoyo en todo momento y mantener ese humor característico.

A mi madre Dorys Prin, por mostrarme que el estudio es la vía al progreso, por permitirme decidir, por madrugar conmigo, por reír y llorar junto a mí, ser mi apoyo y darme el valioso privilegio de llamarla mamá.

A mi padre Ricardo Figueroa, quien con su esfuerzo y trabajo diario, me demuestra su apoyo, y sus deseos por que logre superarme.

A mi hermano Carlos Figueroa, por impulsarme a ser mejor e intentar ser un ejemplo para él en este nuevo camino que está recorriendo.

A mis Tíos Padrinos Rosana y Miguel por ayudarme en todo momento, preocuparse por mí y ser causantes de este sueño llamado ingeniería.

A toda la familia Figueroa Prin quienes desde pequeña me han demostrado su amor, y con quienes comparto este logro.

A Eduardo Bastidas, por confiar en mí, alentarme durante todo este proceso y enamorarme a diario.

A Fátima Choque, profesora de diario compañera y amiga, por mostrarme la pasión por el trabajo.

A Eduardo Vera, a quién le estaré eternamente agradecida, por brindarme esta oportunidad y confiar en mí.

A María Verónica, Sthefany y Génesis Miranda, grandes amigas con quienes he crecido y compartido grandes vivencias.

A mis amigos petroleros Eduardo, Gustavo Araque, Charbel, Nestor, y Pachón, quienes fungieron como hermanos mayores y me apoyaron en todo momento.

A mis eternos amigos, con quienes inicié este recorrido llamado universidad Atilio, Luis Gomes, José Javier, John, Andrés, Airam, Laura Martins, Estefanía, por compartir tardes de estudio, de risa, caminatas, charlas y por compartir esta meta en común que ahora vemos materializada.

A Mileidy Fragoza por estar presente al inicio y ahora en la celebración de este triunfo demostrando que es compañera y amiga.

A Laura Itriago, por demostrarme que con perseverancia se logran las metas y tener una frase motivadora en todo momento.

A Lucas Capielo, Leopordo Urdaneta, Lisset Fajardo, David Gambus, Carlos Morcelle, Marly Henriche, compañeros de diario por mostrar gran disposición ante cualquier duda o necesidad que pudiera surgir.

A todas las personas que colaboraron directa o indirectamente en la realización de este trabajo gracias.

Figuroa P, Ana K.

**CONTROL DE COSTOS DE PROYECTOS DE INGENIERÍA BÁSICA Y DE
DETALLE. MACOLLAS N2 Y N3. CAMPO YUCAL PLACER, ESTADO
GUÁRICO, VENEZUELA**

**Tutor Académico: Ing. Pedro Díaz. Tutor Industrial: Ing. Maribel Quintero.
Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de
Petróleo. Año 2013, 184 p**

Palabras Claves: *Control de Costos, Proyectos, Alcance, Valor Ganado, Costo Real, Valor Planificado, Campo Yucal Placer (Estado Guárico), Macolla N2, Macolla N3.*

Resumen. Los proyectos pueden definirse como un conjunto de actividades relacionadas e interdependientes, establecidas sistemáticamente y de duración específica, que son diseñadas bajo el objetivo de satisfacer necesidades, a través de resultados únicos (productos), respetando el presupuesto y la asignación de ciertos recursos. La gerencia de costos, tiene como foco principal el costo de los recursos necesarios para completar las actividades del proyecto. En función de esto el objetivo general de esta investigación es desarrollar el control de costos del proyecto de ingeniería básica y de detalle. Caso: macollas N2 y N3. Campo Yucal Placer, estado Guárico, Venezuela. La gestión del valor ganado establece puntos de control donde se integren alcance, tiempo y costo; comparando así los valores de lo planificado con el costo incurrido (costo real) y la medición del trabajo realizado efectivamente (valor ganado). Dicha gestión permite identificar los problemas desde el inicio del proyecto, facilitando la toma oportuna de decisiones. La gerencia del valor ganado es una técnica empleada en la gerencia de proyectos que mide objetivamente el progreso. En la investigación se logró combinar la medición de la ejecución del alcance, del cronograma y de los costos, integrando una sola metodología.

Caracas, Junio 2013.

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería de Petróleo, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Ana Karina Figueroa, titulado:

CONTROL DE COSTOS DE PROYECTOS DE INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE. MACOLLAS N2 Y N3. CAMPO VUCAL PLACER, ESTADO GUÁRICO, VENEZUELA

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero de Petróleo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Edgar Cotte
Jurado

René Rojas
Jurado

Pedro Díaz
Tutor Académico

Maribel Quintero
Tutor Industrial



ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	vii
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE TABLAS	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	4
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.4 ALCANCE	7
1.5 JUSTIFICACIÓN	8
1.6 LIMITACIONES	10
CAPÍTULO II	11
2.1 ANTECEDENTES	11
2.2 PROYECTOS	14
2.2.1 Proyectos de Ingeniería.....	15
2.2.1.1 Ciclo de Vida de un proyecto IPC	16

2.2.2	Proyectos gasíferos en Venezuela.....	20
2.2.2.1	Tierra Firme	21
2.2.2.2	Costa Afuera	21
2.3	CONCEPTOS BÁSICOS DE COSTOS	22
2.3.1	Conceptos generales	22
2.3.2	Tipos de costos	25
2.3.2.1	Costos Directos	25
2.3.2.2	Costos Indirectos	25
2.3.4	Costos de Inversión (CAPEX)	26
2.3.4	Costos de Producción (OPEX).....	26
2.3.5	Horizonte Económico del Proyecto.....	27
2.4	GESTIÓN DE COSTOS	27
2.4.1	Estimación de Costos	29
2.4.1.1	Entradas	35
2.4.1.2	Técnicas y Herramientas	37
2.4.1.3	Resultados	39
2.4.2	Determinación del presupuesto	40
2.4.2.1	Entradas	41
2.4.2.2	Técnicas y Herramientas	42
2.4.2.3	Resultados	44

2.4.3	Control de costos	46
2.4.3.1	Entradas	46
2.4.3.2	Técnicas y Herramientas	47
2.4.3.3	Resultados	58
2.5	MACOLLAS	59
2.6	ESQUEMA METODOLÓGICO PARA EL CONTROL DE COSTOS DE PROYECTO DE INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE	60
2.7.1	Registro del proyecto	65
2.7.2	Control y Seguimiento	65
2.7.3	Cierre del Proyecto	66
CAPÍTULO III.....		68
3.1	HISTORIA DEL CAMPO YUCAL PLACER	68
3.2	UBICACIÓN	70
3.2	ORGANIZACIÓN JURÍDICA	70
3.3	FASES DEL PROYECTO	71
3.3.1	Primera fase EPS (<i>Early Production Scheme</i>)	71
3.3.1.1	Descripción de las instalaciones de EPS	72
3.3.2	Segunda fase (Fase 300).....	75
3.3.3	Proyecto N2/N3.....	77
3.4	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	78

3.4.1	Macolla N2	78
3.4.2	Macolla N3	80
3.4.3	Interconexión Macollas – CPF	82
3.5	GESTIÓN GENERAL.....	82
3.6	PROCESOS	83
3.7	INSTRUMENTACIÓN Y TELECOMUNICACIONES	83
3.7.1	Instrumentación.....	83
3.7.2	Telecomunicaciones	85
3.8	TUBERÍAS.....	86
3.9	MECÁNICA.....	87
3.10	CIVIL.....	88
3.11	ELÉCTRICA.....	88
3.12	HSE (<i>HEALTH, SAFETY AND THE ENVIRONMENT</i>)	89
3.13	PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS	90
3.14	ESTIMACIÓN DE COSTOS	90
CAPÍTULO IV		91
4.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	91
4.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	92
4.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	93
4.4	ARQUEO BIBLIOGRÁFICO.....	94

4.4.1	Revisión de la información bibliográfica del área de estudio	94
4.4.2	Revisión bibliográfica referente a la dirección de proyectos	94
4.4.3	Revisión bibliográfica acerca de la gestión de costos de proyectos..	95
4.5	ESTUDIO DE PROYECTOS ACTIVOS	95
4.6	REUNIONES DE TRABAJO	95
4.7	ESTUDIO DE TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE COSTOS.....	95
4.7.1	Valor Ganado	96
4.7.2	Variación respecto a línea base	96
4.7.3	Proyecciones.....	96
4.8	MONITOREO DE LOS COSTOS DEL PROYECTO	96
4.9	ANÁLISIS DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA GESTIÓN DE COSTOS.....	97
4.10	ESQUEMA METODOLÓGICO	97
CAPÍTULO V		99
5.1	PLANIFICACIÓN ORIGINAL	100
5.1.1	Mediciones del Desempeño del trabajo	105
5.1.2	Proyecciones del Presupuesto	107
5.1.3	Índice de desempeño del trabajo por completar	108
5.1.4	Causas de las variaciones	109

5.1.5	Acciones correctivas	116
5.2	REPLANIFICACIÓN I	117
5.2.2	Mediciones del Desempeño del trabajo	122
5.2.2	Proyecciones del Presupuesto	126
5.2.3	Índice de desempeño del trabajo por completar	129
5.2.4	Causas de las variaciones	131
5.2.5	Acciones correctivas	133
5.3	REPLANIFICACIÓN II (CAMBIO DE ALCANCE)	134
5.3.1	Mediciones del Desempeño del trabajo	141
5.3.2	Proyecciones del Presupuesto	144
5.3.3	Índice de desempeño del trabajo por completar	147
5.3.4	Causas de las variaciones	149
5.3.5	Acciones correctivas	152
	CONCLUSIONES	153
	RECOMENDACIONES	155
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	156
	BIBLIOGRAFÍA	159
	GLOSARIO	161
	ANEXOS	169
	Tabla A-1. Estimación de Costos.....	169

Tabla A-2. Determinación del presupuesto.....	170
Tabla A-3. Control de Costos	170
Anexo A-4. Clasificación de los estimados de costos	171
Anexo A-5 Plantilla Presupuesto de Venta.....	172
Anexo A-6 Plantilla Presupuesto Objetivo	173
Anexo A-7 Reporte horas gastadas.....	174
Anexo A-8 <i>Forecast</i>	175
Anexo A-9 Avance Planificación	176

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 El proceso del proyecto	15
Figura 2.2 Niveles típicos de costo y dotación de personal durante el ciclo de vida del proyecto	17
Figura 2.3 Influencia de variables a lo largo del tiempo del proyecto.....	18
Figura 2.4 Ciclo de vida de un proyecto.	18
Figura 2.5 Costos directos, indirectos y totales en función del tiempo.	26
Figura 2.6 Gestión de Costos del proyecto	28
Figura 2.7 Diagrama del flujo de datos del proceso estimar costos.	30
Figura 2.8 Tipos de estimados de costos	31
Figura 2.9 Tipos de estimados de costos	34
Figura 2.10 Estructura de desglose del trabajo	36
Figura 2.11. Diagrama del flujo de datos del proceso determinar presupuesto.	41
Figura 2.12 Gráfico de Flujo de Caja, Línea Base de Coste y Financiación	45
Figura 2.13 Diagrama del flujo de datos del proceso de control de costos.	46
Figura 2.14 Valor Ganado, Valor Planificado y Costos Reales	51
Figura 2.15 Índice de Desempeño del Trabajo por Completar (TCPI)	56
Figura 2.17 Requerimientos de información	61
Figura 2.18.1 Esquema metodológico para el control de costos de proyecto de ingeniería básica y de detalle	62
Figura 2.18.2 Esquema metodológico para el control de costos de proyecto de ingeniería básica y de detalle	63
Figura 2.18.3 Esquema metodológico para el control de costos de proyecto de ingeniería básica y de detalle.	64
Figura 2.19 Esquema metodológico para el control de costos de proyecto de ingeniería básica y de detalle	67
Figura 3.1. Ubicación Campo Yucal Placer	70

Figura 3.2 Composición accionaria de la empresa	71
Figura 3.3 Esquema de la fase EPS	72
Figura 3.4 Esquema de la planta con la unidad de deshidratación	74
Figura 3.5 Unidad de endulzamiento	75
Figura 4.1 Metodología de la Investigación.....	98
Figura 5.1 Planificación inicial.....	101
Figura 5.2 Valor ganado, Planificación Original	103
Figura 5.3 Peso de las disciplinas, Planificación Original.....	109
Figura 5.4 Esquema de dependencia de disciplinas.....	110
Figura 5.5 Disciplina Gerencia, Planificación Original.....	111
Figura 5.6 Disciplina Procesos, Planificación Original	112
Figura 5.7 Disciplina Mecánica, Planificación Original.....	113
Figura 5.8 Disciplina Instrumentación, Planificación Original	113
Figura 5.9 Disciplina Tuberías, Planificación Original	114
Figura 5.10 Disciplina Electricidad, Planificación Original	114
Figura 5.11 Disciplina SHA, Planificación Original	115
Figura 5.12 Disciplina Civil, Planificación Original	115
Figura 5.13 Total Disciplinas, Planificación Original	116
Figura 5.14 Comportamiento del proyecto, según planificación original, Replanificación I.....	119
Figura 5.15 Valor ganado, Replanificación I.....	120
Figura 5.17 Disciplina Mecánica, Replanificación I.....	131
Figura 5.18 Disciplina Tuberías, Replanificación I	132
Figura 5.19 Desviación Total Replanificación I	133
Figura 5.20 Valor Ganado, Replanificación II (CA)	137
Figura 5.21 Valor ganado, mes 9, Replanificación II.....	138
Figura 5.22 Valor ganado, mes 11, Replanificación II.....	139
Figura 5.23 Peso de las disciplinas, Replanificación II	149
Figura 5.24 Disciplina Civil, Replanificación II.....	150

Figura 5.25 Disciplina Tuberías, Replanificación II.....	151
Figura 5.26 Disciplina Mecánica, Replanificación II	151
Figura 5.27 Desviación Total, Replanificación II.....	152

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Distribución por países de las reservas de gas natural	8
Tabla 2.1 Principales proyectos de gas en Venezuela	22
Tabla 2.2 Interpretación de las medidas del rendimiento de un proyecto	52
Tabla 3.1 Producción acumulada campo Yucal-Placer 1989	69
Tabla 5.1 Horas Hombre, Planificación Original	101
Tabla 5.2 HH Planificadas, HH Ganadas y HH Reales, Planificación Original.....	102
Tabla 5.3 Indicadores de rendimiento y Proyecciones, Planificación Original.	104
Tabla 5.4 Distribución de horas y peso, Planificación Original.	110
Tabla 5.5 Horas Hombre, Replanificación I	117
Tabla 5.6 HH Planificadas, HH Ganadas y HH Reales, Replanificación I.....	118
Tabla 5.7 Indicadores de rendimiento y Proyecciones, Replanificación1.	121
Tabla 5.8 Horas Hombre, Replanificación II.....	135
Tabla 5.9 HH Planificadas, HH Ganadas y HH Reales, Replanificación II	136
Tabla 5.10 Indicadores de rendimiento y Proyecciones, Replanificación 2 (CA)....	140
Tabla 5.11 Distribución de horas y peso de las disciplinas, Replanificación II	150

INTRODUCCIÓN

Los proyectos pueden definirse como un conjunto de actividades relacionadas e interdependientes, establecidas sistemáticamente y de duración específica, que son diseñadas bajo el objetivo de satisfacer necesidades, requerimientos y/o especificaciones de clientes, a través de resultados únicos (productos), respetando el presupuesto y la asignación de ciertos recursos.

La gerencia de costos contempla los procesos requeridos para asegurar que el proyecto se culmine acorde al presupuesto aprobado. Los principales procesos incluyen:

- Planificación de recursos: consiste en determinar el tipo y cantidad de recursos que se utilizarán para llevar a cabo las actividades del proyecto.
- Estimación de costos: se realiza una aproximación de los costos por concepto de recursos, necesarios para completar las actividades del proyecto.
- Presupuesto de costos: asignación de los estimados de costos a tareas concretas y/o específicas.
- Control de costos: monitoreo y control de los cambios en el presupuesto del proyecto

El foco principal de la gerencia de costos es principalmente el costo de los recursos necesarios para completar las actividades del proyecto. En algunos proyectos, particularmente los pequeños, la planificación de recursos, estimación de costos y el presupuesto de costos están tan íntimamente ligados que son manejados como un proceso único. Sin embargo, son diferentes las técnicas y herramientas de cada uno.

La gestión de valor ganado es probablemente uno de los sistemas más importantes, porque ha demostrado ser una técnica fundamental para el seguimiento y control, y que no ha podido ser reemplazada con éxito por otra metodología similar. Dicha gestión permite identificar los problemas desde el inicio del proyecto, facilitando la toma oportuna de decisiones.

La gestión del valor ganado se nutre de la información de la estructura de desglose del trabajo, cronograma y presupuesto; estableciendo puntos de control donde se integren alcance, tiempo y costo; comparando así los valores de lo planificado con el costo incurrido y la medición del trabajo realizado efectivamente.

Una vez obtenida esta información se obtienen variaciones de costo y cronograma (en términos de costo), se evalúan índices de desempeño y posteriormente se estiman las proyecciones del proyecto. Permitiendo esto al gerente del proyecto identificar problemas y llevar a cabo decisiones con el objeto de mitigarlos.

Para desarrollar el control de costos del proyecto de ingeniería básica y de detalle. Caso: Macollas N2 y N3. Campo Yucal Placer, estado Guárico, Venezuela se empleó la técnica de valor ganado por ser la más adecuada para un óptimo control.

El trabajo de investigación se estructura de la manera descrita a continuación:

CAPÍTULO I: se plantean los objetivos del trabajo, la justificación o importancia de la investigación, el contexto en el que se ubica el control de costos del proyecto en estudio.

CAPÍTULO II: comprende la revisión de estudios previos relacionados con proyectos de ingeniería y la gestión de costos de los mismos. Así como los aspectos teóricos y conceptuales que permiten comprender los elementos involucrados en el control de costos de proyectos.

CAPÍTULO III: se realiza la descripción del área de estudio; contemplando su ubicación, la fases (Esquema de producción temprana y fase 300) en las que se encuentra enmarcado el proyecto, para la apertura del gas que estableció el Gobierno de Venezuela. A su vez se describe el proyecto en detalle y se puntualizan las bases de cada una de las actividades involucradas en él.

CAPÍTULO IV: define los métodos a emplear en la realización del control de costos un proyecto, así como la presentación de las técnicas y procedimientos que posteriormente permitirán cumplir con los objetivos inicialmente establecidos. Existen diversos tipos de investigación; de acuerdo a la información disponible, el enfoque, el conocimiento acerca del tema, las mediciones y la manera de realizarlas

CAPÍTULO V: : Proporciona los datos experimentales obtenidos, así como los datos que han sido calculados mediante la técnica de la gestión del valor ganado, las causas de las desviaciones que se pudieron presentar en el proyecto, así como las respectivas acciones a tomar.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El foco de la gerencia en tiempos de expansión se encuentra relacionado a temas que involucran la capitalización o desarrollo de espacios y oportunidades. De acuerdo al escenario que se presente, el enfoque puede variar y centrarse en una mayor eficiencia y reducción de los costos gracias al impacto en la competitividad y al valor agregado que se obtendría como resultado final; en situaciones de retracción y crisis económica.

La crisis genera una consecuente presión sobre la reducción de los costos que impactan de manera considerable la economía; sin embargo cuando el rango de complejidad de una industria es mayor, aumentan las oportunidades, retos y capacidades de generar nuevos resultados que permitan satisfacer la demanda presente y optimizar los costos.

La industria del petróleo y del gas, tanto aguas arriba como aguas abajo, muestra una combinación de complejos aspectos técnicos y operativos en cada una de las fases de su proceso productivo. Esto permite optimizar etapas como explotación, refinería, contratación, y distribución, gracias al gran potencial para replantear, redefinir y renegociar al momento de una crisis; no obstante, la mayor interrogante o desafío a enfrentar, es cómo se pueden reducir los costos de manera sustentable sin afectar la integridad del negocio.

Generar estrategias que permitan anticipar y/o controlar cambios tan pronto sea posible, administrar adecuadamente los recursos son algunas de las prioridades para la gerencia, para ello se debe integrar a todo el equipo involucrado en el proyecto, logrando así identificar oportunidades, formas diferentes que capitalicen nuevos conceptos, tecnologías y cambios en el mercado.

Venezuela es considerada una de las naciones con gran potencial gasífero, gracias a sus cuantiosas reservas; las cuales se contabilizan en 195 mil 234 billones de pies cúbicos, pasando a ocupar el gas un importante espacio en el escenario energético mundial. La mayor parte de estas reservas (aproximadamente 90%) corresponden a gas natural asociado, encontrándose el volumen más importante de gas libre costa afuera, y otro en tierra menor; pero no menos importante en el eje norte llanero el Campo de Yucal Placer, donde se enmarca esta investigación.

Se plantea desarrollar la gestión de costos del proyecto de ingeniería básica y de detalle de las macollas N2 y N3 y la interconexión con el CPF1 que será manejada a través de las facilidades de superficie existentes (*Slug Catcher and Separating Inlet*), del Campo Yucal Placer, estado Guárico Venezuela.

1.2 OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar el Control de Costos del Proyecto de Ingeniería Básica y de Detalle. Caso: Macollas N2 y N3. Campo Yucal Placer, estado Guárico, Venezuela

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Puntualizar las actividades, factores y actores involucrados en el desarrollo del proyecto.
- Monitorear mensualmente el desenvolvimiento de los costos generados durante el proyecto.
- Determinar los factores que afectan las variaciones en la línea base de costo y desempeño de un proyecto.
- Establecer un esquema metodológico en función del control de costos que permita seguir de manera óptima un proyecto de ingeniería básica y de detalle similar al caso de estudio.
- Realizar un análisis de variación comparando el avance planificado del proyecto con su desempeño real y los gastos invertidos en él.

1.4 ALCANCE

La constante interrogante es cómo juzgar si una propuesta de inversión resultará beneficiosa en el tiempo, tanto técnica, económica y financieramente. Dicha propuesta de inversión es lo que denominaremos proyecto. Según Gray y Larson (2009), los proyectos son “un esfuerzo complejo, no rutinario, limitado por el tiempo, el presupuesto, los recursos y las especificaciones de desempeño y que se diseñan para cumplir las necesidades del cliente” (p. 05).

Las variables como costo, cronograma y alcance revisten un valor fundamental en el análisis de costos, permitiendo esto obtener la mejor contribución para el proyecto, además de realizar proyecciones que permiten determinar si el mismo se está desarrollando de forma óptima conforme a lo planeado originalmente.

Se pretende con este trabajo destacar la importancia que tiene para la Ingeniería de Petróleo, el área de análisis de proyectos mediante el control de costos; conceptos fundamentales en la formación de profesionales integrales, con mayor competitividad en el mercado y mayor cantidad de herramientas para desarrollar estrategias de negocios amplias y explícitas ante situaciones que pudieran enfrentar en el futuro.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Actualmente la ingeniería no sólo se limita a la solución de problemas en sus respectivas áreas de conocimiento, sino también considera diversas variables que pueden afectar tanto la solución, como el desarrollo de un proyecto. La economía y los costos son variables que intervienen en la toma de decisiones y forman parte fundamental en el planteamiento de las soluciones.

La posición ocupada por Venezuela a nivel mundial, en el ranking de reservas de gas natural no asociado, como se muestra en la Tabla 1.1, así como la Ley Orgánica de Hidrocarburos Gaseosos (LOHG), que permite la participación plena de capital privado en cada etapa de la cadena de producción de gas, ha creado un escenario atractivo para los inversionistas, así como la generación de nuevos proyectos, que permitan su expansión y operatividad en el mercado.

Tabla 1.1 Distribución por países de las reservas de gas natural ^[2] (billones de m3).

País	Reservas	País	Reservas
Rusia	48,1	Nigeria	3,2
Irán	22,9	Irak	3,1
Qatar	8,5	Turkemistán	2,9
Emiratos A. U.	5,8	Malasia	2,3
Arabia Saudita	5,4	Indonesia	2
EEUU	4,7	Canadá	1,9
Venezuela	4	México	1,9
Argelia	3,7	Holanda	1,8

Un importante proyecto de expansión se desarrolla tras la obtención de las licencias para la exploración y explotación de los bloques Yucal Placer Norte y Sur, entre Ypergas y PDVSA Gas. El proyecto permitirá aumentar de forma significativa los

recursos gasíferos disponibles para abastecer el mercado doméstico venezolano, en fuerte crecimiento.

El conocimiento de los costos del proyecto, así como gestionarlos de manera adecuada, para garantizar el término del mismo conforme al presupuesto aprobado, hace que sean temas tratados minuciosamente, que revisten mucha importancia en la optimización de costos.

En cualquier proyecto de la clase que sea, las variables de alcance, tiempo y costo están siendo constantemente acosadas e influenciadas por elementos tanto internos como externos al proyecto. Surgen frecuentes cambios de alcance y de calidad, en el programa de ejecución y en los costos que forman el presupuesto. Por lo tanto todo proyecto está limitado por esas tres variables; al cambiar una de ellas, las otras dos automáticamente lo hacen, buscando un equilibrio natural. Por ejemplo, un incremento de alcance requerirá con seguridad aumentos en tiempo, en costo o en ambos. Aunque menos frecuentes las disminuciones también son posibles.

Las decisiones sobre un proyecto son analizadas por profesionales de diversas disciplinas; no se puede afirmar que hay un procedimiento a seguir para la toma de decisiones, debido a la diversidad de proyectos y al enfoque con el son tratados, no obstante, se obedece a un análisis lógico que considere las variables y mejores alternativas a seguir para desarrollar el proyecto.

Aun realizando un análisis lo más exhaustivo posible, no implica que al invertir el dinero se estará exento de riesgo. El propósito de esta investigación es profundizar acerca de la gestión de costos de los proyectos de inversión de ingeniería básica y de detalle, mostrando los diferentes procesos que se deben realizar para llevar a cabo el proyecto, así como las diferentes herramientas que pueden utilizarse para facilitar el análisis de decisiones con el propósito de optimizar los costos del proyecto.

1.6 LIMITACIONES

Número reducido de casos de estudio que permita generar un esquema, o metodología que sirva de guía para desarrollar el control de costos de todos proyectos de inversión de ingeniería básica y de detalle, debido a la amplia gama de proyectos que se pueden tratar y a los diferentes enfoques que pueden dársele a los mismos.

Las principales limitaciones vendrían dadas en la gestión de integración del proyecto, para la definición de los procesos y actividades que integran los diversos elementos de la dirección del proyecto, generando esto atrasos en la gestión de costos del proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES ^[4] ^[5]

Se consultaron diversas fuentes de trabajos que preceden esta investigación, y podrían aportar conocimientos e información base, para sustentar la elaboración y desarrollo de la misma, permitiendo así alcanzar los objetivos planteados.

Mohamed Saibi y Sonatrach destacan en su artículo; “*A PROBABILISTIC APPROACH FOR DRILLING COST ENGINEERING AND MANAGEMENT. CASE STUDY: HASSI-MESSAOUD OIL FIELD*” que el reto a enfrentar por la gerencia de ingeniería de perforación actualmente, es la prevención de los costos y el cumplimiento del cronograma.

El objetivo fundamental de este trabajo es proveer una gestión eficiente de costos, así como una herramienta control que facilite la gerencia de costos de perforación y permita una adecuada toma de decisiones además de la puesta en práctica de acciones correctivas en el momento adecuado, proporcionando una mejor comprensión y conocimiento del riesgo real al exponerse al sobre costo.

Este documento ilustra el estudio de caso de Hassi- Messaoud; yacimiento en Argelia. Mostrando un modelo que facilita las tareas de gestión y ahorro de tiempo y esfuerzo; en particular cuando se trata de operaciones de perforación intensiva en campos importantes.

En la investigación se empleó una metodología que consiste en el análisis de datos de pozos vecinos para simular y reproducir escenarios reales de posibles costos, basados en la simulación de Monte Carlo combinada con un análisis de riesgo que debe aplicarse en la fase de planificación de nuevos pozos. En segundo lugar se realizó la aplicación de un control de costos en tiempo real y procesos de mejora continua en la fase de ejecución.

La calidad de la planificación es muy importante para lograr una gestión de costos exitosa en un proyecto de perforación, ya que contiene dos factores claves para perforar rentablemente un pozo: minimizar problemas y maximizar el progreso; por ende, un programa bien planteado conduce a una perforación de pozo más económica.

Los autores plantean que para lograr una gerencia de costos de calidad se deben responder las siguientes preguntas: en primer lugar ¿cómo evitar el exceso en los costos?, ¿cómo evaluar la incertidumbre?, ¿cómo tomar decisiones y acciones correctivas basados en la información proveniente de los costos? y ¿cómo calcular el rendimiento en términos de costos?

La gerencia de perforación necesita una herramienta eficaz para hacer frente a dichas dificultades, que permita controlar los costos y programar enmarcado en los requisitos de calidad y seguridad. Ayudando esta herramienta a la gerencia de perforación a conocer que debe hacerse (estimación), saber que se ha realizado (progreso), y lo que queda por realizarse (previsiones), considerar los posibles excesos en los costos, controlar los mismos en tiempo real, así como proyectarlos hasta el fin del proyecto, y finalmente utilizar las lecciones aprendidas para mejorar el rendimiento.

Mikhail Kuznetsov, Kristina Sevastyanova y otros en su investigación titulada “*CAPITAL COSTS ESTIMATION METHOD FOR ARCTIC OFFSHORE OIL PROJECTS*”, describen un método para ser aplicado durante las primeras etapas de vida de un proyecto, en el desarrollo de estimaciones de costo capital en campos costa afuera.

Las técnicas empleadas se basan en la utilización de métodos paramétricos y correlaciones derivadas de datos reales de proyectos en todo el mundo; arrojando como resultado de la investigación una serie de grupos modelo, cuyo error estadístico se considera aceptable para un diseño conceptual.

La estimación de costos de proyectos de extracción de recursos minerales es una de las tareas más difíciles e importantes en la vida económica de un proceso de evaluación, así como también una de las prioridades en el análisis de inversiones petroleras y el desarrollo de un campo de gas.

Es conocido que el flujo efectivo de los gastos de capital (CAPEX), precede a todos los demás flujos de caja, y por tanto influye en los criterios de eficiencia de proyectos. La fiabilidad y la precisión de las proyecciones de costos definen la objetividad de los indicadores de eficiencia económicos derivados del modelo económico.

En la investigación se postula que cuando no se puede completar el conjunto de datos necesarios para elaborar el presupuesto, sino que existen campos análogos con condiciones de producción similares, es posible realizar previsiones CAPEX bastante precisas en función de la información de los mismos

El problema que arroja derivar estimaciones globales, es que la tarea dada es multifactorial y dinámica por lo que la solución asociada a ella es complicada gracias a la incertidumbre en los parámetros de desarrollo y la posibilidad de aplicación de innovaciones técnicas. A pesar de la existencia de diversos enfoques todavía no existe un único método aceptable para derivar las estimaciones antes mencionadas.

Cuando innovadoras soluciones técnicas no superan la fase de prueba, y las condiciones de los materiales, la oferta y la posible capacidad de infraestructura no satisfacen completamente los requerimientos del proyecto, calcular los costos en condiciones de riesgo e incertidumbre presenta una dificultad adicional.

Calcular los costos bajo riesgo e incertidumbre presenta una dificultad adicional cuando innovadoras soluciones técnicas aún no han superado la fase de prueba y las condiciones de los materiales la oferta y la capacidad de la infraestructura posible son variables desconocidas.

Obtenidos los modelos de costos de capital para la construcción de las instalaciones de petróleo y gas pueden proporcionar estimaciones bastante precisas. El error de estimación por el rango alto es de aproximadamente 15%. La precisión resultante es aceptable, de acuerdo a las prácticas mundiales del diseño conceptual (una precisión de $\pm 30\%$).

El método propuesto puede ser utilizado como una evaluación inicial del diseño de desarrollo del campo. Los modelos creados son una herramienta conceptual para la evaluación de los costos de capital para la construcción de instalaciones de petróleo y gas. La región del Ártico se caracteriza por la falta de datos. La precisión de las evaluaciones de los proyectos en el horizonte de 10-20 años, puede verse afectada por la tendencia a un cambio regional.

2.2 PROYECTOS

Los proyectos en general surgen como respuesta a una necesidad determinada, y tienen como objetivo fundamental la obtención de resultados concretos, que deben desarrollarse mediante un esfuerzo temporal, lo cual indica que poseen inicio y culminación definidos. La naturaleza temporal de los mismos, no indica necesariamente que sean de corta duración; incluso esta generalidad no es aplicada al

producto final, ya que en su mayoría son creados bajo la premisa de que su resultado sea duradero en el tiempo. En la figura 2.1 puede apreciarse el proceso del proyecto de manera esquemática.



Figura 1.1 El proceso del proyecto

La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, avalada por el *Project Management Institute* (PMI) ^[6], reafirma el carácter temporal de los proyectos e indica que estos crean un producto, servicio o resultado único. Aunque se pueden tener elementos comunes en algunos entregables del proyecto, esta similitud no altera la unicidad fundamental del mismo.

2.2.1 Proyectos de Ingeniería

En los proyectos de ingeniería se combina la formación técnica y científica, propia de las diversas áreas de conocimiento; en líneas generales se reúne a un equipo multidisciplinario que mediante su ingenio aborda los problemas planteados, basado en la calidad y economía, y tiene como objetivo fundamental la optimización de los recursos.

Según el diccionario de la real academia de la lengua española, en su acepción cuarta, un proyecto es “el conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de ingeniería”. Evidentemente luego de ser concebido el plan, las soluciones de diseños adoptadas, las normas a seguir para llevarlas a su debido término y su costo previsto deben ser plasmadas en un documento.

En este caso de estudio, es la contratista (Ditech Estudios y Proyectos) quien asume la responsabilidad absoluta del proyecto, siendo la encargada de todo lo concerniente a la ingeniería procura y construcción, de ahí que se abrevie con las iniciales IPC.

La modalidad de contratación tipo IPC en Venezuela se ha intensificado, trayendo como consecuencia para las empresas de ingeniería una reorientación del rumbo comercial del negocio, hacia el ofrecimiento de paquetes integrados de ingeniería, procura y construcción así como la necesidad de definir estrategias orientadas a mejorar la capacidad tecnológica y ejecución.

2.2.1.1 Ciclo de Vida de un proyecto IPC

El ciclo de vida de un proyecto de ingeniería tiene como finalidad la obtención de un producto, a través de diversas actividades que pueden agruparse en fases; determinadas por las necesidades de gestión y organización del proyecto. Como característica en común exhibe un inicio, una organización y preparación, ejecución del trabajo y para finalizar un cierre.

En líneas generales en el ciclo de vida del proyecto, los niveles de costo al igual que la dotación del personal suelen ser bajos al inicio, alcanzando su punto máximo según se desarrolla el trabajo y declinado rápidamente cuando el proyecto se acerca al cierre. (Ver Figura 2.2).

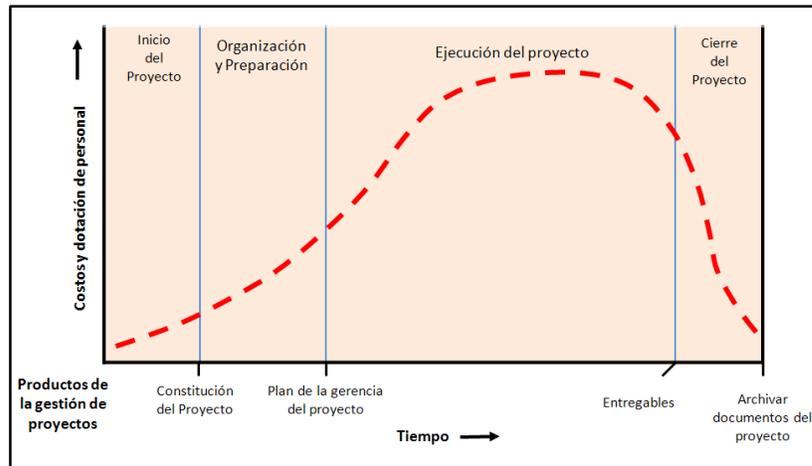


Figura 2.2 Niveles típicos de costo y dotación de personal durante el ciclo de vida del proyecto ^[6]

La capacidad de influencia de los interesados, los riesgos y la incertidumbre, son mayores al inicio, declinando paulatinamente a lo largo de la vida del proyecto. Sin embargo esto no significa que se está exento de riesgo al final del proyecto, ya que si se desea realizar cambios o corregir características, según el proyecto se acerque a su fin, el impacto en los costos puede ser sustancialmente significativo. Como se ilustra en la figura 2.3.

Las formas de congregar las actividades y los objetivos de cada una de las fases, varían de acuerdo con la naturaleza y área de aplicación del proyecto. La metodología con la que se documentará el mismo puede ser determinada o conforme a los aspectos propios de la organización, de la industria o de la tecnología empleada.

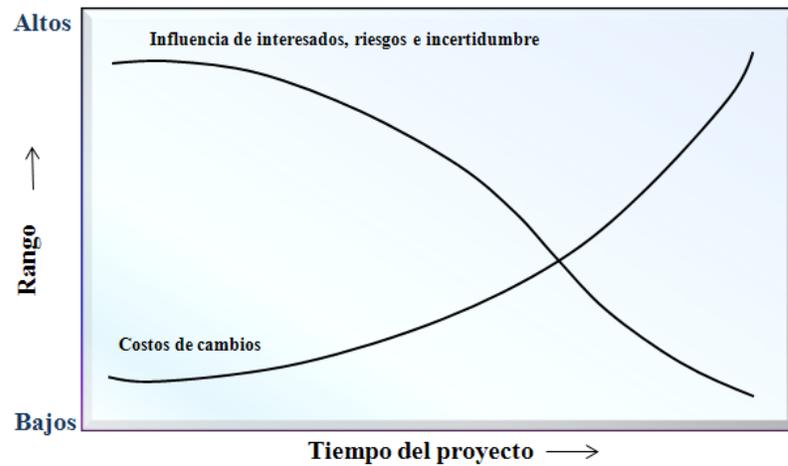


Figura 2.3 Influencia de variables a lo largo del tiempo del proyecto. ^[6]

Los proyectos contemplan claramente pautas de inicio y culminación establecidos, las actividades que se llevarán a cabo, los entregables del proyecto; mientras que el ciclo de vida suministra un marco de referencia fundamental para dirigir el proyecto independientemente del trabajo que esté involucrado.

