



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Análisis Conceptual de la Metodología  
VCD en la Industria Petrolera Mexicana**

**Tesis**

**que para obtener el título de:  
Ingeniero Petrolero**

**Presentan:**

**Rodrigo Grimaldo López  
Guillermo Magallón Ríos**



**Director:**

**Ing. José J. Sánchez Vela**

**México, D.F. Ciudad Universitaria, 2015**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## RESUMEN

La metodología FEL vino en la industria petrolera mexicana a cambiar paradigmas, ya que con los años esta industria fue realizando su manera de evaluar proyectos de la manera en la que les salían las cosas, aunque muchas veces en ello se sacrificara el objetivo de encontrar la mejor alternativa de una manera real y con los principios económicos y de ingeniería que dieran certeza que se llevaba la decisión por el camino correcto. La metodología FEL vino en cierta manera a mover esas ataduras que se crearon por años de ver una Evaluación de Proyectos ordenada y eficiente.

La implementación de la metodología FEL o VDC va dada por tres etapas que son la Visualización, Conceptualización y Definición. Con base en datos estadísticos y de la retroalimentación en las compañías que han implementado la metodología FEL, se observa que existe una oportunidad de reducción de costos en un proyecto hasta en un 20%, por esta razón la definición inicial del proyecto en la metodología FEL ha mostrado representar esta oportunidad de mejorar el desempeño de los proyectos, lo cual permite reducir además incertidumbre y riesgos en los resultados de este.

La implementación inicial del FEL es decir donde se da la etapa de la visualización viene acompañada de resistencia que es debida a tres percepciones generales:

1. “La industria no permite que se gaste dinero en la planeación conceptual para proyectos que posiblemente no serán aprobados”.
2. “Este tipo de metodología retrasa el tiempo y fecha de terminación del proyecto”
3. “siempre se ha trabajado bien sin este procedimiento y no se necesita”.

Las investigaciones de las compañías que han usado la metodología FEL han demostrado que:

- Mejora la calidad y claridad del estimado de costos.
- Mejora la calidad de la programación.
- Mejora el cumplimiento de los objetivos operacionales y metas de producción.
- Da una mejora en el cumplimiento de los objetivos de negocios.
- Mejorar la definición de riesgo.
- No realizar en demasía cambios al alcance.
- Reducir la probabilidad de fallas en el desarrollo del proyecto.

Una implementación efectiva del FEL nos provee una base sólida para obtener resultados exitosos en el proyecto, además disminuir el costo y maximizar el VPN del proyecto. La metodología FEL no asegura por si sola un desempeño destacado del proyecto, este depende en gran medida del personal y sus habilidades dentro del proyecto.

Así que por los objetivos de la metodología FEL que son:

- Asegurar que las necesidades de negocio sean el principal factor para la inversión del proyecto.
- Asignar responsabilidad del proyecto.
- Mejorar la productividad de los bienes de capital al usar la mejor tecnología disponible.
- Eliminar la inversión no productiva.
- Minimizar los cambios durante la ejecución del proyecto para reducir costos y acortar la duración.

Como podemos ver los problemas a la hora de implementar la metodología FEL son muchos y variados que encierran en gran medida la resistencia del personal de las empresas petroleras mexicanas a abrirse totalmente al proceso ordenado y eficiente que nos ofrece el Front End Loading si se implementa de la manera correcta, esta tesis nos ofrece una visión más amplia para intentar romper el paradigma entre la Evaluación de Proyectos y la metodología VCD.

## Summary

The FEL methodology came in Mexican changing paradigms, and that over the years the industry was making his way to evaluate projects in the way that things are out oil industry, but often it is the goal of finding sacrifice the best alternative in a real way and with economic principles and engineering to give certainty that the decision is carried on the right track. The methodology FEL, wine in some way to move those bonds that were created by years of watching a smooth and efficient evaluation of projects.

The implementation of the FEL or VDC methodology is given by three stages that are Visualization, Definition and Conceptualization. Based on statistical data and feedback on companies that have implemented the FEL methodology shows that there is an opportunity to reduce costs on a project by up to 20%, therefore the initial project definition in the FEL methodology shown represents this opportunity to improve the performance of projects, thereby reducing uncertainty and risk also results from this.

The initial implementation of the FEL is wherein the step of displaying occurs accompanied by resistance that is due to three general perceptions:

1. "The industry does not allow money in the conceptual planning for projects that may not be approved is spent".
2. "This type of methodology delays the time and date of completion of the project"
3. "always worked well without this procedure and do not need".

Investigations of the companies that have used the FEL methodology have shown that:

- Improving the quality and clarity of the estimated cost.
- Improving the quality of the programming.
- Improve compliance with operational objectives and production goals.
- Give an improvement in meeting business objectives.
- Improve the definition of risk.
- Do not carry too much scope changes.
- Reduce the likelihood of failures in the project.

Effective implementation of the FEL provides us with a solid foundation for successful results in the project also decrease the cost and maximize the NPV of the project. The FEL methodology alone does not ensure an outstanding project performance; this depends largely on the staff and their skills within the project.

So FEL objectives methodology is:

- Ensure that business needs are the main factor for the project investment.
- Assign responsibility for the project.
- Improve productivity of capital goods using the best available technology.
- Eliminate non-productive investment.
- Minimize changes during project implementation to reduce costs and shorten the duration.

As we can see the problems in implementing the methodology FEL are many and varied enclosing largely staff resistance of Mexican oil companies to fully open the orderly and efficient process offered by the Front End Loading if implemented in the right way, this thesis offers a broader attempt to break the paradigm between the Project Evaluation and VCD methodology vision.

## *Agradecimientos Rodrigo*

*Le agradezco a Dios primeramente porque Él puso en mi corazón el camino correcto. Sin Él no hubiera logrado transformarme y alcanzado esta hermosa meta. Gracias por amarme y permitirme tener este éxito.*

*Agradezco a mis padres que aunque no están aquí, en su momento supieron procurarme, amarme y enseñarme con el ejemplo.*

*A mi hermano y papá Willy, gracias por ayudarme en todos y cada uno de los momentos de mi vida, dándome un amor que poco puedo corresponder, lo agradezco, lo aprecio y jamás lo olvidaré. Te amo, este logro también es tuyo.*

*A mi abuela Delia porque en ella tengo acceso a la sabiduría, sus consejos y el impulso de sus palabras me llevaron a conquistar mis objetivos*

*A mi hermana Kenita, que con tu amor y apoyo en momentos oscuros lograste que volviera a seguir a delante. Te amo.*

*A mi hermana Fer porque tu ilusión y tu fe en mí, también son un incentivo para tener éxito.*

*A mi tío Pedro por su apoyo que parece oculto pero que impacto mi vida, la forma de agradecerlo es compartir este logro con usted.*

*A mi tío Adrián porque con tus palabras y generosidad se construyeron los peldaños hacia la meta.*

*A mi tía Rocío, mi tía Lilia, mi tío Beto y a mi prima Arela porque sus consejos y compañía también son un pilar de este logro.*

*A toda mi familia, porque con su apoyo se logra tener el coraje y las ganas para lograrlo. Los aprecio y los amo.*

*A mis amigos que amo tanto, a todos ustedes y en especial a Pau y Rafa porque sin su amor, apoyo y risa en este camino no hubiera sido lo mismo.*

*A mi hermano y compañero Memo, porque no sabes cuánto te aprecio y te amo. Gracias por lo que compartimos, los sufrimientos, las alegrías y la satisfacción de amar la ingeniería.*

*A nuestro mentor y gran maestro el Ingeniero José Juventino Sánchez Vela, gracias por su apoyo y fe en nosotros.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México porque permitió mi desarrollo y abrió mi mente consiguiendo así mi amor y respeto para toda la vida.*

## *Agradecimientos Guillermo*

*En esta etapa de mi vida, las aprobaciones, los errores, buenas y malas jugadas, risas y lágrimas, justo ahora, cuando todo el sacrificio comienza a rendir sus frutos, agradezco infinitamente a Dios porque paso a paso, ha estado en mi corazón y en mis pensamientos.*

*A mi madre Ana Laura Ríos Díaz que ha sido en mi vida el tronco y mis piernas, que siempre me repetía que jamás me rindiera, y que año con año nunca me dejó solo en ningún sentido, y en cada paso está como un apoyo incondicional en cada cosa que hago, una persona triunfadora y admirable.*

*A mi padre Guillermo Magallón Magallón que nunca dejó de creer en mí y que siempre ha depositado toda su fe y su esperanza en lo que hago, quien es mi héroe y que admiro con gran nobleza, como él me ha enseñado a ser, y que siempre me formó para ser responsable y tener palabra.*

*A mi hermana que me ha apoyado moralmente y que siempre me ha llevado por un buen camino, que tanto me ayudó y me quiere.*

*A mis Abuelos Albino Magallón López, Teresa Magallón Macías, Raúl Ríos Esquivel que siempre han confiado en mí y me engrandecen incluso más de lo que merezco, pero en especial a mi abuela Esperanza Díaz*

*Hernández quien no me dejó que pasara un solo día sin comer, y que sin su apoyo, fuerza y confianza, pude haber desistido.*

*Un especial agradecimiento a Nayelly García Meléndez quien ha estado en cada paso junto a mí, quien no me dejó solo jamás, y que me ha jalado las orejas cuando tenía que poner orden en cada asunto, con su cariño, confianza, comprensión, y amor, mismo que le he entregado por la gran importancia que tiene en mi vida, mi corazón y que tanto amo.*

*Gracias a mi amigo, cómplice, hermano y compañero de tesis y de trabajo Rodrigo Grimaldo López que sufrió conmigo cada proceso de la carrera, el papeleo y tiempo que implica; y que es una parte importante en mi vida y quiero tanto, con quien formo una mancuerna completa y que espero siempre trabajemos juntos aun estando en lugares separados, porque los amigos están siempre juntos aunque la distancia se atravesase, pero los hermanos siempre serán hermanos.*

*Muchas gracias a todos los profesores que contribuyeron en mi formación que siempre me instruyeron, que nunca me vieron desistir y que me dieron fuerzas para resolver cualquier situación cuando todo era relajado y cuando todo era bajo presión.*

*Al ingeniero José Juventino Sánchez Vela, que estuvo paciente y esperanzado en nuestro fiel trabajo, orientándonos sabiamente donde más debilidades*

*teníamos, y que con su apoyo este trabajo pudo consumarse en orden.*

*Gracias a Aarón y Kike, que aun algunas veces me sonsacaron, otras tantas me entendían pero siempre estuvieron conmigo, y que estarán en mi corazón siempre.*

*Gracias a todos los mencionados y a todos los que me faltó nombrar, mi familia que amo con toda el alma y mis amistades que son un sustento emocional y que tanto aprecio. Gracias por su paciencia, esperanza y corazón. Gracias a todos ellos este objetivo se concretó y ahora comienza el verdadero desafío, salir del nido y comenzar a usar mis alas para fortalecerlas para mí y mi descendencia. Y a la máxima casa de estudios UNAM, y mi hermosa Facultad de Ingeniería, que me formó como el ingeniero que estoy comprometido a ser, desde alumno, y de ahora en adelante en mi vida.*

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Trascendencia actual de la evaluación de proyectos .....	1
1.2. Metodología Front End Loading .....	3
1.3. Barreras a considerar para poder llevar a cabo la implementación de la metodología VCD.....	7
<b>2. EVALUACIÓN DE PROYECTOS</b> .....	<b>9</b>
2.1. Definición de proyecto.....	9
2.2. Ubicación de la evaluación de proyectos dentro de las actividades comprendidas por la administración de proyectos .....	9
2.3. Evaluación de proyectos .....	10
2.3.1. Actividades generales.....	10
2.3.2. Evaluación de un proyecto como un proceso, y sus alcances.....	11
2.3.3. Introducción y marco de desarrollo.....	13
2.3.4. Estudio de mercado.....	13
2.3.5. Estudio Técnico .....	15
2.3.6. Estudio económico .....	23
2.3.7. Evaluación Económica .....	31
2.3.8. Análisis y administración del riesgo .....	36
<b>3. METODOLOGÍA VCD</b> .....	<b>39</b>
3.1. Secuencia general de etapas.....	40
3.2. Sentido de dirección.....	42
3.3. Pre-FEL.....	44
3.3.1. Inventario de la información.....	45
3.3.2. Identificación de oportunidades .....	45
3.3.3. Especificación de roles, responsabilidades y entregables.....	46
3.3.4. Especificación de recursos .....	47
3.3.5. Planeación de la propuesta de ejecución del proyecto VCD .....	48
3.4. Fase de Visualización (V o FEL-I).....	48
3.4.1. Inicio .....	48

## INDICE

---

3.4.2.	Generación de matrices de oportunidades .....	50
3.4.3.	Identificación de variables con incertidumbre .....	52
3.4.4.	Volumen de hidrocarburos.....	54
3.4.5.	Estimación de la cantidad y ubicaciones posibles de los pozos .....	56
3.4.6.	Recuperación adicional .....	57
3.4.7.	Productividad de pozos .....	58
3.4.8.	Plan de actividad física para pozos .....	58
3.4.9.	Pronóstico de producción .....	59
3.4.10.	Instalaciones superficiales.....	61
3.4.11.	Seguridad, salud, protección ambiental e impacto social (SSPAIS).....	62
3.4.12.	Identificación de escenarios .....	63
3.4.13.	Construcción de modelos probabilísticos .....	64
3.4.14.	Evaluación de escenarios.....	64
3.4.15.	Jerarquización y preselección de escenarios .....	65
3.4.16.	Gráficas de tornado .....	66
3.4.17.	Plan de Mitigación .....	66
3.4.18.	Actualizaciones para el plan de la fase de Conceptualización .....	66
3.5.	Fase de Conceptualización (C o FEL-II) .....	67
3.5.1.	Revisión de mitigación y recomendaciones.....	67
3.5.2.	Ajuste y/o validación de la matriz de escenarios .....	67
3.5.3.	Ajuste de distribuciones probabilísticas .....	67
3.5.4.	Incertidumbre de variables cuantitativas.....	68
3.5.5.	Incertidumbre de variables cualitativas.....	69
3.5.6.	Ajustes del Modelo Integral del Activo .....	70
3.5.7.	Ajuste al plan de actividad físico financiero .....	71
3.5.8.	Seguridad, salud, protección ambiental e impacto social .....	71
3.5.9.	Evaluación de los escenarios preseleccionados .....	71
3.5.10.	Jerarquización de escenarios.....	72
3.5.11.	Selección de escenario .....	73
3.5.12.	Ingeniería conceptual del escenario seleccionado .....	73
3.5.13.	Evaluación del proyecto .....	77

3.5.14. Diagrama de tornado de las variables con mayor impacto y plan de mitigación	79
3.6. Fase de Definición (D o FEL-III)	80
3.6.1. Acción de mitigación y recomendaciones (Revisión de FEL-II)	81
3.6.2. Ajuste o validación de distribuciones probabilísticas	81
3.6.3. Ingeniería básica	82
3.6.4. Evaluación del proyecto	91
3.6.5. Plan de ejecución y estrategias de contratación	92
3.6.6. Plan de mitigación de riesgos e incertidumbres	93
<b>4. VERIFICACIÓN DE LA ALINEACIÓN DE LA METODOLOGÍA VCD CON LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS</b>	<b>94</b>
4.1 . Ubicación dentro del proceso de administración de proyectos.	94
4.2 .Fases generales de la evaluación de proyectos y la metodología VCD.	95
4.3. Estudio de Mercado	98
4.4. Inclusión de los estudios técnico, económico, evaluación económica y el análisis y la administración de riesgos en cada etapa del FEL	98
4.4.1. Inclusión del estudio técnico	99
4.4.2. Estudio económico en la evaluación de proyectos y en la metodología VCD	109
4.4.3. Análisis y administración de riesgos	115
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>119</b>
<b>NOMENCLATURA</b>	<b>123</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>125</b>

---

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 2.1 Estado de resultados.....	29
Tabla 3.1 Variables Cuantitativas.....	54
Tabla 3.2 Tipos y números de pozos considerados en los escenarios .....	56
Tabla 3.3 Procesos de recuperación por escenario .....	58
Tabla 3.4 Sistemas artificiales de producción .....	75
Tabla 3.5 Ejemplo de plantilla para la toma de información .....	84
Tabla 3.6 Ejemplo de programa de fluidos.....	86
Tabla 3.7 Ejemplo de un programa de tuberías de revestimiento .....	86
Tabla 3.8 Ejemplo de tabla para el aparejo de producción .....	87
Tabla 3.9 Costos de la construcción de pozos (perforación y terminación) .....	89
Tabla 4.1 Comparativa de fases de la metodología VCD y evaluación de proyectos .....	96
Tabla 4.2 Comparativa de los objetivos generales por sus fases entre la metodología VCD y la evaluación de proyectos.....	97
Tabla 4.3 Factores de la localización óptima en cada etapa de la metodología VCD .....	99
Tabla 4.4 Factores del tamaño óptimo en cada etapa de la metodología VCD ..	101
Tabla 4.5 Factores de la identificación y descripción del proceso en cada etapa de la metodología VCD .....	103
Tabla 4.6 Factores de la disponibilidad y costos de los suministros e insumos del proyecto en cada etapa de la metodología VCD.....	105
Tabla 4.7 Factores de la organización humana y jurídica del proyecto en cada etapa de la metodología VCD .....	107
Tabla 4.8 Distribución del análisis de riesgos durante cada fase de la metodología VCD.....	118

---



---

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1.1. Evolución y proyección futura de las prácticas de la industria .....	5
Figura 2.1 Mapa del proceso de administración de proyectos. ....	10
Figura 2.2 Estructura general de la evaluación de proyectos.....	11
Figura 2.3 Mapa conceptual del proceso de evaluación de proyectos.....	12
Figura 2.4 Estructura del análisis de mercado .....	15
Figura 2.5 Partes que conforman un estudio técnico .....	16
Figura 2.6 Estructuración del análisis económico .....	24
Figura 2.7 Punto de equilibrio.....	28
Figura 2.8 Gráfica VPN vs TMAR.....	33
Figura 3.1 Etapas típicas de un proyecto .....	40
Figura 3.2 Organigrama general de la metodología VCD .....	41
Figura 3.3 Sentido de dirección de la metodología FEL .....	43
Figura 3.4 Matriz de decisión .....	52
Figura 3.5 Variables con incertidumbres cuantitativas .....	53
Figura 3.6 Gráfica de hidrocarburos originales en sitio .....	55
Figura 3.7 Gráfica de frecuencia del factor de recuperación.....	55
Figura 3.8 Reservas por campo .....	56
Figura 3.9 Descripción y esquema por tipo de pozo .....	57
Figura 3.10 Cronograma de actividades físicas de pozos.....	59
Figura 3.11 Curvas de producción de aceite, gas y agua .....	60
Figura 3.12 Curvas de producción acumulada de aceite, gas y agua.....	61
Figura 3.13 Diagrama del sistema de proceso.....	62
Figura 3.14 Gráfica para la jerarquización de escenarios .....	65
Figura 3.15 Diagrama de tornado con las variables de incertidumbre cuantitativa de mayor impacto.....	66
Figura 3.16 Jerarquización de escenarios.....	72
Figura 3.17 Diagrama de tornado de con las variables de incertidumbre cuantitativas de mayor impacto.....	79
Figura 3.18 Ejemplo de equipo de control de pozos .....	85
Figura 3.19 Ejemplo de cabezales y medio árbol.....	87
Figura 4.1 Ubicación de la evaluación de proyectos y la metodología VCD en la administración de proyectos.....	95
Figura 4.2 Comparación general de la localización óptima en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD .....	100
Figura 4.3 Comparación general del tamaño óptimo en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD.....	102

Figura 4.4 Comparación general de la identificación y descripción del proceso en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD ..... 104

Figura 4.5 Comparación general del análisis de la disponibilidad y costos de los suministros e insumos en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD ..... 106

Figura 4.6 Comparación general de análisis de la organización humana y jurídica para la correcta operación en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD ..... 108

Figura 4.7 Métodos de la evaluación económica usados en la evaluación de proyectos..... 113

Figura 4.8 Administración del riesgo financiero en ambos métodos ..... 117

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo general de este trabajo de investigación radica en la intención de demostrar que la metodología de diseño de proyectos VCD (Visualización, Conceptualización, Definición) (la cual PEP ha adoptado como institucional y la CNH ha establecido como oficial) es un proceso de evaluación de proyectos adaptado específicamente para la industria de exploración y extracción de hidrocarburos, en el cual se incluyen las estimaciones cuantitativas de los riesgos presentes en las diferentes áreas del proyecto.

### 1.1. Trascendencia actual de la evaluación de proyectos

Hace algunas décadas el crecimiento económico de un país se fundamentaba en el aumento de la inversión total; es decir, que el crecimiento dependía, primordialmente, del monto de recursos que se destinaba a inversión. Ello exigía grandes sacrificios a la comunidad al requerir aumentos importantes en ahorro, tanto interno como externo. Posteriormente, modelos económicos más elaborados, establecieron que el crecimiento es consecuencia de realizar proyectos rentables, además de incrementos en la fuerza laboral empleada productivamente y de una serie de factores de difícil cuantificación o identificación, como por ejemplo, el desarrollo tecnológico. La importancia de estos modelos recientes radica en que permiten concluir que es posible aumentar las tasas de crecimiento económico mediante la asignación de los escasos recursos de inversión disponibles hacia los proyectos más rentables económica y socialmente. Esta conclusión es la base de una política generalizada tendiente a racionalizar las decisiones de inversión tanto públicas, como privadas.

La pretensión de racionalizar técnicamente el proceso de toma de decisiones de inversión surge de la incertidumbre sobre el comportamiento futuro de ciertas variables que pueden afectar discrecionalmente a las distintas posibilidades que se le presentan al inversionista. Al menos en el sector privado, el interés en la maximización de los beneficios se ve matizado por la consideración de los riesgos en que se incurre con una inversión frente a otra. Las técnicas de evaluación de

proyectos procuran minimizar la incertidumbre, no solo en términos comparativos de la relación beneficio-costos, sino también en función de los riesgos de la inversión, los cuales dependen críticamente del tiempo de recuperación de la inversión y de la capacidad para predecir y controlar las variables críticas del proyecto.

Comparando la prospección del flujo de ingresos y egresos de las distintas opciones, en función de las rentabilidades relativas que de allí se derivan, las técnicas clásicas de la evaluación de proyectos, le brindan al inversionista una jerarquización de los distintos proyectos.

En la historia reciente, los enfoques, las técnicas y aun los criterios mismos de evaluación, han sufrido cambios considerables que son el resultado de una compleja trama de cambios y ajustes en los procesos globales de desarrollo económico, que le han impuesto a los inversionistas y en general a los tomadores de decisiones de inversión, nuevos criterios de valoración de alternativas.