En general los proyectos sin considerar su tamaño o complejidad, podrían enmarcar su ciclo de vida (ver Figura 2.4) de acuerdo a la siguiente estructura:



Figura 2.4. Ciclo de vida de un proyecto.

- **Etapa Conceptual:** Comprende el reconocimiento de la necesidad de negocio, al cual se le realiza el correspondiente análisis de mercado y el estudio de factibilidad, la definición de los objetivos alcance y recursos. En esta etapa se obtiene una definición preliminar de la ingeniería conceptual.
 - Ingeniería conceptual: permite identificar la viabilidad técnica y económica de un proyecto y marcará pauta en el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle, ya que está basada en la definición de los requerimientos del proyecto.
- **Etapa de Definición:** En dicha etapa se define el alcance del proyecto, el plan o propuesta de ejecución con su respectivo presupuesto, y se realiza la ingeniería básica contemplando las especificaciones, diagramas de flujo que describe el proceso, materiales a utilizarse, servicios disponibles en la locación entre otros aspectos que van a caracterizar la solución más óptima para el proyecto.
- **Etapa de Implantación:** Consiste en una serie de actividades y tareas del proyecto que se ponen en acción de acuerdo a lo planificado, desarrollando así los objetivos y el alcance establecidos en la etapa conceptual y de definición mediante la puesta en práctica de tres fases:
 - Ingeniería de detalle: consiste en la representación del proyecto, por medio de planos y especificaciones puntuales, de manera tal que en campo los constructores puedan realizar su labor. La ingeniería de detalle implica definir y desarrollar soluciones bajo un costo/beneficio adecuado.
 - Procura: lleva a cabo actividades en las que se adquieren materiales y equipos específicos para la construcción del proyecto, en esta fase se pueden contratar y subcontratar terceros para el término de determinadas actividades de la construcción.
 - Construcción: fase en la que se materializa físicamente los datos que se encuentran en los planos, para lo cual es necesario organizar, coordinar y dirigir el

recurso humano, equipos, materiales, tiempo, financiamiento para culminar el proyecto acorde a lo planificado, bajo el costo estimado y con la calidad esperada por el cliente.

En líneas generales los contratos IPC realizados para la industria petrolera, establecen un lapso de tiempo para su finalización. Condición que obliga a los contratistas a optimizar el tiempo y recursos en los cuales ejecutan el proyecto, permitiendo esto satisfacer los requerimientos del cliente.

- **Etapa de Culminación:** Realización de actividades que garanticen el correcto funcionamiento y puesta en marcha de lo construido; de acuerdo a las necesidades del cliente se realizan chequeos; correcciones y ajustes. Dentro de esta etapa se incluye un período de garantía, posterior a la finalización del proyecto donde el cliente puede llamar a la contratista para que corrija algún error no detectado en las primeras pruebas.

2.2.2 Proyectos gasíferos en Venezuela ^[2]

El país posee las capacidades para desarrollar la industria gasífera en toda su cadena de valor, desde la exploración hasta el comercio, además de contar con suficientes reservas de gas tanto en tierra como costa afuera, que permitirían cubrir los requerimientos nacionales.

La industria en materia de gas no ha sido consolidada, a excepción del estado Guárico, no se había realizado una actividad exploratoria. Ejemplo de ello, son las modestas reservas de gas libre registradas en los libros oficiales; dichas reservas, fueron ubicadas buscando petróleo; siendo licitadas algunas áreas para explotar gas libre, luego de la promulgación de la Ley Orgánica de Hidrocarburos Gaseosos (LOHG) en el año 1.999. Los proyectos que contribuirán con la matriz energética del país (ver tabla 2.1) son los siguientes:

2.2.2.1 Tierra Firme

En tierra existen reservas en el eje norte llanero que están siendo explotadas; en el Campo Yucal Placer, se prevé aumentar la producción de 100 MMPCD a 300 MMPCD, en el oriente del país se contará con un aumento de producción en Anaco de 1.700 a 2.794 MMPCD, conjuntamente con 100 MMPCD que se sumarán de Barrancas, en el centro-occidente de Venezuela.

2.2.2.2 Costa Afuera

- **Proyecto Rafael Urdaneta:** ubicado en el Golfo de Venezuela, en los campos Róbaló, Merluza y Sierra, cuyo descubrimiento contabiliza alrededor de 8 billones de pies cúbicos de Gas Original En Sitio (GOES), lo cual representa un hecho histórico en nuestro país orientado hacia la producción de aproximadamente 1.200 MMPCD de gas que se destinarán al mercado interno y su excedente para oportunidades de negocio internacional. Adicional a esto, el proyecto contempla la construcción y desarrollo para la producción de gas Costa afuera, esto incluye transporte, planta de licuado de gas y facilidades de embarque.
- **Proyecto Plataforma Deltana:** Inmerso dentro del proyecto Delta del Caribe Oriental cuyo desarrollo se enmarca en un área de 9.441 km², en los cuales, existe una serie de reservas de hidrocarburos que se extienden a través de la línea de delimitación entre la República Bolivariana de Venezuela y la República de Trinidad y Tobago. Gracias a que se comparten los yacimientos, se están desarrollando una serie de proyectos de unificación para así administrar de manera eficiente la exploración y explotación de esta área, conforme a los establecido en el Tratado Marco sobre la Unificación de Yacimientos de hidrocarburos entre la República de Trinidad y Tobago y Venezuela, firmada el 20 de marzo de 2007.

Tabla 2.1 Principales proyectos de gas en Venezuela ^[8]

Tierra Firme / Producción	Costa Afuera / Producción	Infraestructura
Barrancas (100 MMPCD)	Mariscal Sucre (1.200 MMPCD)	Interconexión Oriente – Occidente (ICO)
Yucal Placer (300 MMPCD)	Plataforma Deltana (1.000 MMPCD)	Gasoducto Barbacoa-Margarita
Anaco (2.794 00 MMPCD)	Rafael Urdaneta (Por definir)	Ampliación conexión Anaco-Puerto La Cruz y Anaco- Puerto Ordaz
	Corocoro (Por definir)	Sistema de transporte Norte- Llanero
		Gasoducto Costa Afuera- Tierra

MMPCD: millones de pies cúbicos diarios

2.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE COSTOS

Según Siles & Mondelo, los costos se definen como “los recursos financieros aprobados para la ejecución de las actividades del proyecto e incluyen todos los gastos requeridos para alcanzar los resultados dentro del cronograma planificado” (p. 21).

2.3.1 Conceptos generales

- **Horas-Hombre (HH):** Es la unidad de medición de los honorarios profesionales
- **Recursos:** Horas Hombre (HH) asignadas para la realización de una actividad.
- **Gastos Reembolsables:** Se definen como los gastos que son facturables al cliente.

- **Gastos No reembolsables:** Son los otros gastos inherentes al proyecto que no son facturables al cliente, pero que se requieren para el buen desarrollo del proyecto.
- **Tarifa (Bs/HH):** Es el costo de la Hora Hombre que se aplica para el cálculo de los honorarios profesionales.
- **Precio de Venta (PV):** Es el resultado de multiplicar las tarifas de venta por las HH contratadas.
- **Tarifa de Presupuesto Objetivo:** Es el precio de la HH, que el departamento de finanzas fija como el costo interno para el control de costos de los proyectos.
- **Presupuesto Objetivo (PO):** Es el resultado de multiplicar las tarifas del presupuesto objetivo por las HH asumidas por el gerente del proyecto en dicho presupuesto.
- **Contribución de un Proyecto:** Es el porcentaje que representa la relación entre el precio de venta del proyecto y el costo del presupuesto objetivo.
- **Contribución:**

$$\frac{PV-PO}{PV}$$

Ecuación 2.1

- **Contribución Neta:**

$$\frac{PV - (Factor K (Costos directos + Costos indirectos) + gastos no reembolsables)}{PV}$$

Ecuación 2.2

- **Factor K:** comprende el costo industrial en el que se incurre en la realización del proyecto; el mismo resulta del producto de los factores K1 y K2 en el CSI.
 - Factor K1: corresponde a los gastos de alojamiento, así como los gastos de funcionamiento, alquiler de oficinas y sus gastos asociados, mobiliario de oficina y papelería. Este factor se calcula una vez al año y es aplicable a lo largo del año en curso.
 - Factor K2: Este factor de “costos indirectos de producción” representa todos los cargos relacionados con las actividades generales de apoyo a los contratos (servicios que dan un valor añadido real para el contrato), tales como: Gestión de almacenes (departamentos técnicos), finanzas y control (contratos en negocios conjuntos), servicios generales, gestión ejecutiva (métodos, gestión de la calidad), actividades específicas de ingeniería, la capacitación de técnicos. Al igual que el anterior, los factores K2 se calculan una vez al año y es aplicable a lo largo del año en curso.
- **CSI:** Se define como el costo estándar individual de cada empleado.
- **Proyección, *Forecast*:** Una estimación o predicción de condiciones y eventos futuros para el proyecto, basadas en la información y el conocimiento disponible en el momento de realizar la proyección. La información se basa en el desempeño pasado del proyecto y en el desempeño previsto para el futuro, e incluye información que podría ejercer un impacto sobre el proyecto en el futuro, tal como estimación a la conclusión y estimación hasta la conclusión
- **Calendarios de recursos:** El plan para la dirección de personal describe plazos necesarios para los miembros del equipo del proyecto, ya sea de manera individual o colectiva, así como cuándo deberían iniciarse las actividades de adquisición, como la contratación de personal. Una herramienta para representar en forma de diagrama los recursos humanos es el histograma de recursos. Este diagrama

de barras ilustra la cantidad de horas que una persona, un departamento o todo el equipo del proyecto será requerido por semana o por mes durante el desarrollo del proyecto.

El diagrama puede incluir una línea horizontal que representa la cantidad máxima de horas disponibles por parte de un recurso particular. Las barras que se extienden más allá de la cantidad máxima de horas disponibles identifican la necesidad de contar con una estrategia de nivelación de recursos, como por ejemplo agregar más recursos o modificar el cronograma.

2.3.2 Tipos de costos

2.3.2.1 Costos Directos

Los costos directos son aquellos que derivan, principalmente, de los costos de mano de obra, materiales y equipos y de la construcción para el proyecto.

2.3.2.2 Costos Indirectos

Los costos indirectos son gastos generales; de supervisión e intereses; tales como transporte, gastos por nacionalización, repuestos, servicios de ingeniería, supervisión a la construcción, gastos financieros, gastos del propietario, contingencia, escalación, entre otros. Dichos costos varían a lo largo de la actividad.

Los costos indirectos, pueden suponerse, directamente proporcionales a la duración del proyecto ($C_i = f(T_{\text{proyecto}})$). En la figura 2.5 se observa claramente un mínimo en la curva de costo total, como resultado de la suma de costo directo e indirecto, correspondiente a determinada actividad.

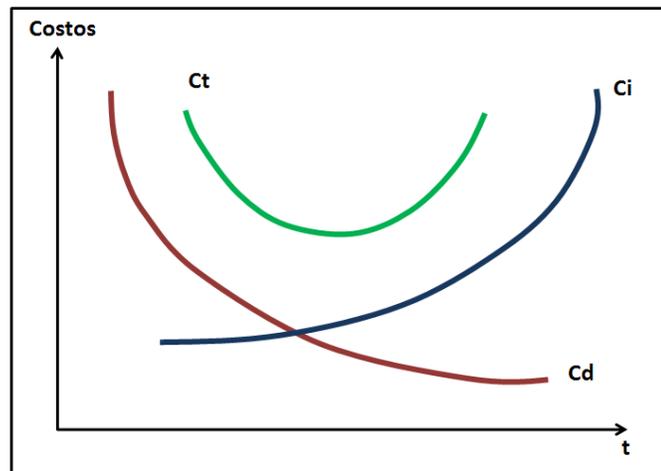


Figura 2.5 Costos directos, indirectos y totales en función del tiempo.

Se busca que la duración del proyecto sea tal, que permita alcanzar un mínimo en los costos totales. Para esto se requiere un análisis de las actividades críticas del proyecto, las cuales se determinan de acuerdo a la variación y duración de su costo en el tiempo.

2.3.4 Costos de Inversión (CAPEX)

Los costos de inversión capitalizables, son conocidos como CAPEX (*Capital expenditures*), por sus siglas en inglés, y son los desembolsos de dinero requeridos para la adquisición de bienes de capital necesarios para poner en funcionamiento el proyecto.

El monto acordado para el CAPEX, es utilizado para adquirir o mejorar recursos en un período. Se espera tener beneficios a mediano o largo plazo de estos recursos. Los activos se capitalizan en el instante en que los mismos forman parte del proceso productivo de la empresa.

2.3.4 Costos de Producción (OPEX)

Los costos de producción o de operación OPEX por sus siglas en inglés (*operational expenditure*), son los desembolsos de efectivo necesarios para establecer las labores

de operación y mantenimiento de instalaciones de producción. El personal que labora en el proceso de producción, costos de mantenimiento de instalaciones o equipos, además de la estructura administrativa de la empresa conforman los costos de producción.

Los recursos implicados en el OPEX, se consumen en un período de tiempo muy corto.

2.3.5 Horizonte Económico del Proyecto

El período de tiempo fijado para calcular los flujos de caja de una propuesta de inversión es el horizonte económico de un proyecto. Se incluyen el período de inversiones y operaciones; a su vez deben considerarse aspectos como el tipo de proyecto, duración del mismo, tiempo de vida útil de sus activos, condiciones políticas, económicas y sociales del país.

2.4 GESTIÓN DE COSTOS ^[6]

La gestión de costos reside en la organización de todos los recursos financieros del proyecto para dar cumplimiento a los objetivos planteados, de acuerdo al presupuesto aprobado. Dicha gestión, involucra el manejo efectivo del costo del proyecto, mediante una planificación de los recursos involucrados, realizando su estimación, preparando el presupuesto, y controlando las variaciones de los costos, (ver figura 2.6) constituye una de las áreas de conocimiento fundamentales para la gerencia de proyectos.

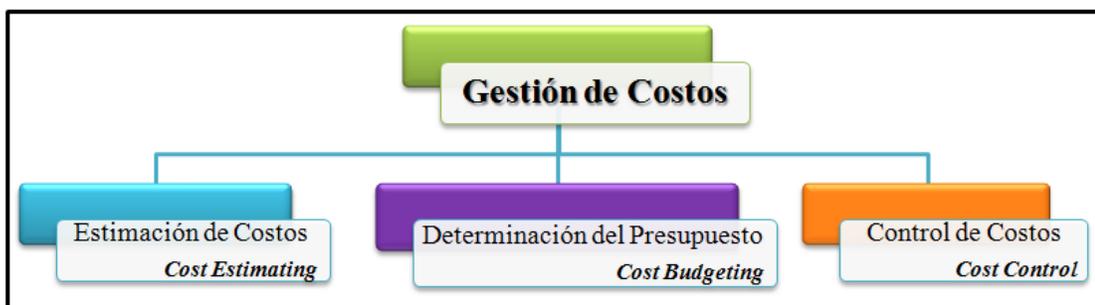


Figura 2.6 Gestión de Costos del proyecto

Durante la definición del ciclo de vida del proyecto, se seleccionan los procesos de gestión de costos del proyecto así como sus herramientas y técnicas asociadas (ver tabla resumen anexo 2.1, 2.2 y 2.3), y son documentados en el plan de gestión. El PMBOK hace referencia a un ejemplo de plan de gestión el cual puede establecer lo siguiente:

- **Nivel de Exactitud:** Ajuste que se realiza al redondeo de los datos de acuerdo a la precisión acordada (p.ej., $\pm \$100$, $\pm \$1.000$), obedeciendo al alcance de las actividades y de la magnitud del proyecto, a su vez pueden incluir determinada cantidad de contingencias.
- **Unidades de medida:** Definición de las unidades a utilizarse para cada uno de los recursos (horas o días de trabajo, días de la semana laboral o la suma global).
- **Enlaces con los procedimientos de la organización:** Estructura de desglose del trabajo (EDT), establece el marco de gestión de costos, permitiendo esto la consistencia con los estimados, presupuesto y control de los costos.
- **Umbral de control:** Rangos de variación permitidos, antes de que sea necesario realizar una acción, que permiten monitorear el desempeño de los costos. Habitualmente los umbrales son expresados como un porcentaje de desviación con respecto a la línea base del plan.

- **Reglas para la medición del desempeño:** reglas de medición respecto al desempeño de la gestión del valor ganado.
- **Formatos de los informes:** Definición de los formatos y frecuencia de presentación de los diferentes informes de costos.
- **Descripciones de los procesos:** Documentación de las descripciones de los tres procesos de la gestión de los costos del proyecto.

Toda esta información es incluida en el plan de gestión de costos, que constituye el plan para la dirección del proyecto, ya sea como texto dentro del cuerpo del plan o con los anexos. De acuerdo a las necesidades del proyecto, el plan de gestión de costos puede ser formal o informal, detallado o formulado de manera general.

2.4.1 Estimación de Costos

Es el proceso que consiste en desarrollar una aproximación cuantitativa de los recursos económicos necesarios para llevar a cabo el proyecto. El costo total es estimado durante la fase de inicio del proyecto; durante esta fase se tiene una serie de supuestos que requieren una revisión en detalle, para dar garantía de que el proyecto inicie su implementación con un presupuesto realista.

Se deben analizar las variables de costos vs riesgo, en miras de obtener un costo óptimo; evaluar alternativas como fabricar en lugar de comprar, comprar en lugar de alquilar y el intercambio de recursos entre otras variables.

Cuando el proyecto es ejecutado bajo el régimen de contrato, es necesario diferenciar costos de precios. La estimación de costos contiene una evaluación de resultados cuantitativos similares; es decir cuánto cuesta obtener el producto a emitir. El precio es una decisión de negocios -cuánto carga la organización por los productos o servicios a emitir- que se vale de la estimación de costos como una de tantas consideraciones. En la figura 2.7 se observa el diagrama general del flujo de datos del proceso para estimar los costos.

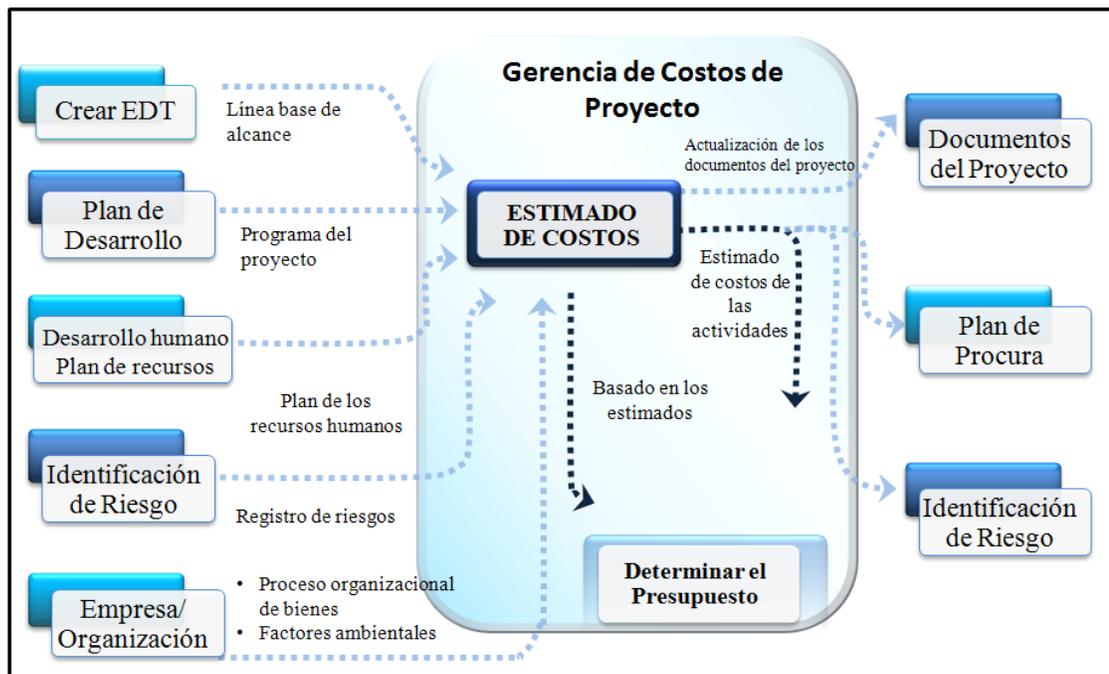


Figura 2.7 Diagrama del flujo de datos del proceso estimar costos. ^[6]

La estimación de costos es expresada en unidades monetarias (dólar, bolívar, euro, yen etc.), sin embargo se pueden dar casos en los que se empleen otras unidades de medida, como horas hombre, o días de trabajo; facilitando las comparaciones y eliminando el efecto de las fluctuaciones de las divisas.

Durante el transcurso del proyecto debe refinarse la estimación de costos, y así plasmar detalles adicionales de los que no se tenía información disponible en un inicio. La exactitud aumenta conforme el proyecto evoluciona a lo largo de su ciclo de vida.

Esto convierte a la estimación en un proceso iterativo de fase en fase. En el anexo A-4, se puede observar un cuadro resumen de la clasificación de los estimados de costos. Existen organizaciones que fijan pautas sobre el momento en el que debe realizarse el refinamiento y el grado de exactitud esperado. Los tipos de estimados directamente relacionados con el desarrollo del proyecto se pueden apreciar en la figura 2.8.

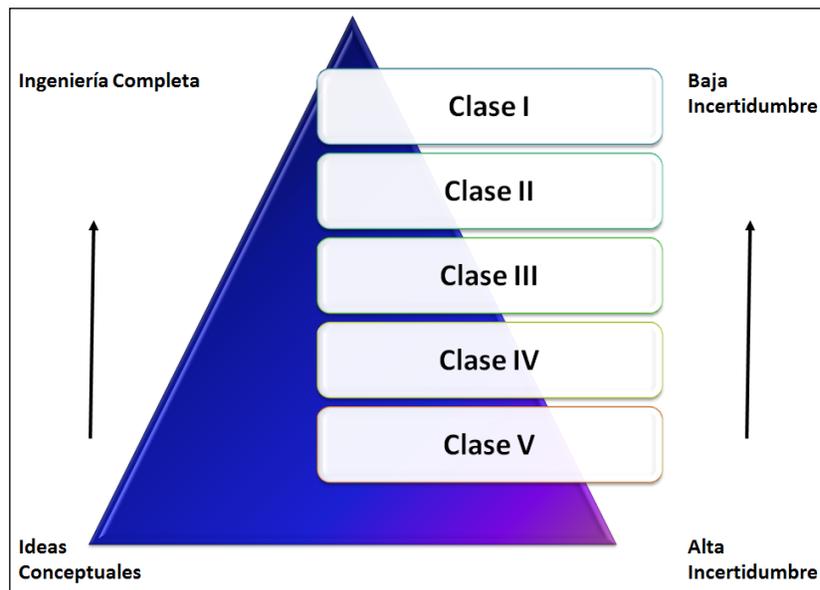


Figura 2.8 Tipos de estimados de costos ^[10]

- **Clase I:** Relacionado con la fase de ejecución de la obra: Representa una estimación realizada, luego de tener disponibles las especificaciones básicas del diseño, y al menos luego de haber completado la ingeniería de detalle. Generalmente este estimado se realiza durante la fase del proyecto en la cual se gestionan equipos y/o durante la fase de construcción de la obra.
- **Clase II:** Basado en especificaciones completadas de diseño básico: En función de las especificaciones completas de diseño básico, las cuales deben tener un

alcance tal que se pueda definir integralmente el proyecto, para el diseño y la ingeniería detallada subsiguiente.

Se considera uno de los estimados más importantes, debido a que se utiliza para solicitar la aprobación de fondos en el presupuesto de inversiones, con la finalidad de ejecutar la ingeniería de detalle, procura y construcción del proyecto. Para su elaboración se requiere:

- Alcance bien definido
 - Resultados del costo clase III
 - Estudio de impacto ambiental
 - Plano definitivo de flujo e instrumentación
 - Estudio de riesgo y seguridad de las condiciones operacionales
 - Planos y especificaciones de diseño de todas las disciplinas involucradas. Incluyendo la incorporación de comentarios y recomendaciones de los estudios anteriores.
- **Clase III:** Basado en diseño: Realizado en las fases de ofertas en línea para contratar un proyecto o para el análisis de alternativas de diseño, respalda además la toma de decisiones para la preparación de planes y solicitud de fondos (apartado presupuestario) para la ejecución del proyecto y/o contrato.

En este estimado se puede emplear curvas o factores históricos para determinar el costo de los equipos mayores y del proyecto en general, si no se cuenta con los valores de las cotizaciones de dichos equipos.

- **Clase IV:** Factibilidad del Proyecto: Por lo general este estimado se realiza para determinar la factibilidad de un proyecto, realizar evaluaciones conceptuales,

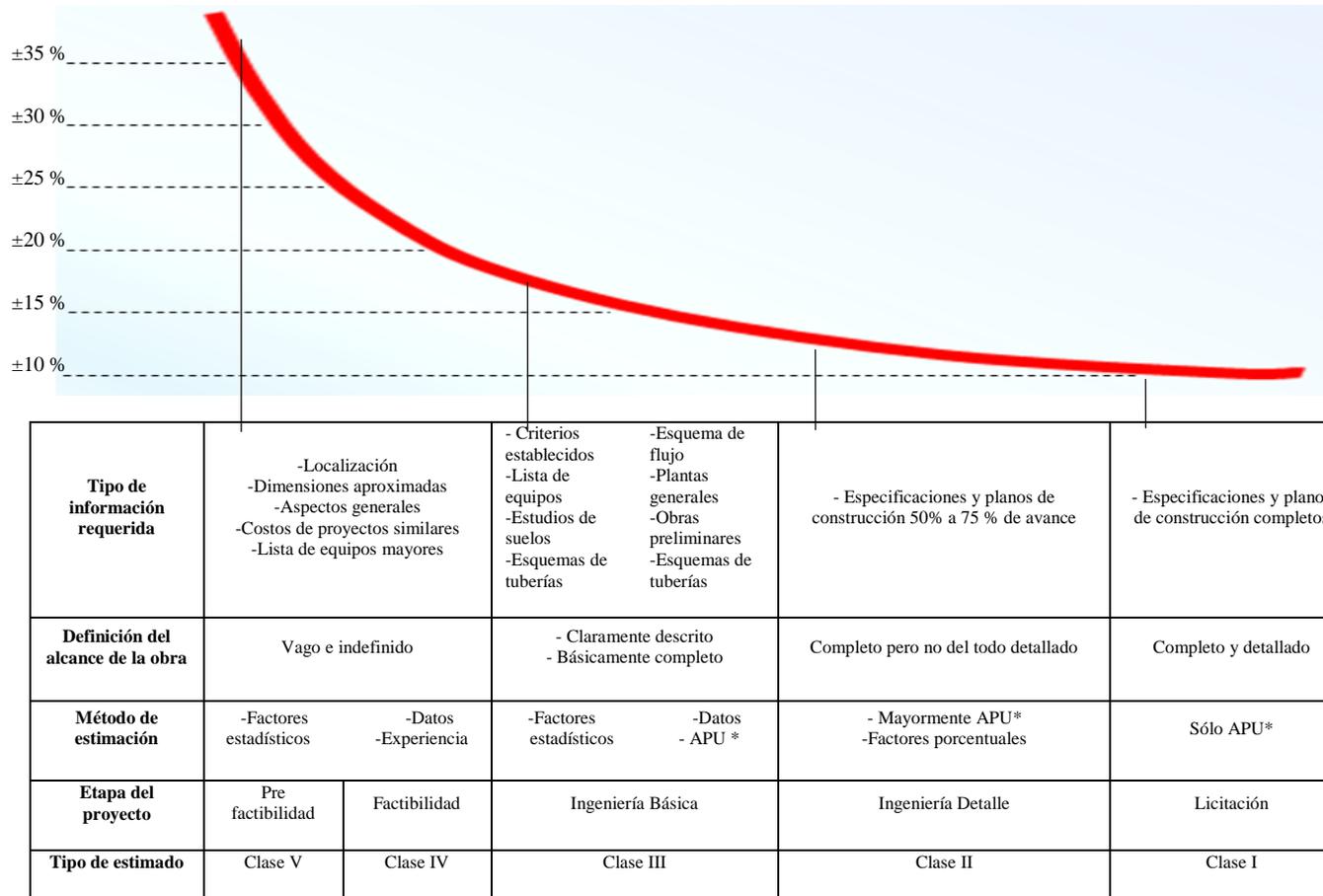
análisis de alternativas y para la aprobación preliminar del presupuesto, en caso de llevar el proyecto a una siguiente fase.

- **Clase V: Fines de Pre-Planificación:** Se basa en una definición global del proyecto y de sus principales unidades de proceso, en el que la información disponible se limita esencialmente a tamaños o capacidades propuestas, ubicación geográfica, especificación preliminar de insumos y productos y fechas tentativas de inicio y finalización del proyecto. Se realiza en la fase de visualización de los proyectos.

El método de estimación se basa en datos históricos de costos que provienen de proyectos similares ejecutados o curvas de costos de unidades de proceso (extrapolación estadística), correlacionadas por su capacidad y corregidas por índices de precios, factores de ubicación geográfica etc. No posee una confiabilidad definida, ya que es dependiente de la calidad de la información disponible de proyectos similares ya completados o que estén en desarrollo y de la pericia con la que se evalúen, se ajusten por factores o se escalen los datos históricos de costos.

En la figura 2.9 se muestra en detalle la información necesaria para cada tipo de estimado.

Precisión



*Análisis de precios unitarios basados en cálculos métricos y rendimientos de obra

Figura 2.9 Tipos de estimados de costos

2.4.1.1 Entradas

- **Línea Base del Alcance:**

- Enunciado del alcance: Suministra la descripción del producto, los criterios de aceptación, los principales entregables, el alcance del proyecto así como sus respectivos límites, supuestos y restricciones.

Se debe dejar claro si los estimados se relacionarán con los costos directos o si se incluirán los costos indirectos, siendo estos aquellos que no pueden asignarse a un proyecto específico y que, por lo tanto, deben acumularse y distribuirse equitativamente entre varios proyectos por medio de algún procedimiento contable aprobado. Pueden contarse como ejemplos de restricciones un presupuesto limitado, fechas de entrega requerida, recursos especializados disponibles y políticas de la organización.

- Estructura de desglose del trabajo (EDT): La EDT del proyecto proporciona las relaciones entre todos los componentes y los entregables del proyecto, así como la distribución del proyecto en áreas y estas en partidas o actividades específicas, en base a la cual se programa, planifica y controla el proyecto, conforme a sus características y/o requerimientos del cliente.

A continuación la estructura de desglose del trabajo del proyecto de ingeniería básica y de detalle de las macollas N2 y N3 Figura 2.10, en cual se muestran las diferentes disciplinas involucradas y los niveles de plan al cual corresponden, (Nivel 0, Nivel 1, Nivel 2, Nivel 3, etc), los mismos dependerán de la magnitud del proyecto y de las fases que cubra

Los niveles a ser utilizados son determinados por el responsable de la planificación, y el gerente del proyecto, de manera tal de satisfacer las necesidades de información requeridas por el cliente e ir acorde con el tamaño del proyecto y las horas hombre asignadas a la labor de planificación del proyecto en cuestión.

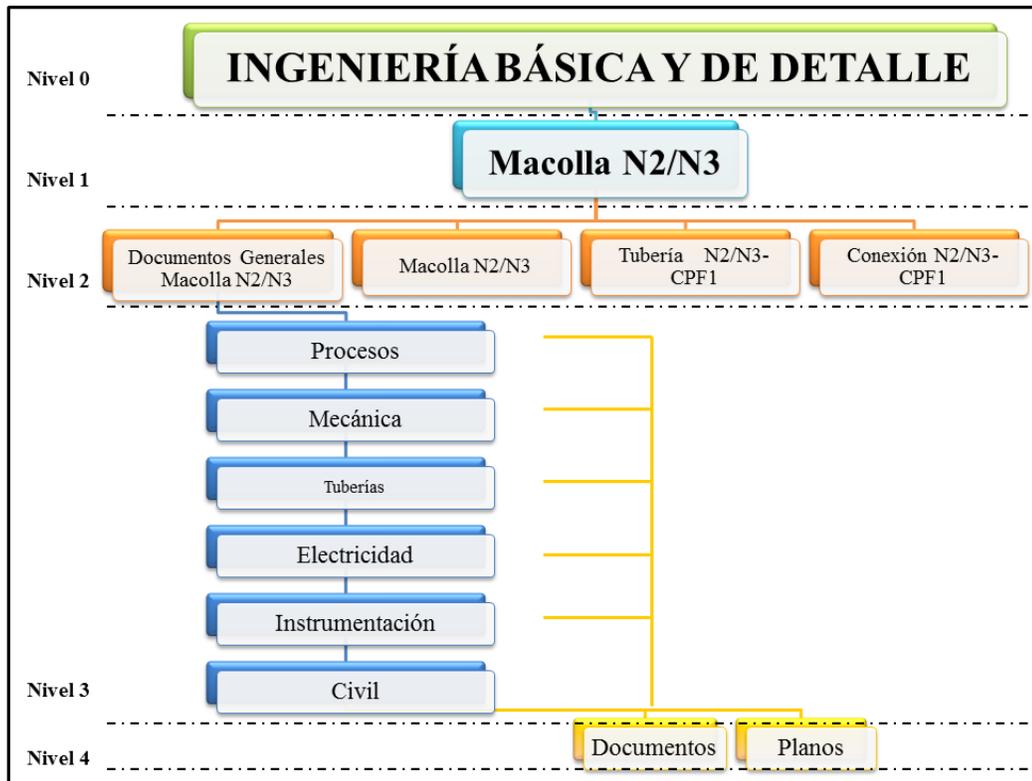


Figura 2.10 Estructura de desglose del trabajo

○ **Diccionario de la EDT:** Conjunto con los enunciados del trabajo del proyecto, facilita una identificación de los entregables y una descripción del trabajo en cada componente requerido para producir cada entregable.

● **Cronograma del Proyecto:** Los factores principales para determinar el costo del proyecto, con el tipo y cantidad de recursos a utilizarse, así como el tiempo en que estos se aplican para completar el trabajo del proyecto. Los recursos de la actividad del cronograma y sus respectivas duraciones se usan como entradas clave para este proceso.

Se debe determinar la disponibilidad y las cantidades necesarias de personal, material y requerimientos para realizar las actividades del cronograma. El estimado que se realiza de la duración de las actividades, afecta directamente las estimaciones del

costo de cualquier proyecto, donde se incluya en el presupuesto una asignación para el costo de financiamiento (incluyendo cargos por intereses), además donde se incluyan costos variables en función del tiempo, (p.ej., Variable inflación).

- **Planificación de los Recursos Humanos:** Componentes necesarios para el desarrollo de la estimación de costos, se refiere a los salarios, compensaciones, bonos correspondientes al recurso humano que labora en el proyecto.

- **Registro de Riesgos:** La mitigación de los riesgos es un factor que debe revisarse para determinar los costos involucrados. Los riesgos pueden jugar a favor o en contra, y por ende ejercen un impacto tanto en los costos de las actividades, como en los del proyecto global.

- **Factores Ambientales de la Empresa:**

- Las condiciones del mercado: Se refiere a la disponibilidad en el mercado de los productos, servicios resultados y los términos y condiciones que los rigen. Condiciones de oferta y demanda influyen considerablemente en la estimación del costo de los recursos.

2.4.1.2 Técnicas y Herramientas

- **Juicio de Expertos:** Variables como tarifas, costos de los materiales, inflación, factores de riesgo, entre otras influyen en la estimación. Basado en la información histórica, el juicio de expertos aporta una perspectiva fundamental del ambiente e información procedente de proyectos anteriores.

- **Estimación Análoga:** Se utiliza la técnica del costo real de proyectos similares para estimar por analogía valores de parámetros como el alcance, costos, el presupuesto y la duración, o de medidas como tamaño, peso entre otros. Es un método para estimar el valor bruto, que se emplea normalmente para estimar un parámetro del que se tiene información limitada.

La estimación de costos por analogía utiliza la información histórica y el juicio de expertos. Es menos costosa y requiere de menos tiempo, que las otras técnicas, sin embargo es menos exacta. Puede aplicarse en conjunto con otros métodos de estimación.

- **Estimación Paramétrica:** Este tipo de estimación se vale de relaciones estadísticas entre datos históricos y otras variables para realizar los cálculos de los parámetros de una actividad tales como costo presupuesto y duración. Se logran niveles superiores de exactitud de acuerdo al modelo y datos que se empleen. Puede aplicarse a todo un proyecto o a partes del mismo, en conjunto con otros métodos de estimación.

- **Estimación Ascendente:** Se estiman los componentes del trabajo, el costo de cada paquete o actividad es calculado en detalle.

- **Estimación por Tres Valores:** Para mejorar la estimación pueden tomarse en cuenta la incertidumbre y el riesgo. La técnica de Revisión y Evaluación de Programa (PERT), utiliza tres estimados para definir un rango aproximado de costo de una actividad:

- Más probable (Cm): El costo de la actividad se basa en una evaluación realista del esfuerzo necesario para el trabajo requerido y cualquier gasto previsto.