En este proceso, las variables económicas y financieras, especialmente en términos de costos, adquieren una importancia creciente en las técnicas de evaluación de proyectos, al mismo tiempo que los mercados plantean una acuciante necesidad de mejorar la predicción de las variaciones de la demanda.

La orientación de las empresas hacia el mercado y los crecientes costos financieros, hacen que en la evaluación se privilegien, este tipo de consideraciones frente a otras que en el pasado podrían ser más importantes. Por ejemplo, en los estudios de localización se tiende a adquirir cada vez más un rigorismo técnico que va en pos de, cuando menos, igualar la importancia de los términos de mercado que se consideraban prioritarios en un pasado reciente.

El valor de los procesos sistemáticos de formulación y evaluación de proyectos para la toma de decisiones, está en que obliga a una sistematización que implica la definición de objetivos, la determinación de los recursos y la definición explícita

del criterio que se debe utilizar para evaluar la magnitud de los costos, de los beneficios y su distribución temporal.

Lo anterior ha hecho de las técnicas de la evaluación de proyectos un instrumento de uso generalizado y creciente que de pronto se puede llevar a extremos. Hoy en día, en cualquier ámbito de la gestión de inversiones o programas de inversión, deben ser muy pocas las personas que no hayan escuchado hablar en todos los niveles de "n" concursos de financiamiento a los cuales se puede postular vía presentación de un proyecto. Para llevar a la práctica esta presentación se requiere formular y evaluar el proyecto, y para ello, es necesario cumplir ciertas normas y conocer antecedentes básicos que permitan complementar y documentar los criterios tendientes a mostrar las ventajas y/o desventajas de una determinada línea de acción.

Las técnicas de evaluación de proyectos van evolucionando a la saga de estos cambios y están en proceso permanente de desarrollo. En el ámbito privado, desde el tradicional método del valor presente neto como extensión de un modelo básico sin riesgo hasta el uso de los mercados de opciones futuras para la evaluación de proyectos de recursos naturales. Y en el ámbito social, desde un sistema de asignación residual por un estado benefactor hasta la exigencia de evaluaciones más o menos sofisticadas en términos comparativos bajo probables esquemas de análisis de impacto, análisis costo eficiencia o análisis costo beneficio.

### **1.2. Metodología Front End Loading**

El Front End Loading (FEL) es la “mejor práctica”<sup>1</sup> más usada comúnmente por las empresas líderes en los Estados Unidos para lograr mejorar los resultados de sus proyectos de inversión en términos de costo, programa, operatividad y cumplimiento de sus objetivos de negocio.

---

<sup>1</sup> Mejor práctica o mejores prácticas es un conjunto coherente que han rendido excelente servicio en un determinado contexto y que se espera que, en contextos similares, rindan similares resultados.

Según algunos autores, esta metodología fue acuñada por la compañía Dupont aproximadamente hace 20 años; otros mencionan que fue el Independant Project Analysis Institute. Lo que es claro es que existen variaciones de la misma, dependiendo de las compañías que lo adoptaron adecuándolo a sus propias necesidades y cultura de negocios. Tal es el caso de la metodología VCD (Visualización, Conceptualización, Definición) adoptada por PEMEX.

El termino Front End Loading surge a partir de la adopción de mejoras a los procesos de inversión. La metodología FEL es una herramienta para los negocios, que provee un mecanismo para ayudar a las compañías a seleccionar y jerarquizar diferentes oportunidades de proyecto a través de un proceso sistemático, riguroso y analítico.

A finales de los 70 se formó una mesa redonda de negocios para determinar la causa de la disminución de la productividad que experimentaba la industria de la construcción en los Estados Unidos y, proponer soluciones para detener y revertir este fenómeno.

Con la participación de académicos, contratistas de la construcción e ingeniería, así como empresarios y administradores de la industria lograron la publicación de un informe de Efectividad de Costos de la industria.

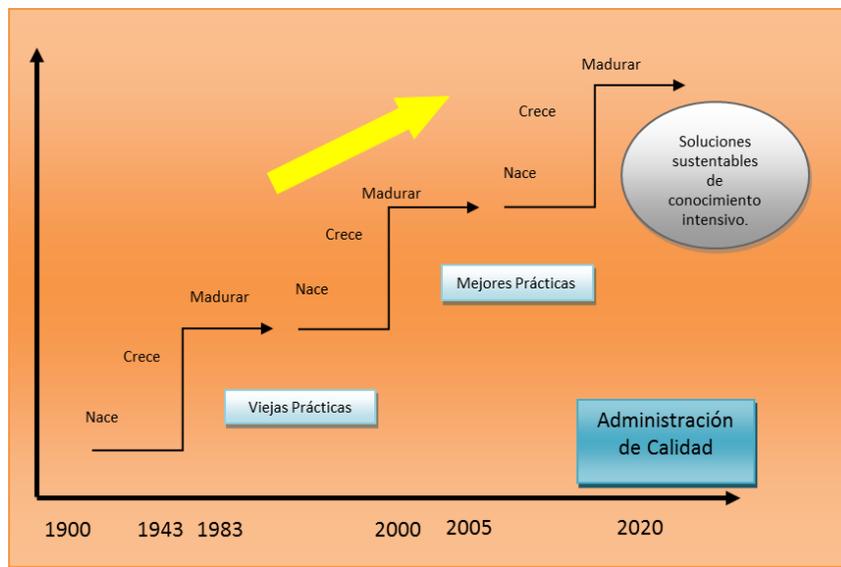
En este informe se logró identificar a aquellas actividades que tienen mayor impacto en los costos de los proyectos, tales como:

- Deficientes prácticas de seguridad.
- Deficientes prácticas de administración de la construcción.
- Falta de motivación de los trabajadores.

En el concilio se reconoció que el éxito de los proyectos es la función de muchos parámetros, no solo de la efectividad de los recursos. Algunos de los elementos que influyen en gran medida para lograr el éxito en un proyecto son:

- Recurso Humano.
- Estrategias.
- Ejecución.

La **Figura 1.1** propuesta por James Porter, vicepresidente de Ingeniería y Operaciones de DuPont, muestra la evolución y proyección futura de las prácticas de la industria, en la que las “mejores prácticas” propuestas son un elemento clave.



**Figura 1.1. Evolución y proyección futura de las prácticas de la industria (Tello, 2011)**

Las principales características de la metodología se enlistan a continuación:

- Definición inicial del proyecto FEL o Pre-Project Planning.
- Alineación.
- Constructibilidad.
- Efectividad del diseño.
- Administración de materiales.
- Construcción de equipos de herramientas.
- Administración de calidad.

- Administración del cambio.
- Resolución de disputas.
- Técnicas de cero accidentes.

Entonces, la metodología FEL es un modelo empleado por empresas en todo el mundo para ayudar a enfocarlas a desarrollar el proceso y la disciplina hacia la correcta ejecución de proyectos. En esencia, sirve para definir qué proyecto se llevará a cabo y cómo la gente debe realizarlo para poderlo llevar por el mejor camino para el negocio. La metodología FEL tiene una gran influencia en los resultados del proyecto, ya que de manera importante incrementa la información crítica desde un comienzo del proyecto para así reducir los riesgos y asegurar el éxito al término del proyecto.

Los objetivos de la metodología son:

- Asegurar que las necesidades de negocio sean el principal factor para la inversión del proyecto.
- Asignar responsabilidad del proyecto.
- Mejorar la productividad de los bienes de capital al usar la mejor tecnología disponible.
- Eliminar la inversión no productiva.
- Minimizar los cambios durante la ejecución del proyecto para reducir costos y acortar la duración.

Como se mencionó anteriormente, existen muchas denominaciones diferentes de la metodología FEL y para el caso de esta tesis se estudiará la metodología VCD utilizada en la industria petrolera mexicana, detallada en la versión del año 2010 del Documento Rector para el Diseño de Proyectos de Explotación de PEP.

### **1.3. Barreras a considerar para poder llevar a cabo la implementación de la metodología VCD**

La metodología VCD vino a cambiar paradigmas en los profesionistas de la industria petrolera mexicana. En los años previos, estos profesionistas realizaban la evaluación sin generar diferentes alternativas posibles, aunque con ello se sacrificara el objetivo de encontrar la mejor alternativa de explotación a través del cálculo de los indicadores, con los principios económicos y de ingeniería, que dieran certidumbre sobre la toma de decisión.

La metodología, no asegura por sí sola un desempeño destacado del proyecto. Este depende en gran medida del personal y sus habilidades dentro del proyecto.

La implementación del FEL vino acompañada de resistencia, la cual se debió a tres percepciones generales del equipo de trabajo:

4. “La industria no permite que se gaste dinero en la planeación conceptual para proyectos que posiblemente no serán aprobados”.
5. “Este tipo de metodología retrasa el tiempo y fecha de terminación del proyecto”.
6. “Siempre se ha trabajado bien sin este procedimiento y no se necesita”.

Con base en datos estadísticos y de la retroalimentación en las compañías que han implementado la metodología, se observa que existe una oportunidad de reducción de costos en un proyecto hasta en un 20%, ha mostrado representar una oportunidad de mejorar el desempeño de los proyectos, lo cual permite reducir además incertidumbre y riesgos en los resultados.

Las investigaciones de las compañías que han usado la metodología FEL han demostrado que a través de ella se logran los siguientes resultados:

- Mejora la calidad y claridad del estimado de costos.
- Mejora la calidad de la programación.
- Mejora el cumplimiento de los objetivos operacionales y metas de producción.

- Da una mejora en el cumplimiento de los objetivos de negocios.
- Mejora la definición de riesgo.
- No es necesario realizar demasiados cambios al alcance.
- Reduce la probabilidad de fallas en el desarrollo del proyecto.
- Maximiza el VPN el proyecto.

Los problemas para la implementación de la metodología VCD son muchos y variados. En gran medida, el principal es la resistencia del personal a modificar sus paradigmas al proceso ordenado y eficiente que ofrece la nueva metodología. Este trabajo de investigación ofrece una visión más amplia sobre los fundamentos de la metodología, con el objetivo de intentar modificar los paradigmas viejos y comprender que esta metodología es una aplicación específica de la metodología de la evaluación de proyectos en los proyectos de explotación de hidrocarburos.

## 2. EVALUACIÓN DE PROYECTOS

### 2.1. Definición de proyecto

Existe una gran cantidad de definiciones que intentan explicar lo que es un proyecto. Una de ellas, muy clara y precisa es la siguiente:

“Un proyecto puede definirse como la búsqueda de una solución inteligente a un problema por resolver sobre una necesidad del ser humano; éste, puede ser referido a un enfoque específico como inversión, educación, alimentación, salud, ambiente, cultura, etc. Y para cada uno, se procura realizar eficientemente la producción de un bien o servicio que satisfaga la necesidad que se pretende resolver”.<sup>2</sup>

Un proyecto de inversión conlleva desde instalar un negocio ambulante hasta la construcción de una gran planta que innove tecnológicamente. Es un plan al cual, si se le asigna determinado monto de capital y se le proporcionan insumos de varios tipos, producirá el bien o servicio deseado. Bajo este concepto, un proyecto de explotación de hidrocarburos se puede clasificar como un proyecto de inversión.

Como es natural, cada proyecto se evalúa desde un punto de vista particular, en función de los beneficios y costos que se generan para los involucrados.

La evaluación de los proyectos de inversión tiene como objetivo conocer los beneficios económicos y sociales que se obtendrán de dichos proyectos, de forma que aseguren resolver una necesidad de la manera más eficiente, posible, segura y rentable. De esta forma se asignarán los recursos a la opción que mejor satisfaga estos criterios.

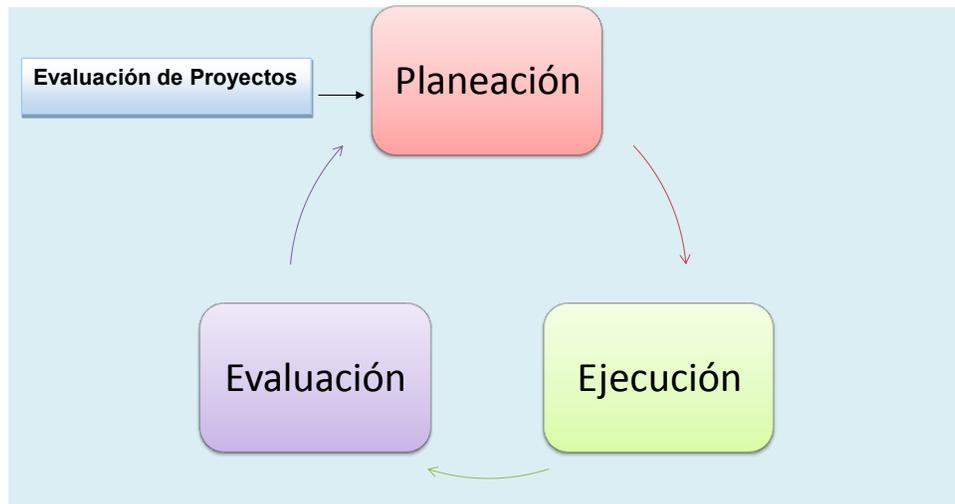
### 2.2. Ubicación de la evaluación de proyectos dentro de las actividades comprendidas por la administración de proyectos

La administración de proyectos es una disciplina que suma la práctica y la teoría de la administración con el objetivo de conseguir un producto, servicio o resultado

---

<sup>2</sup> Definición tomada del libro Evaluación de Proyectos 4ta edición de Gabriel Baca Urbina.

esperado. Está constituida por las fases de planeación, ejecución, y evaluación; tal y como se muestra en la **Figura 1.1**. A través de las cuales se pretende cumplir con las restricciones técnicas, de costos y de tiempo de un proyecto. De dicha figura se observa que la evaluación de proyectos es una herramienta que se utiliza previo a la planeación inicial del proyecto.



*Figura 2.1 Mapa del proceso de administración de proyectos.*

Este proceso necesita la actualización constante de la información. También es fundamental tener una buena comunicación dentro de la organización que administra el proyecto, ya que si se siguen todas las fases de forma correcta se facilita la toma de decisiones.

### **2.3. Evaluación de proyectos**

#### **2.3.1. Actividades generales**

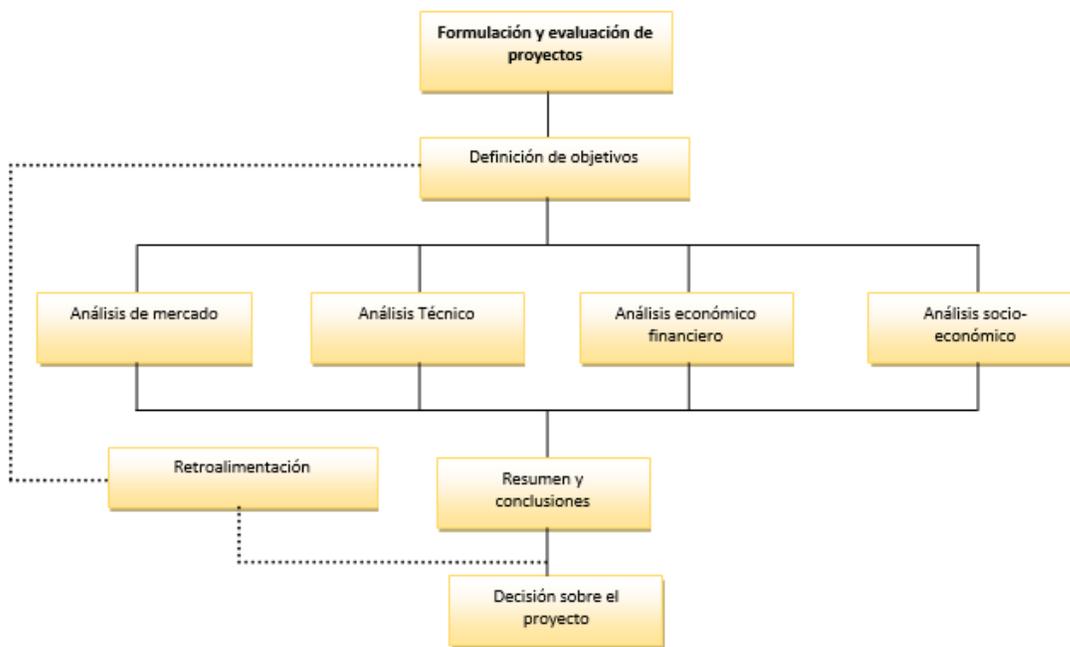
Aunque cada proyecto es diferente a todos los demás, los lineamientos de la metodología para evaluación de proyectos, aplicados a cada uno, se pueden adaptar siguiendo las herramientas generales que se enlistan a continuación:

- Estudio de Mercado.
- Estudio Técnico.

- Estudio Económico.
- Evaluación Económica.

Esta metodología, incluso con sus respectivas adaptaciones, se he aplicado con éxito a estudios de implantación de redes de microcomputadoras, sustitución de sistemas manuales de información, etc.

La estructura general de la metodología de la evaluación de proyectos se representa en la **Figura 2.2**.



*Figura 2.2 Estructura general de la evaluación de proyectos (Modificado de: Baca, 2011)*

### 2.3.2. Evaluación de un proyecto como un proceso, y sus alcances

En el desarrollo de un estudio de evaluación de proyectos se pueden distinguir tres fases de este.

- a) **Perfil**: Es el nivel de evaluación de identificación. Comienza con la idea o la visión que se estima, y se elabora a partir de información existente tal como la opinión que ofrece la experiencia y el juicio común. Este nivel de estudio

se centra en cálculos globales de costos, ingresos e inversiones y no profundiza al respecto.

- b) **Ante-proyecto:** Este nivel profundiza en la investigación de mercado, así como en fuentes primarias y secundarias. Aquí se detalla en la tecnología que se va a emplear, determina costos totales, rentabilidad económica, vida del proyecto, etc., y sirve de base para apoyar a los inversionistas a tomar una decisión.
- c) **Proyecto definitivo:** Este es el nivel más profundo de estudio y el último; donde la investigación contiene toda la información del anteproyecto, pero se tratan los puntos más finos, así como los canales de comercialización para el producto, contratos de venta, actualización de las cotizaciones de la inversión, planos arquitectónicos, cotizaciones de inversión, etc.

En la **Figura 2.3** se muestra un cuadro sinóptico del proceso secuencial de evaluación de proyectos.



*Figura 2.3 Mapa conceptual del proceso de evaluación de proyectos (Modificado de: Baca, 2011)*

### **2.3.3. Introducción y marco de desarrollo**

La primera parte que se deberá desarrollar y presentar en el estudio de la evaluación de proyectos es la introducción. Esta debe tener un breve resumen histórico del desarrollo y los usos del producto, además de los factores que impactan directamente en su consumo o utilización. Este resumen debe ser breve ya que solo es una introducción del estudio que se realizará.

La siguiente etapa del estudio es el marco de desarrollo. Aquí se ubicará el estudio en las situaciones económicas y sociales, además de decir porque se quiere emprender el proyecto, a qué o quién beneficiará y que problema se resolverá. En sí, el marco de desarrollo es una declaración precisa del porque se llevara a cabo el proyecto.

En esta misma etapa deberán describirse los objetivos del estudio y los del proyecto. En forma general, los objetivos del estudio son los siguientes tres:

- Verificar que exista un mercado potencial insatisfecho y que este sea viable.
- Verificar que no exista impedimento en el abasto de todos los insumos para la elaboración del producto. Una vez hecho esto, se demostrara que existe tecnología para poder elaborar el producto.
- Argumentar la rentabilidad económica de su realización.

Estos objetivos son función de los intereses de quienes lo quieren desarrollar. En esta parte se identifican los elementos como son: limitaciones que se imponen, donde se prefiere que se localice la planta, el monto máximo de la inversión, entre otros.

### **2.3.4. Estudio de mercado**

El estudio de mercado es la denominación de una de las herramientas que se utilizan en la evaluación de proyectos para verificar la posibilidad real de penetración de un producto, bien o servicio en un mercado determinado. Éste

consta, de forma general, en la determinación y cuantificación de la oferta y la demanda, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización.

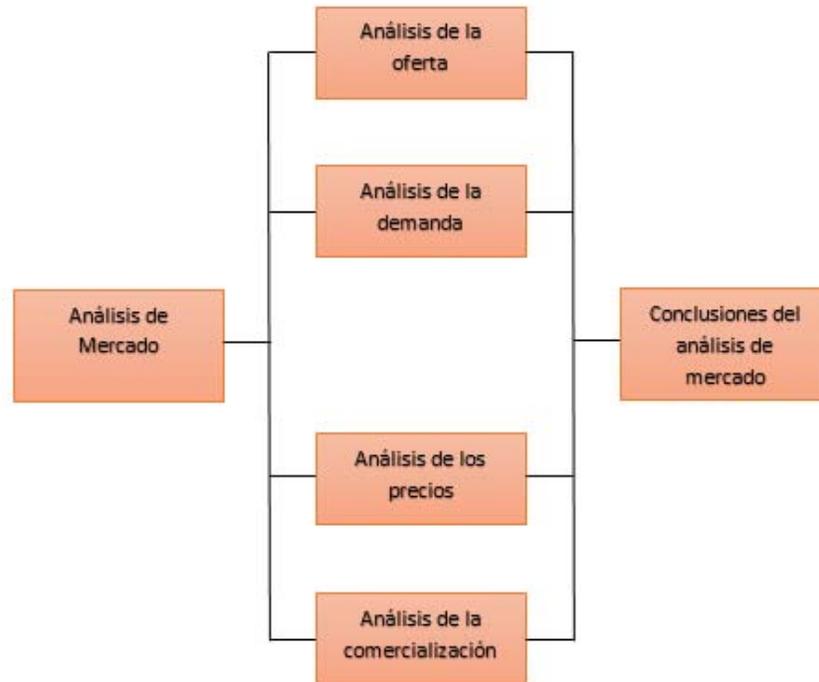
Como objetivos y generalidades de este estudio se mencionarán los siguientes:

- Estar conscientes de una necesidad no satisfecha en el mercado o brindar mejor calidad y servicio en una necesidad existente en el mismo.
- Determinar la cantidad de bien o servicio que se está dispuesta a producir a un precio definido.
- Conocer los medios para poder hacer llegar el producto a los usuarios.
- Dar al inversionista la idea del riesgo que corre el producto de ser aceptado en el mercado.

Cabe destacar que aunque exista una demanda potencial insatisfecha grande y clara, no nos garantiza que el producto penetre el mercado con facilidad; pero una demanda satisfecha también tiene la dificultad de competir fuertemente con un nuevo producto o servicio.

Una investigación de mercado es conveniente para cualquier etapa de la vida del proyecto, desde el perfil hasta el proyecto definitivo. Dependiendo del producto, bien o servicio, dependerá el nivel de profundización del estudio de mercado.