- Optimista (Co): El costo de la actividad se basa en el análisis del mejor escenario posible para esa actividad.

- Pesimista (Cp): El costo de la actividad se basa en el análisis del peor escenario posible para esa actividad.

Con este análisis se calcula un costo esperado (CE) de la actividad utilizando un promedio ponderado de estas tres estimaciones:

$$CE = Co + \frac{4Cm + Cp}{6}$$

Ecuación 2.3

Las estimaciones de los costos realizadas con la ecuación 2.3 pueden proporcionar mayor exactitud, y los tres valores aclaran el rango de incertidumbre de las estimaciones de costos.

- **Análisis de Reserva:** También llamadas asignaciones para contingencias, son aquellas que incluyen una cantidad de reserva, determinada de acuerdo a la incertidumbre del costo. Pueden ser un porcentaje del costo estimado, una cantidad fija o puede ser calculada utilizando métodos cuantitativos.
- **Software de estimación de costos para la dirección de proyectos:** Herramientas como hojas de cálculo computarizadas, aplicaciones de *software* de estimación de costos, herramientas de simulación entre otras, se utilizan frecuentemente en el proceso de estimación, simplificando el uso de algunas técnicas y permitiendo considerar de forma más efectiva las alternativas para la estimación de costos.
- **Análisis de Propuestas para Licitaciones:** Se puede incluir el análisis del costo del proyecto, en función de las propuestas de vendedores calificados. Dado el caso en el que los proyectos se otorguen mediante procesos competitivos, puede solicitarse al equipo del proyecto un trabajo adicional de estimación de costos para examinar el precio de los entregables individuales y obtener un costo que sustente el costo total final del proyecto.

2.4.1.3 Resultados

- **Estimaciones de Costos de las Actividades:** Se refiere a las evaluaciones cuantitativas de los costos posibles, que son requeridos para completar el trabajo del proyecto. Pueden ser presentados de manera resumida o detallada.

Los costos son estimados para todos los recursos y actividades implicadas en el proyecto, esto incluye, entre otros el trabajo directo, los materiales, el equipo, los servicios, instalaciones, tecnología y categorías especiales, pudiéndose mencionar como ejemplo de esta última a una asignación por inflación o una reserva para contingencias de costo. Dado el caso de incluir costos indirectos en la estimación del proyecto, los mismos se incluyen en el nivel de la actividad o en niveles superiores.

- **Base de los Estimados:** Conforme al área de aplicación, la cantidad y tipo de detalles adicionales que respaldan la estimación pueden variar. No obstante, sin importar el nivel de detalle la documentación de respaldo debe proporcionar una comprensión clara y completa de la manera en la que es obtenida la estimación de costos.
- **Actualizaciones a los Documentos del Proyecto:** Los documentos del proyecto que pueden ser actualizados incluyen, entre otros, el registro de riesgos.

2.4.2 Determinación del presupuesto

Proceso que consiste en sumar los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo para instaurar una línea base de costo autorizada, en la que se incluye todos los presupuestos autorizados, pero excluye las reservas de gestión. La figura 2.11 muestra un diagrama del flujo de datos del proceso determinar presupuesto.

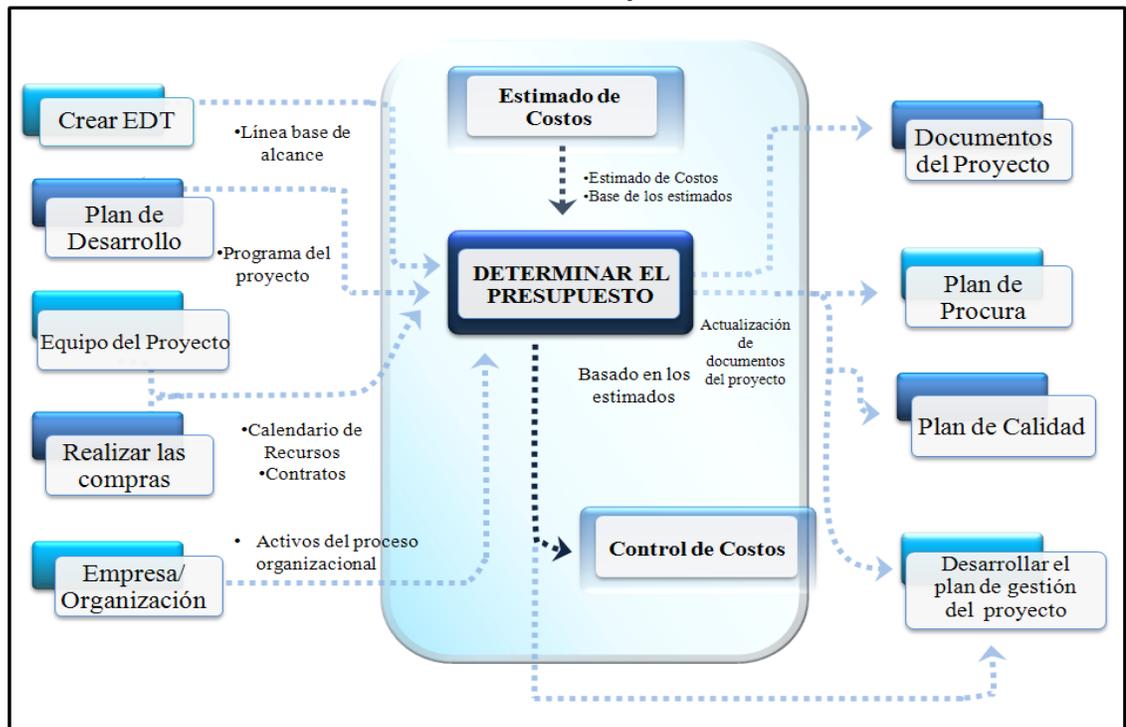


Figura 2.11. Diagrama del flujo de datos del proceso determinar presupuesto. ^[6]

Los presupuestos del proyecto constituyen los fondos autorizados para ejecutar el proyecto. El desenvolvimiento de los costos del proyecto se medirá de acuerdo al presupuesto autorizado.

2.4.2.1 Entradas

- **Estimaciones de Costos de las Actividades:** Se generan paquetes de trabajo que son la suma de las estimaciones del costo de cada actividad obteniendo así un valor global.
- **Base de las Estimaciones:** Los detalles que sirven de soporte a las estimaciones de los costos deben ser especificados, incluyendo cualquier suposición relacionada con incluir o excluir algún costo indirecto en el presupuesto.

- **Línea Base del Alcance:**
 - Enunciado del alcance: La organización, el contrato, u otras entidades, tales como agencias gubernamentales, pueden imponer limitaciones formales en cuanto a los gastos de fondos del proyecto, reflejándose estas restricciones en el enunciado del alcance del proyecto.
 - Estructura de desglose del trabajo: Las relaciones entre todos los entregables del proyecto y sus determinados entregables, son suministrados por la EDT.
 - Diccionario de la EDT: Permite identificar en conjunto con los enunciados detallados del trabajo, los entregables y una descripción del trabajo en cada componente de la EDT necesario para la producción de cada entregable.
- **Cronograma del Proyecto:** Forma parte del plan para la dirección del proyecto, incluye las fechas de inicio y finalización planificadas para las actividades del proyecto, los hitos, paquetes de trabajo y planificación, además de las cuentas de control.
- **Calendarios de Recursos:** Brindan información sobre los recursos asignados al proyecto, con su respectivo período de asignación. La información obtenida en esta fase puede utilizarse para indicar el costo de los recursos a lo largo del proyecto.
- **Contratos:** Información concerniente al contrato, a la vez de los costos asociados a los productos, servicios o resultados que se han comprado, también deben incluirse en la elaboración del presupuesto.

2.4.2.2 Técnicas y Herramientas

- **Suma de Costos:** Las estimaciones se resumen por paquetes de trabajo, de acuerdo con la EDT. Las cuales luego se suman para los niveles superiores de elementos de la EDT, tales como las cuentas de control, y finalmente a lo largo del proyecto.

- **Análisis de Reserva:** Puede establecer en conjunto las reservas para contingencias, así como las reservas de gestión del proyecto. Las reservas para contingencias son asignaciones que contemplan cambios no planificados, pero potencialmente necesarios. Las reservas de gestión son presupuestos reservados para cambios no programados en el alcance y en el costo del proyecto.

Las reservas pueden ser incluidas en el presupuesto total del proyecto, sin embargo no forman parte de la línea base de costo, y no se incluyen como parte de los cálculos de la medición del valor ganado.

- **Juicio de Expertos:** Este juicio se basa sobre la experiencia obtenida en un área de aplicación, un área de conocimiento, una disciplina, una industria u organización, etc., de acuerdo a la actividad que se esté desarrollando y debe ser utilizada para determinar el presupuesto.

El juicio de expertos puede ser suministrado por diversas fuentes, entre las cuales se destacan:

- Otras unidades dentro de la organización ejecutante
- Consultores
- Interesados, incluyendo clientes
- Asociaciones profesionales y técnicas
- Grupos industriales
- **Relaciones Históricas:** Utiliza relaciones históricas que den como resultados estimaciones paramétricas o análogas, en las que se incluyan características del proyecto para desarrollar modelos matemáticos que sirvan como pronósticos para estimar los costos totales del proyecto.

Pueden ser modelos simples (p.ej., construcción de una vivienda residencial, con determinada cantidad por metro cuadrado de espacio útil) o complejos (p. ej., un modelo de costo para el desarrollo de *software* que implique el uso de varios factores de ajuste separados, en el cual cada uno tenga numerosos criterios). En vista de que pueden existir amplias diferencias entre los modelos análogos y paramétricos. Es más probable que sean confiables cuando:

- Se cuenta con información histórica exacta para ser utilizada en el desarrollo del modelo.
- Se utilizan en el modelo parámetros fácilmente cuantificables.
- Los modelos son escalables, de forma tal que funcionan tanto para un proyecto grande como para uno pequeño, y para las fases de un proyecto
- **Conciliación del Límite del Financiamiento:** Se debe conciliar el gasto de fondos con los límites de financiamiento fijados sobre el desembolso de fondos para el proyecto. En caso de existir variaciones entre estos parámetros se requerirán en algunos casos la reprogramación del trabajo para regular dichos gastos. Para ello, en el cronograma del proyecto, se pueden aplicar restricciones en las fechas impuestas para el trabajo.

2.4.2.3 Resultados

- **Línea Base del Desempeño de Costos:** La línea base del desempeño de costos (BAC), es un presupuesto aprobado hasta la culminación, y se encuentra distribuido en el tiempo, es utilizado frecuentemente como un indicador utilizado para medir, monitorear y controlar el desempeño global del costo del proyecto. Es la suma de los presupuestos aprobados por período de tiempo y normalmente se representa con una curva S, tal como se muestra en la figura 2.10. En la técnica de gestión del valor ganado, la línea base del desempeño de costos se conoce como línea base para la medición del desempeño (PMB).

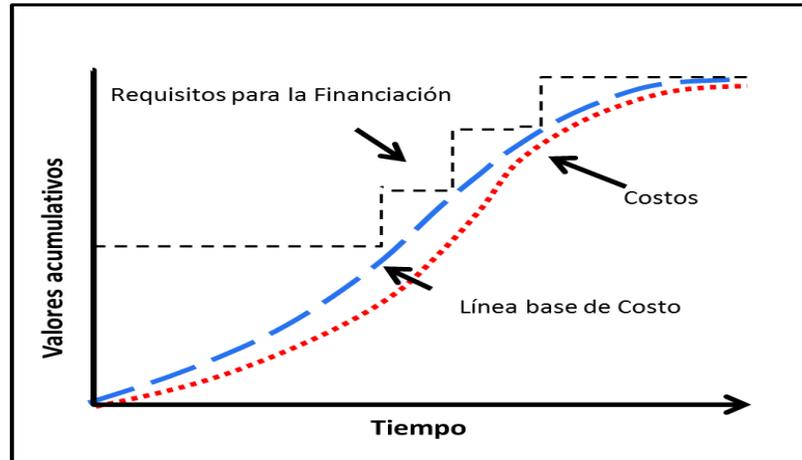


Figura 2.12 Gráfico de Flujo de Caja, Línea Base de Coste y Financiación ^[6]

- **Requisitos de Financiamiento del Proyecto:** Los requisitos para la financiación, totales y periódicos (p.ej., semestrales, anuales) se derivan de la línea base de costo; ésta incluye los gastos proyectados más las deudas anticipadas. En líneas generales, el financiamiento se da por cantidades que se incrementan, sin embargo no son continuas; todo lo contrario surgen como peldaños como se aprecia en la figura 2.12. Los fondos totales necesarios son aquellos incluidos en la línea base de costo, más las reservas de gestión, si corresponde.
- **Actualizaciones a los Documentos del Proyecto:** Dentro de los documentos del proyecto que pueden ser actualizados se cuentan:
 - Registro de riesgos
 - Estimados de costos
 - Cronograma del proyecto

2.4.3 Control de costos

El control de costos se basa en el seguimiento de los presupuestos sobre la estructura de desglose del trabajo (EDT), derivándose de este la recolección oportuna de datos y desembolsos, el análisis y evaluación de dichos datos, la proyección de desembolsos, preparación de informes periódicos y recomendaciones para acciones de control asociadas a los costos. La figura 2.13 muestra un diagrama del flujo de datos del proceso de control de costos.

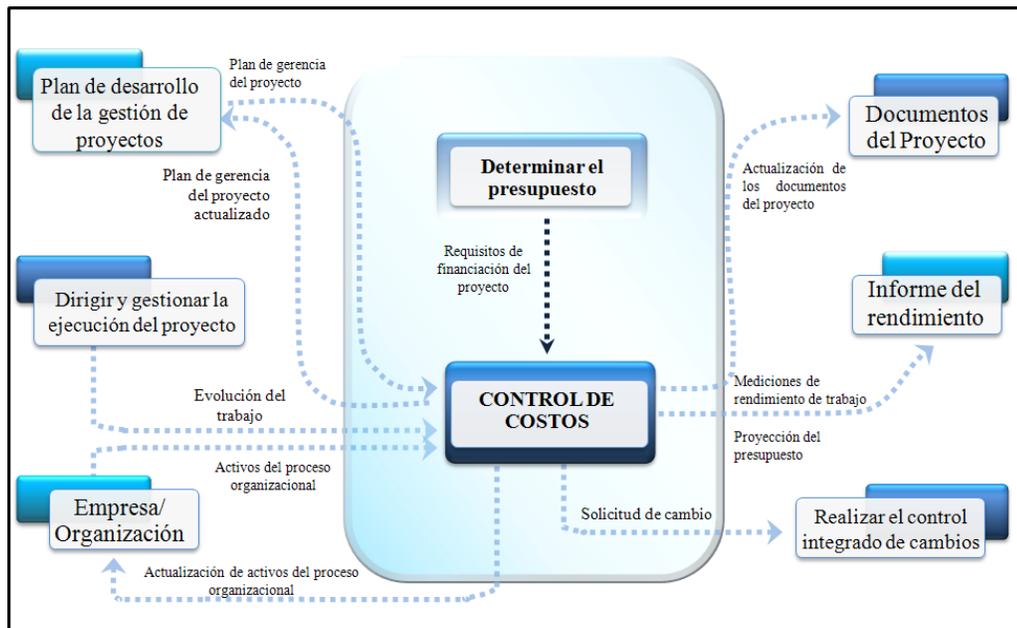


Figura 2.13. Diagrama del flujo de datos del proceso de control de costos. ^[6]

2.4.3.1 Entradas

- **Plan para la Dirección del Proyecto:** La información que se utiliza para controlar los costos contenidos en el plan para la dirección del proyecto contiene:
 - Línea base del desempeño de costos: Esta línea es comparada con los resultados reales para establecer si se necesita implantar un cambio, o una acción preventiva o correctiva.

- Plan de gestión de costos: En el plan de gestión de costos, se describe el método a utilizarse para la gestión y control de los costos del proyecto.
- **Requisitos de Financiamiento del Proyecto:** Los requisitos de financiamiento del proyecto se describen en la Sección 2.5.2.3
- **Información sobre el Desempeño del Trabajo:** Se incluye información sobre el avance del proyecto, tales como los entregables iniciados con su respectivo progreso, los entregables culminados, los costos autorizados y aquellos en los que se ha incurrido, así como las estimaciones para completar el trabajo del proyecto.
- **Activos de los Procesos de la Organización:** En el control de costos los activos de los procesos de la organización que pueden influir en el proceso son:
 - Políticas, procedimientos y lineamientos existentes, formales e informales, relacionados con el control de los costos
 - Herramientas para el control de los costos
 - Métodos de seguimiento e información que se utilizarán

2.4.3.2 Técnicas y Herramientas

- **Gestión del Valor Ganado (EVM):** La gestión del valor ganado (EVM), es un método utilizado comúnmente para medir el desempeño. Constituye las mediciones del alcance, costo y cronograma del proyecto; permitiendo al equipo de dirección del proyecto medir y evaluar el desempeño y alcance del proyecto.

Es una técnica de la dirección de proyectos en la que se requiere la constitución de una línea base integrada, en la que se puede medir el desempeño a lo largo de la ejecución del proyecto.

En todos los proyectos se pueden aplicar los principios de la EVM, en cualquier tipo de industria. La EVM establece y monitorea tres dimensiones claves para cada paquete de trabajo y cada cuenta de control:

- **Valor planificado, *Planned Value* (PV):** Es el presupuesto asignado al trabajo para completar una actividad o un componente de la estructura de desglose del trabajo. Involucra el trabajo detallado autorizado, así como el presupuesto autorizado para dicho trabajo, el cual es asignado durante el ciclo de vida del proyecto.

La suma del PV se conoce a veces como la línea base para la medición del desempeño (PMB) y también se conoce como presupuesto hasta la conclusión (BAC).

- **Valor ganado, *Earned Value* (EV):** Se refiere al trabajo completado, el cual es expresado en términos del presupuesto aprobado asignado para una actividad o un componente del cronograma de la estructura de desglose del trabajo.

Es el trabajo autorizado que se ha completado, más el presupuesto autorizado para completar dicho trabajo. El EV medido debe corresponderse con la línea base del PV (PMB) y no puede ser mayor que el presupuesto aprobado del PV para un componente o actividad. A menudo se utiliza el término EV para describir el porcentaje completado de un proyecto.

El valor ganado compara el trabajo planeado con lo que realmente se ha completado para determinar si los costos, el tiempo, y las tareas realizadas se cumplen acorde a lo planificado.

Es importante destacar que en un proyecto no se contabilizan insumos, materiales, productos, servicios o entregables a medio completar; el EV sólo debe interpretarse como la medida de los resultados entregados/terminados en su totalidad y no los esfuerzos o resultados a medio completar.

Con el objeto de medir el avance del trabajo se deben establecer criterios de medición para cada componente de la EDT; permitiendo esto a directores monitorear el estado actual del proyecto y establecer tendencias de desempeño a largo plazo.

- **Costo real, *Actual Cost* (AC):** representa el costo real en el que se ha incurrido, el cual se ha registrado durante la ejecución del trabajo realizado para una actividad o componente de la estructura de desglose del trabajo.

El costo real debe corresponderse con lo presupuestado y medido para el PV (p ej., sólo horas directas, costos directos o todos los costos, incluyendo los costos indirectos). El AC no posee límite superior, se miden todos los costos involucrados para obtener el EV. También se monitorearán las variaciones con respecto a la línea base aprobada:

- **Indicadores de costo del valor ganado:**

- **Variación del costo, *Cost Variance* (CV):** es una medida del desempeño de los costos en un proyecto. Es igual al valor ganado (EV) menos los costos reales (AC).

La variación del costo al culminar el proyecto es la diferencia del presupuesto hasta la conclusión (BAC) y la cantidad realmente gastada. En la gestión del valor ganado la variación del costo es crítica porque indica la relación entre el desempeño real y los costos gastados. En la EVM, una CV negativa con frecuencia no es recuperable para el proyecto.

$$CV = EV - AC$$

Ecuación 2.4

- **Índice del desempeño del costo, *Cost Performance Index* (CPI):** es una medida del valor del trabajo completado, comparado con el costo o avance reales del proyecto. Mide la eficiencia de la gestión del costo para el trabajo completado por lo que se considera la métrica más importante de la EVM.

- Un valor de CPI inferior a 1.0 indica un sobre costo con respecto al trabajo completado.
- Un valor de CPI superior a 1.0 indica un costo inferior con respecto al desempeño a la fecha. El CPI es igual a la razón entre el EV y el AC.

$$\text{CPI} = \text{EV} / \text{AC}$$

Ecuación 2.5

- **Indicadores de cronograma del valor ganado:**
 - **Variación del cronograma, *Schedule Variance (SV)*:** Es una medida del desempeño del cronograma en un proyecto. Se refiere al valor ganado (EV) menos el valor planificado (PV). La variación del cronograma es un útil indicador, que puede indicar un retraso del proyecto con respecto a la línea base del cronograma.

La variación del cronograma, en la EVM, finalmente será igual a cero cuando se complete el proyecto, porque ya se habrán ganado todos los valores planificados. En la EVM, las variaciones del cronograma se emplean mejor en conjunto con la planificación según el método de la ruta crítica (CPM) y la gestión de riesgos.

$$\text{SV} = \text{EV} - \text{PV}$$

Ecuación 2.6

Los valores de SV y CV son indicadores de eficiencia que reflejan el desempeño del costo de acuerdo al cronograma del proyecto, en cualquier proyecto. Las variaciones son de utilidad para determinar el estado de un proyecto y proporcionar una base para la estimación del costo y del cronograma al final del proyecto.

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

Puede ser utilizado en combinación con el índice del desempeño del costo (CPI) para proyectar las estimaciones finales de conclusión del proyecto.

$$SPI = EV/PV$$

Ecuación 2.7

La tabla 2.2 contiene, las interpretaciones de las medidas de rendimiento en función del nivel de costos y avances de un proyecto, mediante la utilización de las herramientas y técnicas para controlar costos descritos en el PMBOK ^[6] se puede conocer si un proyecto se está desarrollando de acuerdo a la planificación y de acuerdo al presupuesto planteado inicialmente.

Por períodos (normalmente de forma mensual o semanal) y de forma acumulativa, pueden monitorearse e informarse valores de los parámetros, valor planificado, valor ganado y costo real. En la figura 2.14 se emplea la curva S para la representación de los datos del EV en un proyecto cuyo costo excede el presupuesto y cuyo plan de trabajo está retrasado.

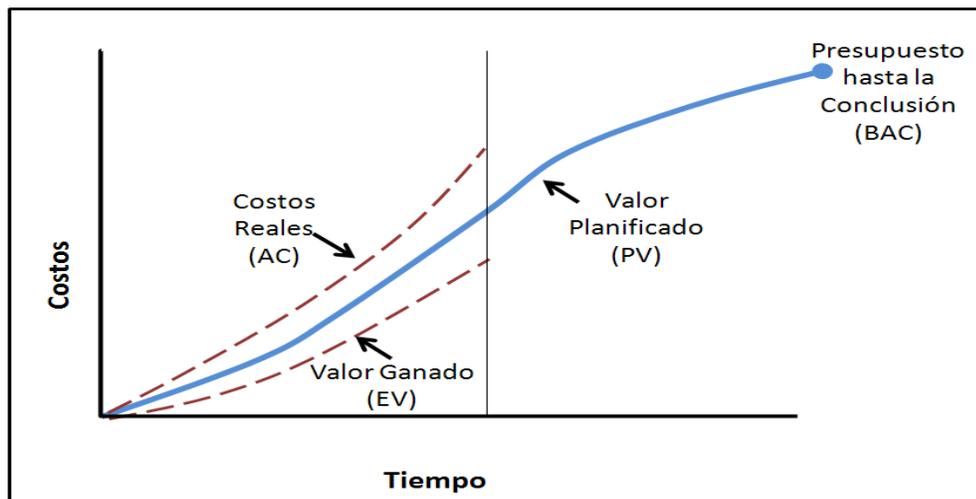


Figura 2.14. Valor Ganado, Valor Planificado y Costos Reales ^[6]

- Si $PV > EV$; significa que el proyecto está retrasado.
- Si $PV < EV$ significa que el proyecto está adelantado.

- Si $PV > AC$; significa que el proyecto está por debajo del presupuesto.
- Si $PV < AC$; significa que el proyecto está sobre el presupuesto.

Tabla 2.2 Interpretación de las medidas del rendimiento de un proyecto ^[10]

MEDIDAS DE RENDIMIENTO		CRONOGRAMA		
		SV >0 & SPI >1	SV=0 & SPI=1	SV < 0 & SPI <1
COSTOS	CV >1 & CPI >1	Antes de lo planificado Por debajo del presupuesto	En la fecha planificada Por debajo del presupuesto	Después de lo planificado Por debajo del presupuesto
	CV=0 & CPI=1	Antes de lo planificado Dentro del presupuesto	En la fecha planificada Dentro del presupuesto	Después de lo planificado Dentro del presupuesto
	CV <0 & CPI <1	Antes de lo planificado Por encima del presupuesto	En la fecha planificada Por encima del presupuesto	Después de lo planificado Por encima del presupuesto

- **Proyecciones:** Se pueden realizar proyecciones, mediante el análisis del valor ganado, para determinar el costo que se necesita para finalizar el proyecto, considerando que el mismo mantenga el mismo ritmo de ejecución, el costo para completar el proyecto se calcula empleando las siguientes formulas:
- **Estimación a la conclusión, *estimate at completion* (EAC):** implica la estimación o predicción de condiciones y planteamiento de escenarios a futuro para el proyecto, con base a la información y conocimiento disponible al momento de realizar la proyección.

Las proyecciones se generan, se actualizan y se emiten nuevamente basándose en la información suministrada, acorde al desempeño del trabajo a lo largo de la ejecución del proyecto. Puede diferir del presupuesto hasta la conclusión, *budget at completion* (BAC). Si se da el caso de que el BAC no es viable, el director del proyecto debe proyectar una EAC.

Habitualmente las EAC se basan en los costos reales incurridos para completar el trabajo, más una estimación hasta la conclusión, *estimate to complete* (ETC) para el trabajo restante. La predicción de situaciones que pueden presentarse al realizar la ETC es responsabilidad del equipo del proyecto, en función de su experiencia a la fecha. El método de la EVM funciona bien junto con las proyecciones manuales de los costos requeridos según la EAC.

El método más común de proyección de la EAC es una suma ascendente manual, efectuada por el director del proyecto y su equipo. Este método está basado en los costos reales y la experiencia adquirida en función del trabajo completado, por lo que requiere que se realice una nueva estimación para el trabajo restante del proyecto.

El método de proyección de la EAC, podría traer consigo problemas, ya que interfiere con la ejecución del trabajo del proyecto. El personal encargado de la ejecución del trabajo del proyecto debe hacer una interrupción para proporcionar una ETC ascendente detallada para el trabajo restante. En líneas generales, no existe un presupuesto separado para realizar la ETC, llevando esto a incurrir en costos adicionales para el proyecto.

$$EAC = AC + ETC_{\text{ascendente}}$$

Ecuación 2.8

La EAC calculada manualmente por el director del proyecto puede servir de punto de comparación con las calculadas para diferentes escenarios de riesgo. Mientras que los datos de la EVM pueden proporcionar rápidamente varias proyecciones de la EAC, basadas en el trabajo correspondiente a la ETC, a continuación sólo se describen tres de las más comunes:

- **Según la proporción presupuestada:** Considera el desempeño real del proyecto a la fecha; (siendo este favorable o no) como lo representan los costos reales, y prevé el trabajo a llevarse a cabo según la ETC y conforme con el ratio presupuestado. Es importante destacar dado el caso de un desempeño desfavorable

del proyecto, el supuesto de que el desempeño mejorará debe aceptarse sí y sólo si está sustentado por un análisis de riesgo del proyecto.

$$EAC = AC + BAC - EV$$

Ecuación 2.9

○ **Según el CPI actual:** Supone que el proyecto en el futuro mantenga un comportamiento uniforme acorde con lo que ha experimentado a la fecha. Se supone que el trabajo correspondiente a la ETC se realizará según el mismo índice del desempeño de costo (CPI) acumulativo en el que el proyecto ha incurrido a la fecha.

$$EAC = \frac{BAC}{CPI_{acumulativo}}$$

Ecuación 2.10

○ **Considerando ambos factores (SPI y CPI):** Se considera que el trabajo correspondiente a la ETC, se realizará acorde a una proporción de eficiencia que considera tanto el índice del desempeño de costos como el del desempeño del cronograma.

Se supone un desempeño de costos negativo a la fecha por lo que se requiere del proyecto se comprometa firmemente a respetar el cronograma. Este método de gran utilidad cuando el cronograma del proyecto es un factor que afecta el esfuerzo de la ETC.

Las variaciones de este método miden el CPI y el SPI según diferentes valores (p.ej., 80/20, 50/50 o alguna otra proporción), de acuerdo con el juicio del director del proyecto.

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI_{acumulativo} * SPI_{acumulativo}}$$

Ecuación 2.11

Si las proyecciones para la EAC no están en el rango de tolerancias aceptables; cualquiera de estos métodos podría ser adecuado para cualquier proyecto dado y proporcionar al equipo de dirección del proyecto una señal de “advertencia temprana” para tomar las acciones necesarias.

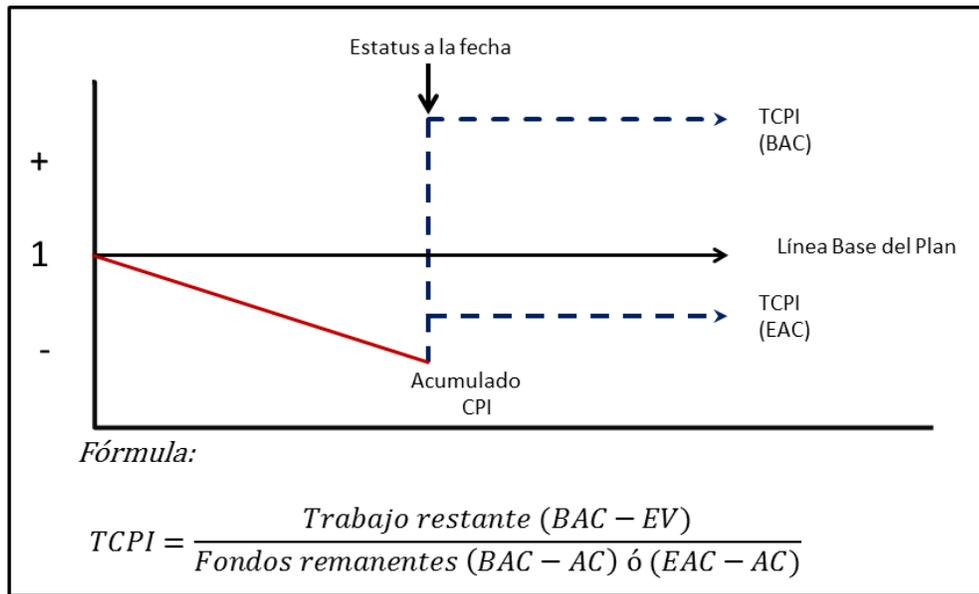
- **Índice de Desempeño del Trabajo por Completar (TCPI):** Es la proyección calculada del desempeño del costo que debe lograrse para el trabajo restante, con el fin de dar cumplimiento a una meta de gestión específica, tal como el BAC o la EAC. En caso de que sea evidente la no viabilidad del BAC, el director del proyecto proyecta una estimación a la conclusión (EAC). Una vez aprobada, la EAC reemplaza efectivamente el BAC como meta de desempeño del costo.

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC - AC}$$

Ecuación 2.12

El TCPI se muestra conceptualmente en la figura 2.15. La ecuación para el TCPI aparece en la parte inferior izquierda como el trabajo restante (definido como el BAC menos el EV) dividido por los fondos remanentes (que pueden ser el BAC menos el AC, o bien la EAC menos el AC).

En caso de que el CPI acumulado se ubique por debajo de la línea base del plan (como se muestra en el figura 2.12) todo el trabajo futuro del proyecto tendrá que realizarse inmediatamente en el rango del TCPI (BAC) (como se muestra en la línea superior de la figura 2.12) para mantenerse dentro del BAC autorizado. Basado en consideraciones que abarcan los riesgos, el cronograma y el desempeño técnico depende que este nivel de desempeño sea realizable o no, ya que es una decisión subjetiva.



Figur 2.15. Índice de Desempeño del Trabajo por Completar (TCPI) ^[6]

Si la dirección del proyecto reconoce que no es posible cumplir con el BAC, la dirección presenta una nueva estimación a la conclusión (EAC) para el trabajo y, una vez aprobada, el proyecto empleará el nuevo valor de la EAC. Este nivel de desempeño se muestra como la línea TCPI (EAC).

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{EAC - AC}$$

Ecuación 2.13

- **Revisiones del Desempeño:** Comparación entre el desempeño del costo a los largo del tiempo, las actividades establecidas en el cronograma o los paquetes que exceden el presupuesto o están por debajo del mismo, además de los costos estimado para culminar el trabajo en ejecución. Si se utiliza la EVM, se puede determinar la siguiente información:

- Análisis de variación: Comparación del desempeño real del proyecto respecto al desempeño planificado o esperado. Las variaciones analizadas frecuentemente son las relativas al costo y al cronograma.
- Análisis de tendencias: Análisis sobre el desempeño del proyecto a lo largo del tiempo para determinar si está mejorando o se está deteriorando. Técnicas de análisis gráfico son valiosas pues permiten conocer el desempeño a la fecha y compararlo con metas futuras de desempeño, en forma de BAC con respecto a la EAC y de fechas de culminación.
- Desempeño del valor ganado: La gestión del valor ganado compara la línea base del plan con respecto al desempeño real del cronograma y del costo.
- **Análisis de Variación:** En la evaluación de la magnitud de la variación con respecto a la línea base original de costo se utilizan las mediciones del desempeño del costo (CV, CPI). Aspectos resaltantes en el control de los costos del proyecto incluyen la determinación de la causa y del grado de variación con relación a la línea base del desempeño de costos (Sección 2.5.2.3.) y la decisión de la necesidad de aplicar o no acciones preventivas o correctivas.

Conforme el trabajo efectuado ha avanzado, el rango de porcentaje de variaciones aceptables tenderá a disminuir. A medida que el proyecto se acerca a su conclusión, el mayor porcentaje de variación permitida al inicio del proyecto puede disminuir.

- **Software de Gestión de Proyectos:** Comúnmente es utilizado el *software* de gestión de proyectos para monitorear las tres dimensiones de la gestión del valor ganado, EVM (PV, EV y AC) representar gráficamente tendencias y proyectar un rango de posibles resultados finales para el proyecto.

2.4.3.3 Resultados

- **Mediciones del Desempeño del Trabajo:** El cálculo de los valores CV, SV, CPI y SPI para los componentes de la EDT, particularmente para los paquetes de trabajo y las cuentas de control, se documentan y notifican a los interesados.
- **Proyecciones del Presupuesto:** El valor calculado de una EAC o de una EAC ascendente debe documentarse y comunicarse a los interesados.
- **Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización:** Entre los activos de los procesos de la organización que pueden actualizarse, se incluyen:
 - Causas de las variaciones
 - Acciones correctivas seleccionadas y la razón de su selección
 - Tipos de lecciones aprendidas procedentes del control de costos del proyecto
- **Solicitudes de Cambio:** Cuando se realiza el análisis del desempeño del proyecto, se puede generar una solicitud de cambio a la línea base del desempeño de costos o de otros elementos del plan para la dirección del proyecto. Las solicitudes de cambio pueden contener acciones preventivas o correctivas; son procesadas para su revisión y tratamiento por medio del proceso Realizar el Control Integrado de Cambios.
- **Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto:** Entre los elementos del plan para la dirección del proyecto que pueden actualizarse, se incluyen:
 - Línea base del desempeño de costos: Son incorporados acorde a los cambios de alcance aprobados, de los recursos de las actividades o de las estimaciones de costos. Existen casos en los que las variaciones del costo pueden ser de tal magnitud, que se torna necesario revisar la línea base de costo para proporcionar una base realista para la medición del desempeño.

- Plan de gestión de costos.
- **Actualizaciones a los Documentos del Proyecto:** Entre los documentos del proyecto que pueden actualizarse, se cuentan:
 - Estimados de costos
 - Base de las estimaciones

2.5 MACOLLAS

Arreglo que consiste en la perforación de pozos desde un mismo lugar, resulta muy ventajosa y rentable en las perforaciones costa afuera. Dentro de los equipos de producción en superficie se encuentran:

- **La válvula multipuerto:** Contiene ocho entradas para pozos, y dos salidas (una para producción y otra para pruebas de pozos). Estas se nutren con las correspondientes válvulas de bloqueo y de retención, de manera que el conjunto llega al campo listo para ser conectado y ser puesto en operación. Fue creado para sustituir a los múltiples de producción anteriormente usados.
- **El medidor de flujo multifásico:** Proporciona la medición en tiempo real y en línea de producción de crudo, agua y gas.
- **La bomba multifásica:** Permite almacenar la mezcla de gas, agua, crudo y partículas sólidas, proveniente de los pozos; es de gran efectividad ya que no es necesario pasar los componentes por otro equipo para que sean separados, y de ahí es bombeada a una estación de recolección.

- **Los Variadores de Frecuencia del equipo de levantamiento artificial:** Controla la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

Uno de los fundamentos de la perforación tipo macolla es, minimizar el daño causado al medio ambiente, así como aumentar el recobro de petróleo a través de pozos desviados, los cuales penetran dentro de la arena productora con mayor área de drenaje; además de optimizar los costos de inversión referentes a instalaciones de superficie.