Para la investigación formal, se propone recopilar información, a través del análisis de precios, diseño, método de venta, envases, etc., actual, útil, objetiva y real, la cual servirá como base para la toma de decisiones. Una parte muy importante es tomar la información de los productos de la competencia y productos similares para reforzarla toma de decisiones que se aplica a la evolución del nuevo producto. En la se muestra la **Figura 2.4** estructura general del análisis de mercado.



*Figura 2.4 Estructura del análisis de mercado (Modificado de: Baca, 2011)*

Los métodos de análisis no serán detallados en la elaboración de este trabajo ya que no es parte del objetivo principal.

### **2.3.5. Estudio Técnico**

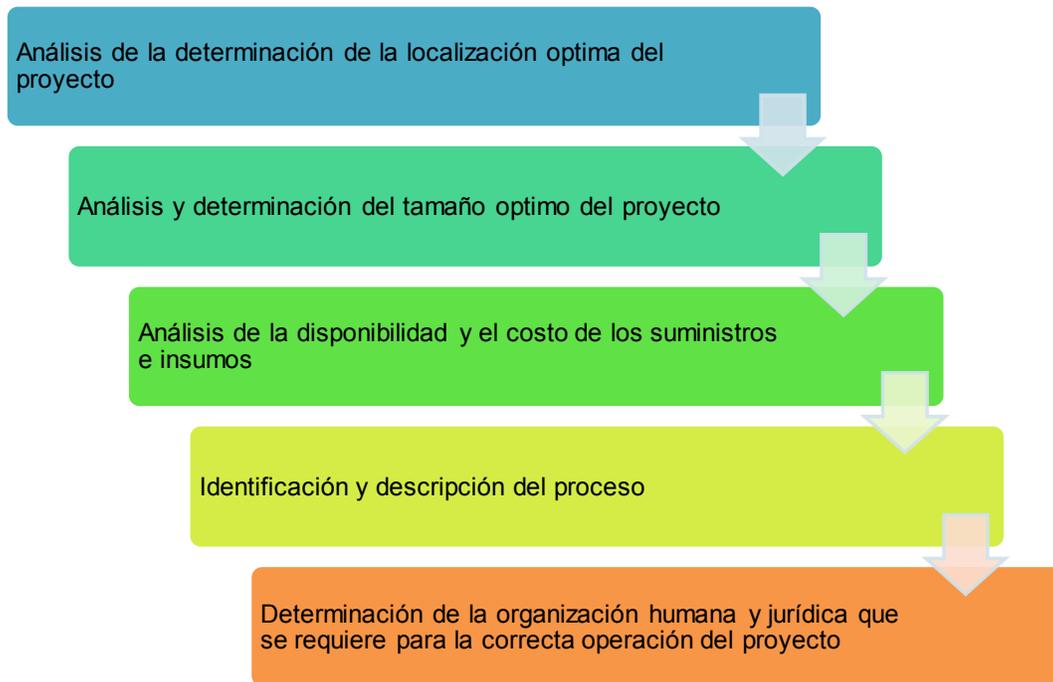
#### **2.3.5.1. Análisis y determinación de la localización óptima del proyecto**

El estudio técnico pretende resolver las preguntas ¿dónde?, ¿cuánto?, ¿cuándo?, ¿cómo?, y ¿con qué? producir lo que se desea, esto es, realizar el estudio del funcionamiento y operatividad del proyecto.

Los objetivos del análisis técnico-operativo de un proyecto son los siguientes:

- Verificar la posibilidad técnica de la realización del proyecto que se pretende.
- Analizar y determinar la localización, el tamaño, los equipos, las instalaciones, la organización, todos de manera óptima requeridos para la realización del proyecto.

El estudio técnico es conformado por las actividades que se muestran la **Figura 2.5**.



*Figura 2.5 Partes que conforman un estudio técnico (Modificado de: Baca, 2011)*

### **2.3.5.2. Análisis y determinación de la localización óptima del proyecto**

Este punto es el que contribuye en mayor medida a que se maximice la rentabilidad sobre el capital u obtener el costo unitario mínimo.

Para la evaluación de la localización del proyecto se usan métodos cuantitativos los cuales miden los siguientes factores:

- Factores geográficos. Condiciones naturales que rigen en las distintas zonas de un país, comunidad o región, como son los niveles de contaminación, el clima, desechos, las comunicaciones (carreteras, rutas aéreas, férreas, navales), etc.

- Factores institucionales. Son los relacionados con planes y estrategias de desarrollo y descentralización industrial.
- Factores sociales. Nivel general de los servicios sociales con los que cuenta una comunidad, como escuelas, centros recreativos, culturales, hospitales, etc.
- Factores económicos. Se refiere a los costos de los suministros e insumos en dicha localidad, como, materias primas, agua, energía eléctrica, mano de obra, combustibles, infraestructura disponible, terrenos, etc.
- Costos de transporte. Se refiere al costo que se genera al transportar las materias primas, productos, el personal, maquinaria, entre otros.

En resumen, se justifica la ubicación de un proyecto destacando los aspectos relevantes que brindarán la máxima rentabilidad. Estos aspectos son los recursos naturales, materiales y mano de obra; ubicación del mercado que abastecerá el proyecto; situación del transporte, infraestructura básica disponible, existencia de industria y otros servicios complementarios al proyecto.

### **2.3.5.3. Análisis y determinación del tamaño óptimo del proyecto**

Para poder determinar el tamaño óptimo de un proyecto se necesita utilizar técnicas de ingeniería iterativas. El tamaño de un proyecto es su capacidad instalada, y es expresada como unidades de producción por año. Cuando el tamaño opera con los menores costos totales o la máxima rentabilidad económica es considerada óptima. En esta parte de la evaluación es cuando más se necesita de la ingeniería.

El primer aspecto para el estudio corresponde a la ingeniería; y el segundo, es el tipo de manufactura que se utilizará para elaborar el producto que se requiera.

Conocer la tecnología a detalle es la siguiente etapa que se empleará para poder determinar y optimizar la capacidad de un proyecto.

Después de conocer estas etapas, se lleva a cabo un proceso iterativo que por lo menos debe contener los siguientes factores:

1. Cantidad que se desea producir.
2. La intensidad del uso de la mano de obra en los procesos de trabajo.
3. La cantidad de turnos de trabajo.
4. La optimización de la distribución del equipo de producción en el proyecto.
5. La capacidad de cada máquina y la optimización de la mano de obra.

#### **2.3.5.3.1. Factores que condicionan el tamaño óptimo del proyecto**

Determinar el tamaño del proyecto es una tarea complicada por las relaciones recíprocas que existen entre los factores que se encuentran involucrados. Dichos factores son los siguientes:

- La demanda: El tamaño debe de ser suficiente para poder cubrir la demanda establecida y no debe ser demasiado grande para evitar tener una producción sobrada.
- Los suministros: Obtener siempre a tiempo, en calidad y cantidad la materia prima es fundamental. Se debe tener una lista de todos los posibles proveedores de materias primas e insumos.
- Tecnología y equipos: La tecnología y el tamaño que se implanten, influirán en las inversiones y los costos de producción. En sí, la tecnología y los equipos tienden a limitar el tamaño del proyecto al mínimo de producción necesario para poder ser aplicables.
- El financiamiento: Los recursos económicos propios y ajenos deben permitir la posibilidad de escoger entre diferentes planes de financiamiento con mayor comodidad y seguridad, además de que ofrezcan los menores costos y un alto rendimiento de capital.
- La organización: Una de las partes fundamentales de la decisión sobre el tamaño óptimo del proyecto son las personas apropiadas y suficientes para cada uno de los puestos de la empresa.

#### **2.3.5.4. Análisis de la disponibilidad y el costo de los suministros e insumos**

La disponibilidad de los suministros e insumos es demasiado importante para el estudio técnico ya que se deben tener claros todos los posibles proveedores de los recursos que necesitaremos, de la cercanía de los suministros en la región donde se localizará el proyecto, de los costos de transporte, de los costos de los materiales, etc. Esto es demasiado importante para poder tomar una decisión, sobre todo de dónde se realizará la localización óptima de la planta.

#### **2.3.5.5. Identificación y descripción del proceso**

Este punto del estudio técnico también puede ser llamado como ingeniería del proyecto y su objetivo es identificar y describir la instalación y el funcionamiento de todo el proyecto.

##### **A. Proceso Productivo**

El proceso productivo es un proceso técnico que se requiere en el proyecto para poder obtener un producto a partir de la de insumos, con una determinada función de manufactura. Para poder obtener este proceso se deberá elegir una adecuada tecnología de fabricación.

Los aspectos que se deben de tomar en cuenta para poder elegir la tecnología son:

- Investigación de mercado. Indica las normas de calidad y cantidad del producto, bien o servicio a brindar al mercado.
- Flexibilidad de la tecnología. Se realiza para poder procesar varias clases de insumos para evitar tiempos muertos y diversificar la producción en un momento dado.
- Adquisición de equipo y maquinaria. Se trata de obtener la mejor opción sobre los equipos y maquinaria con los que se ejecutara el proceso productivo del proyecto.

## **B. Técnicas de análisis del proceso productivo**

Después de que se describe el proceso productivo se analiza de manera integral el proceso y la tecnología con los objetivos de poder facilitar el aprovechamiento óptimo de la distribución del proyecto y optimizar la operación del proyecto a través de mejorar los tiempos y movimientos de los hombres y la maquinaria.

Para poder representar y analizar el proceso productivo existen varios métodos, algunos son:

- Diagrama de bloques.
- Diagrama de flujo de proceso.
- Cursograma analítico.
- Diagrama de recorridos.
- Diagrama de hilos.
- Iconogramas.
- Diagrama sinóptico.

## **C. Factores que determinan la adquisición de equipo y maquinaria**

Dentro del desarrollo de la evaluación de proyectos, se decidirá sobre la adquisición de la maquinaria y los equipos necesarios para el proyecto, los cuales serán escogidos de entre otros de acuerdo a los siguientes factores:

- Proveedor.
- Precio.
- Dimensiones (planta, equipo y maquinaria).
- Capacidad.
- Flexibilidad.
- Mano de obra necesaria.
- Costo de mantenimiento.
- Costo de la energía eléctrica y otras energías que se usarán.

- Infraestructura necesaria.
- Equipos auxiliares.
- Costos de los fletes y seguros.
- Costos de instalaciones y puesta en marcha.
- Existencia de refacciones en el país.

#### **D. Distribución del proyecto**

Una excelente planeación de la distribución del proyecto es la que provee condiciones óptimas de seguridad y bienestar a los trabajadores, y que a su vez se traduce en operaciones más económicas.

La distribución está determinada por:

1. El tipo de producto.
2. El tipo de proceso productivo.
3. El volumen de producción.

Los principios básicos para la óptima distribución del proyecto son:

- Integración total. Consiste en integrar todos los factores que afectan la distribución del proyecto.
- Mínima distancia de recorrido. Se refiere a tener una visión general de todo el conjunto tratando de reducir con esto en medida de lo posible el manejo de materiales, es decir, trazando el mejor flujo.
- Utilización del espacio cúbico. Se debe tener noción del espacio en tres dimensiones, para poder utilizar al máximo cada sitio dentro del proyecto, en especial los más reducidos.
- Seguridad y bienestar para el trabajador.
- Flexibilidad. La distribución debe ser fácilmente ajustable a los cambios del tipo de proceso que exija el medio.