2.6 ESQUEMA METODOLÓGICO PARA EL CONTROL DE COSTOS DE PROYECTO DE INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE

Mediante el monitoreo de costos de un proyecto se puede asegurar que sólo los cambios apropiados y previstos sean incluidos en el presupuesto, que la información referente a los cambios autorizados sea comunicada, y que las acciones correctivas sean tomadas por el personal a cargo.

El control del presupuesto es el proceso mediante el cual se identifican los costos o gastos incurridos en proyecto. Convirtiéndose así en una responsabilidad crítica del gerente, quien debe utilizar los reportes y monitorear el presupuesto y determinar si los recursos son utilizados de acuerdo al plan y evitar cualquier desviación, cambios o modificaciones en el presupuesto.

En función de la importancia que reviste el control de costos en el desenvolvimiento del proyecto, se desarrollará continuación un esquema metodológico para realizar un óptimo monitoreo de los costos de un proyecto.

En el proceso de control de costos se requiere información que contempla lo mostrado en la figura anterior, para generar los reportes se requiere del trabajo de un

equipo multidisciplinario, que aporte todos los elementos necesarios; del departamento de promoción y ofertas se obtienen las hojas de transferencia de contrato que contienen la información referente a la distribución de horas del proyecto por el gerente y el cálculo del avance del plan la figura 2.17 explica de manera detallada cuáles son los elementos que se requieren.



Figura 2.17 Requerimientos de información

La figura 2.18 muestra un esquema metodológico del control de costos, aplicado a un proyecto de ingeniería básica y de detalle.



Figura 2.17.1 Esquema metodológico para el control de costos de proyecto de ingeniería básica y de detalle

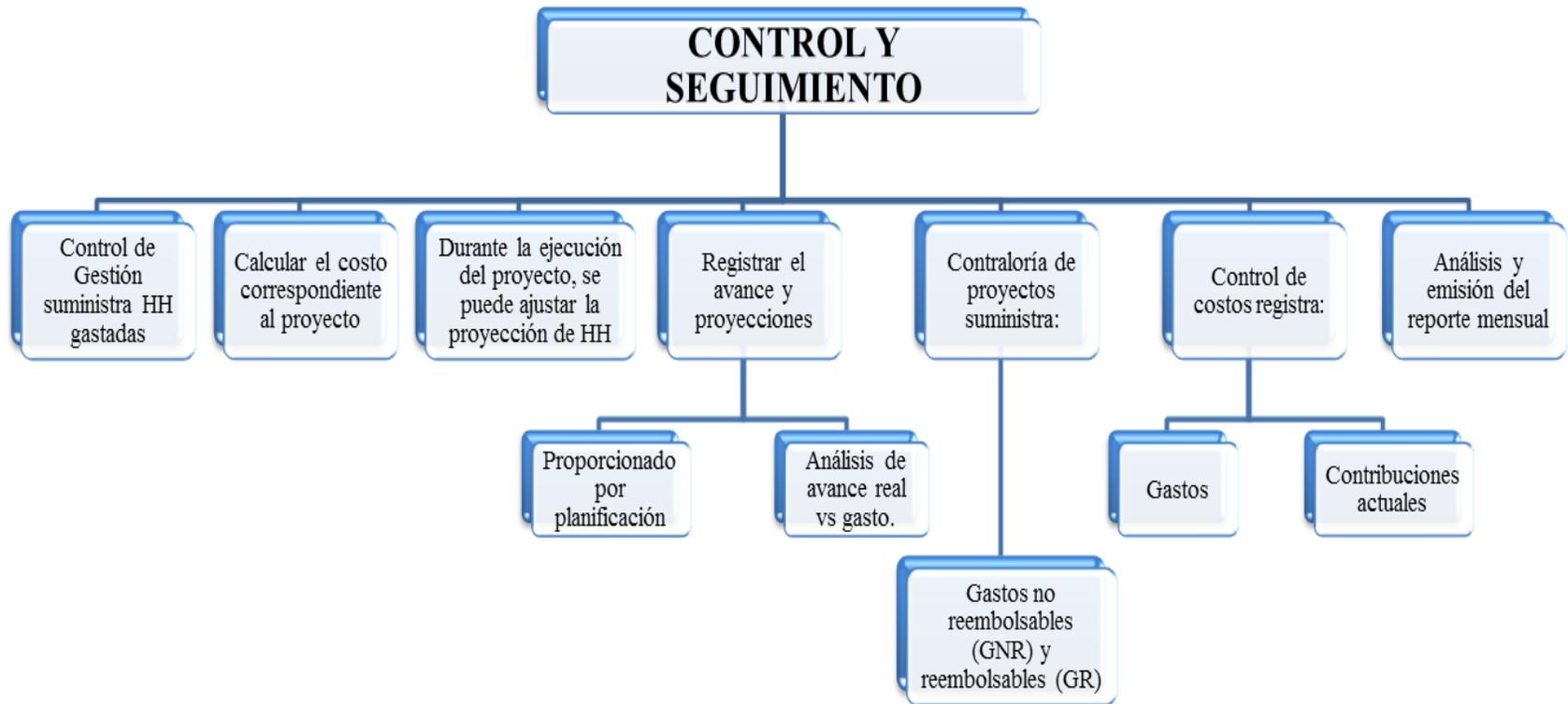


Figura 2.18.2 Esquema metodológico para el control de costos de proyecto de ingeniería básica y de detalle

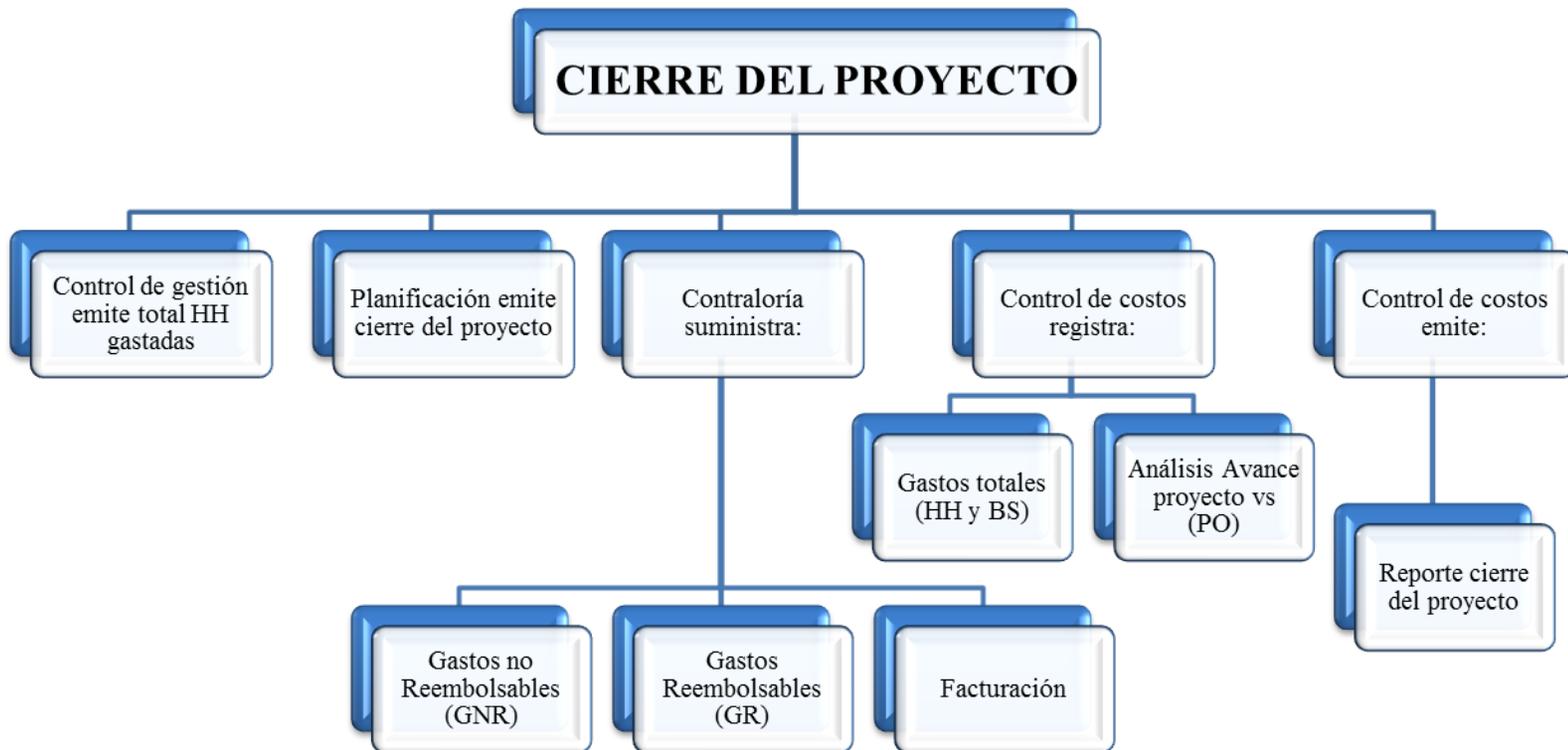


Figura 2.19.3 Esquema metodológico para el control de costos de proyecto de ingeniería básica y de detalle.

2.7.1 Registro del proyecto

- 1) Una vez recibida la hoja de transferencia de contrato se procede a registrar el presupuesto de venta PV (anexo A-5).
- 2) El Gerente del proyecto, con base en la planificación, realiza la distribución de HH en el tiempo de ejecución del proyecto y se procede al registro del presupuesto objetivo (P.O.) (anexo A-6)
- 3) Una vez firmado y aprobado el P.O, el gerente se compromete a ejecutar su proyecto en función de las horas establecidas en el mismo. La proyección del desarrollo de proyecto, *forecast* operativo, será igual a lo planteado en el objetivo siempre y cuando se esté al inicio del proyecto.

2.7.2 Control y Seguimiento

- 1) Control de Gestión emite el reporte de HH gastadas, permitiendo esto registrar el gasto de HH por proyecto y calcular el costo correspondiente. (Anexo A-7).
- 2) En la etapa de ejecución del proyecto el gerente ajusta, si es necesario, la proyección (*forecast*) de HH, de acuerdo al desarrollo del mismo y su avance real. Éste ajuste es aprobado y registrado por control de costos para su evaluación correspondiente. Se realiza en un formato similar a las horas gastadas (anexo A-8)
- 3) Control de costos registra el avance y proyecciones proporcionado por planificación para poder realizar el posterior análisis de avance real vs. Gasto. (anexo A-9)
- 4) Contraloría de proyectos emite la información de gastos no reembolsables (GNR) y reembolsables (GR), control de costos procede al registro de los gastos y cálculo de las contribuciones actuales del proyecto.

5) Una vez registrada toda la información y realizado los cálculos de contribución y eficiencias por disciplinas y del proyecto, se procede al análisis de los mismo y emisión del reporte mensual

2.7.3 Cierre del Proyecto

- 1) Control de gestión emite el registro final de HH gastadas para el total del proyecto.
- 2) Planificación emite el reporte de cierre del proyecto
- 3) Contraloría suministra el total de gastos no reembolsable, gastos reembolsables y facturación final del proyecto.
- 4) Control de costos procede a registrar la información de gastos totales (HH y BS.) y avances del proyecto, para la evaluación del desarrollo del proyecto vs. El presupuesto objetivo.
- 5) Control de Costos emite el reporte de cierre del proyecto

Las evaluaciones se producen durante el proyecto y también al final. Sin duda, el papel básico de la evaluación es diferente en estos dos casos. Realizando una evaluación en medio del proyecto podemos utilizar los resultados para modificar el rumbo del trabajo. De hecho, las consecuencias de la evaluación media suelen ser impresionantes: terminación anticipada, revisión de los objetivos, reestructuración del plan del proyecto. En la Figura 3.1. Se pueden apreciar un resumen del proceso y las principales consecuencias de la evaluación de mitad del proyecto.

La figura 2.19 muestra las principales consecuencias de realizar una evaluación temprana del proyecto, y los pasos a seguir

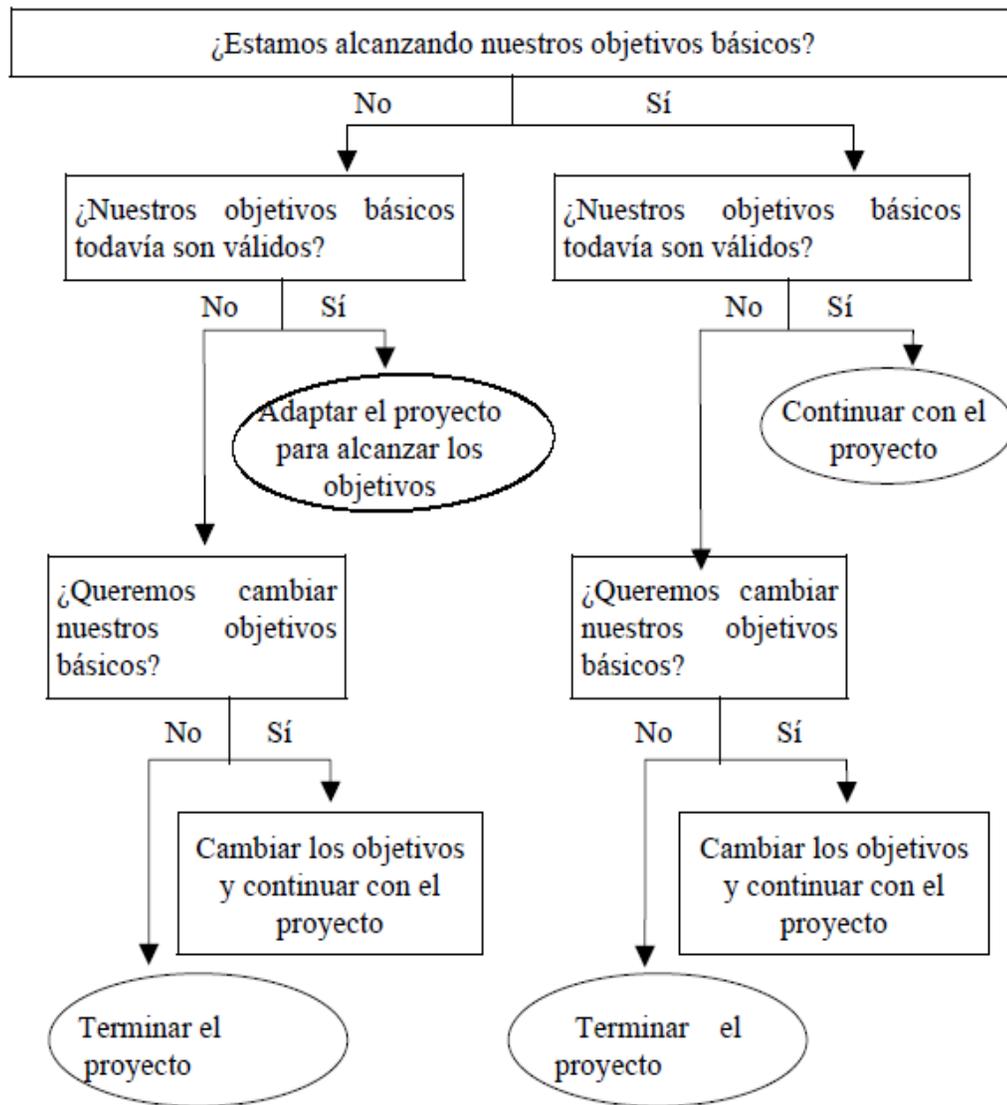


Figura 2.19 Esquema metodológico para el control de costos de proyecto de ingeniería básica y de detalle

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 HISTORIA DEL CAMPO YUCAL PLACER^[12]

El campo Yucal-Placer fue descubierto mediante el pozo Placer-1 en el año 1947, perforado por la Sociedad Anónima Petrolera las Mercedes en unión con Venezuela Atlantic y Creole. Este pozo alcanzó una profundidad de 9.041 pies; siendo completado en 1950 y conectado como suplidor de gas para Caracas, con una tasa de producción de aproximadamente 15 MMPCND y abandonado por razones mecánicas en el año 1959 con una producción acumulada de 7 MMMPCN proveniente del yacimiento L-4, de la formación Roblecito.

Posteriormente se perforaron pozos de reemplazo, que fueron cerrados por problemas mecánicos, o abandonados por tener una tasa promedio de producción menor a los 6 MMPCND, no siendo esto comercialmente rentable.

En la década de los 70, la Corporación Venezolana de Petróleo emprendió una nueva fase de exploración, que contemplaba la adquisición de sísmica 2D, y la perforación de 4 pozos. Siendo dos de ellos completados como productores de gas en la Formación Roblecito, uno en la Formación la Pascua con tasas del orden de 9 MMPCND. El cuarto pozo fue abandonado por problemas mecánicos.

Durante los años 1981-1982, CORPOVEN realizó un levantamiento sísmico 2D y perforó nueve pozos. Obteniéndose en los prospectos comerciales, una tasa promedio por pozo de 10 MMPCND, culminando la campaña con la perforación exploratoria a

principios de 1985. Se perforaron un total de 37 pozos que permitieron probar satisfactoriamente 12 yacimientos.

Los yacimientos del campo Yucal-Placer se pudieran definir como compactados (*tight*) en la mayoría de los casos, según la definición de yacimiento compactado de Gochnour y Slater que consiste en “un yacimiento con una baja permeabilidad matricial, probablemente en el rango de 20 mD o menos”.

Las permeabilidades del campo por lo general se encuentran en un rango menor al de 20 mD, con porosidades menores al 10%. Los yacimientos más profundo de la Formación la Pascua (M-7 y M-8, exhiben permeabilidades por debajo de 0,2 mD). En su mayoría los yacimientos presentan temperaturas elevadas, generalmente entre 310°F y 400°F. La profundidad de los yacimientos oscila entre 4.000 y 11.000 pies, la presión entre 3.200 y 4.100 psi. El gas está compuesto básicamente por metano, de concentración superior al 80% en mol.

En el año 1989 el Campo Yucal-Placer es abandonado definitivamente, con una producción acumulada de 142 MMMPCN, que provino de 9 pozos. En la Tabla 3.1 se resume la producción acumulada por cada pozo hasta dicho año.

Tabla 3.1 Producción acumulada campo Yucal-Placer 1989 ^[13]

POZO	Gp [MMMPCN]	YACIMIENTO
PLACER-1	7,73	L-4
PLACER-2	80,5	L-4
PY-01	34,25	L-2
PY-02	2,93 / 2,41	L-1 / L-4
PY-03	3,51	M-4
PY-06	5,82	M-4
PY-08	0,11	Cretácico
PY-09	3,94	L-4
PY-11	1,52	M-4
TOTAL	142,72	

3.2 UBICACIÓN

El campo Yucal Placer está ubicado a 150 Km al sur de Caracas, específicamente en el centro norte del estado Guárico, sus límites geográficos son:

- Norte: Altagracia de Orituco.
- Sur: Chaguaramas.
- Este: San Antonio de Tamanaco.
- Oeste: Taguay y Sabanas El Rosario.

Los bloques del campo Yucal-Placer comprenden una superficie de 1.811 Km², dividiéndose en dos: Yucal-Placer Norte con un área de 946 Km² y Yucal-Placer Sur que cuenta con 865 Km² respectivamente como puede apreciarse en la figura 3.1.

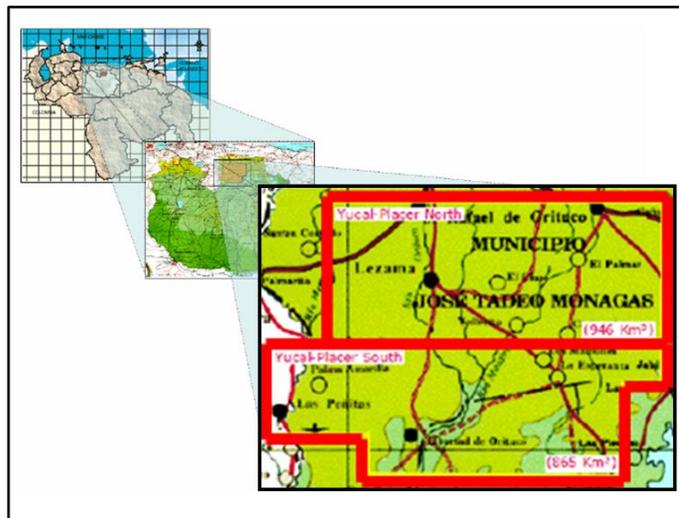


Figura 3.1. Ubicación Campo Yucal Placer^[14]

3.2 ORGANIZACIÓN JURÍDICA

En el año 2011, el Ministerio de Energía y Minas de Venezuela declaró la asociación Trío Yucal Placer, la cual había ganado las licitaciones para las licencias de los bloques Yucal Placer Norte y Yucal Placer Sur en el estado Guárico. Gracias al

otorgamiento de estas licencias para la exploración, producción y comercialización del gas no asociado, se da inicio a la Apertura del gas que estableció el Gobierno de Venezuela.

La compañía operadora venezolana Ypergas nace de la asociación Trío Yucal Placer, está conformada por la compañías Total (37,33%), Repsol YPF (11,67%), Inepetrol (33,67%) u Otepi (17,33%). Cuenta con un 30% de participación en el proyecto, y se conforma por los mismos socios de la asociación; perteneciendo el 51% de la asociación a los socios venezolanos como se aprecia en la figura 3.2.

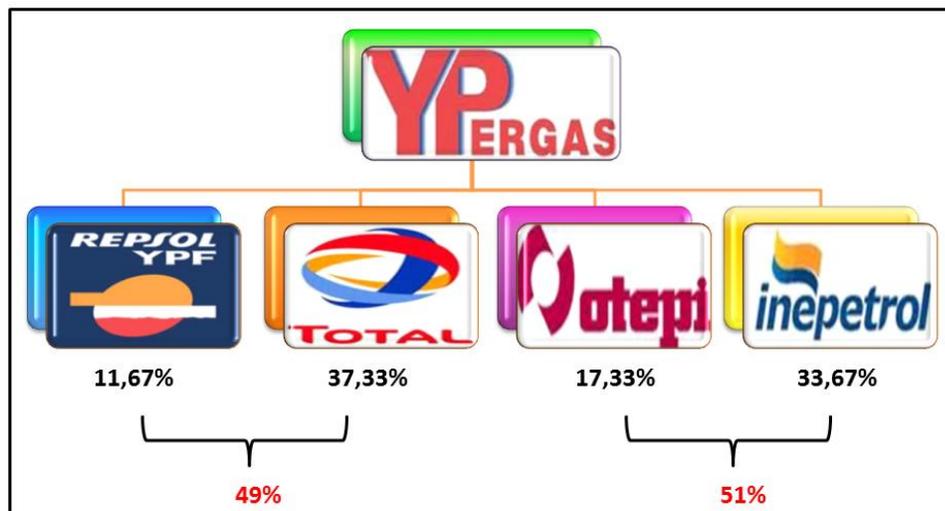


Figura 3.2 Composición accionaria de la empresa ^[15]

3.3 FASES DEL PROYECTO

3.3.1 Primera fase EPS (*Early Production Scheme*)

Esta fase consiste en una producción inicial de 2,83 millones de metros cúbicos estándar por día en la cual se deshidrata el gas y se despacha a través de una tubería a la estación de compresión al norte de los bloques. Se podrá adquirir la mayor cantidad de información de los yacimientos que no han sido evaluados hasta ahora

con esta fase. A dicha fase se le ha llamado “Fase EPS” ó Esquema de producción temprana, *Early Production Scheme* por sus siglas en inglés

Debido a la difícil productividad, de los pozos, las altas temperaturas de los yacimientos, la alta concentración de CO₂ y la rápida planificación que se prevé para el proyecto, se plantean grandes retos técnicos. La Figura 3.3 muestra un esquema de la fase EPS.

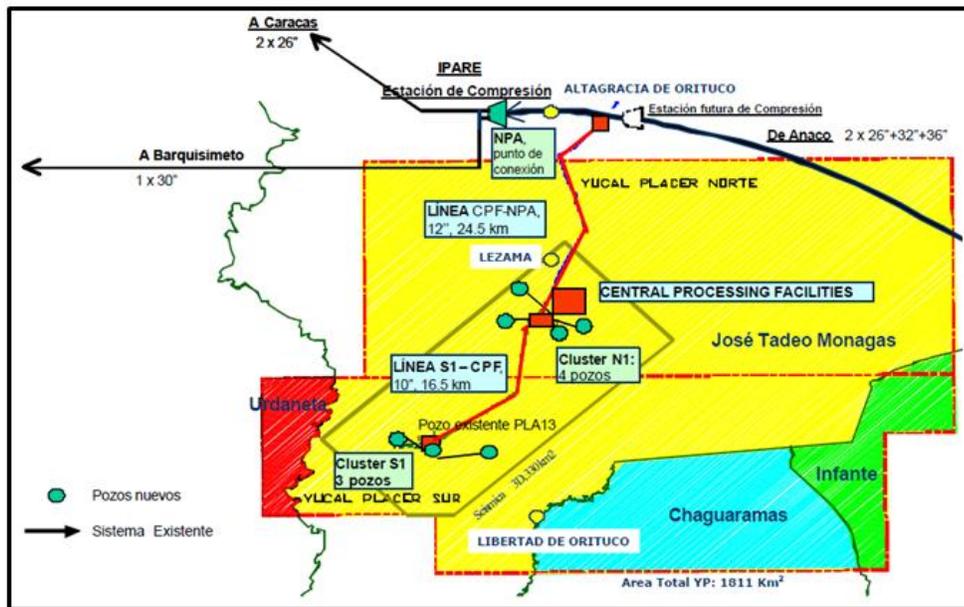


Figura 3.3 Esquema de la fase EPS ^[16]

3.3.1.1 Descripción de las instalaciones de EPS

La planta se encuentra constituida por dos macollas N1 y S1, así como una planta central de procesamiento (CPF) cercana a la macolla N1, que involucra la unidad de tratamiento y los servicios asociados. Y dos Gasoductos que conectan la macolla S1 con el CPF, y el CPF con el punto de entrega del gas a PDVSA respectivamente. En la figura 3.3 se aprecia la distribución de los mismos

- **Macolla S1:** La macolla S1 cuenta con 2 pozos y está diseñada para manejar una tasa de 80 MMPCD. La macolla es manejada vía remota desde la planta de tratamiento.
- **Macolla N1:** La macolla N1 se encuentra adyacente al CPF y está diseñada al igual que la S1 para manejar un flujo de 80 MMPCD cuenta con 3 pozos. La energía y los servicios requeridos son suplidos directamente desde las instalaciones del CPF.
- **Conexión NPA:** Cuenta con un sistema de medición y la electricidad proviene del suplidor local. Se encuentra localizado cercano a la red existente de PDVSA, a aproximadamente 8 Km, aguas arriba de la estación de compresión existente.
- **Planta de Tratamiento Central (CPF):** La unidad central de Procesamiento (*Central Processing Facilities* – CPF) es una unidad de deshidratación de Glicol con capacidad de tratamiento de gas de 100 millones de pies cúbicos por día – MMPCD. El objetivo fundamental del CPF es asegurar el contenido de agua en el gas por debajo de 7 Lbs/ MMPCD.

El contenido de gas proveniente de las macollas S1 y N1 es mezclado antes de entrada del separador tipo dedos. Luego el gas se envía al aerofriador para hacer descender su temperatura, y posteriormente ser secado en la unidad de glicol. El glicol rico es enviado al paquete de regeneración para separar el glicol del agua absorbida. El agua proveniente del separador primario es enviada al separador de agua. En caso de un exceso de presión en el sistema, la planta cuenta con un sistema de alivio de 100 MMPCD de capacidad, el cual cuenta con un venteo frío y un recipiente. La Figura 3.4 muestra un esquema de la planta con la unidad de deshidratación.

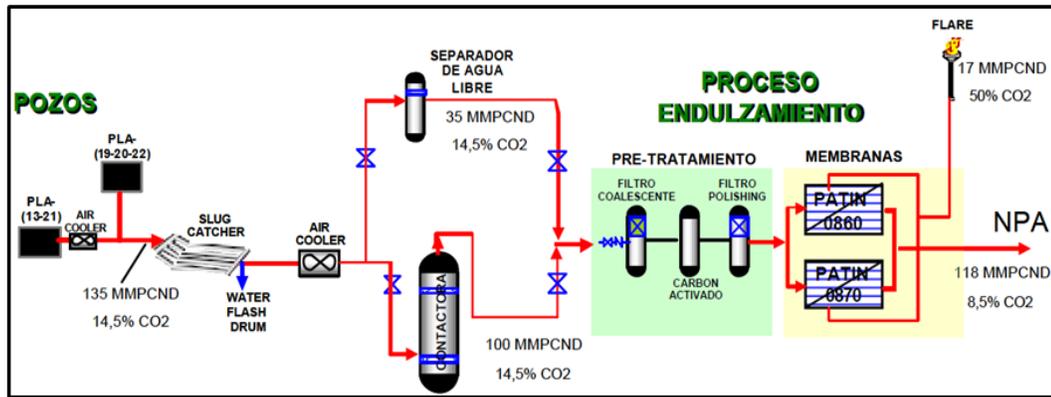


Figura 3.4 Esquema de la planta con la unidad de deshidratación ^[13]

En la etapa de producción temprana sólo está contemplado ejecutar la deshidratación del gas, entregando un gas “potencialmente” fuera de especificación COVENIN en cuanto al contenido de CO₂ (la norma COVENIN 3568-2:200 estipula 8,5% molar como máximo), para ello se prevé incrementar la producción hasta 300 MMPCD; gracias a la adición de una nueva unidad de tratamiento CPF2 que funcionará en paralelo con la actual CPF, eliminando el H₂S, CO₂ y agua del fluido para lograr la especificación de exportación de gas de 8,5% de CO₂.

- **Unidad de endulzamiento** ^[15]: El proceso de endulzamiento consiste básicamente en remover el CO₂, H₂S, otros compuestos de azufre (COS, CS₂, Mercaptanos), Mercurio, etc. Del flujo de hidrocarburos, producido desde yacimientos ó procesado en plantas de gas.

La remoción se realiza mediante un sistema de pre-tratamiento (filtros y calentador) y de un sistema de separación (membranas). Posteriormente mediante un calentador se eleva su temperatura por encima del punto de saturación de líquidos; evitando la presencia de condensados o agua líquida que puedan dañar el funcionamiento de la membranas, para después ser conducido por un filtro de carbón activado que elimina partículas de hidrocarburos pesados por medio de la adsorción y termina el pre-

tratamiento cuando se conduce a través de un tercer filtro que se utiliza como una protección final a las membranas.

El gas tratado se envía a la exportación dentro de las especificaciones COVENIN (8,5% de CO₂, 12 ppm. De H₂S y 7 lb/MMPCD de H₂O). La Figura 3.5 presenta un esquema de la unidad de endulzamiento dentro de la planta.

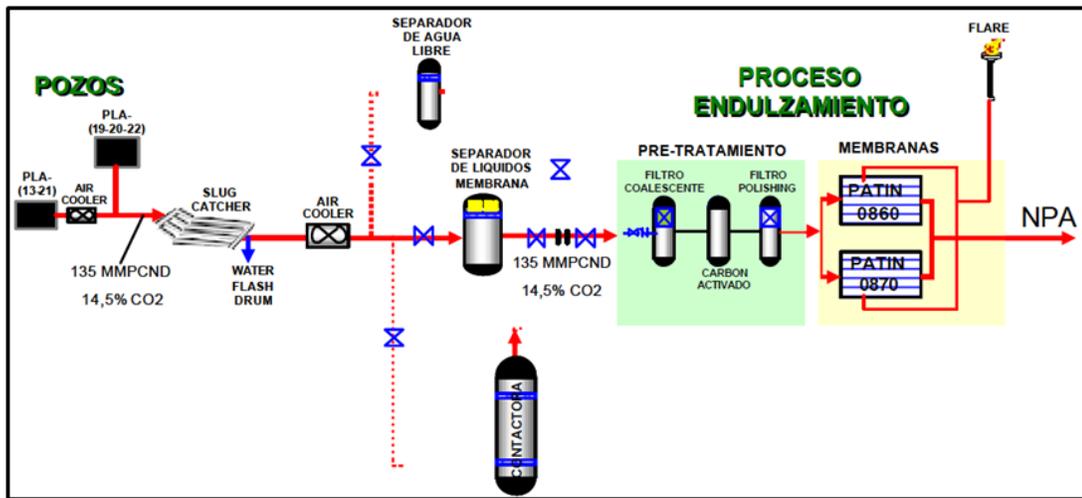


Figura 3.5 Unidad de endulzamiento ^[13]

Las inversiones dentro de esta fase se encuentran alrededor de los 140 MMUSD.

3.3.2 Segunda fase (Fase 300)

Con esta fase se tiene como objetivo lograr un nivel de producción de 300 MMPCD, mediante la perforación de nuevos pozos; representando esto dos retos tecnológicos: la puesta en producción de arenas altamente compactadas (*tigh*), y la gestión a gran escala de dióxido de carbono (CO₂), el cual se encuentra presente en una proporción entre 5 y 30% en función de la profundidad.

A principios de 2011, luego de un estudio preliminar para reducir CAPEX obtenido en actividades anteriores previas a proyectos, se decidió rehacer el pre-proyecto con

un esquema de membrana completo, en el cual se sustituyen a los regímenes anteriores y se considera la absorción de amina para eliminar el CO₂ del gas crudo. Además, de incluir la especificación de exportación actual de gas del 8,5% en moles de CO₂, 12 ppm de H₂S y 7 libras H₂O/MMPCN, siendo esta restricción menor a la fijada en la primera etapa de desarrollo del proyecto. Las conclusiones principales del estudio son las siguientes:

- La adición de nuevos grupos de macollas de 14 pozos cada uno
- La producción se enfría a 75 C° en el límite de las macollas. Esto permite el uso de líneas troncales de acero al carbono con tolerancia a la corrosión de 3 mm por las cuales circula un inhibidor de corrosión.
- Las líneas troncales necesarias para garantizar perfiles de producción y presiones de entrada al CPF de 80 bar en HP (alta presión) y 29 bar en (media presión).
- La actual CPF, con una capacidad máxima de 130 MMSCFD para alta presión y 80 MMSCFD para media presión, se utilizará en paralelo con el nuevo CPF2 para tratar un volumen total de gas bruto de 300 MMSCFD.
- De acuerdo con la producción de condensado debido al contenido de C6+, se recomienda instalar Silica-Gel, tipo de tratamiento previo para garantizar la eficacia de las nuevas membranas para el tratamiento de gas. La incertidumbre del contenido de C6+ en la composición del gas, se aclaró mediante un muestreo representativo y análisis previo de ingeniería básica.
- El CPF2 deberá estar equipado con 2 membrana antideslizante de 224 elementos (28 tubos) cada uno para lograr la especificación de exportación de gas de 8,5% en moles de CO₂, 12 ppm de H₂S y 7 libras H₂O/MMSCF.

- Una nueva tubería de 24” en paralelo con la existente de 12”, permitirá la máxima exportación de 252 MMSCFD de gas tratado con una presión de suministro de 69,9 bar hacia el punto relacionado con PDVSA.
- El proceso recomendado para el tratamiento de la producción agua, es de tipo floculación / flotación / filtración, que tratará y separará todo el agua proveniente del CPF y CPF2. Esta unidad garantizará la especificación local de agua para su disposición de 10 ppm petróleo en agua.

Se estiman inversiones superiores a 450 MMUSD. Gracias a la implementación de esta fase se logrará el pleno desarrollo del campo; obteniendo un nivel de producción adecuado para la rentabilidad del proyecto y abastecimiento del mercado.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la fase 300, se evaluará la factibilidad de una tercera fase con una producción cercana a los 600 MMPCND.

3.3.3 Proyecto N2/N3

Este Proyecto avanzado llamado “Proyecto N2/N3” consistió en el diseño básico y detallado ingeniería y construcción de los dos primeros grupos N2 y N3, cada uno de ellos conectado con líneas troncales nuevas incorporadas a la actual CPF. Todas las conclusiones restantes de la fase de estudio del proyecto original 300 se indican en el capítulo 3.4.2 están fuera del alcance de la producción avanzadas “Proyecto N2/N3”.

La Ingeniería Básica y de Detalle para los avanzados y del proyecto N2/N3 considera las siguientes instalaciones:

- Nueva macolla N2 con tres pozos: N201, N202 y N203
- Nueva macolla N3 con dos pozos: N301 y N302
- Línea troncal de 5 Km entre N2 y el CPF actual
- Línea troncal de 5.6 Km entre N2 y el CPF actual

- Facilidades de interconexión entre la red N2 y CPF
- Servicios de interconexión entre la red N3 y el CPF.

Según la información recibida acorde con la ingeniería conceptual, los equipos involucrados en el proyecto de avanzada N2 y N3, son los siguientes:

- Enfriador de aire situado en cada macolla, diseñado para enfriar la corriente de gas natural desde 126C°a 50C°.
- Paquete de inhibidor de corrosión en cada macolla, para prevenir la corrosión en el gasoducto entre las macollas y el CPF.
- Unidad de paquete de aire situado en cada macolla, diseñado para satisfacer la demanda local de instrumentos y servicios de transporte aéreo.
- Unidad de potencia hidráulica, que se utiliza para suministrar fluido hidráulico para operar las válvulas asociadas a los cabezales de pozo.

Además, durante la ejecución del proyecto, nuevos equipos, como el inhibidor de corrosión de la bomba de transferencia y las bombas de transferencia de líquido hidráulico se añadieron al alcance de la Proyecto N2/N3. Se tenía previsto iniciar las operaciones a finales del año 2012 (Grupo N2) y 2013 (Grupo N3).

3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.4.1 Macolla N2

Macollas N2, situada a 5 Km de la CPF, se compone de dos instalaciones principales, divididos en producción y servicios públicos.

Instalaciones de producción:

- Tres líneas de flujo.

- Cabezal de tubería de producción.
- Enfriador de aire para macolla N2.
- Raspadores para la macolla N2.
- Paquete inhibidor de corrosión.

El gas se produce a partir de tres cabezales de pozos a una temperatura máxima estimada de 126° C. La producción máxima para cada pozo depende del perfil de presión del campo de gas durante el tiempo y las condiciones de funcionamiento. A efectos operativos, se ha limitado la tasa de flujo de los pozos a 43 MMSCFD.

Los pozos están equipados con una válvula de fondo de pozo, una válvula maestra y una válvula en cabezal. La presión se ajusta a distancia y de forma automática utilizando válvulas de estrangulamiento, dependiendo de la presión requerida en la CPF.

Cada línea de flujo está equipada con una placa de orificios, para la medición del caudal de gas. La suma de los caudales individuales se calcula y se ajusta con la temperatura y presión real proporcionadas por un transmisor, por lo que un indicador de la producción total de olas macollas, se puede mostrar en la sala de control. La producción total de la macolla N2 se totalizaron en el PCS (*Process Control System*).

El gas proveniente del múltiple de producción de la macolla N2 se enfría a 50 ° C como máximo, se considera un 10% más en el diseño para considerar la transferencia de calor.

Con el fin de proteger los equipos y tuberías aguas abajo de la macolla N2, contra la corrosión, se proporciona un paquete de inyección de inhibidor de corrosión. Aguas arriba del punto de inyección del inhibidor de corrosión, se utiliza un material con una aleación resistente a la corrosión. Este paquete contiene un tanque de Inhibidor de corrosión con su agitador y 2 bombas de inyección de inhibidor de corrosión, una

de las cuales una debe estar en pausa. Los motores de las bombas serán operados desde el panel de control.

Las bombas de inyección están diseñadas para inyectar 0,5 L/MMPCN del producto puro con agua diluida al 10%. El caudal de funcionamiento es de 0.9 L/h. Mediante la transmisión del caudal inhibidor de la corrosión, es posible calcular la relación, inhibidor de corrosión y gas bruto real, permitiendo a los operadores controlar este valor directamente desde la sala de control. Cualquier desviación de la relación óptima se puede ajustar durante redondeos diarios.

Se proporciona una válvula de seguridad y un sistema de despresurización para proteger las instalaciones de la macolla N2, de la sobrepresión.

Después del enfriamiento y de la inyección de inhibidor de la corrosión, el gas y el agua (de dos fases flujo) se envían a la CPF a través de una tubería de 10". Con el fin de permitir la inspección periódica por un limpiador inteligente y/o convencional.

3.4.2 Macolla N3

La macolla N3 se encuentra ubicada a 5,6 Km de la CPF, se compone de dos instalaciones principales divididas en producción y servicios

Instalaciones de producción:

- Dos cabeceras
- Dos líneas de flujo
- Enfriador de aire para macolla N3.
- Lanzadores de cochino para la macolla N3. (*Cluster N3 Pig Launcher*)
- Paquete inhibidor de corrosión.

Instalaciones de Servicio:

- Paquete de aire
- Paquete hidráulico

El gas se produce a partir de dos cabezales de pozos a una temperatura máxima esperada de 126 °C. La producción máxima de cada pozo depende del perfil de presiones del campo de gas en el tiempo, así como las condiciones de funcionamiento. Para efectos operativos, la tasa de flujo máxima es limitada a 47,4 MMPCD.

Cada pozo está equipado con una válvula en fondo de pozo, una válvula maestra y una válvula en el cabezal (las tres son accionadas de manera hidráulica). El caudal es ajustado a distancia y de forma automática mediante una válvula de estrangulación dependiendo de la presión requerida en la CPF.

Cada línea de flujo está equipada con una placa orificio para la medición de la tasa de gas, la cual es ajustada de acuerdo a la presión y medidas de temperatura suministradas por un transmisor. La suma de las tasas individuales es calculada para dar un indicio de la producción total de la macolla.

Las líneas de producción de los cabezales de pozo son protegidos de manera individual, mediante interruptores de alta presión y módulos de acción de flujo piloto, operando las válvulas de seguridad.

Se proporciona un paquete de inyecciones de inhibidor de corrosión, para proteger los equipos aguas abajo del equipo de refrigeración de la macolla N3. Aguas arriba del punto de inyección del inhibidor de corrosión, se utiliza una aleación resistente a la corrosión. Dicho paquete contiene un tanque de inhibidor de corrosión con su agitador y 2 bombas de inyección de inhibidor de corrosión, de las cuales una debe estar en pausa. Los motores de las bombas serán operados desde el panel de control.

Las bombas son diseñadas para la inyección de 0,5 L / MMSCF del inhibidor de corrosión puro, con una dilución de agua de 10%. El caudal de funcionamiento es de 1,0 L / h. El tanque de almacenamiento tiene un volumen de 2 m³.

Se proporciona una válvula de seguridad y un sistema de despresurización para proteger las instalaciones de la macolla N3, de la sobrepresión.

Después del enfriamiento y de la inyección de inhibidor de la corrosión, el gas y el agua (de dos fases flujo) se envían a la CPF a través de una tubería de 10". Con el fin de permitir la inspección periódica por un limpiador inteligente y / o convencional

3.4.3 Interconexión Macollas – CPF

La producción de 43 MMSCFD de gas bruto se envía a la CPF a través de una troncal de 10". La longitud de la troncal es de 5Km y se encuentra enterrada.

Por otra parte, la producción de 47,4 MMSCFD de gas bruto de la macolla N3 se envía al CPF a través de una troncal de acero al carbono de 8". Esta troncal tiene una longitud de 5,6 Km y también se encuentra enterrada.

La tubería por la que fluye el gas presenta puntos bajos, permitiendo esto que el agua líquida contenida en dicho gas pueda acumularse en los mismos. Gracias a esta acumulación se implementaron unos lanzadores de cochino inteligente a ambos lados de troncal.

3.5 GESTIÓN GENERAL

La gestión de proyectos se encarga de desarrollar puntos claves, tales como: la organización del contrato, los documentos pertinentes, los planos, el registro de la documentación, los informes del progreso del proyecto, el plan de calidad del proyecto, la estimación de los costos, la documentación técnica para la construcción de la llamada para la licitación, entre otros.

3.6 PROCESOS

El objetivo principal de la disciplina procesos durante la ejecución de la ingeniería básica y de detalle es el establecimiento de las bases del diseño del proceso de acuerdo a la información proporcionada por Ypergas, así como los perfiles de producción y la presión de cada uno de los pozos y las normas y criterios de diseño establecidos por Total.

La disciplina procesos realizará la simulación hidráulica con diversos *software*, el cálculo y/o validación de los diámetros de las tuberías aguas abajo de la válvula de estrangulamiento de cada pozo e incluye: líneas de producción, líneas de interconexión, líneas auxiliares, líneas de ventilación, troncales entre otros

Se realiza el diseño básico de los equipos principales: enfriadores de aire, paquetes de inhibidores de corrosión, paquetes de instrumentos de aire, lanzador de cochino, receptores y bombas.

Las hojas de datos de los principales equipos realizadas por procesos servirán como datos de entrada en los documentos que realizará la disciplina de equipos. El balance de calor y masa hecho por procesos, permite construir el diagrama de flujo del proceso PFD por sus siglas en inglés *Process Flow Diagram* además de ser un dato de entrada para el resto de las disciplinas (tuberías, equipos, instrumentación) durante el diseño de las instalaciones de las macollas.

3.7 INSTRUMENTACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

3.7.1 Instrumentación

El ámbito principal de trabajo de disciplina instrumentación consiste entre otras cosas, en la ejecución de los siguientes productos de ingeniería necesarios para la ingeniería básica y de detalle del proyecto:

- Bases del diseño de instrumentación.
- Especificación del sistema de control de procesos.
- Parada de emergencia ESD (*Emergency Shut-down*) y especificaciones del sistema.
- Actualización del sistema de control de la CPF.
- Especificaciones de protección (electricidad, instrumentación).
- Especificaciones contra incendio.
- Panel de control de cabezales de pozo, especificaciones de las unidades de potencia hidráulica y hojas de datos.
- Especificaciones locales de paneles de incendio.
- Especificación del cable de instrumentación.
- Índice de instrumentación.
- Lista de señales de instrumentación.
- Instrumentación, paneles de control de campo, uniones de caja, protectores, cables y material a granel.
- Especificaciones de construcción.
- Trabajo de construcción de instrumentación.
- Descripción del precio y convenio de medición.
- Sistema básico de arquitectura (Sistema Básico de Control de Procesos, *Basic Process Control System, BPCS*).

- Esquema general de los paneles de control de campo, cajas de empalme e instrumentos.
- Instrumentación sobre el suelo y la ruta del cableado subterráneo.
- Diagramas de causa y efecto.
- Diagrama de cableado de instrumentos.
- Detalles típicos de instalaciones de instrumentación.

3.7.2 Telecomunicaciones

El ámbito principal de trabajo de disciplina instrumentación consiste entre otras cosas, en la ejecución de los siguientes productos de ingeniería necesarios para la ingeniería básica y de detalle del proyecto:

- Especificaciones de equipos de telecomunicaciones.
- Especificación del sistema de alarma general (GA).
- Especificación del sistema de teléfono.
- Especificación del sistema de microondas.
- Especificación del sistema de interconexión de datos.
- Especificación del sistema de las telecomunicaciones por cable.
- Especificaciones del sitio de construcción de las telecomunicaciones.
- Diagrama de cableado.
- Detalles típicos de las instalaciones de telecomunicaciones.

Los productos emitidos por las disciplinas de instrumentación y telecomunicaciones, cumplirán con las normas, leyes estándares, internacionales y de Total.

3.8 TUBERÍAS

El objetivo principal de la disciplina tuberías durante la ejecución de la ingeniería básica y de detalle es el desarrollo de planos de ubicación de las macollas a la CPF. De la información proporcionada por Ypergas, planos preliminares de equipos, estudios de seguridad de distancias para cada instalación, dibujos de modificación de topografía, estudio de información de suelos y las normas de tuberías y criterios establecidos por Total.

La disciplina tuberías desarrolla un plan clave, que comprende, planos de diseño de tuberías, secciones y detalles de dibujos necesarios para la instalación de tuberías, así como la preparación requerida para la fabricación del sistema de tuberías. La lista de los soportes de las tuberías también son parte del ámbito de aplicación de la disciplina tuberías, además de servir como insumo importante para la disciplina civil.

Prepara las listas de materiales de tuberías, requisiciones de compra de materiales, requisiciones de materiales por compra, precio y descripción de convenios de medición, estimación cuantitativa (lista de precios), para cuantificar el trabajo del contratista.

Además la disciplina tuberías hace énfasis en el análisis y la evaluación de problemas de pandeo para el oleoducto que va de N2 al CPF y el de N3 al CPF.

3.9 MECÁNICA

El objetivo principal de la disciplina mecánica es establecer los requisitos técnicos mínimos, que deben cumplir todos los equipos a ser suministrados, de acuerdo a los datos del proyecto, especificaciones, normas y códigos internacionales establecidos.

Los equipos cubiertos por la disciplina de mecánica de acuerdo al alcance del proyecto son:

- **Macolla N2 y N3:**
 - Enfriador de aire.
 - Paquete inhibidor de corrosión.
 - Compresor de aire.
 - Bomba de transferencia del inhibidor de corrosión.
 - Bombas de transferencia hidráulica de fluido

Las normas y códigos utilizados por la disciplina a lo largo del proyecto, son establecidas en el documento de los criterios de diseño, junto con otros criterios como la vida útil de los equipos, unidades de medida, entre otros. Se prepara para cada tipo de equipo, una especificación técnica (con la excepción de los inhibidores de corrosión y las bombas de transferencia de fluidos hidráulicos).

Una lista de los equipos de cada macolla (incluidas las conexiones de los equipos de N2-CPF y N3-CPF) es elaborada por la disciplina mecánica para ser utilizada como referencia en el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle de otras disciplinas y departamentos. Por último, una lista de cantidades y un documento denominado “descripción precio y acuerdo de sistema de medición” son emitidos para cada macolla, con el fin de establecer el alcance de las obras que se llevarán a cabo por

Ypergas en la fase de construcción del proyecto y como insumo para el cálculo del costo del proyecto.

3.10 CIVIL

El ámbito de aplicación de la disciplina civil se describe como sigue:

Se revisará la información suministrada por el cliente y se realizarán las respectivas correcciones y/o comentarios en caso q los hubiere, debiendo estos ser solventados por el cliente, antes de utilizar el diseño.

La disciplina civil prepara una descripción completa de los elementos de trabajo, derivados de todas las actividades de diseño civil/estructural, incluyendo elementos tales como acero, hormigón, obras de drenaje, trabajos de excavación entre otros, de acuerdo a los requerimientos del diseño.

Las hojas de cálculo para todos los diseños de ingeniería civil y estructural, se desarrollan siguiendo las bases de diseño, criterios de normas locales/internacionales aplicables al trabajo en cuestión, en el cual deben incluirse todos los parámetros de diseño y una breve explicación de los procedimientos de cálculo aplicados.

3.11 ELÉCTRICA

El objetivo principal de la disciplina eléctrica durante la ejecución de la ingeniería básica y de detalle es sentar las bases para el diseño de instalaciones eléctricas de la información proporcionada por Ypergas, y las normas y criterios de diseño establecidos por Total. La disciplina eléctrica está involucrada en varios aspectos, para hacer una seguridad fiable, y sistema eléctrico garantizado, que se va a alimentar siguientes equipos: enfriadores de aire, paquete inhibidor de corrosión, sistema de

alimentación ininterrumpida, paquete compresor de aire, cabina prefabricada centro eléctrico (Shelter), rectificador de protección catódica.

Para el dimensionamiento de los equipos eléctricos, los cables y otros dispositivos, se tomó como entrada los diagramas de flujo del proceso (PFD) y diagramas de tuberías e instrumentos, además de otros documentos de otras disciplinas (tuberías, civil, instrumentación, mecánica) y los requisitos de Ypergas.

Con toda la información recopilada, la disciplina eléctrica procedió a realizar los estudios y las notas de cálculo, para definir todas las capacidades del equipo: soportar cortocircuitos, los perfiles de tensión, caídas de tensión, tamaño de cable, tamaño del conductor de puesta a tierra la red, etc. Y para complementar esto, diferentes dibujos y sus detalles asociados: disposición canalizaciones subterráneas, clasificación de áreas peligrosas, alumbrado del terreno, el plan de protección catódica, se han elaborado para mostrar todas las instalaciones eléctricas en las instalaciones nuevas y existentes. Todo este diseño se hizo de acuerdo a los reglamentos y normas, y las condiciones del lugar.

3.12 HSE (*HEALTH, SAFETY AND THE ENVIRONMENT*)

El ámbito de aplicación de la disciplina de seguridad, salud y medio ambiente es indicar las bases, reglas y procedimientos, a fin de que el proyecto esté enmarcado en criterios de diseño de seguridad, salud, y medio ambiente. Está involucrado en estudios de riesgo, tales como el análisis de riesgos y operatividad (HAZOP) por sus siglas en inglés Hazard and Operability, e identificación de peligros (HAZID) por sus siglas en inglés Hazard Identification.

Del mismo modo, HSE elabora el documento de concepto de seguridad para las macollas, que servirá como guía para el diseño, construcción y operación segura. HSE servirá de apoyo para la ubicación en el plano del terreno, de la vía de escape,

evacuación y seguridad señales, diseño equipo de seguridad, incluyendo la detección, protección (instalaciones fijas y portátiles), botones pulsadores de EDS (*Emergency Shut-down*), comunicación y ayudas a la navegación.

3.13 PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS

El ámbito de trabajo, como se describe anteriormente se separó en diferentes paquetes indicados como sigue:

- Paquete 1.1: macolla N2.
- Paquete 1.2: macolla tubería N2-CPF.
- Paquete 1.3: Interconexión macolla N2-CPF.
- Paquete 1.4: Estimación del costo de la construcción de obras.
- Paquete 2.1: macolla N3.
- Paquete 2.2: macolla tubería N3-CPF.
- Paquete 2.3: Interconexión macolla N3-CPF.
- Paquete 2.4: Estimación del costo de la construcción de obras.

3.14 ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de los gastos realizados por Ditech durante la ejecución de la ingeniería básica es la clase de tipo II. Ypergas utilizado estimado de costo clase II durante el procedimiento de licitación para seleccionar al contratista encargado de la construcción del campo de aplicación de las nuevas instalaciones N2 y N3 del proyecto.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

La metodología de la investigación define los métodos a emplear en la realización de un proyecto, así como la presentación de las técnicas y procedimientos que posteriormente permitirán cumplir con los objetivos inicialmente establecidos. Existen diversos tipos de investigación; de acuerdo a la información disponible, el enfoque, el conocimiento acerca del tema, las mediciones y la manera de realizarlas.

En consonancia con lo anterior, la modalidad de este trabajo de investigación se puede definir como una Investigación de Campo, definida en el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2009)^[16], como “el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia ...” (p. 11).

4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Conforme al Manual de Tesis de Grado Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental la investigación presentada en este caso tiene un diseño de tipo campo-descriptivo y documental:

- Campo-Descriptivo

Se basa en el análisis sistemático del control de costos de proyectos de ingeniería básica y de detalle. Específicamente el caso de las macollas N2 y N3. Campo Yucal Placer, estado Guárico, Venezuela; con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia. Los datos de interés con los que se trabajará serán recopilados en forma directa de la realidad, se utilizarán registros de datos reales para su descripción y análisis.

- Documental

Se estudiará el problema con el fin de incrementar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos. Para tomar una decisión sobre un proyecto es necesario que el mismo se someta a un análisis multidisciplinario que permita ampliar el enfoque del mismo.

4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Según Christensen (1980) ^[18] el término “diseño se refiere al plano estrategia concebida para responder a las preguntas de investigación”.

En todos los casos el investigador debe realizar un trabajo de diseño. En los estudios descriptivos, un aspecto importante a determinar es si se hará uso o no de las técnicas de muestreo para precisar forma y tamaño necesarios de la muestra.

El diseño señala al investigador lo que debe hacer para alcanzar sus objetivos de estudio, contestar las interrogantes que se ha planteado y analizar la certeza de la(s) hipótesis formuladas en un contexto en particular

Los estudios descriptivos miden de forma independiente los conceptos o variables con los que tienen que ver, y aun cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación. Aunque, se pueden integrar las mediciones de cada una de dichas variables para mencionar cómo es y se manifiesta el fenómeno en estudio, su meta no es indicar cuál es la relación entre las variables

Los estudios descriptivos evalúan diferentes aspectos, dimensiones o elementos del fenómeno a investigar. Científicamente, describir es medir. Se seleccionan y evalúan una serie de variables y se mide cada una de ellas independientemente para así describir lo que se investiga.

4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Según, Selítiz, 1974 una vez se ha definido la unidad a analizar, se debe proceder a delimitar la población que será estudiada, sobre la cual se pretenden generalizar los resultados. Así que una población es un conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones.

Se consideró realizar el control de costos del proyecto de ingeniería básica y de detalle, Macolla N2 y N3, Campo Yucal Placer, Estado Guárico, Venezuela, siendo esta la población a estudiar. A lo largo del proyecto se observaron escenarios particulares que permitieron establecer el porqué de los hechos y la acción que debía tomarse de acuerdo a la situación dada.

El monitoreo es una premisa constante para obtener el éxito en un proyecto. Pese a tener características similares no se puede aseverar que dos o más proyectos tendrán el mismo el mismo desempeño. Sin embargo si se generan a tiempo las medidas preventivas y/o correctivas se puede decir que se obtendrá un desempeño igual o muy cercano al estimado al inicio del proyecto.

Una vez definido el proyecto de investigación, se determinó que la muestra representativa para el control de costos del proyecto, se enfocaba hacia los valores planificados, ganados y gastados que experimentara el proyecto.

La gran diversidad de proyectos no permite establecer una metodología rígida que sirva de guía en la toma de decisiones sobre uno en particular, pero es posible afirmar de manera categórica que las medidas a tomar, se deben basar en el análisis de un sinnúmero de antecedentes, aplicando una metodología lógica que compile los factores que participen y afecten al proyecto, siendo esto lo que se pretende con esta investigación.

Los pasos a seguir para realizar la presente investigación son los expuestos a continuación:

4.4 ARQUEO BIBLIOGRÁFICO

Se revisó el material bibliográfico que incluyó trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos disponibles, relacionados con el área en estudio y la gestión de costos de proyectos.

4.4.1 Revisión de la información bibliográfica del área de estudio

Se identificó el área de estudio y se procedió a recolectar información referente a la misma. Se estudió la historia de producción del campo, el tipo de hidrocarburo presente en la zona así como el plan de producción en el cual se encuentra enmarcado.

4.4.2 Revisión bibliográfica referente a la dirección de proyectos

Se estudió la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos, avalada por el *Project Management Institute* (PMI), para comprender de forma general el concepto de proyectos y los diferentes procesos involucrados.

4.4.3 Revisión bibliográfica acerca de la gestión de costos de proyectos

Una vez generado un marco de referencia para la dirección de proyectos, procedió al estudio de la gestión de costos de proyectos, el cual describe los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar y controlar los costos de modo que el proyecto sea completado conforme al presupuesto aprobado inicialmente, prestando mayor atención a este último siendo el eje principal de esta investigación.

4.5 ESTUDIO DE PROYECTOS ACTIVOS

La consultora Estudios y Proyectos Ditech S.A, suministró información de los proyectos activos con cierto avance, para ser considerados como caso de estudios. De la cartera de proyectos se eligió el caso de ingeniería básica y de detalle de las macollas N2 y N3, campo Yucal Placer, estado Guárico, Venezuela; por ser uno de los más representativo (pj. Cambio de alcance, extensión de horas), y así mostrar los indicadores de alerta y las medidas de corrección.

4.6 REUNIONES DE TRABAJO

Semanalmente se realizaron reuniones de trabajo en la consultora, Estudios y Proyectos Ditech S.A, en las que se discutirá el avance del proyecto y las causas que afecten el comportamiento del mismo

4.7 ESTUDIO DE TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE COSTOS

En el estudio de la gestión de costos se buscó la relación que guardaban la estimación de los costos y la determinación del presupuesto como factores precedentes del control.

Se empleó el método del valor ganado para la medición del desempeño del proyecto; técnicas propuestas para la dirección de proyectos (Guía del Pmbok®) avalada por el *Project Management Institute*. Los principios de este método puede emplearse en todo tipo de proyectos y en cualquier industria.

4.7.1 Valor Ganado

Se estudiaron tres dimensiones clave para cada paquete de trabajo entre ellas el valor planificado, el valor ganado y el costo real.

4.7.2 Variación respecto a línea base

Para el control de costos del proyecto se monitorearon las variaciones respecto a la línea base aprobada: la variación del cronograma y del costo; así como los respectivos índices de desempeño del costo y cronograma.

4.7.3 Proyecciones

En función del desempeño del proyecto, se desarrollaron las estimaciones o predicciones de condiciones y eventos futuros para el proyecto, basadas en la información y el conocimiento disponible al momento de realizar la proyección.

4.8 MONITOREO DE LOS COSTOS DEL PROYECTO

Basándose en las reuniones de trabajo, el porcentaje de avance físico del proyecto suministrado por el departamento de planificación, las horas ganadas, y el costo real del proyecto hasta la fecha, se debe analizar su desenvolvimiento.

Mensualmente se realizó el análisis del proyecto, mostrando en esta investigación los meses en lo que ocurrieron los cambios claves en el desempeño del mismo; con el fin de determinar si los costos se encontraban conforme al plan de ejecución. A su vez se calcularon las proyecciones para estimar el presupuesto hasta la conclusión, es decir cuánto costaría el proyecto.

4.9 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA GESTIÓN DE COSTOS

Con la herramienta del valor ganado se logró identificar las variables que intervienen a lo largo del proyecto siendo fundamentalmente el cronograma, el costo y el alcance del proyecto. Se estudió básicamente la variación de los costos en función respecto al plan de ejecución del proyecto.

4.10 ESQUEMA METODOLÓGICO

Una vez realizado el análisis del proyecto y definidos los principales elementos y variables que intervienen en él, se generó una metodología para el control de costos de un proyecto de ingeniería básica y de detalle. En el mismo se plasman los pasos a seguir para el registro, control y seguimiento y el cierre del proyecto.

La figura 4.1 muestra un esquema resumen con la metodología empleada para realizar el control de costos de proyectos de ingeniería básica y de detalle. Macollas N2 y N3. Campo Yucal Placer, estado Guárico, Venezuela

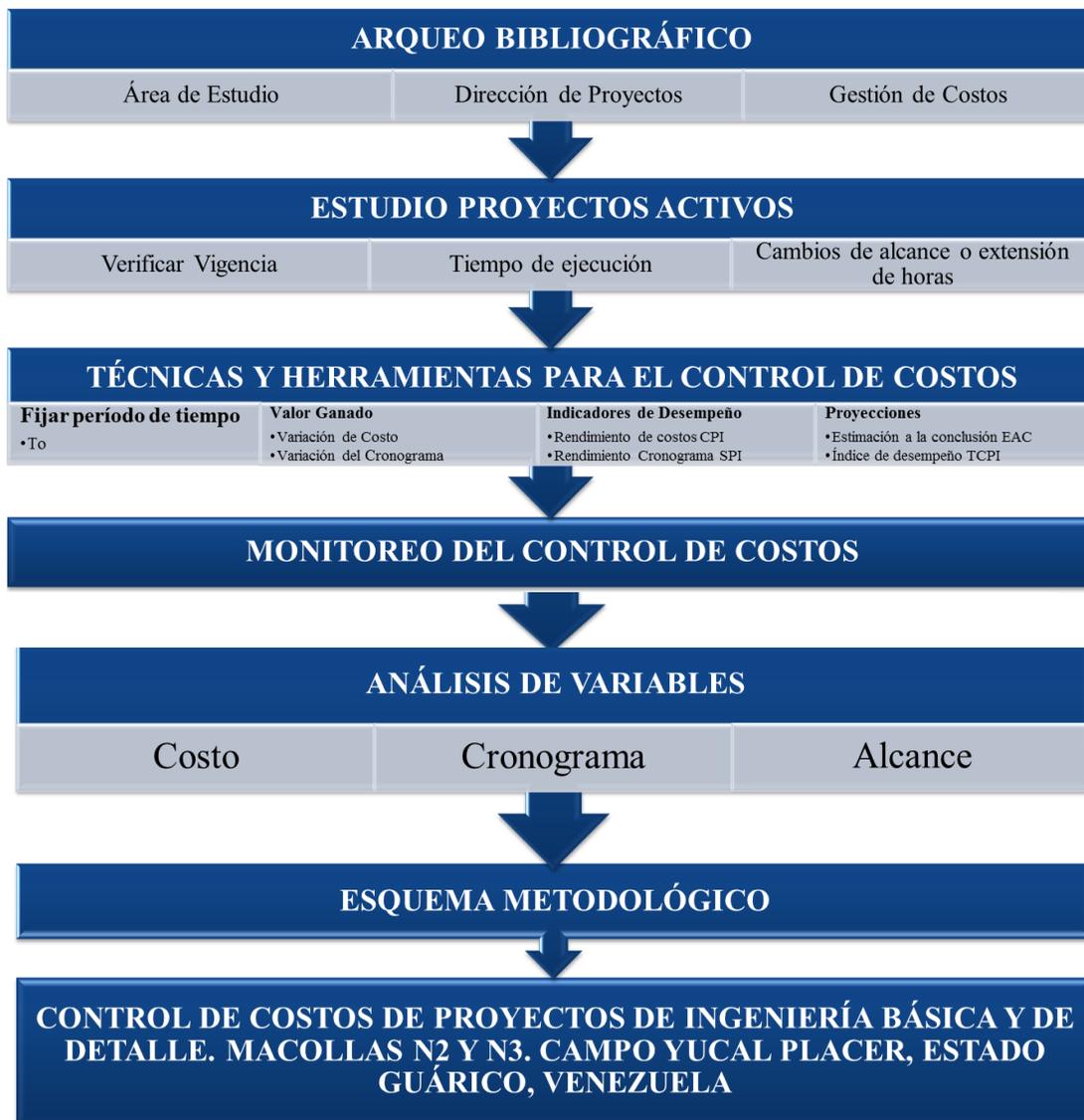


Figura 4.1 Metodología de la Investigación

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los valores empleados en la realización del análisis de resultados están referidos a horas hombre; por confidencialidad de la empresa, no se colocaron los bolívares y/o tarifas asociadas a dichas horas.

En caso de realizar algún cálculo que requiera la utilización de valores monetarios se colocará el resultado final y no los datos empleados para su obtención.

De acuerdo al desempeño del proyecto, se pueden dar diferentes escenarios que permiten modelar su comportamiento; bien sea partiendo del avance hasta una fecha determinada, los costos del mismo, la desviación que tenga respecto al cronograma, las actividades que falten por realizarse entre otros factores a considerar. De acuerdo a lo mencionado anteriormente se tomarán las medidas necesarias para su culminación.

Se considerarán tres escenarios clave para el desarrollo del trabajo de investigación del proyecto de ingeniería básica y de detalle. Macollas N2 y N3. Campo Yucal Placer, estado Guárico, Venezuela estos incluyen la planificación original, una replanificación y un cambio de alcance del proyecto.

5.1 PLANIFICACIÓN ORIGINAL

Inicialmente para el desarrollo del proyecto se disponían de 30.708 HH, obteniendo una contribución de 60,00% (ecuación 2.1) y una contribución neta de 36,91% (ecuación 2.2) con un factor K de 1,61; debía ser desarrollado en 6 meses de acuerdo a la planificación suministrada, como se aprecia en la tabla 5.1 horas hombre.

- Contribución: **60,00%**

$$\frac{PV - PO}{PV}$$

Ecuación 2.1

- Contribución Neta : **36,91%**

$$\frac{PV - (\text{Factor K} (\text{Costos directos} + \text{Costos indirectos}) + \text{gastos no reembolsables})}{PV}$$

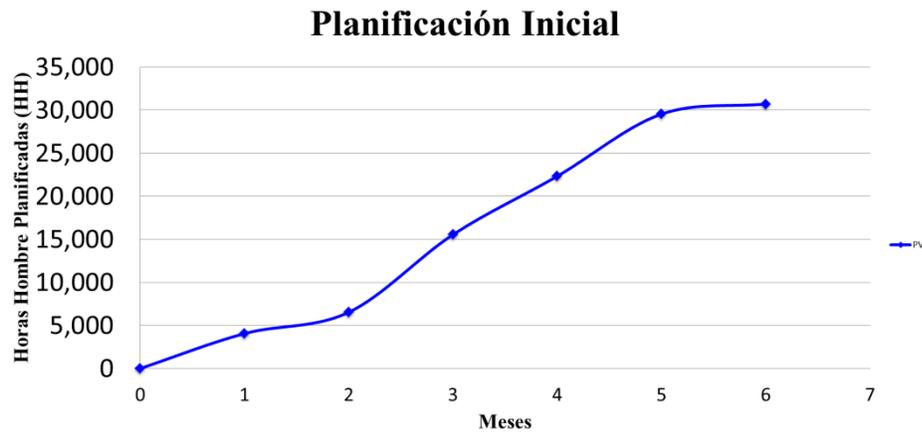
Ecuación 2.2

La tabla 5.1 contiene la cantidad de horas totales para el desarrollo del proyecto, (venta: 30.708 HH), los posibles cambios de alcance, que en este caso son iguales a cero ya que está iniciando; no se contempla un incremento o disminución de horas, ni una cambio en su tiempo de ejecución, las horas que deben utilizarse para generar la contribución del 60% antes mencionada (objetivo: 27.729 HH) y la distribución de las horas a lo largo de los 6 meses, suministrada por la planificación del proyecto.

Tabla 5.1 Horas Hombre, Planificación Original

Mes	HH Venta	HH Cambio de Alcance	HH Venta Total	HH Objetivo	HH Planificadas Acumuladas
1	30.708	0	30.708	27.729	4.056
2	30.708	0	30.708	27.729	6.528
3	30.708	0	30.708	27.729	15.543
4	30.708	0	30.708	27.729	22.320
5	30.708	0	30.708	27.729	29.535
6	30.708	0	30.708	27.729	30.708

La representación gráfica de la planificación inicial a lo largo del proyecto se muestra en la figura 5.1. La curva tiene la típica forma S, en la el cual el proyecto comienza despacio, luego se acelera y al final disminuye, la misma es utilizada para representar los costos acumulados; en el caso de estudio las horas acumuladas tienen el mismo comportamiento, ya que el incluir las tarifas no interfiere en su comportamiento.



Meses	1	2	3	4	5	6
HH Planificadas Acumuladas	4.056	6.528	15.543	22.320	29.535	30.708

Figura 5.1 Planificiación inicial.

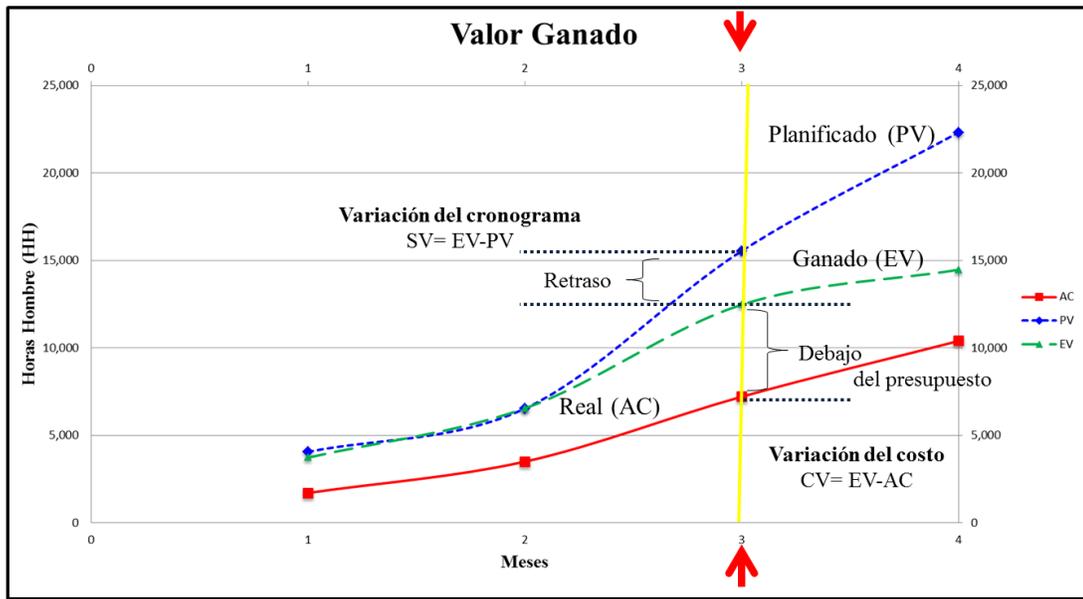
Realizando el control mensual del proyecto se observó que el valor ganado no estaba acorde con la planificación; para éste análisis se tomó un punto en el tiempo al mes 3 notándose un déficit de 3.072 HH (tabla 5.2), además se puede apreciar que el proyecto no tuvo un comportamiento atípico en dicho mes; por el contrario desde que inició las horas ganadas eran menores a las planificadas, con excepción del segundo mes que fueron superadas en 15 unidades sin embargo considerando el total de horas que debieron ganarse en ese período, el número no marca un cambio en la tendencia de avance del proyecto y se puede inferir que el mismo continuará retrasado en el siguiente mes.

Tabla 5.2 HH Planificadas, HH Ganadas y HH Reales, Planificación Original

Mes	HH Planificadas Acumuladas	HH Ganadas Acumuladas	HH Real Acumulado	Diferencia plan-ganado
1	4.056	3.727	1.708	329
2	6.528	6.543	3.498	-15
3	15.543	12.471	7.211	3.072
4	22.320	13.600	10.396	8.720

Pese al comportamiento del proyecto, no se podía tener la certeza que el siguiente mes continuaría igual; por ello se realizó un análisis del valor ganado.

En el análisis del valor ganado se emplearon los valores de horas planificadas, gastadas y ganadas, se mantuvo fijo un punto en el tiempo; el mes 3 y también se prestó atención al 4to donde se observa gráficamente (figura 5.2) que la desviación tanto del cronograma como de los costos respecto a la planificación se incrementa.



	HH Planificadas Acumuladas (PV)	HH Ganadas Acumuladas(EV)	HH Real Acumulado(AC)
1	4.056	3.727	1.708
2	6.528	6.543	3.498
3	15.543	12.471	7.211
4	22.320	13.600	10.396

Figura 5.2 Valor ganado, Planificación Original

Para realizar el análisis del valor ganado se debían responder preguntas tales como: cuánto se había gastado, cuál había sido el avance del proyecto, cuántos y cuáles productos, actividades o entregables faltaban por culminar, cuánto costaría el proyecto, y así determinar el futuro panorama del proyecto. Se utilizaron las siguientes herramientas y técnicas descritas en el PMBOK, mostradas en la tabla 5.3:

Tabla 5.3 Indicadores de rendimiento y Proyecciones, Planificación Original.