Entonces, podemos observar que la distribución del proyecto afecta al manejo de los materiales, la utilización del equipo, los niveles de inventario, la productividad

de los trabajadores y que de muy buena manera puede afectar la comunicación y la moral de los empleados.

Existen tres tipos básicos de distribución:

- a. Distribución por proceso.
- b. Distribución por producto.
- c. Distribución por componente fijo.

Existen métodos como el método del diagrama de recorrido, el método SLP (Systematic Layout Planning) y balanceo de líneas, los cuales se basan en los tipos de distribución enlistados.

### **E. Cálculo de las áreas del proyecto**

Una vez que se calculó la distribución del proyecto, se calculan los espacios de cada sección. Las áreas mínimas necesarias son:

1. Recepción de materiales y embarques del producto terminado.
2. Almacenes (para materia prima, producto procesado y producto terminado).
3. Departamento de productos.
4. Control de calidad.
5. Servicios auxiliares.
6. Oficinas.
7. Sanitarios.
8. Mantenimiento.
9. Área de tratamiento o disposición de desechos contaminados.

#### **2.3.5.6. Determinación de la organización humana y jurídica que se requiere para la correcta operación del proyecto**

Una de las fases importantes de la evaluación de proyectos se refiere a la organización humana y jurídica, esto debido a que cuando el proyecto entra en la etapa de proyecto definitivo, se requiere realizar un estudio detallado sobre las

funciones administrativas y legales en las que incurrirá en cada actividad de la opción de proyecto que ya se ha elegido de la siguiente manera:

#### **A. Organización de la empresa y del recurso humano**

La organización humana se considera en la fase del ante-proyecto, pero es hasta la fase del proyecto definitivo donde se analiza de forma profunda. En las etapas iniciales de la ejecución de un proyecto se presentan actividades como la constitución legal, tramites gubernamentales, compra o arrendamiento de terrenos, constitución del proyecto, compra de maquinaria, contratación de personal, selección de proveedores, contratos escritos con clientes, pruebas de arranque, etc. Todas estas actividades deben ser programadas, controladas y coordinadas, ya que esto garantiza la consecución de los objetivos del proyecto.

También debe mostrarse en un organigrama general de la empresa el total del personal de la misma, tanto internos como de servicio externo (outsourcing). Este proceso además de tener un ordenamiento sobre el personal de la empresa, también servirá para poder incluirse en la nómina de pago que se realizará en el estudio económico.

#### **B. Marco legal**

Toda actividad empresarial y lucrativa se encuentra incorporada a un marco jurídico, es decir, todo proyecto para poder arrancar debe sujetarse a disposiciones jurídicas vigentes. Cabe mencionar que esta actividad estrictamente se realiza cuando ya se ha decidido el proyecto definitivo.

#### **2.3.6. Estudio económico**

El análisis económico pretende determinar el monto de los recursos monetarios que se requieren para la realización de nuestro proyecto, el costo total de trabajo de nuestra planta, así como los indicadores económicos que sirven de base para seleccionar el proyecto definitivo dentro de la evaluación de proyectos.

La **Figura 2.6** describe la estructura general del análisis económico.

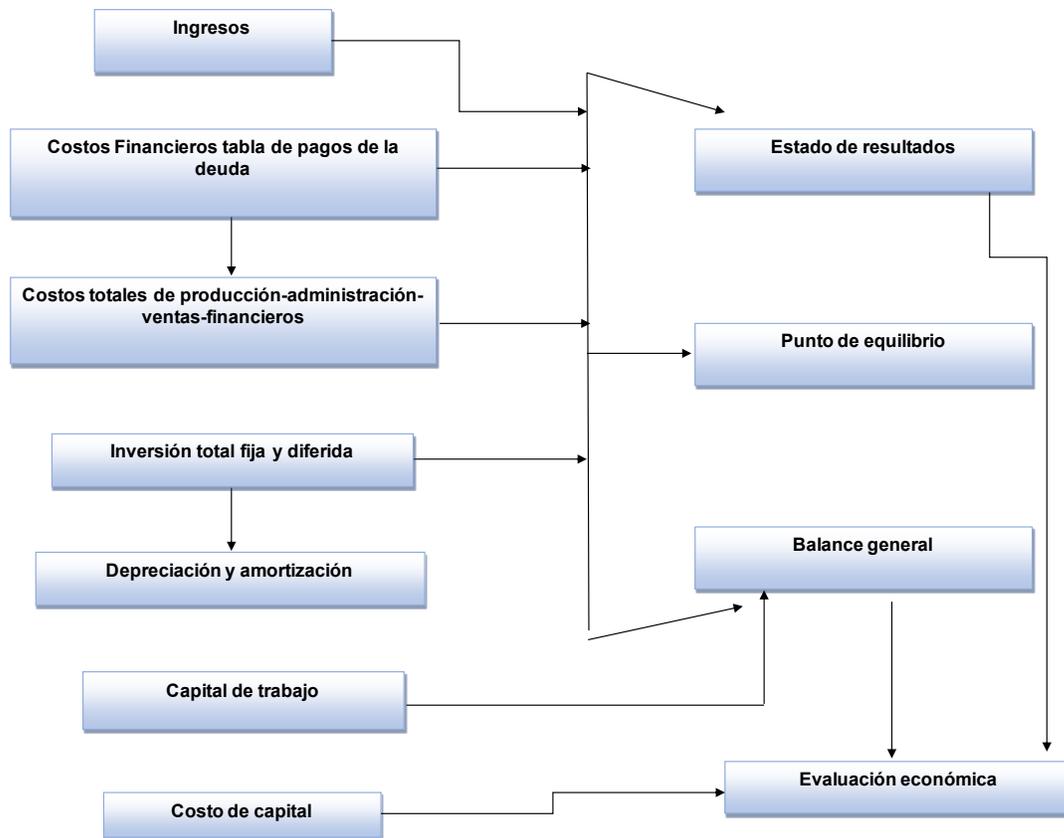


Figura 2.6 Estructuración del análisis económico (Modificado de: Baca, 2011)

### 2.3.6.1. Determinación de los costos

El costo es el desembolso que se realiza, ya sea en efectivo o en especie, en el pasado (costos hundidos), el presente (inversión), en el futuro (costos futuros) o en forma virtual (costo de oportunidad). Debemos tomar en cuenta que para la determinación de los costos a futuro las cifras se redondean al millar más cercano, debido a la falta de exactitud de predecir el futuro.

#### A. Costos de producción

Estos costos son un reflejo de los que se determinan en el estudio técnico. Cada costo de producción considera las siguientes bases:

- i. Costo de materia prima: Incluye el precio de la merma que toma en cuenta el material defectuoso.
- ii. Costos de la mano de obra: Directa (obreros y trabajadores) e indirecta (supervisores, jefes de turno, gerentes). Sueldos base, aguinaldos, seguro social, etc.
- iii. Envases: Primarios o por unidad, y secundarios o por mayoreo de unidades.
- iv. Costos de energía eléctrica: Desde la producción hasta el alumbrado.
- v. Costos de agua: Para el proceso productivo.
- vi. Combustibles: Utilizados para la elaboración del producto o el servicio.
- vii. Control de calidad: Para llevar a cabo una mejora en instalaciones o equipo se requiere una erogación, así como en el contrato de un servicio externo que sirva a la empresa.
- viii. Mantenimiento: Comprobaciones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones necesarias para mantener o reparar una unidad funcional de forma que esta pueda cumplir sus funciones.
- ix. Cargos de depreciación y amortización: Costos virtuales. Serán detallados más adelante.
- x. Otros: Como uniformes, detergentes, dispositivos de protección, etc.
- xi. Costos para evitar contaminación: Un mantenimiento de control de contaminantes requiere un costo periódico de desembolsos.

### **B. Costos de administración**

Aquí se incluyen los sueldos del gerente, contadores, auxiliares, secretarias, así como los gastos generales de oficina. Además de las dos grandes áreas de un proyecto, ventas y producción, los gastos de los demás departamentos que existan se cargarán en costos de administración y costos generales.

### **C. Costos de venta**

Estos costos también se conocen como costos de mercadotecnia. Se refieren a la investigación y desarrollo de: nuevos productos que se adaptan a las necesidades

de los usuarios consumidores, cuotas, competencia en el mercado, publicidad y tendencias de ventas. La magnitud del costo de venta dependerá tanto del tamaño del proyecto como del tipo de actividades que se desarrollen en el departamento de producción.

#### **D. Costos financieros**

Los costos financieros son los intereses que se deben pagar conforme al capital obtenido en algún préstamo.

##### **2.3.6.2. Inversión total inicial: fija y diferida**

Esta inversión comprende todos los activos fijos y diferidos.

Los activos fijos o tangibles son bienes propiedad de la empresa como los edificios, herramientas, carros de transporte, maquinaria, equipo mobiliario, entre otros. Se llaman así porque sin estos activos la empresa podría tener problemas productivos y de sus distintas actividades, y es por ello que no pueden desprenderse de estos con facilidad.

Los activos intangibles o diferidos son los bienes de propiedad fundamentales para el funcionamiento de la empresa y que incluyen marcas de venta, patentes de invención, diseños comerciales e industriales, asistencia técnica, así como intercambios de tecnología, gastos de instalación, contratos de servicios, y estudios ingenieriles, etc.

En una buena evaluación económica de proyectos se deben enlistar todas las inversiones asociadas a todos los activos y todo movimiento que incluye cada uno de ellos con ayuda de cronogramas de inversión calculando el tiempo para contabilizar y registrar cada activo de forma numérica.

### 2.3.6.3. Depreciaciones y amortizaciones

La depreciación está ligada específicamente a los activos fijos, ya que con el uso en el paso de los años, estos bienes se devalúan.

La amortización se refiere a los activos diferidos, ya que, estos bienes con el paso del tiempo aumentan su valor. En sí, es el cargo anual que se hace para la recuperación de la inversión.

Para hacer valido el funcionamiento de estos cargos, es necesario basarse en la ley tributaria correspondiente en cada región o nación.