BAC=30.708

Variación del costo	Porcentaje de Variación del Costo	Índice de Rendimiento de Costo	Variación del Cronograma	Porcentaje de Variación del Cronograma	Índice de Rendimiento del Cronograma	Índice de Desempeño	Estimación hasta la Conclusión			
							EAC	EAC (CPI)	EAC (CPI*SPI)	
(CV)	(%CV)	(CPI)	(SV)	(%SV)	(SPI)	(PI)				
EV-AC	CV/EV	EV/AC	EV-PV	SV/PV	EV/PV	CPI*SPI	AC + BAC - EV	BAC/ CPI acumulativo	AC+ [(BAC-EV)/(CPI acumulativo* SPI acumulativo)]	
1	2019	54.17%	2.18	-329	-8.11%	0.92	2.01	28689	14073	15164
2	3045	46.54%	1.87	15	0.24%	1.00	1.87	27663	16416	16386
3	5260	42.18%	1.73	-3072	-19.76%	0.80	1.39	25448	17756	20354
4	3204	23.56%	1.31	-8720	-39.07%	0.61	0.80	27504	23473	31858

5.1.1 Mediciones del Desempeño del trabajo

- Variación del Costo

$$CV = EV - AC$$

$$CV = 12.471 - 7.211 = 5.260 \text{ HH}$$

La variación indicó que el proyecto se encontraba 5.260 HH por debajo del presupuesto para este período de tiempo, es decir se gastaron menos horas de las que se ganaron, implicando esto que se ganaran menos horas de las planificadas

- Porcentaje de variación del costo

$$\%CV = \frac{CV}{EV} * 100$$

$$\%CV = \frac{5.260}{12.471} * 100 = 42,18\%$$

El porcentaje de variación del costo es alto respecto a lo ganado, lo que obligó a revisar el desempeño de cada disciplina para determinar si había una menor eficiencia a la esperada o existía algún retraso por parte del cliente.

- Índice de rendimiento de costo

$$CPI = \frac{EV}{AC}$$

$$CPI = \frac{12.471}{7.211} = 1,73$$

El índice de rendimiento obtenido fue mayor a la unidad ($1,73 > 1$), indicando esto un costo inferior, respecto a lo ganado a la fecha.

Considerando sólo este indicador, se podría pensar que el trabajo completado se realizó gastando una menor cantidad de horas, lo cual resultaría altamente efectivo;

sin embargo este indicador por sí sólo no basta, se deben analizar las medidas de rendimiento respecto a la planificación.

- Variación del Cronograma

$$SV = EV - PV$$

$$SV = 12.471 - 15.543 = -3.072 \text{ HH}$$

El proyecto se encontraba retrasado 3.072 HH de acuerdo al plan; comportamiento que se mantuvo en el siguiente mes (cuarto) con 8720 HH por debajo del cronograma.

- Porcentaje de variación del cronograma

$$\%SV = \frac{SV}{PV} * 100$$

$$\%SV = \frac{-3.072}{15.453} * 100 = -19,76\%$$

Aunque la variación respecto al cronograma fue menor que la existente respecto al costo, se llegó a la conclusión de que el proyecto se encontraba retrasado considerablemente y se consideró realizar una replanificación,

- Índice de rendimiento del cronograma

$$SPI = \frac{EV}{PV}$$

$$SPI = \frac{12.471}{15.543} = 0,80$$

Se obtiene un índice de rendimiento menor a uno, confirmando que el proyecto se encuentra por debajo de lo planificado.

- Índice de desempeño

$$PI = CPI * SPI$$

$$PI = 1,73 * 0,80 = 1,39$$

De acuerdo a las medidas de rendimiento de costos y cronograma se obtuvo que el proyecto se encontraba, por debajo del presupuesto, y por debajo del cronograma; medida que se refleja en el 1,39 obtenido del índice de desempeño.

5.1.2 Proyecciones del Presupuesto

Aunque no era evidente que el presupuesto hasta la conclusión (BAC), no fuese viable; se determinaron manualmente valores de estimación a la conclusión (EAC) y así corroborar que a la fecha no eran necesarios.

- Estimación hasta la conclusión:
 - Según la proporción presupuestada

$$EAC = AC + BAC - EV$$

$$EAC = 7.211 + 30.708 - 12.471 = 25.488 \text{ HH}$$

Esta estimación considera las horas que se tenían inicialmente 30.708 HH, más lo que se gastó (7.211 HH), y lo que realmente se ganó (12.471 HH); quedando 25.448 HH como costo total para culminar el proyecto.

Dicha estimación de 25.448 HH a la conclusión resulta menor a las 30.708 HH lo cual confirmó que no era necesario en este período de tiempo realizar dicho cálculo. Sin embargo, no se podía aseverar que el proyecto emplearía menos horas que las vendidas ya que es importante destacar que dicha proyección sólo considera valores puntuales, no contempla las variaciones en el cronograma y los costos que experimentó el proyecto en el mes 3.

- Según el CPI actual

$$EAC = \frac{BAC}{CPI \text{ acumulativo}}$$

$$EAC = \frac{30,708}{1,73} = 17.756 \text{ HH}$$

En la estimación hasta la conclusión basada en el CPI actual 17.756 HH, arrojó un valor mucho menor que el anterior (25.488 HH), según esta estimación el proyecto daría gran ganancia. Sin embargo en esta estimación se considera sólo el índice de desempeño del costo, que se había calculado inferior respecto al trabajo a la fecha por ello el valor indicó que se utilizarían menos horas.

- Según índices SPI y CPI

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI \text{ acumulativo} * SPI \text{ acumulativo}}$$

$$EAC = 7.211 + \frac{30.708 - 12.471}{1,73 * 0,8} = 20.354 \text{ HH}$$

Esta estimación es una de las más cercanas a la realidad, ya que contempla lo gastado a la fecha (7.211 HH), y lo ganado (12.471 HH) así como el desempeño de los costos y del cronograma, involucrando esto los retrasos presentes en el proyecto.

Sin embargo por la etapa en la que se encontraba el proyecto no se consideró, según el criterio del director realizar la estimación a la conclusión.

5.1.3 Índice de desempeño del trabajo por completar

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC - AC}$$

$$TCPI = \frac{30.708 - 12.471}{30.708 - 7.211} = 0,78$$

Se obtuvo que el desempeño del trabajo por completar, debía ser de 0,78 para lograr cumplir con la meta de gestión. El CPI se ubicaba por debajo de la línea base del plan como se muestra teóricamente en la figura 2.15, todo el trabajo futuro del proyecto hasta la fecha podría realizarse en el rango del TCPI (BAC), no siendo necesario utilizar la ecuación siguiente:

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{EAC - AC}$$

5.1.4 Causas de las variaciones

En vista de las variaciones presentadas respecto al costo y al cronograma se decidió, verificar el comportamiento de cada disciplina para así determinar si una o varias en particular afectaban al proyecto. Primero se realizó un histograma con el peso de cada disciplina en el proyecto de acuerdo a su distribución total de horas (figura 5.3 y tabla 5.4).

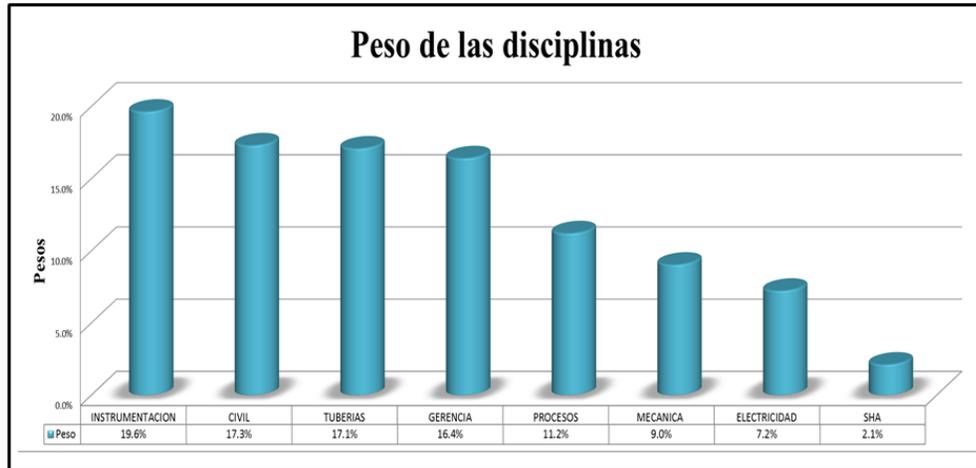


Figura 5.3 Peso de las disciplinas, Planificación Original

Tabla 5.4 Distribución de horas y peso, Planificación Original.

Disciplina	HH	Peso (%)
Instrumentación	6.030	19.6%
Civil & Estructuras	5.312	17.3%
Tuberías	5.246	17.1%
Gerencia de Proyectos	5.038	16.4%
Procesos	3.442	11.2%
Mecánica	2.774	9.0%
Electricidad	2.218	7.2%
SHA	648	2.1%
Total	30.708	100.0%

Para facilitar el análisis se ordenaron las disciplinas de mayor a menor peso y se realizó un esquema de dependencia entre las mismas (figura5.4), pudiendo establecer una relación entre las desviaciones que presentaban hasta la fecha.

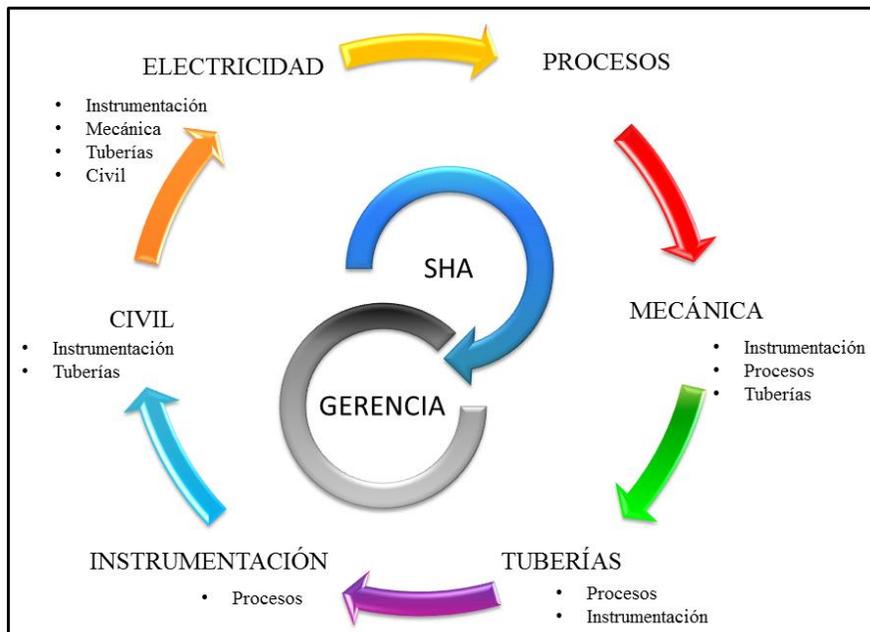


Figura 5.4 Esquema de dependencia de disciplinas.

La figura 5.4 muestra como eje central a la gerencia del proyecto que debe supervisar todas y cada una de las actividades a realizarse, y lo concerniente a seguridad, higiene y ambiente que debe mantener cada una de ellas a lo largo del proyecto. Este esquema fue generado en base a la descripción del proyecto mencionada en el capítulo 3. Por ejemplo en la figura anterior, se observa que disciplinas como mecánica, tuberías e instrumentación tienen como común denominador a procesos estos se debe al suministro de datos de entrada la misma, durante el diseño de las instalaciones de las macollas.

A continuación se presentan los histogramas de las disciplinas donde se se analizó la desviación de cada una:

La gerencia del proyecto se mantuvo sin una desviación (figura 5.5) negativa; queriendo decir esto que lo real estuvo por encima de lo planificado en 2,92% y 0,68% para el mes 3 y 4 respectivamente, por lo que la gerencia no tuvo gran impacto en en la variación del plan hasta dicho momento.

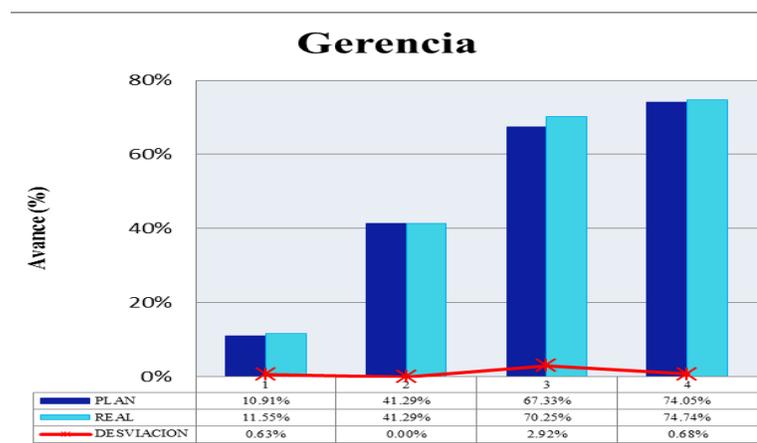


Figura 5.5 Disciplina Gerencia, Planificación Original

La disciplina procesos revertía gran importancia para este proyecto ya que como se mencionó anteriormente, suministraba datos de entrada para otras disciplinas.

Presentó una desviación (figura 5.6) en el mes 3 de -8,97% y para el mes 4 continuó su tendencia negativa con un -11,91%. Nótese que tan solo en un mes se incrementó la desviación casi en una cuarta parte del mes anterior.

Procesos contó con un peso de 11,2% (figura 5.3) en el proyecto, influyendo esto en las variaciones del cronograma que se determinaron hasta la fecha.

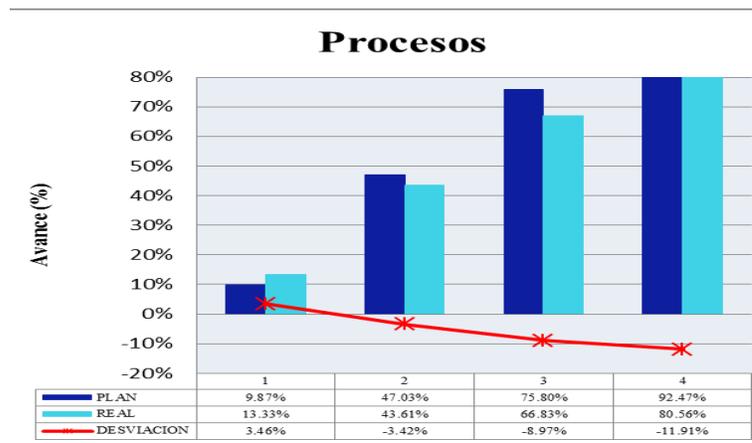


Figura 5.6 Disciplina Procesos, Planificación Original

Observando el comportamiento de procesos, se analizaron las disciplinas mecánica, instrumentación y tuberías, figuras 5.7, 5.8 y 5.9 respectivamente, y se confirmó un comportamiento similar al antes mencionado; obteniendo desviaciones cercanas como fue el ejemplo de mecánica -7,09% e instrumentación -11,10% y tuberías con un valor mucho más elevado -37,12% afectando considerablemente la planificación del proyecto.

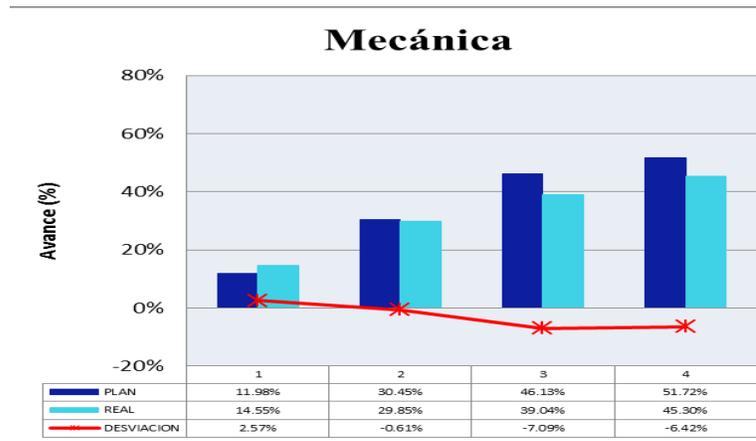


Figura 5.7 Disciplina Mecánica, Planificación Original

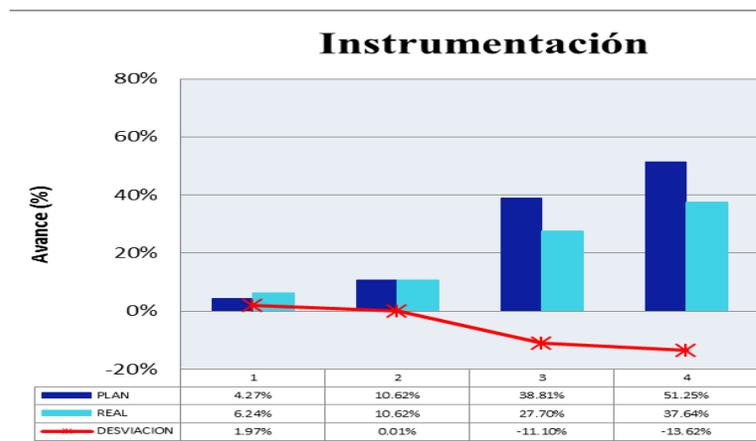


Figura 5.8 Disciplina Instrumentación, Planificación Original

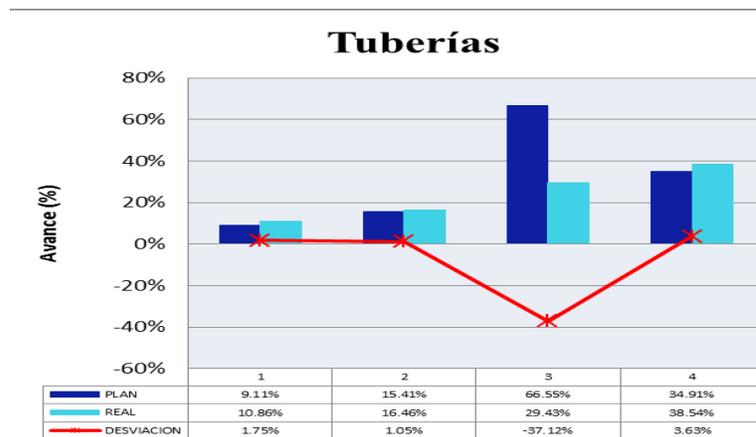


Figura 5.9 Disciplina Tuberías, Planificación Original

Electricidad (figura 5.10), es la disciplina con mayor dependencia, por lo que mantiene una desviación -20,49%, negativa al igual que las anteriores, comportamiento que se mantiene en el siguiente mes. Además se añadieron a dicha disciplina productos que no se encuentran en la base de medición, que por tal razón no generan avance pero sí impactan en el progreso físico de la disciplina

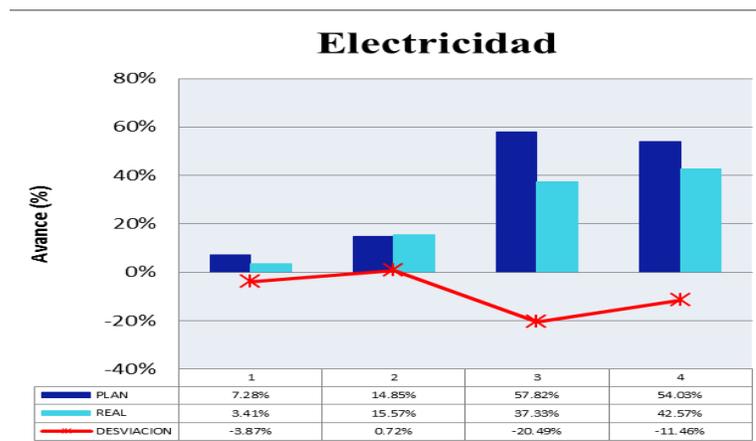


Figura 5.10 Disciplina Electricidad, Planificación Original

Las disciplinas de SHA y Civil, figuras 5.11 y 5.12 respectivamente tuvieron un comportamiento similar a en los meses 3 y 4; civil en el mes 3 estuvo por encima del plan con un valor pequeño de 3,68 y luego en el siguiente mes declinó y llegó a tener una declinación negativa -16,75%, mientras que SHA demostró un comportamiento inverso comenzando con una declinación de -14,81% y luego en el mes 4, reslizando lo planificado a ese período evidenciado es su desviación igual a cero.

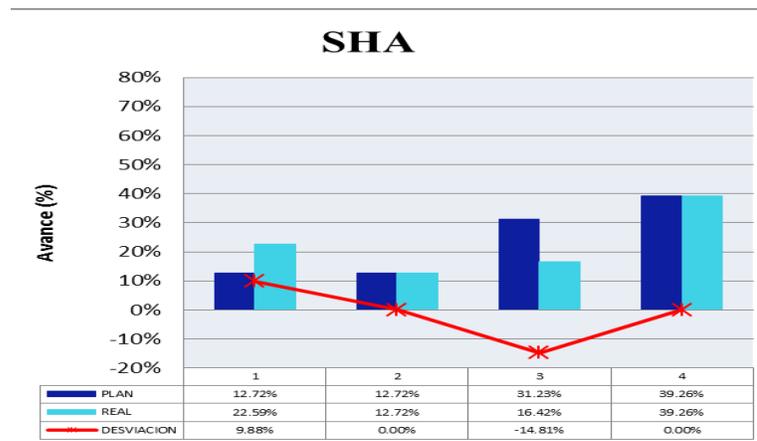


Figura 5.11 Disciplina SHA, Planificacion Original

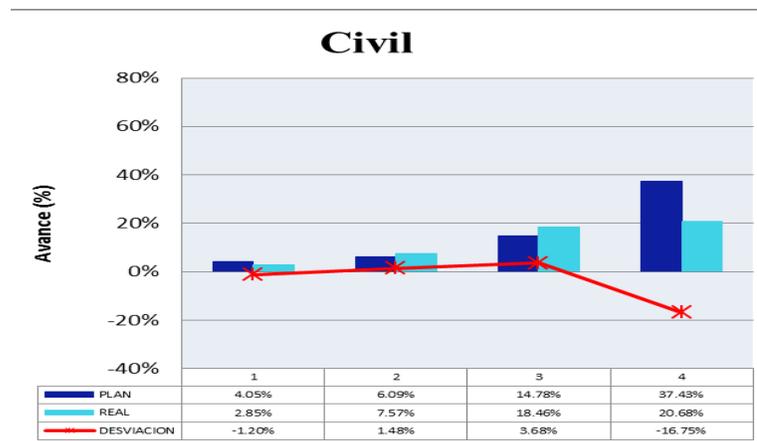


Figura 5.12 Disciplina Civil, Planificacion Original

En el histograma que contiene el avance total (figura 5.13), respecto al avance real y planificado se observa la desviación general. Según información de la planificación del proyecto, este retraso en el cronograma se debió a entregas tardías de información, de emisión de comentarios, revisión de planos, por lo que no se podía continuar avanzando en la siguiente actividad y afectó el desempeño del proyecto.

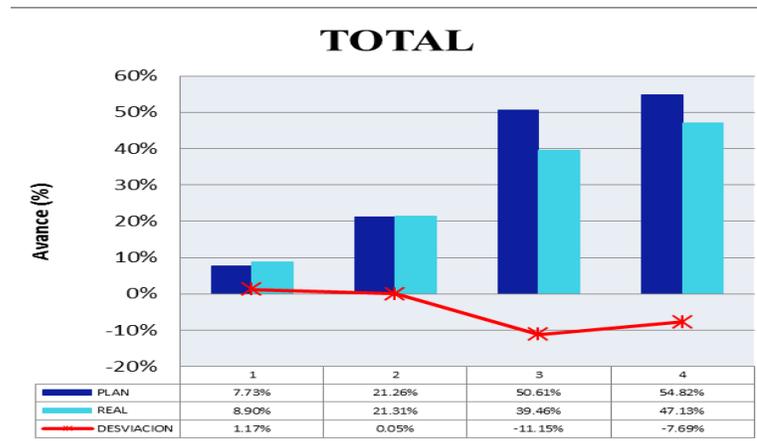


Figura 5.13 Total Disciplinas, Planificacion Original

5.1.5 Acciones correctivas

Conforme a lo anteriormente expuesto, se consideró una extensión en la fecha de culminación del proyecto; con dicho comportamiento no se alcanzaría el objetivo planteado inicialmente

Para ello se debió replanificar, es decir acorde a las actividades que faltaban por ejecutar del proyecto, se estimó el tiempo de culminación y se concluyó que el mismo finalizaría un mes después.

Se estimó que el período siguiente entrara en marcha la nueva planificación, una vez revisados por Ypergas, la nueva lista de ejecución.

5.2 REPLANIFICACIÓN I

La replanificación no alteró la cantidad de horas que se disponían para realizar el trabajo 30.708 HH, fue aprobada en el quinto mes, la contribución y contribución neta continuaron siendo 60,00% y 36,91% respectivamente, ya que no hubo un incremento de horas o un cambio en el objetivo del proyecto, no afectando esto al presupuesto del proyecto.

En esta nueva etapa el proyecto, el proyecto tendría una duración de 7 meses, por lo que la planificación cambió como se muestra en la tabla 5.5. Las horas que se ganaron hasta la fecha no podían ser modificadas, por lo que se asumió que la planificación sería igual a las horas ganadas hasta el mes 4, y el remanente se distribuyó en los meses posteriores.

Tabla 5.5 Horas Hombre, Replanificación I

Mes	HH Venta	HH Cambio de Alcance	HH Venta Total	HH Objetivo	HH Planificadas Acumuladas
1	30.708	0	30.708	27.729	3.727
2	30.708	0	30.708	27.729	6.543
3	30.708	0	30.708	27.729	12.471
4	30.708	0	30.708	27.729	13.600
5	30.708	0	30.708	27.729	24.700
6	30.708	0	30.708	27.729	29.915
7	30.708	0	30.708	27.729	30.708

La tabla 5.6 muestra los valores de horas ganadas, gastadas y planificadas, durante el primer semestre del proyecto, nótese que los primeros 4 meses no existen diferencias entre el plan y lo ganado debido a lo expuesto anteriormente; sin embargo aún en presencia de una replanificación del proyecto, éste continúa teniendo retrasos.

Sólo en el mes 5, presentó un déficit de 5.686 HH respecto al plan y para el mes 6 se contabilizaron 7.829 HH. Dichos valores indicaban por si solos que existía un retraso en el cronograma del proyecto.

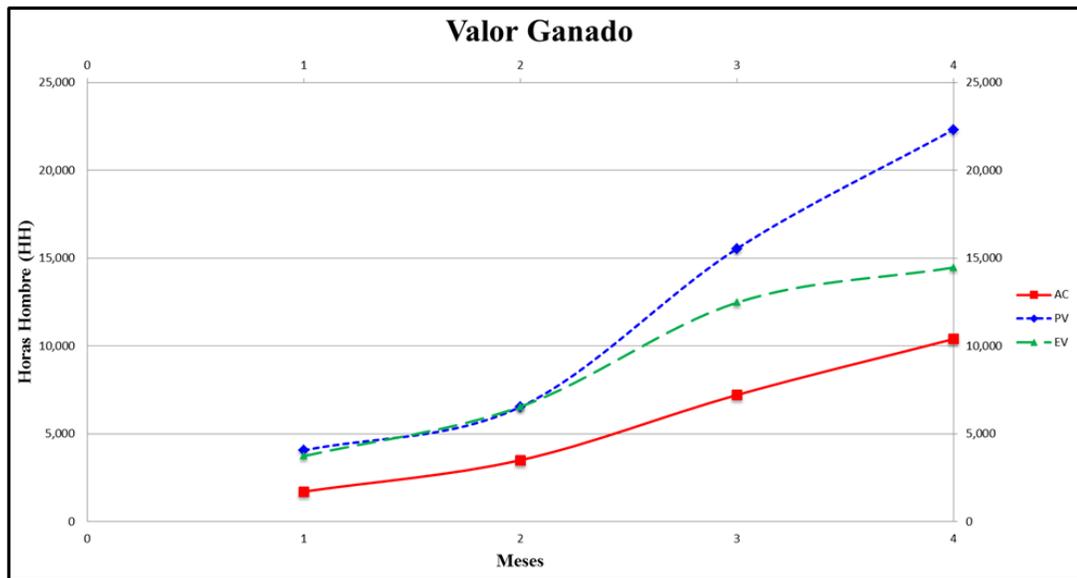
Tabla 5.6 HH Planificadas, HH Ganadas y HH Reales, Replanificación I

Mes	HH Planificadas Acumuladas	HH Ganadas Acumuladas	HH Real Acumulado	Diferencia plan-ganado
1	3.727	3.727	1.708	0
2	6.543	6.543	3.498	0
3	12.471	12.471	7.211	0
4	13.600	13.600	10.396	0
5	24.700	19.014	14.629	5.686
6	29.915	22.086	19.635	7.829

Durante los primeros seis meses el proyecto mantuvo el mismo comportamiento en cuanto a déficit en el plan y en el cronograma. Igual que en el escenario anterior se debió realizar la gestión del valor ganado, considerando la cercanía con la fecha final de culminación del proyecto, para determinar las medidas próximas a tomar.

En el análisis del valor ganado al igual que el caso anterior se mantuvo el esquema de trabajo en función de las horas planificadas, gastadas y ganadas, el punto fijado en el tiempo fue el mes 6.

A manera de resaltar la importancia que tuvo la replanificación se muestra la figura 5.14 en la cual se graficaron los valores que se hubieran obtenido en el proyecto si no se hubiera realizado un nuevo plan; siendo obvio la desviación que presentan las curvas entre sí; siendo lo planificado (PV) 22.320 HH ganando (EV) apenas 13.600 HH y gastando (AC) 10.396 HH.

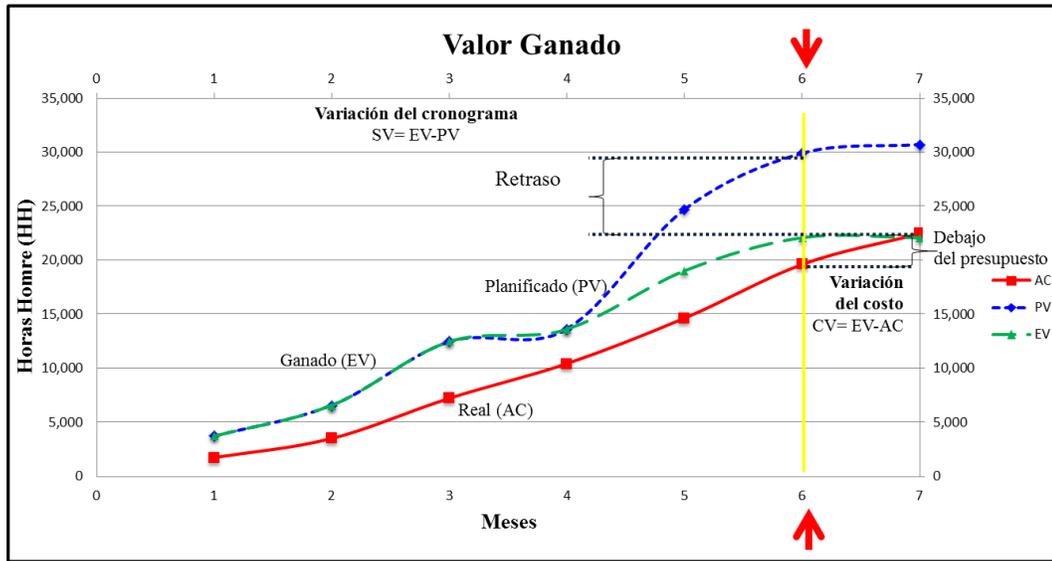


	HH Planificadas Acumuladas	HH Ganadas Acumuladas	HH Real Acumulado
1	4.056	3.727	1.708
2	6.528	6.543	3.498
3	15.543	12.471	7.211
4	22.320	13.600	10.396

Figura 5.14 Comportamiento del proyecto, según planificación original, Replanificación I

La nueva planificación realizada no tenía la misma forma de S del inicio gracias al ajuste a horas ganadas que se realizó y al comportamiento del proyecto (figura 5.15). Sin embargo la tendencia de desempeño del valor ganado y del costo actual seguía por debajo de lo planificado.

Para el mes 6 se dejaron de ganar 5686 HH, y las horas ganadas a la fecha se encontraban cercanas al objetivo planteado de 27.729 HH.



	HH Planificadas Acumuladas	HH Ganadas Acumuladas	HH Real Acumulado
1	3727	3727	1708
2	6543	6543	3498
3	12471	12471	7211
4	13600	13600	10396
5	24700	19014	14629
6	29915	22086	19635
7	30708	22086	22466

Figura 5.15 Valor ganado, Replanificación I

Similar al caso anterior se debía conocer cuánto se había gastado, el avance total del proyecto, qué afectaba el retraso, cuánto costaría el proyecto realmente, determinar si las horas iniciales (30.708 HH) eran factibles para culminar el proyecto, o por el contrario era necesario una extensión de las horas, posibles cambios en el alcance entre otros. Para ello se utilizaron las siguientes herramientas y técnicas mostradas en la tabla 5.16:

Tabla 5.7. Indicadores de rendimiento y Proyecciones, Replanificación1.

BAC=30.708

Variación del costo	Porcentaje de Variación del Costo	Índice de Rendimiento de Costo	Variación del Cronograma	Porcentaje de Variación del Cronograma	Índice de Rendimiento del Cronograma	Índice de Desempeño	Estimación hasta la Conclusión			
							EAC	EAC (CPI)	EAC (CPI*SPI)	
(CV)	(%CV)	(CPI)	(SV)	(%SV)	(SPI)	(PI)				
EV-AC	CV/EV	EV/AC	EV-PV	SV/PV	EV/PV	CPI*SPI	AC + BAC - EV	BAC/ CPI acumulativo	AC+ [(BAC-EV)/(CPI acumulativo* SPI acumulativo)]	
1	2019	54.17%	2.18	0	0.00%	1.00	2.18	28689	14073	14073
2	3045	46.54%	1.87	0	0.00%	1.00	1.87	27663	16416	16416
3	5260	42.18%	1.73	0	0.00%	1.00	1.73	25448	17756	17756
4	3204	23.56%	1.31	0	0.00%	1.00	1.31	27504	23473	23473
5	4385	23.06%	1.30	-5686	-23.02%	0.77	1.00	26323	23627	26317
6	2451	11.10%	1.12	-7829	-26.17%	0.74	0.83	28257	27300	30017
7	-380	-1.72%	0.98	-8622	-28.08%	0.72	0.71	31088	31236	34660

5.2.2 Mediciones del Desempeño del trabajo

- Variación del Costo

$$CV = EV - AC$$

- Mes 6

$$CV = 22.086 - 19.635 = 2.451 \text{ HH}$$

La variación obtenida fue de 2.451 HH ubicándose por debajo del presupuesto nuevamente.

- Mes 7

$$CV = 22.086 - 22466 = -380 \text{ HH}$$

En el siguiente mes la variación cambia de signo (negativo), indicando esto que se comenzaba a generar un sobre costo en el proyecto, contrario al desempeño que venía experimentando.

- Porcentaje de variación del costo

$$\%CV = \frac{CV}{EV} * 100$$

- Mes 6

$$\%CV = \frac{2.451}{22.086} * 100 = 11,10\%$$

El porcentaje de variación del valor ganado con respecto al costo fue menor que el obtenido en el mes 3 anteriormente calculado, lo que implica que lo gastado se acercaba al valor ganado, como observa en la figura 5.15, Sin embargo se debía estudiar a fondo el porqué de dicho cambio; de igual forma se revisó el desempeño de cada disciplina para determinar si había una menor eficiencia a la esperada o existía

algún retraso bien sea por otra disciplina o retraso en alguna información suministrada por el cliente.

- Mes 7

$$\%CV = \frac{-380}{22.086} * 100 = -1,72\%$$

Obtener un valor de -1.72% de variación en el costo del proyecto se podría pensar que era poco representativo, no obstante indicaba un cambio de tendencia en el costo del trabajo.

- Índice de rendimiento de costo

$$CPI = \frac{EV}{AC}$$

- Mes 6

$$CPI = \frac{22.086}{19.635} = 1,12$$

Aunque los costos se acercaban al valor ganado, el índice de rendimiento obtenido nuevamente fue mayor a la unidad ($1,12 > 1$), indicando esto costo inferior, respecto al desempeño a la fecha.

Considerando sólo este indicador, se puede decir que el trabajo completado se estaría realizando gastando una menor cantidad de horas, lo cual resultaría altamente efectivo; sin embargo este indicador por sí sólo no basta se debe analizar las medidas de rendimiento respecto a la planificación.

- Mes 7

$$CPI = \frac{22.086}{22.086} = 0,98$$

Los costos en este mes superaron al valor ganado, reflejándose esto en el índice del rendimiento del costo al ser este menor a la unidad (0,98 < 1), se comenzaba a superar el presupuesto.

- Variación del Cronograma

$$SV = EV - PV$$

- Mes 6

$$SV = 22.086 - 29.915 = -7.829\text{HH}$$

El resultado arrojado por la variación del cronograma dio un valor negativo; el proyecto se encontraba retrasado, 7.829 HH de acuerdo a lo planificado.

- Mes 7

$$SV = 22.086 - 30.708 = -8.622\text{HH}$$

En este mes la variación respecto al cronograma se incrementó, gracias al que el número de horas ganadas se mantuvo igual. Siendo este caso atípico se debió consultar con el gerente y planificador del proyecto la causa de dicha desviación.

- Porcentaje de variación del cronograma

$$\%SV = \frac{SV}{PV} * 100$$

- Mes 6

$$\%SV = \frac{-7.829}{29.915} * 100 = -26,17\%$$

La variación respecto al cronograma fue mayor en este caso, que la existente respecto al costo, el proyecto estaba retrasado nuevamente.

- Mes 7

$$\%SV = \frac{-8.622}{30.708} * 100 = -28,08\%$$

Continuó el incremento en la variación del cronograma, las horas planificadas para este mes eran 30.708 HH lo cual era el total de horas disponibles para la culminación del trabajo.

- Índice de rendimiento del cronograma

$$SPI = \frac{EV}{PV}$$

- Mes 6

$$SPI = \frac{22.086}{29.915} = 0,74$$

Se obtiene un índice de rendimiento menor a uno ($0,74 < 1$), indicando que la cantidad de trabajo realizado es menor a la prevista.

- Mes 7

$$SPI = \frac{22.086}{30.708} = 0,72$$

El índice disminuyó ($0,71 < 1$); al mantenerse las horas ganadas y llegar al valor total según lo planificado.

- Índice de desempeño

$$PI = CPI * SPI$$

- Mes 6

$$PI = 1,12 * 0,74 = 0,83$$

De acuerdo a las medidas de rendimiento de costos y cronograma el proyecto se encontraba, por debajo del desempeño esperado; medida que se refleja en el 0,83 obtenido del índice de desempeño.

- Mes 7

$$PI = 0,98 * 0,72 = 0,71$$

Que el desempeño disminuyera era lógico, el proyecto debía culminar y hasta ese período no se había dado. Para lograr esto se debía cambiar el alcance de proyecto e incrementar las horas disponibles.

5.2.2 Proyecciones del Presupuesto

En este punto del proyecto, no resultaba tan evidente que las 30.708 HH del presupuesto hasta la conclusión (BAC), fuesen viables, por lo que se determinaron manualmente valores de estimación a la conclusión (EAC).

- Estimación hasta la conclusión:
 - Según la proporción presupuestada

$$EAC = AC + BAC - EV$$

- Mes 6

$$EAC = 19.635 + 30.708 - 22.086 = 28.257HH$$

Esta estimación considera las horas que se tenían inicialmente 30.708 HH, más lo que se gastó (19.635HH), y lo que realmente se ganó (22.086 HH); quedando 28.257 HH como costo total para culminar el proyecto.

Dicha estimación de 28.257 HH a la conclusión aunque resulta menor a las 30.708 HH, se encuentra en un valor cercano y supera al objetivo planteado inicialmente (27.729 HH). El punto en el tiempo en el que se realizó la misma fue el

mes 6. Para este mes el cliente había planteado cambios de alcance en el cronograma del proyecto con un nuevo listado de productos. Por lo que emplear este valor se estaba considerando.

- Mes 7

$$EAC = 22.466 + 30.708 - 22.086 = 31.088\text{HH}$$

Efectivamente en el mes 7, la estimación a la conclusión (EAC), supero a la estimación hasta la conclusión que se disponía inicialmente (BAC) de 30.708 HH. Según esta estimación se necesitaban 380 HH más para culminar.

Sin embargo, nuevamente es importante destacar que dicha proyección sólo considera valores fijos, no contempla las variaciones en el cronograma y los costos que experimentó el proyecto. Y para considerar el valor arrojado por ella se deben analizar lo que resta por culminar en el proyecto.

- Según el CPI actual

$$EAC = \frac{BAC}{CPI \text{ acumulativo}}$$

- Mes 6

$$EAC = \frac{30.708}{1,12} = 27.300 \text{ HH}$$

Se estimaron 27.300 HH, siendo un valor muy cercano al anterior (28.257 HH), y próximo al de venta. Nótese que esta estimación no es mucho menor que la anterior, como en el caso de la planificación inicial; gracias a que los costos actuales se han acercado a la curva del trabajo completado.

- Mes 7

$$EAC = \frac{30.708}{0,98} = 31.236 \text{ HH}$$

También se superaron las 30.708 HH. Confirmando nuevamente que ya la estimación hasta la conclusión no era viable. Sin embargo en esta estimación se considera sólo el índice de desempeño del costo, que se había calculado inferior respecto al trabajo a la fecha.

- Según índices SPI y CPI

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI \text{ acumulativo} * SPI \text{ acumulativo}}$$

- Mes 6

$$EAC = 19.635 + \frac{30.708 - 22.086}{1,12 * 0,74} = 30.017 \text{ HH}$$

Esta estimación es una de las más cercanas a la realidad, ya que contempla lo gastado a la fecha (19.635 HH), y lo ganado (22.086 HH) así como el desempeño de los costos y del cronograma, involucrando esto los retrasos presentes en el proyecto.

Gracias a los valores de estimación a la conclusión obtenidos en esta etapa del proyecto, se planteaba una replanificación del proyecto.

- Mes 7

$$EAC = 22.466 + \frac{30.708 - 22.086}{0,98 * 0,72} = 34.660 \text{ HH}$$

Se observa que la consideración realizada en el mes 6, era la indicada se debía replanificar ya para el siguiente mes ya que se superaban las horas totales para el desempeño del trabajo.

5.2.3 Índice de desempeño del trabajo por completar

- Según BAC:

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC - AC}$$

- Mes 6

$$TCPI = \frac{30.708 - 22.086}{30.708 - 19.635} = 0,78$$

Se obtuvo que el desempeño del trabajo por completar, debía ser de 0,78 para lograr cumplir con la meta de gestión. El CPI nuevamente se ubicó por debajo de la línea base del plan, aunque en esta oportunidad era cercano a la unidad.

- Mes 7

$$TCPI = \frac{30.708 - 22.086}{30.708 - 22.086} = 0$$

El valor anterior confirmó que se debía calcular una estimación a la conclusión ya que evidentemente el presupuesto a la conclusión no era viable.

- Según EAC:

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{EAC - AC}$$

- Mes 6

A manera de analizar escenarios futuros se calculó el índice de desempeño del trabajo por completar en función de los EAC anteriormente calculados obteniendo:

- TCPI, con EAC según la proporción presupuestada

$$TCPI = \frac{30.708 - 22.086}{28.257 - 19.635} = 1,00$$

- TCPI, con EAC según el CPI actual

$$TCPI = \frac{30.708 - 22.086}{27.300 - 19.635} = 1,12$$

- TCPI, con EAC según índices SPI y CPI

$$TCPI = \frac{30.708 - 22.086}{30.017 - 19.635} = 0,83$$

El índice de desempeño del trabajo por completar calculado con las estimaciones a la conclusión dio valores elevados como era de esperarse. Considerando el mes en el que fueron calculados (mes 6); cuando el EAC aún era menor que el BAC, influyendo así en el TCPI. Al tener un menor valor del presupuesto hasta la conclusión se necesitan valores más elevados de desempeño en el trabajo para poder cumplir con la meta de gestión.

- Mes 7

En vista de que no era viable el BAC, se procedió a realizar el cálculo de TCPI con los valores de EAC calculados para el mes siete.

- TCPI, con EAC según la proporción presupuestada

$$TCPI = \frac{30.708 - 22.086}{30.088 - 22.466} = 1,00$$

- TCPI, con EAC según el CPI actual

$$TCPI = \frac{30.708 - 22.086}{31.236 - 22.466} = 0,98$$

- TCPI, con EAC según índices SPI y CPI

$$TCPI = \frac{30.708 - 22.086}{34660 - 22.466} = 0,71$$

El índice de desempeño del trabajo, que más se ajusta al comportamiento en función del cronograma y costos del proyecto es el de 0,71. Así se obtuvo una aproximación de la proyección que debía lograrse, una vez aprobado el cambio de alcance y así cumplir la nueva meta de gestión planteada.

5.2.4 Causas de las variaciones

Las mediciones realizadas al mes 7 fueron calculadas conforme el último cronograma de ejecución presentado al cliente. No obstante, YPERGAS informó sobre cambios de alcance en el proyecto referentes a: pozos productores, perforaciones y reubicaciones de pozos.

La dependencia (figura 5.4) y distribución de horas (tabla 5.4) entre las disciplinas se mantuvo. Las desviaciones de las disciplinas, plan vs avance real, no se consideraron a profundidad en este caso.

La disciplina mecánica (figura 5.17) presentó una desviación negativa -25,97%, se consideró, por ser fruto del retraso de uno planos de equipos que suministraría Ypergas.

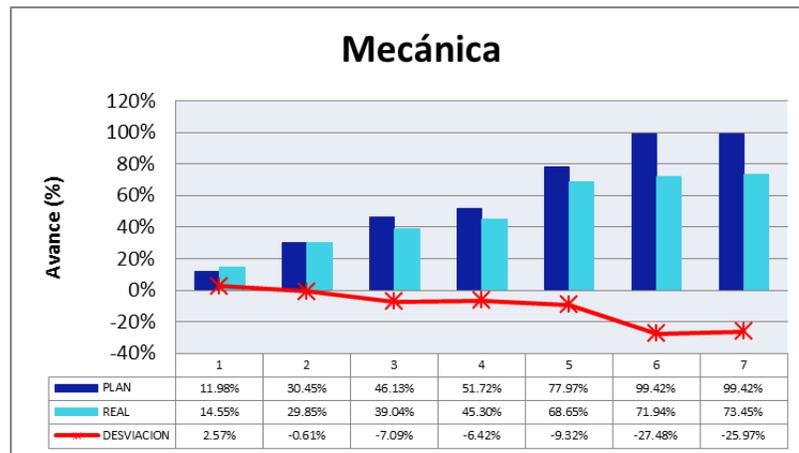


Figura 5.17 Disciplina Mecánica, Replanificación I

Al igual que mecánica, tuberías presentó una desviación negativa -29,94%; motivado al retraso en la emisión de los isométricos y de todos los productos asociados a su emisión, por lo tanto, una vez emitidos estos, la disciplina tendría un repunte en su avance.

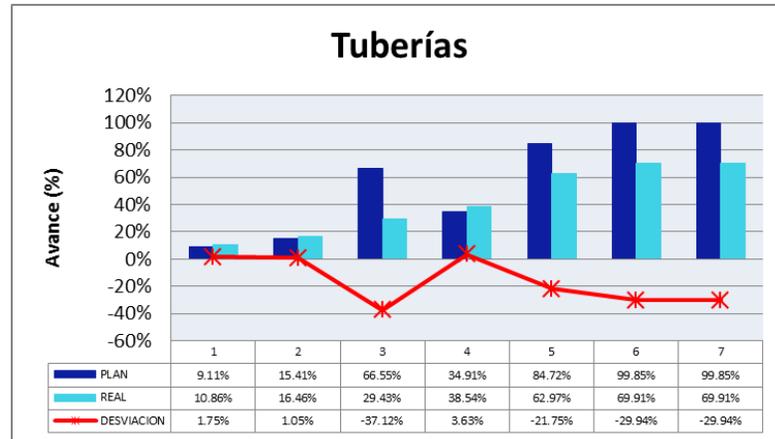


Figura 5.18 Disciplina Tuberías, Replanificación I

De acuerdo a lo antes expuesto en el mes 7 el número de horas ganadas es igual al mes 6 (22.086 HH); es decir no se produjo avance, ya que no se había aprobado un nuevo cronograma de ejecución, sin embargo las gastadas (22.466 HH) sufrieron un incremento; se debía trabajar en la emisión de comentarios y documentos para definir el cambio de alcance. Afectando esto a la curva de avance total y por ende se obtuvo una curva de desviación total - 25,05% (figura 5.19).

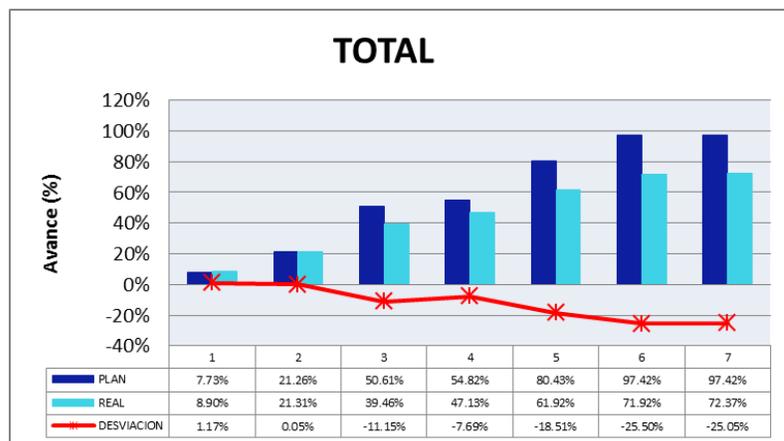


Figura 5.19 Desviación Total Replanificación I.

Luego de la aprobación del cambio de alcance y con la nueva planificación se podrán obtener indicadores que reflejen la situación real del proyecto y de cada disciplina por separado; permitiendo realizar proyecciones al fin del proyecto. Las HH correspondientes a este cambio de alcance son 4.750 y la nueva fecha de finalización es el mes 11.

5.2.5 Acciones correctivas

De acuerdo al análisis del valor ganado, en el que no era viable al mes 7 el presupuesto a la conclusión se resolvió realizar un cambio de alcance, con 4.750 HH, es decir el proyecto costaría en total 35.458 HH; valor que no dista en gran número (798 HH) de lo estimado en el TCPI según EAC (CPI*SPI) al mes 7 en el que se obtuvo 34.660 HH.

En la definición del cambio de alcance participaron todas las disciplinas, ajustándose a lo requerido en el nuevo cronograma de ejecución del proyecto que aprobó Ypergas.

5.3 REPLANIFICACIÓN II (CAMBIO DE ALCANCE)

Una vez aprobado el cambio de alcance las horas que se disponían para realizar el proyecto fueron 35.458 HH; siendo este valor la suma de las 30.708 HH iniciales más las 4.750 HH aprobadas en el cambio de alcance (ver tabla 5.17) y extendiéndose el proyecto hasta el mes 11.

La tabla 5.17 contiene la cantidad de horas totales para el desarrollo del proyecto, iniciales (30.708 HH), las horas correspondientes al cambio de alcance (4.750 HH) y las horas totales que a partir del mes 6 correspondían a 35.458 HH. Así como las horas de venta total fueron modificadas, el objetivo, se trazó en 33.423 HH.

En vista que hubo un cambio de alcance la contribución del proyecto se vio afectada, se utilizó el mismo factor K quedando de la siguiente manera:

- Contribución: **54,63,%**

$$\frac{PV - PO}{PV}$$

Ecuación 2.1

- Contribución Neta : **28,11%**

$$\frac{PV - (\text{Factor K} (\text{Costos directos} + \text{Costos indirectos}) + \text{gastos no reembolsables})}{PV}$$

Ecuación 2.2

Una vez definido el cambio de alcance de acuerdo a los productos faltantes, se realizó la nueva planificación. En vista de que las horas ganadas no sufren modificación, hasta el mes 7 se asume que las horas planificadas eran igual a las ganadas, medida que se refleja en la tabla 5.7.

Tabla 5.8 Horas Hombre, Replanificación II

Mes	HH Venta	HH Cambio de Alcance	HH Venta Total	HH Objetivo	HH Planificadas Acumuladas
1	30.708	0	30.708	27.729	3.727
2	30.708	0	30.708	27.729	6.543
3	30.708	0	30.708	27.729	12.471
4	30.708	0	30.708	27.729	13.600
5	30.708	0	30.708	27.729	19.014
6	30.708	0	30.708	27.729	22.086
7	30.708	0	30.708	27.729	22.086
8	30.708	4.750	35.458	33.423	25.775
9	30.708	4.750	35.458	33.423	29.646
10	30.708	4.750	35.458	33.423	34.738
11	30.708	4.750	35.458	33.423	35.458

La tabla 5.8 muestra los valores de horas ganadas, gastadas y planificadas, durante 13 meses, fecha en la que se culminó el proyecto. Se destaca en dicha tabla que el mes 8 se divide en 8i y 8ii, para el primer período de este mes no se había aprobado el nuevo cronograma de ejecución, implicando esto que el plan sea igual a lo ganado, no obstante para el 2do trimestre del mes (8ii) se habían comenzado a ganar horas.

Otro punto a destacar es un número meses mayor al objetivo; no fue sino en el mes 13 que se alcanzó la meta de las 35.458 HH.

Tabla 5.9 HH Planificadas, HH Ganadas y HH Reales, Replanificación II

Mes	HH Planificadas Acumuladas	HH Ganadas Acumuladas	HH Real Acumulado	Diferencia plan-ganado
1	3.727	3.727	1.708	0
2	6.543	6.543	3.498	0
3	12.471	12.471	7.211	0
4	13.600	13.600	10.396	0
5	19.014	19.014	14.629	0
6	22.086	22.086	19.635	0
7	22.086	22.086	22.466	0
8i	24.542	24.542	24.034	0
8ii	25.775	25.686	25.602	89
9	29.646	27.340	29.031	2305
10	34.738	32.838	33.138	1899
11	35.458	34.879	35.623	579
12	35.458	35.142	36.844	316
13	35.458	35.458	37.302	-

Para el análisis del proyecto se deben considerar los cambios que el mismo ha venido experimentando, situación que se refleja numéricamente en la tabla 5.9 y de manera gráfica en la figura 5.20; la misma muestra en detalle como la curva planificada y la ganada hasta mediados del mes 8 son una sola. Luego para finales de dicho mes se observa la respuesta que tuvo el proyecto con el cambio de alcance.

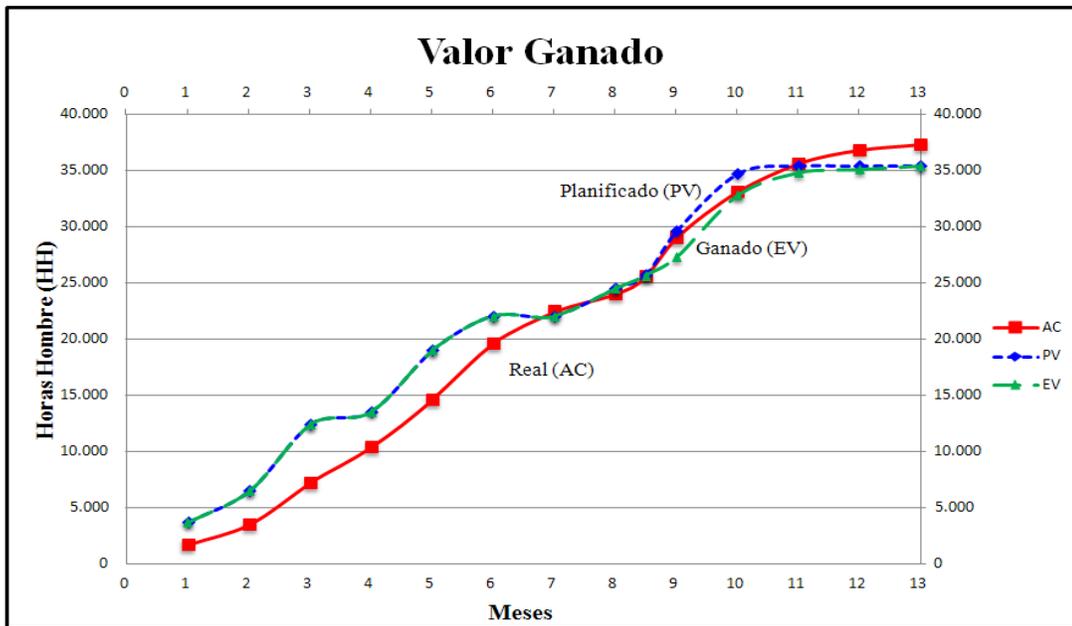
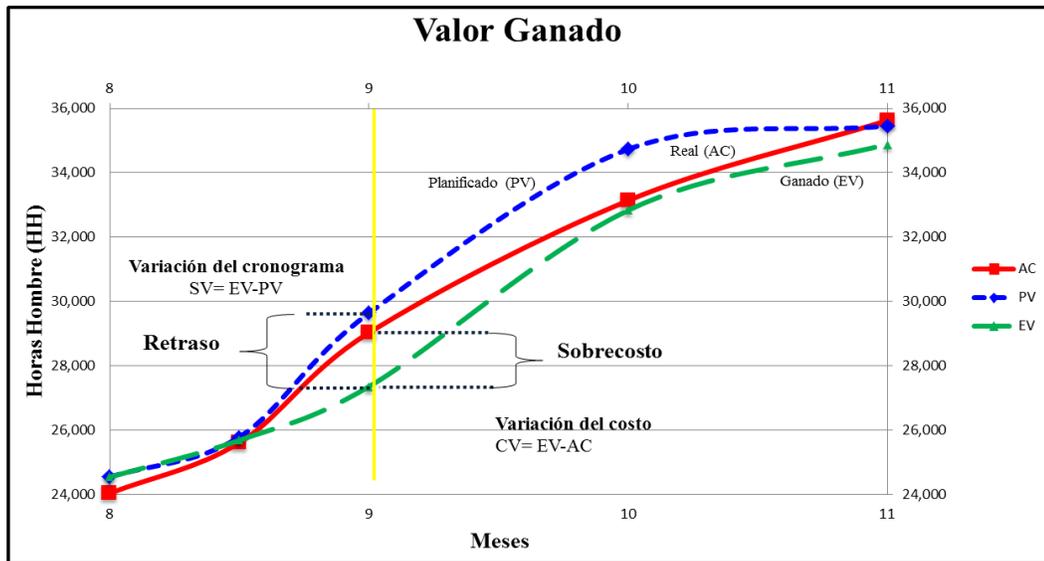


Figura 5.20 Valor Ganado, Replanificación II (CA)

Para el análisis de valor ganado, se fijaron dos puntos en el tiempo el mes 9 (figura 5.21) que es un punto intermedio entre el inicio del cambio de alcance y la fecha estimada de culminación del mismo, el otro punto que se fijó fue el mes 11 (figura 5.22), en consecuencia de la no culminación del proyecto.

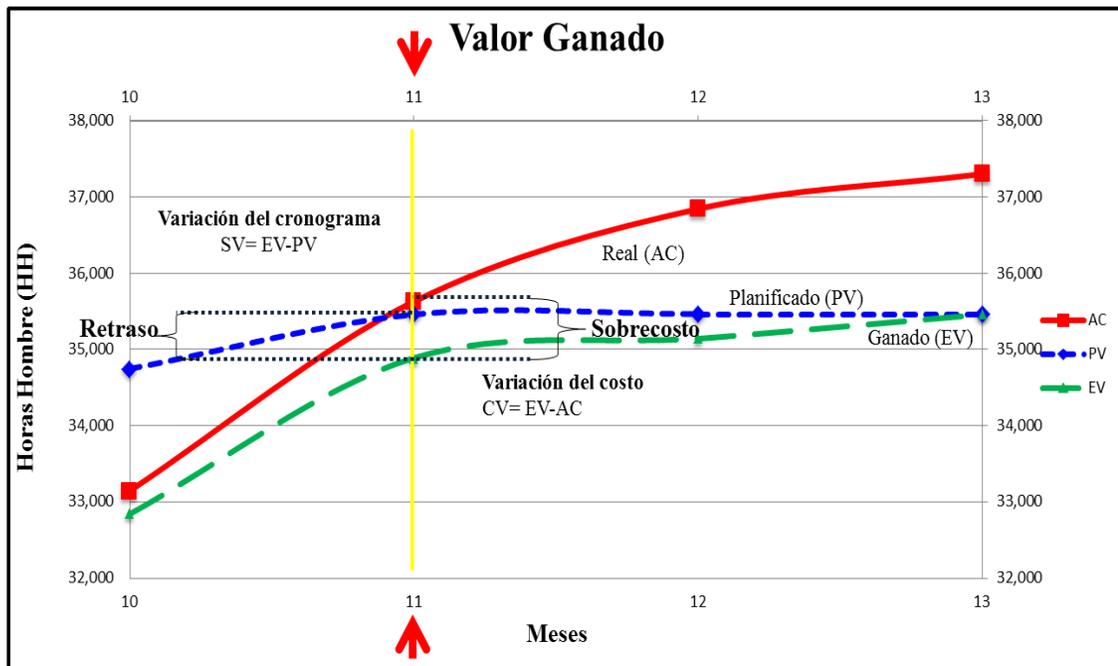
A pesar del cambio de alcance el proyecto, al mes 9 se continuaban ganando menor cantidad de horas a las planificadas, con la novedad de que el proyecto comenzaba a tener un ligero sobrecosto (1.690 HH).



	HH Planificadas Acumuladas	HH Ganadas Acumuladas	HH Real Acumulado
8i	24.542	24.542	24.034
8ii	25.775	25.686	25.602
9	29.646	27.340	29.031
10	34.738	32.838	33.138
11	35.458	34.879	35.623

Figura 5.21 Valor ganado, mes 9, Replanificación II

El proyecto no se culminó en la fecha estimada, la figura 5.22 muestra como la curva de lo planificado se vuelve un valor constante de 35.458 HH, en este punto no se consideró cambio de alcance o replanificación. Al agotarse las horas disponibles el sobre costo se incrementó.



	HH Planificadas Acumuladas	HH Ganadas Acumuladas	HH Real Acumulado
10	34738	32838	33138
11	35458	34879	35623
12	35458	35142	36844
13	35458	35458	37302

Figura 5.22 Valor ganado, mes 11, Replanificación II

Al analizar el proyecto se recurrió a la herramienta del valor ganado, obteniendo los valores mostrados en la tabla 5.10. Se debía analizar el porqué del sobre costo y si las horas determinadas para el cambio de alcance resultarían verdaderamente efectivas.

Tabla 5.10 Indicadores de rendimiento y Proyecciones, Replanificación 2 (CA).

BAC=35.458 HH

	Variación del costo	Porcentaje de Variación del Costo	Índice de Rendimiento de Costo	Variación del Cronograma	Porcentaje de Variación del Cronograma	Índice de Rendimiento del Cronograma	Índice de Desempeño	Estimación hasta la Conclusión		
	(CV)	(%CV)	(CPI)	(SV)	(%SV)	(SPI)	(PI)	EAC	EAC (CPI)	EAC (CPI*SPI)
	EV-AC	CV/EV	EV/AC	EV-PV	SV/PV	EV/PV	CPI*SPI	AC+BAC - EV	BAC/ CPI acumulativo	AC+ [(BAC-EV)/(CPI acumulativo* SPI acumulativo)]
1	2019	54,17%	2,18	0	0,00%	1,00	2,18	33439	16250	16250
2	3045	46,54%	1,87	0	0,00%	1,00	1,87	32413	18956	18956
3	5260	42,18%	1,73	0	0,00%	1,00	1,73	30198	20503	20503
4	3204	23,56%	1,31	0	0,00%	1,00	1,31	32254	27104	27104
5	4385	23,06%	1,30	0	0,00%	1,00	1,30	31073	27281	27281
6	2451	11,10%	1,12	0	0,00%	1,00	1,12	33007	31523	31523
7	-380	-1,72%	0,98	0	0,00%	1,00	0,98	35838	36068	36068
8i	508	2,07%	1,02	0	0,00%	1,00	1,02	34950	34724	34724
8ii	84	0,33%	1,00	-89	-0,35%	1,00	1,00	35374	35343	35376
9	-1690	-6,18%	0,94	-2305	-7,78%	0,92	0,87	37148	37650	38377
10	-299	-0,91%	0,99	-1899	-5,47%	0,95	0,94	35757	35781	35934
11	-744	-2,13%	0,98	-579	-1,63%	0,98	0,96	36202	36214	36224
12	-1702	-4,84%	0,95	-316	-0,89%	0,99	0,95	37160	37175	37178
13	-1844	-5,20%	0,95	0,00	0,00%	1,00	0,95	37302	37302	37302

5.3.1 Mediciones del Desempeño del trabajo

- Variación del Costo

$$CV = EV - AC$$

- Mes 9

$$CV = 27.340 - 29.031 = -1.690 \text{ HH}$$

La variación obtenida fue de -1.690 HH ubicándose por encima del presupuesto nuevamente.

- Mes 11

- $CV = 34.879 - 35.623 = -744 \text{ HH}$

En el mes 11 el sobre costo persistía pero en una cantidad menor -744HH, se dio una señal de alerta en el mes 9 sobre este indicador.

- Porcentaje de variación del costo

$$\%CV = \frac{CV}{EV} * 100$$

- Mes 9

$$\%CV = \frac{-1.690}{27.340} * 100 = -6,18\%$$

En este punto el proyecto experimentó un sobre costo. Se debían analizar las disciplinas para determinar si era un problema de eficiencia o existía un cambio en los entregables del proyecto que impedía que se ganaran más horas de las previstas.

- Mes 11

$$\%CV = \frac{-744}{34.879} * 100 = -2,13\%$$

Una vez realizada la alerta en el mes 9 el valor del costo real disminuyó, siendo este valor negativo en dicho mes se podría pensar que se gastarían una cantidad de horas mayor a la planeada.

- Índice de rendimiento de costo

$$CPI = \frac{EV}{AC}$$

- Mes 9

$$CPI = \frac{27.340}{29.031} = 0,94$$

El índice de rendimiento obtenido nuevamente fue menor a la unidad (0,94 < 1), obteniendo un costo superior, respecto al desempeño a la fecha.

Se calculó que a la fecha se ganaban menor cantidad de horas de las que se gastaban para ello

- Mes 11

$$CPI = \frac{34.879}{35.623} = 0,98$$

En el mes 11 las horas ganadas eran cercanas al valor de estimación hasta la conclusión sin embargo, sólo se aprovechaba un 98% de las mismas.

- Variación del Cronograma

$$SV = EV - PV$$

- Mes 9

$$SV = 24.340 - 29.646 = -2.305HH$$

El resultado arrojado por la variación del cronograma dio un valor negativo; el proyecto se encontraba retrasado, 2.305 HH de conforme al presupuesto.

- Mes 11

$$SV = 34.879 - 35.458 = -579\text{HH}$$

Aunque la desviación el mes 11 dio menor a la registrada en el 9 no era del todo un escenario favorable, considerando que el proyecto a la fecha debió estar culminado.

- Porcentaje de variación del cronograma

$$\%SV = \frac{SV}{PV} * 100$$

- Mes 9

$$\%SV = \frac{-2.305}{29.646} * 100 = -7.78\%$$

- Mes 11

$$\%SV = \frac{-579}{35.458} * 100 = -1,63\%$$

Que en el mes 11 la variación respecto al cronograma disminuyera, era lógico, sin embargo no era aceptable dicho valor ya que a dicha fecha la variación respecto al cronograma debía ser cero.

- Índice de rendimiento del cronograma

$$SPI = \frac{EV}{PV}$$

- Mes 9

$$SPI = \frac{27.340}{29.646} = 0,92$$

Se obtiene un índice de rendimiento menor a uno (0,92<1), indicando que la cantidad de trabajo ganado es menor a la prevista.

- Mes 11

$$SPI = \frac{34.879}{35.458} = 0,98$$

El índice se incrementó en 0,06 unidades, sin embargo el proyecto no alcanzó el 100% de su rendimiento a la fecha estimada para su culminación.

- Índice de desempeño

$$PI = CPI * SPI$$

- Mes 9

$$PI = 0,94 * 0,92 = 0,87$$

La medida que se reflejada en el 0,87 obtenido como índice de desempeño indica que el proyecto se encontraba por debajo del plan y por encima del presupuesto

- Mes 11

$$PI = 0,98 * 0,98 = 0,96$$

El objetivo fijado para la gestión del proyecto no fue satisfecho; el proyecto no tuvo el desempeño esperado.

5.3.2 Proyecciones del Presupuesto

La fase previa a esta replanificación, consistió en determinar las horas necesarias para culminar el proyecto, sin embargo se deben realizar proyecciones para determinar si lo que se planteó para realizar el plan de ejecución a la fecha dada, continuaba siendo viable; para ello se realizaron las proyecciones de presupuesto.

- Estimación hasta la conclusión:
 - Según la proporción presupuestada

$$EAC = AC + BAC - EV$$

- Mes 9

$$EAC = 29.031 + 35.458 - 27.340 = 37.148\text{HH}$$

Esta estimación considera las horas que se tenían inicialmente 35.458 HH, lo que se gastó (29.031 HH), y lo que realmente se ganó (27.340 HH); quedando 37.148 HH como costo total para culminar el proyecto.

Los retrasos por los cuales atravesaba el proyecto indicaban que se emplearían más horas de las estimadas hasta la conclusión (BAC).

- Mes 11

$$EAC = 35.623 + 35.458 - 34.879 = 36.202\text{HH}$$

En vista de que los índices de costos y cronograma se incrementaron para este mes la estimación a la conclusión dio un valor menor que al mes 9; según esta proyección se emplearían 744 HH más en el desarrollo del proyecto.

La proyección según la proporción presupuestada, sólo considera valores fijos, no contempla las variaciones en el cronograma y los costos que experimentó el proyecto. Y para considerar el valor arrojado por ella se deben analizar lo que resta por culminar en el proyecto.

- Según el CPI actual

$$EAC = \frac{BAC}{\text{CPI acumulativo}}$$

- Mes 9

$$EAC = \frac{35.458}{0,94} = 37.650 \text{ HH}$$

- Mes 11

$$EAC = \frac{35.548}{0,98} = 36.214 \text{ HH}$$

En ambos meses se estimaron 37.650 HH, y 36.214 HH valores que superaron la venta. Al tener un sobre costo, y una variación respecto al plan se necesitarán más horas para la conclusión del proyecto.

- Según índices SPI y CPI

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI \text{ acumulativo} * SPI \text{ acumulativo}}$$

- Mes 9

$$EAC = 29.031 + \frac{35.548 - 27.340}{0,94 * 0,92} = 38.377 \text{ HH}$$

Esta estimación es una de las más cercanas a la realidad, ya que contempla lo gastado a la fecha (29.031 HH), y lo ganado (27.340 HH) así como el desempeño de los costos y del cronograma, involucrando esto los retrasos presentes en el proyecto.

Gracias a los valores de estimación a la conclusión obtenidos en esta etapa del proyecto, se planteaba una replanificación del proyecto.

- Mes 11

$$EAC = 35.623 + \frac{35.458 - 34.879}{0,98 * 0,98} = 36.224 \text{ HH}$$

De acuerdo a lo anterior, la estimación a la conclusión fue de 36.224 HH

5.3.3 Índice de desempeño del trabajo por completar

- Según BAC:

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC - AC}$$

- Mes 9

$$TCPI = \frac{35.458 - 27.340}{35.458 - 29.031} = 1,26$$

Si al mes 9 se deseaba cumplir con la meta de gestión se debía ser tener 1,26 de eficiencia en el desempeño del trabajo por completar. Considerando como era la tendencia en los costos y cronograma, ésta era una meta ambiciosa

- Mes 11

$$TCPI = \frac{35.458 - 34.879}{35.458 - 35.623} = -3,52$$

Lógicamente al mes 11, el BAC no era viable; se decidió utilizar una estimación a la conclusión

- Según EAC:

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{EAC - AC}$$

- Mes 9

- TCPI, con EAC según la proporción presupuestada

$$TCPI = \frac{35.458 - 27.340}{37.148 - 29.031} = 1,00$$

- TCPI, con EAC según el CPI actual

$$TCPI = \frac{35.458 - 27.340}{37.650 - 29.031} = 0,94$$

- TCPI, con EAC según índices SPI y CPI

$$\text{TCPI} = \frac{35.458 - 27.340}{38.377 - 29.031} = 0,87$$

En el índice de desempeño del trabajo por completar, calculado con las estimaciones a la conclusión dio valores cercanos a la unidad.

- Mes 11

En vista de que no era viable el BAC, se procedió a realizar el cálculo de TCPI con los valores de EAC calculados para el mes 11.

- TCPI, con EAC según la proporción presupuestada

$$\text{TCPI} = \frac{35.458 - 34.879}{36.202 - 35.623} = 1,00$$

- TCPI, con EAC según el CPI actual

$$\text{TCPI} = \frac{35.458 - 34.879}{36.214 - 35.623} = 0,98$$

- TCPI, con EAC según índices SPI y CPI

$$\text{TCPI} = \frac{35.458 - 34.879}{36.224 - 35.623} = 0,96$$

El índice de desempeño del trabajo, que más se ajusta al comportamiento en función del cronograma y costos del proyecto es el de 0,96. Así se obtuvo una aproximación de la proyección que debía lograrse, si se modificaba el presupuesto hasta la conclusión, en vista de los retrasos y sobre costo de este proyecto era cercano a la uno (0,96).

5.3.4 Causas de las variaciones

En el mes 9 se contaba el siguiente escenario: 47 productos pendientes para la emisión de sus comentarios, paralización de uno de los paquetes de trabajo, causante de la variación del cronograma, productos que debía emitir Ditech a la fecha, comentarios por parte de Ypergas.

El cambio de alcance, trajo consigo un cambio en el peso de las disciplinas (figura 5.23) colocando a tuberías como la de mayor peso en el proyecto, por la dependencia entre las disciplinas, al tener un retraso se vería afectado, electricidad y civil inmediatamente

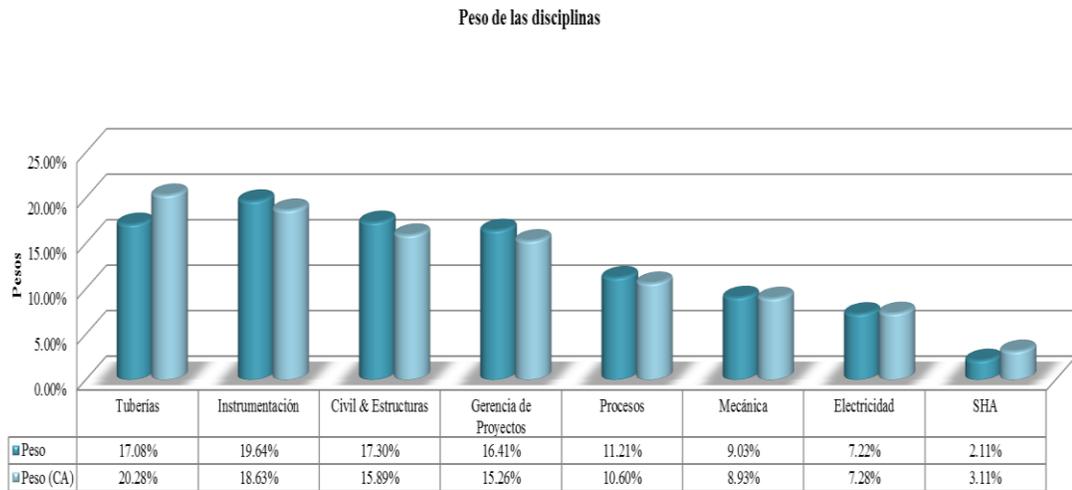


Figura 5.23 Peso de las disciplinas, Replanificación II

La distribución total de las horas incluyendo el cambio de alcance atribuido a cada disciplina se observa en la tabla 5.11, además de los pesos tanto para las 30.708 HH horas del plan inicial , como para las 35.548 HH actuales.