### 2.3.6.4. Capital de trabajo

El capital de trabajo es el aquel con el que se debe contar antes de empezar a trabajar. Se define como la diferencia aritmética entre el activo circulante y el pasivo circulante, como se muestra en la **Ecuación 2.1**.

$$\textit{Capital de trabajo} = \textit{Activo circulante} - \textit{Pasivo circulante} \dots (2.1)$$

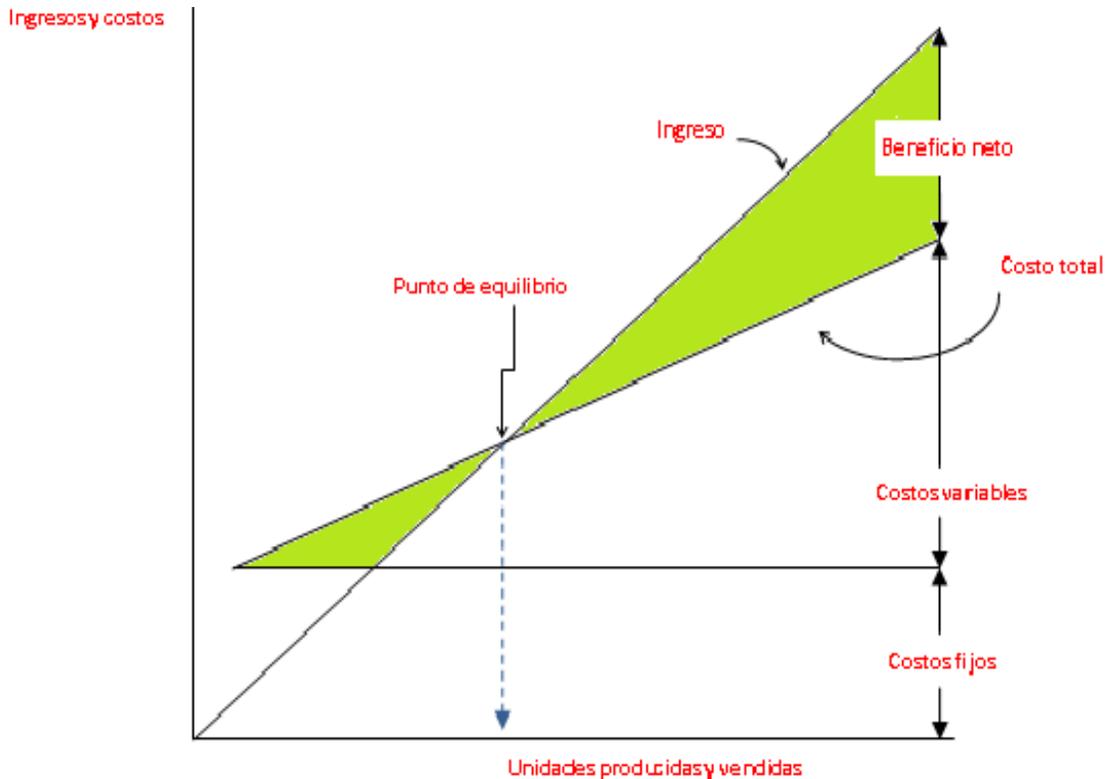
Está representado por el capital adicional con que hay que contar para que el proyecto comience a funcionar, pues hay que financiar los costos iniciales antes de conseguir ingresos obtenidos de producción; en otras palabras, primero se pagará la mano de obra, materias primas, y se otorgarán créditos en las primeras ventas, etc., lo cual representa el activo circulante y se compone básicamente de valores e inversiones, cuentas por cobrar e inventarios. Pero así como se invierte en estos rubros, también se puede obtener crédito a corto plazo en impuestos, servicios y proveedores, esto es, el pasivo circulante que es el financiamiento parcial y acorto plazo de la operación.

### 2.3.6.5. Punto de equilibrio

Este método de punto de equilibrio es sumamente útil para conocer las relaciones entre costos fijos, costos variables y los ingresos, y se define como el nivel de producción en el que son exactamente iguales estos tres puntos. Este método tiene algunas desventajas por lo cual no es una herramienta de evaluación

económica. Sin embargo, es útil para calcular con facilidad el punto mínimo de producción al que se debe operar para no tener pérdidas, sin que esto signifique que, aunque haya ganancias éstas sean suficientes para hacer rentable el proyecto.

En la **Figura 2.7** se observa la gráfica del punto de equilibrio.



**Figura 2.7** Punto de equilibrio (Modificado de: Baca, 2011)

### 2.3.6.6. Estado de resultados

Tiene como finalidad calcular la utilidad neta y los flujos netos de efectivo del proyecto, tomando en cuenta todos los datos analizados en los apartados anteriores, y con ello poder emplear los datos para la evaluación económica.

Hay que tomar en cuenta que los datos como impuesto sobre la renta (ISR) y el reparto de utilidades para los trabajadores (RUT) varían respecto a la situación

económica del país y con el paso del tiempo, y no se mantendrán fijos los porcentajes. También debemos aclarar que para este análisis el evaluador debe basarse en la ley tributaria correspondiente, sin dejar de lado que ésta parte solo será una proyección para pronosticar algunos años a futuro y se deberá seguir realizando año con año para mejores resultados.

La **Tabla 2.1** muestra el estado de resultados.

*Tabla 2.1 Estado de resultados (Modificado de: Baca, 2011)*

Flujo	Concepto
+	Ingresos
-	Costos de producción
=	Utilidad marginal
-	Costos de administración
-	Costos de ventas
-	Costos financieros
=	Utilidad bruta
-	ISR
-	RUT
=	Utilidad neta
+	Depreciación y amortización
-	Pago a principal
=	Flujo neto de efectivo (FNE)

### 2.3.6.7. Costo de capital

Para cada proyecto, se debe contar con inversiones de capital ya sean propias, de inversionistas y/o combinadas, y cada parte de estas inversiones tendrá un costo asociado del capital que aporte.

### 2.3.6.8. Financiamiento

Se dice que el proyecto está financiado cuando ha solicitado un préstamo de capital que cubre sus necesidades económicas. Si se logra conseguir dinero barato en sus operaciones, es posible demostrar que esto le ayudará a elevar considerablemente el rendimiento sobre su inversión. El dinero barato se

interpreta como los capitales pedidos en préstamo a tasas más bajas que las vigentes en las instituciones bancarias.

Cuando se pide un préstamo, hay que hacerlo bajo tratamiento fiscal que se adecúa a los intereses y al pago principal para una buena evaluación económica.

Se mencionarán los métodos de pago de préstamos pero no se presentarán en detalle ya que no es parte del objetivo principal de este trabajo.

Las formas de pago son las siguientes:

- Pago de capital e intereses al final de un periodo de varios años
- Pago de interés al final de cada año, y de interés y todo el capital al final del último año
- Pago de cantidades iguales al final de cada uno de los años
- Pago de intereses y una parte proporcional del capital al final de cada uno de los años.

El método elegido dependerá de la tasa interna de rendimiento que el proyecto esté ganando.

#### **2.3.6.9. Balance general**

El activo para un proyecto significa cualquier pertenencia, sea material o inmaterial. Los pasivos son las deudas con terceros. El capital significa los activos en forma de dinero o en títulos que forman parte de los propietarios o accionistas de la empresa.

La igualdad fundamental del balance general se puede definir de la forma como lo muestra la **Ecuación (2.2)**:

$$\text{Activo circulante} = \text{Capital de trabajo} + \text{Pasivo circulante} \dots (2.2)$$

Los balances tienen como objetivo principal determinar anualmente cual se considera que es el valor real de la empresa en ese momento, aquí se deben

considerar las reevaluaciones de activos. La dificultad para realizarlo es grande ya que es un aspecto contable muy dinámico si se trabaja en un país con altos índices de inflación.

Si se lleva a cabo el balance general de la empresa en tiempo cero es probable que se revele el valor real de la misma en el momento inicial de sus operaciones, si por el contrario se hace durante el periodo de producción, la estimación resulta menos acertada.

### **2.3.7. Evaluación Económica**

La metodología de la evaluación económica es una etapa de la evaluación de proyectos en la que se obtiene el cálculo de la rentabilidad de la inversión en termino de índices como son el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y la eficiencia de la inversión, que está dada por la relación entre el valor presente neto y el valor presente de la inversión (VPN/VPI). Para poder obtener un buen cálculo y análisis de estos indicadores se requiere primero de un excelente análisis e interpretación de los datos duros, visión estratégica y de las tecnologías de información y comunicación.

El cálculo de la rentabilidad de la inversión en un proyecto es vital para realizar o rechazar la inversión. Las cifras que se necesitan para calcular esos índices de rentabilidad son; inversión inicial (solo en activo fijo y diferido), flujos netos de efectivo, depreciación y algunos datos del financiamiento.

Existen dos métodos que se usan para poder lograr realizar el estudio de evaluación económica, estos son los que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo y los que no lo toman.

#### **2.3.7.1. Métodos de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo.**

Se sabe que el dinero disminuye su valor real conforme pasa el tiempo, a una tasa aproximadamente igual al nivel de inflación vigente. Las comparaciones que se realicen con dinero a través del tiempo deben de realizarse en términos del valor

adquisitivo real o de su equivalencia en distintos periodos de tiempo, no en base a su valor nominal.

Se puede decir que siempre que se realicen comparaciones de dinero a través del tiempo deben hacerse en un solo instante de tiempo, generalmente se usa el tiempo cero o presente, siempre se deberá tomar en cuenta una tasa de interés, ya que esta nos da la modificación del dinero a través del tiempo.

### 2.3.7.1.1 Valor presente neto (VPN)

El valor presente neto es la suma de los flujos de efectivo descontados al tiempo cero, menos la inversión inicial.

El VPN se calcula conforme la **Ecuación (2.3)**

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_k+VS}{(1+i)^k} \dots\dots(2.3)$$

Dónde:

VPN: Valor presente neto

P: Inversión inicial

FNE: Flujos netos de efectivo

I: tasa de interés

<sup>3</sup>VS: Valor de salvamento

Gráficamente se puede ver el comportamiento del VPN con respecto a la tasa mínima de rendimiento en la **Figura 2.8**.

---

<sup>3</sup>VS: Al valor estimado de una propiedad al final de su vida útil se le llama valor de salvamento o valor de rescate; en otras palabras es la cantidad que se recupera por la venta, el intercambio o descuento en la adquisición de un activo sustitutivo.

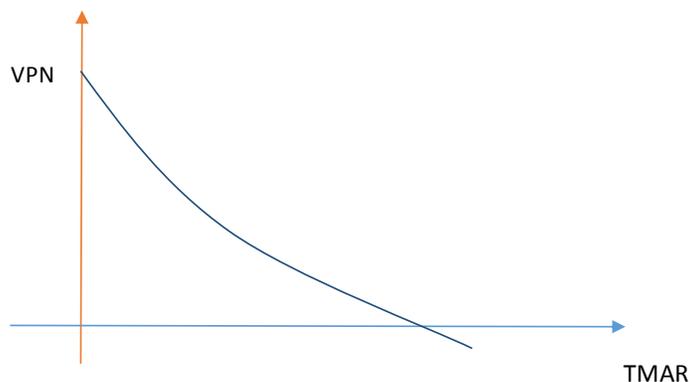


Figura 2.8 Gráfica VPN vs TMAR (Modificado de: Baca, 2011)

En términos generales, si el VPN es mayor que cero se aceptará la inversión, dado que un valor positivo del VPN significa ganar la <sup>4</sup> TMAR más el valor positivo del resultado, en términos del valor del dinero en el tiempo cero. Si el valor del VPN es menor que cero, significa que las ganancias del proyecto no son suficientes siquiera para ganar la TMAR y, por lo tanto, la inversión debe rechazarse.

### 2.3.7.1.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Por definición, la tasa interna de retorno es la tasa de descuento para la cual el VPN es igual a cero, es decir, es aquella tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. La **Ecuación (2.4)** representa numéricamente la definición es la siguiente:

$$P = \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_k+VS}{(1+i)^k} \dots\dots\dots (2.4)$$

La TIR se calcula por medio de tanteos (pruebas y error), hasta que la suma de los flujos descontados sea igual a la inversión inicial P. Esto se hace variando la tasa

<sup>4</sup>TMAR: Se define como: *tasa mínima aceptable de rendimiento* =  $i + f + if$ . Esto significa que la TMAR Tasa mínima aceptable de rendimiento o tasa de descuento que se aplica para llevar a valor presente. los FNE y el VS = Cuando se calcula la TIR, el VPN se hace cero y se desconoce la tasa de descuento que es el parámetro que se debe calcular. Por eso la TMAR ya no se utiliza en el cálculo de la TIR. Así la (1) en la segunda ecuación viene a ser la TIR.

“ $i$ ” de la ecuación (II.4) hasta que esta se satisfaga. Este indicador permite conocer el rendimiento real de la inversión.

Se llama tasa interna de rendimiento porque se supone que es el dinero que se gana año con año al reinvertirse en su totalidad.