Tabla 5.11 Distribución de horas y peso de las disciplinas, Replanificación II

	HH Plan Original	HH Cambio de alcance	HH totales	Peso Plan original)	Peso (CA)
Tuberías	5246	1946	7192	17.08%	20.28%
Instrumentación	6030	577	6607	19.64%	18.63%
Civil & Estructuras	5312	324	5636	17.30%	15.89%
Gerencia de Proyectos	5038	374	5412	16.41%	15.26%
Procesos	3442	318	3760	11.21%	10.60%
Mecánica	2774	392	3166	9.03%	8.93%
Electricidad	2218	364	2582	7.22%	7.28%
SHA	648	455	1103	2.11%	3.11%
TOTAL	30708	4750	35458	100%	100%

Las disciplinas con menor eficiencia debido al atraso del cronograma, fueron civil y tuberías y mecánica (figura 5.24, 5.25 y 5.26); lo real estuvo por debajo de lo planeado obteniendo desviaciones de -13,84%, -8,24% y -9,12% respectivamente. Como se mencionó anteriormente el retraso de tuberías influyó en la desviación de civil.

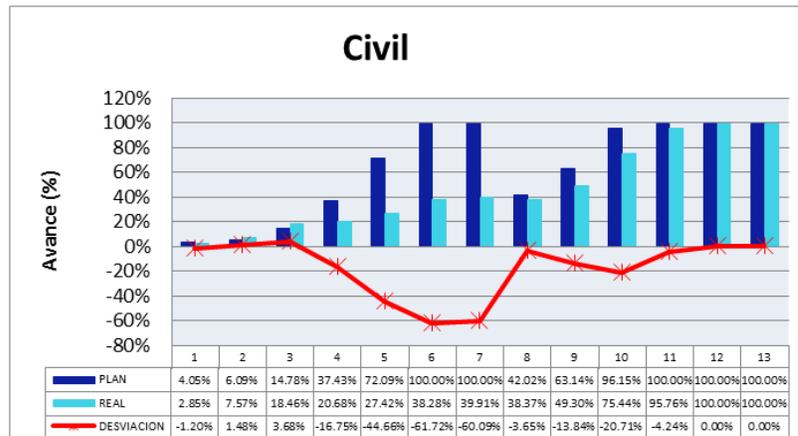


Figura 5.24 Disciplina Civil, Replanificación II

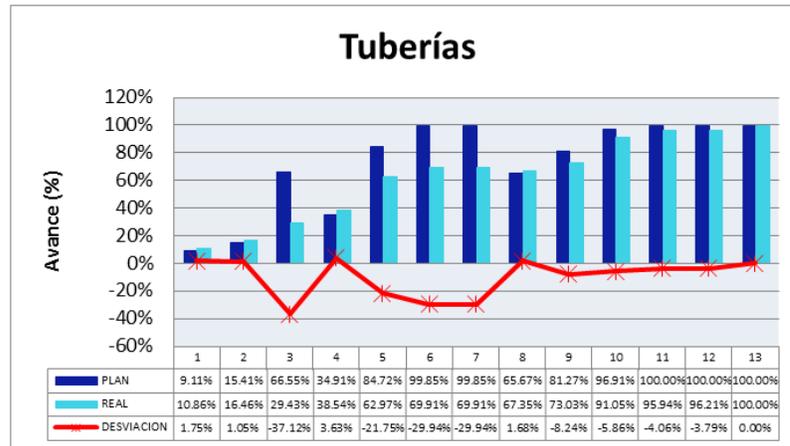


Figura 5.25 Disciplina Tuberías, Replanificación II

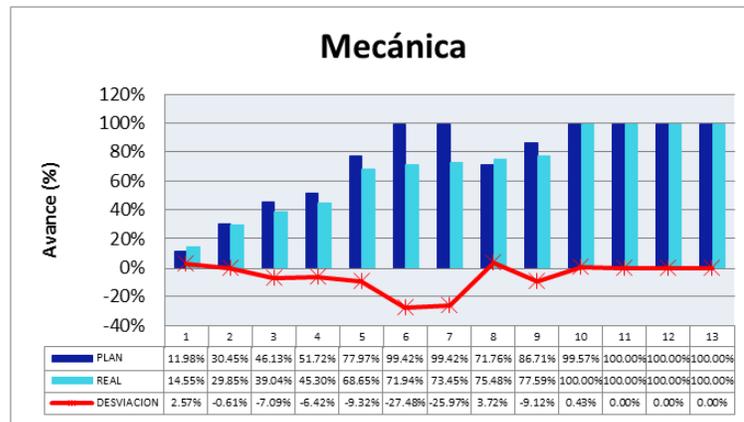


Figura 5.26 Disciplina Mecánica, Replanificación II

En líneas generales, aunque la desviación del plan vs lo real a la finalización del proyecto era cada vez menor (figura 5.27); los retrasos producto de emisiones de comentarios y paralizaciones de paquetes no permitieron que el proyecto fuera cumplido en la meta estipulada en la gestión.

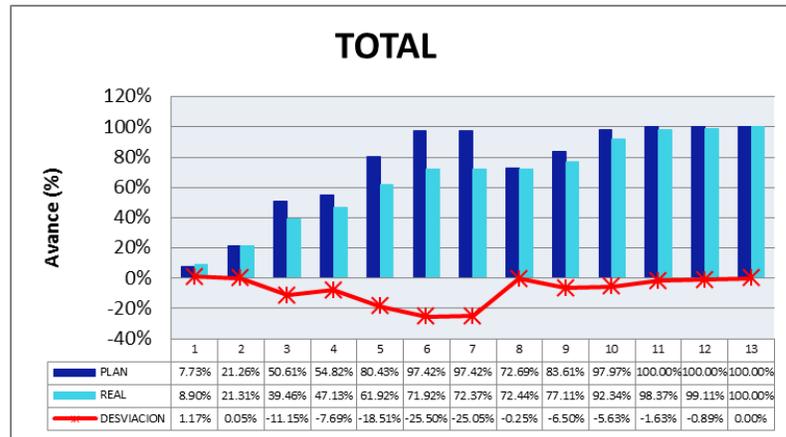


Figura 5.27 Desviación Total, Replanificación II

No estando aprobada una nueva planificación el proyecto hasta el mes 11 debió ganar las 35.548 HH, por ello una vez alcanzado el mes 11 y hasta el 13 este valor se mantuvo igual, el costo se incrementó y las horas que se ganaron se fueron acercando al plan

5.3.5 Acciones correctivas

Se propuso replanificar el proyecto, sin embargo esta acción no fue aprobada por Ypergas considerando el margen de horas que faltaban por ganarse y que el retraso no era imputable a él.

Además de esto fueron propuestas mesas de trabajo, para realizar revisiones de documentos pendientes de comentarios en conjunto con el cliente. Se debió además realizar un seguimiento a las actividades que marcan la ruta crítica del proyecto e incrementar los recursos en dichas áreas.

CONCLUSIONES

Gracias al monitoreo periódico de los costos del proyecto fue posible determinar:

En el primer trimestre el valor ganado no era consecuente con lo planificado a la fecha, y se procedió a realizar el análisis del valor ganado.

El rendimiento de costos y cronograma deben ser estudiados en conjunto, lo cual se evidenció en el trabajo de investigación; en el mes 3 el proyecto indicaba un costo real inferior respecto al ganado, sin embargo al estudiar el cronograma se observó que el mismo se presentaba retraso.

La proyección del presupuesto mediante la estimación a la conclusión no arrojó valores determinantes cuando el proyecto se encontraba en una etapa temprana y no era evidente que el presupuesto hasta la conclusión no fuese viable.

Productos no contemplados en el plan de ejecución del proyecto, no generaron avances, pero si impactaron el progreso físico del mismo; además de entregas tardías de información, revisiones de planos generaron diferentes desviaciones en las disciplinas, las cuales al estar interrelacionadas afectaron el desempeño del proyecto.

En el mes 3 se consideró una extensión en la fecha de culminación del proyecto; dado que con el desarrollo del mismo no se alcanzó el objetivo planteado inicialmente. Fue necesario replanificar las actividades de acuerdo a los productos faltantes. No alterando la cantidad de horas disponibles para realizar el proyecto (30.708 HH).

El comportamiento estándar de la curva S de planificación puede ser modificado. En los meses 3 y 6 se igualaron horas ganadas y planificadas distribuyendo las horas restantes conforme a las actividades por realizar.

La proyección de la estimación a la conclusión (EAC) realizada en el mes 6, arrojó valores cercanos al presupuesto hasta la conclusión (BAC); siendo necesario realizar

un cambio de alcance en el cronograma del proyecto además de un incremento en las horas totales gracias a un nuevo listado de productos suministrado por Ypergas.

El valor de la estimación a la conclusión (EAC) basado en el índice de desempeño del costo (CPI) y el índice de desempeño del cronograma (SPI) es una de las estimaciones más cercanas a la realidad, ya que contempla lo gastado a la fecha, y lo ganado, además del desempeño de los costos y los retrasos del proyecto. Quedando demostrado esto en el mes 7, donde se observó que si no se hubiese realizado la replanificación el proyecto emplearía 34.660 HH, cifra mucho mayor a la disponible inicialmente.

La evaluación al cierre del proyecto no es determinante en las decisiones futuras, sin embargo permite verificar que las estimaciones antes realizadas se amoldaron al escenario real del proyecto. Al realizar la estimación a la conclusión en el mes 11, arrojó un valor de 36.224HH valor cercano al obtenido como costo real del proyecto 37.302 HH.

El esquema metodológico para el control de costos de proyectos de ingeniería básica y de detalle facilita el correcto monitoreo de costos y permite identificar los procesos y variables que intervienen en el mismo.

Para Estudios y Proyectos Ditech S.A y cualquier empresa dedicada a la ejecución de proyectos es importante el control y monitoreo del presupuesto (Presupuesto Venta), ya que asegura que sólo los cambios apropiados, sean incluidos en el presupuesto aprobado (Presupuesto Objetivo). Además la gerencia del valor ganado provee una advertencia temprana de los problemas y previene la desviación del alcance, debido a que mejora la definición del mismo en la ejecución.

RECOMENDACIONES

Considerar factores debido a riesgos, demoras en la emisión de comentarios, planos y/o documentos, así como cambios de alcance del proyecto, ya que eventualmente retardan las actividades y por ende afecta el cumplimiento del presupuesto del proyecto.

En cualquier etapa del proyecto se deben combinar el monitoreo y control de costos y cronograma en la gerencia del proyecto, para garantizar que el mismo sea completado a tiempo, conforme al presupuesto dispuesto inicialmente.

Realizar el seguimiento periódico del proyecto, evaluar las horas gastadas vs horas ganadas y la contribución real vs la contribución esperada.

Evaluar la contribución definitiva del proyecto, comparando el presupuesto objetivo vs el presupuesto de venta, respecto a las horas hombre por categorías y disciplinas.

Destacar la importancia de definir los roles y responsabilidades de todas las partes involucradas en el control de costos del proyecto, e informar a la gerencia eventuales desviaciones que se presenten en relación a lo previsto originalmente en el presupuesto.

Dictar en la escuela de Ingeniería de Petróleo de la Universidad Central de Venezuela materias relacionadas con la gerencia de proyectos, permitiendo esto formar profesionales competitivos, que posean la mayor cantidad de herramientas para desenvolverse en el ambiente laboral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministerio del Poder Popular del Petróleo y Minería. (2011). Informe de gestión anual 2011. Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) y sus Filiales.
2. Aspectos técnicos gas natural, yacimientos de gas en Venezuela. (2005). Consultado el 8 de enero de 201. Sitio oficial de Petróleos de Venezuela S.A. http://www.pdvsa.com/PESP/Pages_pespe/aspectostecnicos/gasnatural/yacimientos_vzla.html.
3. Gray, C. Larson, E. Administración de Proyectos. (2009). 4ª Edición. Ed. Mc Graw Hill. México. P. 5.
4. Saibi M (2007, octubre 22–24) A Probabilistic Approach for Drilling Cost Engineering and Management Case Study: Hassi-Messaoud Oil Field. Ponencia presentada en la conferencia y exhibición de tecnología de perforación. Cairo: Sociedad de Ingenieros de Petróleo, Medio Oriente.
5. Kuznetsov, M; Sevastyanova K y otros (2011, octubre.18–20). Capital Costs Estimation Method for Arctic Offshore Oil Projects. Ponencia presentada en la conferencia y exhibición de ambientes y extremos. Moscú: Sociedad de Ingenieros de Petróleo, Ártico.
6. Project Management Institute: Fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) Atlanta, GE, EUA. Ediciones PMI. Cuarta Edición. 2008.
7. Real Academia Española. (2011). Diccionario de la lengua española (22a. ed.). Madrid: España.
8. PDVSA, (2005). Boletín informativo sobre la industria petrolera venezolana, III: 11.

9. Siles, R. y Modelo, E. (2012) Guía de Gestión de Proyectos para Resultados, 2da ed. Bogotá BID.147p.
10. Chávez, E. (2009, enero). Programa en Gestión Profesional de Proyectos. Administración del Costo (pp.8). México: Tecnológico de Monterrey
11. Aguilar V., Díaz G. (2002). Aplicación de la metodología VCD (visualización, conceptualización y definición) en la elaboración del programa de perforación del proyecto SLE-2-01 del distrito Lagunillas de la división occidente de la unidad de negocio de producción de PDVSA E&P. Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
12. Zambrano S. (2003). Estudio de la factibilidad técnica de fracturamiento hidráulico en arenas altamente compactadas de los pozos P1-01, P1-02 y P1-03 del Campo de gas Yucal – Placer, edo. Guárico. Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
13. Niño W. (2003). Evaluación de la productividad de arenas altamente compactadas (tight) del campo de gas Yucal-Placer, edo. Guárico – Venezuela. Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
14. Villalba C. (2006). Evaluación de tecnologías de endulzamiento de gas en Ypergas, en base a estimados de costos. Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
15. Rondón, E. (2009, enero). Tecnología del gas Natural (pp.8). Venezuela: Universidad Central de Venezuela
16. Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2009): Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Caracas

17. Dankhe, G. Investigación Y Comunicación. (1976). Mc Graw Hill De México. Capítulo 13, Pp. 385-454. México, D.F.
 18. Christensen, L. Experimental methodology. (1980). 2da Edición. Mass. Allyn and Bacon, Inc. Boston.
 19. Jiménez, R. Metodología de la investigación. Elementos básicos para la investigación clínica. (1998). 1ra edición. Ed. Ciencias Médicas. La Habana.
 20. Sampieri, R. Metodología de la investigación (1997). Mc Graw Hill Interamericana de México. Pp 497. México.
- A. Blank, L y Tarquin, A. Ingeniería Económica. (1999). 4ª Edición. Ed. Mc Graw Hill. México. 740p

BIBLIOGRAFÍA

- Gómez, A. (2004 Marzo 25-26). Análisis de valor ganado. Ponencia presentada en: II Jornada de Gerencia de Proyectos de IT – ACIS. Bogotá DC.
- González F., Marcano I., (2004). Determinación de factores que influyen en la desviación de la planificación de tiempo y costo de proyectos IPC para la industria petrolera. Trabajo especial de grado. Universidad Católica Andrés Bello.
- Guerra G., Análisis de proyectos de inversión ingeniería financiera, Enero de 2012.
- Oliveros V., Miguel; Rincón de P., Haydee (2011): Gestión de Costos en los Proyectos. Visión Gerencial. Año10: 85-94.
- Jiménez J. (2002). Criterios y técnicas de evaluación económica de Propuestas de inversión en exploración y explotación de petróleo y gas natural. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela.
- Project Charter S.A. (2011). Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos. Jorge Alsina.
- Temprado A. (2007). Herramientas para la planificación y control de costes de un proyecto. Madrid. Proyecto fin de carrera. Universidad Autónoma De Madrid.
- Universidad de Antioquia. (2009). Manual de gestión de proyectos. Rubén Darío Gómez.
- Universidad de Los Andes Escuela de Ingeniería de Sistemas. Departamento de Investigación de Operaciones. (2007). Apuntes de Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión. Mérida: Vicente Ramírez.

- Universidad de Granada. Área de Proyectos de Ingeniería. Dpto. de Ingeniería Civil. (2009). Organización y gestión de proyectos y obras. Evaluación económica de proyectos de ingeniería.
- Vega S. Control y Seguimiento de proyectos. Proyecto, ambiente y gerencia estratégica. Manual de Proyectos de Desarrollo Local. Volumen III Ejecución y Gerencia. IULA/CELCADEL. ICAP. San José, Costa Rica. 2001.
- Vera E. (2012). Manual de Procedimientos de Planificación de la Ingeniería Conceptual para las Instalaciones de Producción Permanente del Proyecto Carabobo 1, Faja Petrolífera del Orinoco, Estados Anzoátegui y Monagas. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela.

GLOSARIO

- **Acción Correctiva** Directiva documentada para ejecutar el trabajo del proyecto y poder, de ese modo, alinear el desempeño futuro previsto del trabajo del proyecto con el plan para la dirección del proyecto.
- **Alcance** Trabajo que debe realizarse para entregar los resultados del proyecto mediante las actividades planificadas.
- **Alteración del alcance (*scope creep*):** Cambios no controlados en el alcance del proyecto, que provocan que un proyecto incluya más trabajo que el originalmente autorizado. Esto comúnmente resulta en costos más altos que los planificados y una ampliación de la fecha inicial de culminación.
- **Asignación de recursos:** Proceso de asignar recursos (financieros, humanos, equipamientos, competencias) a un proyecto. Usualmente se realiza actividad por actividad.
- **Cambio en el alcance:** Cualquier modificación en la definición del alcance del proyecto. Esta puede resultar de cambios en las necesidades de los beneficiarios o las entidades financiadoras, descubrimiento de defectos u omisiones, cambios regulatorios, etc. Un cambio en el alcance casi siempre requiere un ajuste en el costo o cronograma del proyecto.
- **Centro de Actividad (CA):** Son los diferentes departamentos que conforman cada Dirección de acuerdo al Organigrama de la Empresa.
- **Ciclo de vida de la gestión de proyectos:** Periodos secuenciales de tiempo a través de los cuales cualquier proyecto se ejecuta: iniciación, planificación, implementación, monitoreo, adaptación y cierre. Cada periodo puede ser identificado como una fase y cada fase dividida en etapas.

- **Contrato:** Documento formal que provee autoridad al gerente del proyecto para manejar un proyecto dentro de las restricciones de alcance, calidad, cronograma y presupuesto que se estipulan en el documento.
- **Control:** Comparar el desempeño real con el desempeño planificado, analizar las variaciones, calcular las tendencias para realizar mejoras en los procesos, evaluar las alternativas posibles y recomendar las acciones correctivas apropiadas según sea necesario.
- **Controlador de costos:** Persona responsable de realizar, actualizar, revisar y preparar el estado del presupuesto y los ingresos y egresos de un proyecto.
- **Controlar el Cronograma:** El proceso de monitorear la situación del proyecto para actualizar el avance del mismo y gestionar cambios a la línea base del cronograma.
- **Controlar los Costos:** El proceso de monitorear la situación del proyecto para actualizar el presupuesto del mismo y gestionar cambios a la línea base de costo.
- **Costo Real, Actual Cost (AC):** Costos totales incurridos y registrados para llevar cabo un trabajo realizado en un período determinado para una actividad del cronograma componente de la estructura de desglose del trabajo. También se le conoce como el costo real del trabajo realizado.
- **Cronograma:** Indicación de las fechas (absolutas o relativas) en que las tareas del proyecto serán iniciadas y completadas, de los recursos requeridos y de los eventos que serán alcanzados.
- **Curva S:** Representación gráfica de los costos acumulativos, las horas de mano de obra, el porcentaje de trabajo y otras cantidades, trazados en relación con el tiempo. Se utiliza para representar el valor planificado, el valor ganado y el costo real del trabajo del proyecto. El nombre proviene de la forma en S de la curva (más

uniforme al principio y al final, más pronunciada en el medio) producida en un proyecto que comienza despacio, se acelera y disminuye al final.

- **Determinar el Presupuesto:** El proceso de sumar los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costo autorizada.
- **Director del Proyecto:** La persona nombrada por la organización ejecutante para lograr los objetivos del proyecto
- **Duración:** Periodo de tiempo requerido o planificado para la ejecución de una actividad en un proyecto. Se mide en unidades de tiempo calendario: días, semanas, meses.
- **EDT (Estructura de Desglose del Trabajo):** El proceso de subdividir los entregables del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar.
- **Entregable:** Cualquier producto, resultado o capacidad de prestar un servicio único y verificable que debe producirse para terminar un proceso, una fase o un proyecto. A menudo se utiliza más concretamente en relación con un entregable externo, el cual está sujeto a aprobación por parte del patrocinador del proyecto o del cliente.
- **Estimación:** Evaluación de la duración, el esfuerzo y/o el costo requeridos para completar una tarea o proyecto. Debido a que las estimaciones no están actualizadas, deben expresarse con algún parámetro que señale su grado de confiabilidad.
- **Estimado:** Una evaluación cuantitativa del monto o resultado probable. Habitualmente se aplica a los costos, recursos, esfuerzo y duraciones de los proyectos y normalmente está precedido por un calificador (p.ej., preliminar, conceptual, de

factibilidad, de orden de magnitud, definitiva). Siempre debería incluir alguna indicación de exactitud (p.ej., $\pm x$ por ciento). Véase también presupuesto y costo.

- **Estimación a la Conclusión, *Estimate at Completion* (EAC):** El costo total previsto de una actividad del cronograma, de un componente de la estructura de desglose del trabajo o del proyecto, cuando se complete el alcance definido del trabajo. El EAC puede ser calculado sobre la base del desempeño hasta la fecha o estimado por el equipo del proyecto sobre la base de otros factores, y en este caso se denomina última estimación revisada.
- **Estimación hasta la Conclusión, *Estimate to Complete* (ETC):** El costo previsto necesario para terminar todo el trabajo restante para una actividad del cronograma, un componente de la estructura de desglose del trabajo o el proyecto.
- **Gerencia del proyecto:** Proceso por el cual un proyecto es definido, planificado, monitoreado, controlado y entregado. Los proyectos son únicos y buscan alcanzar un resultado deseado. Dado que los proyectos provocan cambios, la gerencia de proyecto es la manera más eficiente de manejar dicho cambio.
- **Gestión de los Costos del Proyecto:** La Gestión de los Costos del Proyecto incluye los procesos involucrados en estimar, presupuestar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado.
- **Gestión del Valor Ganado, *Earned Value Management* (EVM):** Una metodología de gestión para integrar alcance, cronograma y recursos, y para medir el desempeño y el avance del proyecto en forma objetiva. El desempeño se mide determinando el costo presupuestado del trabajo realizado (es decir, el valor ganado) y comparándolo con el costo real del trabajo realizado (es decir, el costo real).
- **Hojas de Tiempo:** Es el documento con el cual se controla internamente el consumo de las HH empleadas por el Proyecto, se utiliza como base para el control y evaluación de las HH con su avance real y proyectado.

- **Índice de Desempeño del Costo, *Cost Performance Index* (CPI):** Una medida de eficiencia en función de los costos de un proyecto. Es la proporción entre el valor ganado (EV) y costos reales (AC). $CPI = EV \text{ dividido por } AC$.
- **Índice de Desempeño del Cronograma, *Schedule Performance Index* (SPI):** Una medida de eficiencia del cronograma en un proyecto. Es la razón entre el valor ganado (EV) y valor planificado (PV). $SPI = EV \text{ dividido por } PV$.
- **Línea Base, *Baseline*:** Un plan aprobado para un proyecto con los cambios aprobados. Se compara con el desempeño real para determinar si el desempeño se encuentra dentro de umbrales de variación aceptables. Por lo general, se refiere al punto de referencia actual, pero también puede referirse al punto de referencia original o a algún otro punto de referencia. Existen tres bases en un proyecto: el cronograma, el costo y el alcance; su combinación se conoce como la base de medición de la ejecución.
- **Línea Base del Cronograma:** Versión específica del modelo de cronograma utilizado para comparar los resultados actuales con el plan a fin de determinar si se necesitan acciones preventivas o correctivas para cumplir con los objetivos del proyecto.
- **Línea Base del Desempeño de Costos:** Versión específica del presupuesto con fases de tiempo utilizada para comparar el gasto real con el gasto planificado a fin de determinar si se necesitan acciones correctivas para cumplir con los objetivos del proyecto.
- **Monitoreo:** Proceso rutinario de recolección, almacenamiento, análisis y reporte de la información del proyecto, utilizado para tomar decisiones a fin de controlar el proyecto. El monitoreo provee a equipo del proyecto y a los interesados la información necesaria para evaluar el progreso del proyecto, identificar las

tendencias, los patrones o las desviaciones, mantener el cronograma hacia las metas esperadas.

- **Objetivo:** Una meta hacia la cual se debe dirigir el trabajo, una posición estratégica que se quiere lograr o un fin que se desea alcanzar, un resultado a obtener, un producto a producir o un servicio a prestar.
- **Paquete de Trabajo:** Un producto entregable o componente del trabajo del proyecto en el nivel más bajo de cada sector de la estructura de desglose del trabajo.
- **Planificación:** Proceso de establecer y de mantener la definición del alcance de un proyecto, la manera en que el proyecto será ejecutado (procedimientos y tareas), los roles y las responsabilidades, el tiempo y los costos estimados.
- **Presupuesto, *Budget*:** La estimación aprobada para el proyecto o cualquier otro componente de la estructura de desglose del trabajo u otra actividad del cronograma.
- **Presupuesto hasta la Conclusión, (BAC):** La suma de todos los valores del presupuesto establecidos para el trabajo que se realizará en un proyecto, componente de la estructura de desglose del trabajo o actividad del cronograma. El valor planificado total para el proyecto.
- **Producto:** Un artículo producido, que es cuantificable y que puede ser un elemento terminado o un componente. Otras palabras para hacer referencia a los productos son materiales y bienes. Compárese con resultado.
- **Proyección, *Forecast*:** Una estimación o predicción de condiciones y eventos futuros para el proyecto, basadas en la información y el conocimiento disponible en el momento de realizar la proyección. La información se basa en el desempeño pasado del proyecto y en el desempeño previsto para el futuro, e incluye información que

podría ejercer un impacto sobre el proyecto en el futuro, tal como estimación a la conclusión y estimación hasta la conclusión.

- **Proyecto:** Esfuerzo para proveer un producto o servicio dentro de un tiempo finito y con restricciones de costo.
- **Recurso:** Recursos humanos especializados (disciplinas específicas, ya sea en forma individual, o en equipos o grupos), equipos, servicios, suministros, materias primas, materiales, presupuestos o fondos.
- **Stakeholders:** Grupos o personas involucradas en el proyecto.
- **Valor Ganado, *Earned Value* (EV):** El valor del trabajo completado expresado en términos del presupuesto aprobado asignado a dicho trabajo para una actividad del cronograma un componente de la estructura de desglose del trabajo.
- **Valor Planificado, *Planned Value* (PV):** El presupuesto autorizado asignado al trabajo planificado que debe realizarse respecto de una actividad del cronograma o componente de la estructura de desglose del trabajo.
- **Variación del Costo, *Cost Variance* (CV):** Una medida de desempeño en función de los costos de un proyecto. Es la diferencia entre el valor ganado (EV) y el costo real (AC). $CV = EV \text{ menos } AC$.
- **Variación del Cronograma, *Schedule Variance* (SV):** Una medida de desempeño del cronograma en un proyecto. Es una diferencia entre el valor ganado (EV) y el valor planificado (PV). $SV = EV \text{ menos } PV$.

Siglas Comunes

AC	Costo Real	Actual Cost
ACWP	Costo Real del Trabajo Realizado	Actual Cost of Work Performed
BAC	Presupuesto hasta la Conclusión	Budget at Completion
BCWP	Costo Presupuestado del Trabajo Realizado	Budgeted Cost of Work Performed
BCWS	Costo Presupuestado del Trabajo Planificado	Budgeted Cost of Work Scheduled
CPI	Índice de Desempeño del Costo	Cost Performance Index
CV	Variación del Costo	Cost Variance
EAC	Estimación a la Conclusión	Estimate at Completion
ETC	Estimación hasta la Conclusión	Estimate to Complete
EV	Valor Ganado	Earned Value
EVM	Gestión del Valor Ganado	Earned Value Management
OBS	Estructura de Desglose de la Organización	Organizational Breakdown Structure
PMBOK®	Fundamentos para la Dirección de Proyectos	Project Management Body of Knowledge
PV	Valor Planificado	Planned Value
QA	Aseguramiento de Calidad	Quality Assurance
QC	Control de Calidad	Quality Control
SPI	Índice de Desempeño del Cronograma	Schedule Performance Index
WBS/EDT	Estructura de Desglose del Trabajo	Work Breakdown Structure

ANEXOS

Tabla A-1. Estimación de Costos

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
1.- Factores ambientales de la empresa	1.- Estimación por analogía	1. -Estimaciones de costos de las actividades
2.- Activos de los procesos de la organización	2.- Juicio de Expertos	2. -Base de los Estimados
3.- Línea Base del Alcance del proyecto	3.- Estimación ascendente	3. -Actualizaciones a los Documentos del Proyecto
4.- Cronograma del Proyecto	4.- Estimación paramétrica	
5.- Planificación de los Recursos Humanos	5.- Software de gestión de proyectos	
6.-Registro de Riesgos	6.- Análisis de propuestas para licitaciones	
	7.- Análisis de Reserva	
	8.- Costo de calidad	
	9.- Estimación por Tres Valores	

Tabla A-2. Determinación del presupuesto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
1.-Estimaciones de Costos de las Actividades	1.-Suma de Costos	1.-Línea Base del Desempeño de Costos
2.-Base de las Estimaciones	2.-Análisis de Reserva	2.-Requisitos de Financiamiento del Proyecto
3.-Línea Base del Alcance	3.-Juicio de Expertos	3. -Actualizaciones a los Documentos del Proyecto
4.-Cronograma del Proyecto	4.-Relaciones Históricas	
5.-Calendarios de Recursos	5.-Conciliación del Límite del Financiamiento	
6.-Contratos		
7.- Activos de los Procesos de la Organización		

Tabla A-3. Control de Costos

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
1.-Plan para la Dirección del Proyecto	1.- Gestión del Valor Ganado	1.-Mediciones del Desempeño del Trabajo
2.-Requisitos de Financiamiento del Proyecto	2.-Proyecciones	2.-.Proyecciones del Presupuesto
3.-Información sobre el Desempeño del Trabajo	3.-Revisiones del Desempeño	3. -Actualizaciones
4.-Activos de los Procesos de la Organización	4.-Análisis de Variación	4.-Solicitudes de Cambio
	5.-Índice de Desempeño del Trabajo por Completar (TCPI)	5.-Actualizaciones al Plan para la Dirección del
	6.-Software de Gestión de Proyectos	6.- Actualizaciones a los Documentos del Proyecto

Anexo A-4. Clasificación de los estimados de costos

Clase	Objetivo	Etapas del Proyecto	Información Requerida	Metodología	Precisión	Confiability
V	- Planificación a mediano plazo - Estudio de factibilidad - Fondos para Ingeniería conceptual	-Determinación de la factibilidad del proyecto	- Definición global del proyecto y de sus unidades principales de proceso	- Datos históricos de curvas de costos de proyectos Similares	10%	Indeterminado
IV	- Selección entre varias alternativas - Fondos para Ingeniería Básica	-Ingeniería conceptual 100% Completada	- Tecnología - Parámetros claves de diseño de plantas y equipos mayores	- Factor exponencial y curvas de costos de proyectos similares	10%	30%
III	- Propuestas tentativas al presupuesto de inversiones - Fondos para compra de equipos y materiales de largo tiempo de entrega	-Ingeniería básica 60% completada y el resto en progreso	- Especificaciones de diseño de equipos críticos, diagramas de flujo, instrumentación y control	- Factor exponencial y/o semi- detallado - Cotizaciones firmes de equipos de largo tiempo de Entrega	10%	60%
II	- Propuestas firmes al presupuesto de inversiones - Fondos para Ingeniería de detalle, procura, construcción y arranque del proyecto	-Ingeniería básica 100% completada	- Especificaciones de proceso y de los equipos principales, planos de distribución de planta, etc.	- Detallado - Poco factor exponencial - Cotizaciones firmes de los equipos críticos	10%	80%
I	- Análisis de ofertas de contratación - Control de ejecución contratos y proyectos	-Ingeniería de detalle en etapa de finalización	- Planos detallados - Cómputos métricos - Listado de materiales a granel -Planificación y estrategia de contratación.	- Detallado - Precios unitarios - Partidas normalizadas	10%	90%

Anexo A-5 Plantilla Presupuesto de Venta

APP 2013
AFP 2013

PRESUPUESTO VENTA - CONFIDENCIAL

Rev. _____

Fecha Elaboración : _____

N° Proyecto :	Gerente :	Planificador :
Contacto por el Cliente:	Gerente de Ing :	Control de Costos :
Cliente :	Contrato No.:	Contrador :
Nombre del Proyecto :		
Fecha de Inicio :	Fecha de Cierre :	Meses :
Sitio de Ejecución:		Honorarios Profesionales + Gastos
Estipendio:	Promedio Tarifa Venta:	Suma Global :

A. Valor del Proyecto :

	Presupuesto	OBJETIVO	VENTA	CONTRIBUCION
H. Profesionales				
G. Reembolsables				
TOTAL VEB				
I-H				

B. Costos de Ejecucion

1.- Costo del Personal Directo / por categorias : USD

Horas	CAT.	NOMBRE	C.A	DISCIPLINA	T VENTA S/ESTIP.	TARIFA VENTA	TOTAL VENTA
				Gerencia			
				Mecánica			
				Tuberías			
				Civil			
				Procesos			
				SHA			
				Instrumentacion			
Sub - Total							

2.- Costo del Personal Indirecto / por categorias :

Horas	CAT.	NOMBRE	C.A	DISCIPLINA	CS/PROM	TARIFA VENTA	TOTAL VENTA
Sub - Total							

3.- Subcontratos y Gastos No Reembolsables :

Descripción	Costo Total
Sub - Total	

4.- Gastos Reembolsables :

Gastos del Personal		
Sub-contratos		
Estudios especiales		
Varios		
Sub - Total		

Total Presupuesto Venta

5.- Contribución Esperada: _____

Control de Costos

Gerente del Proyecto

Dirección de Proyectos

Presidencia

172

Anexo A-6 Plantilla Presupuesto Objetivo

AFP 2013	PRESUPUESTO OBJETIVO - CONFIDENCIAL	Rev.
		Fecha Elaboración :
N° Proyecto :	Gerente :	Planificador :
Contacto por el Cliente :	Gerente de Ing :	Control de Costos :
Cliente :	Contrato No. :	Contralor :
Nombre del Proyecto :		
Fecha de Inicio :	Fecha de Cierre :	Meses :
Sitio de Ejecución :	Honorarios Profesionales ± Gastos	
Estipendio :	Promedio Tarifa Venta :	Suma Global :

A. Valor del Proyecto :	Presupuesto	OBJETIVO	VENTA	CONTRIBUCION
	H. Profesionales			
	G. Reembolsables			
	TOTAL VEB			
	I-H			

B. Costos de Ejecución

1.- Costo del Personal Directo / por categorías : USD

Horas	CAT.	NOMBRE	C.A	DISCIPLINA	T VENTA S/ESTIP.	TARIFA VENTA	TOTAL VENTA
				Gerencia			
				Mecánica			
				Tuberías			
				Civil			
				Procesos			
				SHA			
				Instrumentacion			
Sub - Total							

2.- Costo del Personal Indirecto / por categorías :

Horas	CAT.	NOMBRE	C.A	DISCIPLINA	CSI/PROM	TARIFA VENTA	TOTAL VENTA
Sub - Total							

3.- Subcontratos y Gastos No Reembolsables :

Descripción	Costo Total
Sub - Total	

	Sub-Total Presupuesto Venta
--	------------------------------------

4.- Gastos Reembolsables :

Gastos del Personal		
Sub-contratos		
Estudios especiales		
Varios		
Sub - Total		

	Total Presupuesto Venta
--	--------------------------------

5.- Contribución Esperada:

--	--

Control de Costos	Gerente del Proyecto	Dirección de Proyectos	Presidencia
-------------------	----------------------	------------------------	-------------

Anexo A-7 Reporte horas gastadas.

Proyecto N° _____

Título _____

HORAS HOMBRE GASTADAS

Cod. Empleado	C.A	Descripción	Cat.	Nombre	Mes1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Total Horas Hombre
		No. Semanas ==>		No. Semanas / Año ==>	1-5	5-9	9-13	13-18	18-22	22-26	26-30	
		Período Semana ==>		Período Semana ==>	01-31	01-29	01-31	01-30	01-31	01-30	01-31	
		Horas Hombre ==>		Horas Hombre ==>								
- Asignación de Personal												
Total HH Gastadas												

Anexo A-8 Forecast

Proyecto N° _____
 Título _____

HORAS HOMBRE FORECAST

Cod. Empleado	C.A	Descripción	Cat.	Nombre	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Total Horas Hombre
		No. Semanas =>		No. Semanas / Año =>	1-5	5-9	9-13	13-18	18-22	22-26	26-30	
		Período Semana =>		Período Semana =>	01-31	01-29	01-31	01-30	01-31	01-30	01-31	
		Horas Hombre =>		Horas Hombre =>								
- Asignación de Personal												
Total HH Gastadas												