Cuando se usa el método de la TIR para poder realizar el análisis de la rentabilidad de un proyecto, se llega a la siguiente conclusión:

- Si la TIR es mayor que la TMAR, se acepta la inversión. Esto es, si el rendimiento de la inversión es mayor que el mínimo aceptado, entonces el Proyecto es rentable económicamente.

Cuando se habla de que en un proyecto exista alguna pérdida en determinado periodo de tiempo, no se debe usar la TIR como el método de análisis sino el VPN que no presenta la desventaja de que al existir pérdidas intermedias entre las ganancias se ocasione que exista un cambio de signo existiendo así más de una raíz que satisfaga la ecuación y no genere ningún significado económico.

#### **2.3.7.1.3. Análisis de sensibilidad.**

El análisis de sensibilidad (AS), es el procedimiento por el cual se determina cuanto afectan a la TIR determinados factores del proyecto como los costos totales, ingresos, volumen de producción, etc. No es que se quieran modificar las variables para saber el comportamiento de la TIR sino que con el AS se pueden analizar variables críticas que la afectan, tales como:

- Volumen de producción (cambio en el nivel de ventas).
- Nivel de financiamiento.
- Tasa de interés del financiamiento.

#### **2.3.7.1.4. Eficiencia de la inversión (VPN/VPI)**

Otro método que se usa para la realización de la evaluación económica es obtener la eficiencia de la inversión (VPN/VPI), que por su definición se puede decir que es

la rentabilidad que se obtiene, en términos reales, por cada unidad monetaria invertida. En otras palabras, el cálculo de la eficiencia dice cuántas unidades monetarias se obtienen por cada una que se invierta.

El cálculo de la eficiencia de la inversión está dado por la **Ecuación (2.5)**.

$$EFI = \frac{VPN}{VPI} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dónde:

VPN: valor presente neto.

VPI: valor presente de la inversión.

**2.3.7.2. Métodos de evaluación que no toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo**

Estos métodos no se relacionan de manera directa con el análisis de la rentabilidad económica, sino con la evaluación financiera de la empresa, es decir, analizan las tasas o razones financieras. Estos métodos toman la información que necesita para realizar el análisis de la hoja de balance general.

Existen tres tipos de razones financieras:

1. Razones de liquidez. Miden la capacidad de la empresa de cumplir con sus pagos a corto plazo; algunas de ellas son la tasa circulante y prueba de ácido.
2. Tasa de endeudamiento. Mide en qué grado la empresa se ha financiado a través de la deuda; algunas de ellas son la razón de deuda total y números de veces que se gana el interés.
3. Tasa de rentabilidad. Se mide el resultado neto de todas las políticas y decisiones. Algunas de ellas son la tasa de margen de beneficio sobre ventas, rendimientos sobre activos totales, tasa de rendimiento sobre el valor neto de la empresa.

Se puede ver que las razones financieras pueden ser utilizadas mientras no se tome en cuenta la tasa de interés.

Como se observa, los métodos que no utilizan el valor del dinero a través del tiempo son métodos contables que consideran cifras que ya sucedieron en la empresa, mientras que los métodos que utilizan el valor del dinero a través del tiempo utilizan cifras que esperan que sucedan en la empresa.

### **2.3.8. Análisis y administración del riesgo**

Este apartado tiene como objetivo determinar cuál es el riesgo de una inversión monetaria con algún método de medida cuantitativo y con ello, administrar el mismo para evitar la bancarrota del proyecto.

Cabe destacar que el riesgo de una inversión es un factor importante pero muy cambiante; las crisis económicas y devaluaciones monetarias, así como otras condiciones económicas que sufren todos los países, hacen imposible que el riesgo sea un valor que se mantenga estático.

Todo proyecto de inversión tiene un riesgo implícito, el cual puede disminuir considerablemente conforme se conozcan las condiciones económicas, de mercado y tecnológicas.

Los métodos de análisis del riesgo se basan en modelos matemáticos probabilísticos, seguidos de modelos de simulación probabilística como el método de Montecarlo, arboles de decisión, etc., que intentan resolver el problema de riesgo e incertidumbre en proyectos de inversión, tomando en cuenta el monto, y bajo qué condiciones económicas y en qué lugar se va a invertir. Pero estas variables por lo general son incontrolables y por tanto es imposible conocer el comportamiento preciso de las medidas tomadas al analizar el riesgo.

Los únicos datos que son reales y confiables son los obtenidos en el presente, y no se estudian condiciones futuras como proyecciones, evitando basar nuestras decisiones en los cálculos de condiciones cambiantes.

Algunos métodos se realizan evaluando escenarios optimista y pesimista para saber la confiabilidad de que el proyecto sea rentable o no. Con un escenario pesimista se puede ver con claridad cómo funcionará el proyecto en las condiciones más difíciles. Si las condiciones más desfavorables indican que es rentable el proyecto, se puede tomar la decisión de seguir adelante; en caso contrario, se puede decidir detenerlo definitivamente.

El riesgo de mercado no se puede controlar como el tecnológico, que se evita con mejores herramientas y máquinas de producción, por ello se le denomina también riesgo sistemático.

### **2.3.8.1. Riesgo financiero**

Este riesgo hace referencia al financiamiento que se necesita para que una empresa se ponga en marcha, ya que su creación implica un préstamo de bancos y accionistas. Aquí el riesgo se nota cuando hay una elevación de las tasas de interés en el préstamo, ya que esto significa que el pago de financiamiento aumentará y el proyecto corre el riesgo de bancarrota.

Todo riesgo siempre tiene un costo y la disminución de él se puede lograr mientras se puedan solventar estos pagos; en ello radica la importancia de su análisis y prevención. Estos se deben cubrir cuando es inevitable que sucedan y es posible detectar la inminencia de ciertos eventos en la economía de un país.

Para que un proyecto funcione, debe conocer lo elemental para su funcionamiento, así como las ventajas y desventajas de su correcta operación. No es posible que se obtengan utilidades aceptables si no se previenen los riesgos, si no se sabe que existen, y mucho menos si no se conocen los indicadores más grandes de tales riesgos.

### **2.3.8.2. Riesgo Tecnológico.**

Este tipo de riesgo es el que se mide para evitar que algún sistema de producción, como la maquinaria o artefactos tecnológicos más rápidos y eficientes, sea un factor muy importante de influencia para la bancarrota. Aquí se evalúan desde la mano de obra hasta ritmos y costos de producción, así como mermas y desperdicios. En este tipo de riesgo también se llevan a cabo modelos de regresión lineal que manejan variables de costos de dinero en el tiempo, y que de alguna forma, ayudan a aclarar las expectativas del negocio y su comportamiento financiero, al igual que con los otros tipos de riesgo.

### 3. METODOLOGÍA VCD

Comprende un proceso por medio del cual se maduran el alcance, el estimado de costos y el plan de ejecución del proyecto a un nivel de certidumbre suficiente para decidir si es conveniente o no un proyecto, desde el punto de vista de negocio. Establece que todo proyecto pasa por tres fases: Visualización (FEL-V), Conceptualización (FEL-C), y Definición (FEL-D). El proceso comienza desde que el proyecto correcto es seleccionado y termina hasta finalizar completamente el paquete de diseño básico. El IPA dio la definición más actualizada que dice textualmente así: “Es un proceso que traduce las oportunidades de negocio y tecnología aun proyecto de inversión, donde los objetivos del proyecto estén alineados con los objetivos de negocio, para desarrollar el más eficiente diseño de proceso y plan de ejecución con el fin de lograr los objetivos del proyecto”. Durante dicho proceso se definen las siguientes cuestiones: ¿qué se está haciendo?, ¿cómo se está haciendo?, ¿quién lo está haciendo? y ¿qué recursos se necesitarán?

Para proyectos industriales de ingeniería y construcción, la filosofía consiste en definir claramente los objetivos de negocios, el alcance, estimado de costos y plan de ejecución durante las fases iniciales del proyecto. Esto con el fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos de negocios y minimizar cambios durante las fases posteriores del proyecto. En la **Figura 3.1** se presenta el desarrollo de la metodología VCD a lo largo de la vida del proyecto.

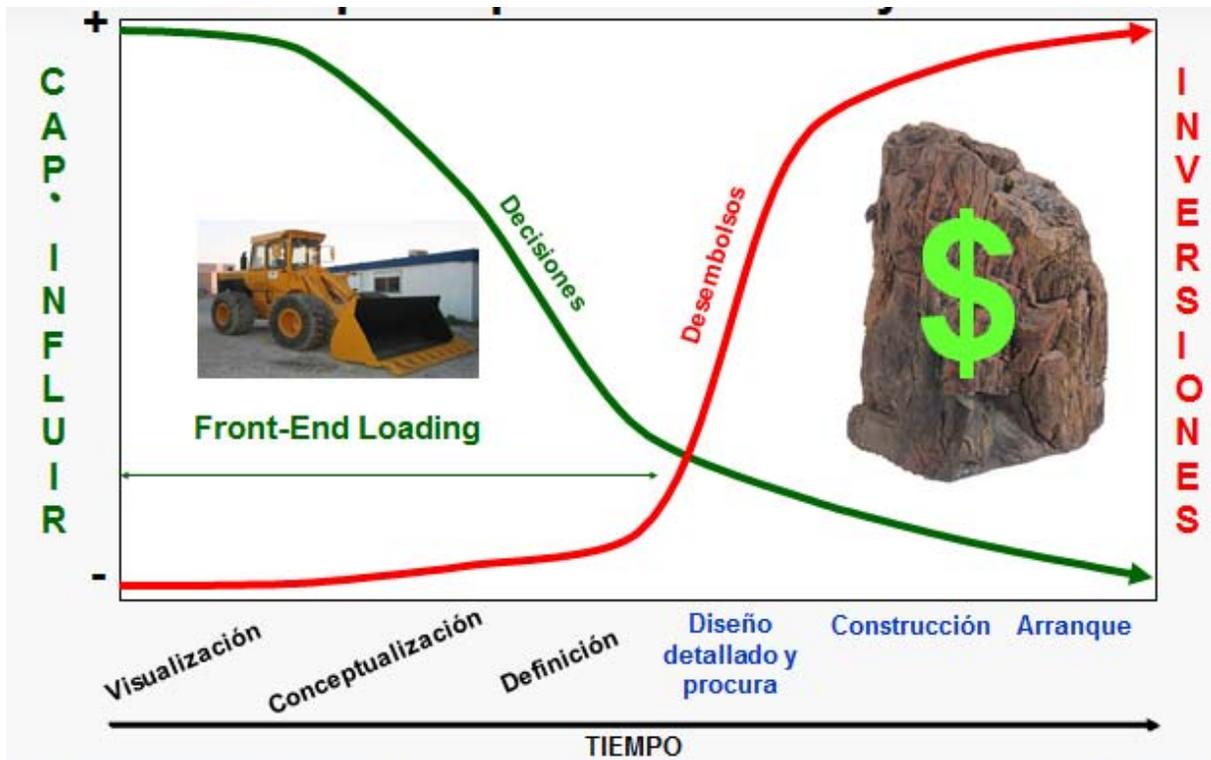


Figura 3.1 Etapas típicas de un proyecto (PEP, 2010)

### 3.1. Secuencia general de etapas

Inicialmente cuando se define un proyecto, la mayoría de las veces se divide en varias etapas; eso, en esencia, es útil para poder tomar una buena decisión sobre continuar o detener las etapas subsiguientes del proyecto y, al final decidir si invertir o no en el negocio.

La metodología se divide en tres etapas, Visualización, Conceptualización y Definición, tal y como se muestra en la **Figura 3.2**.

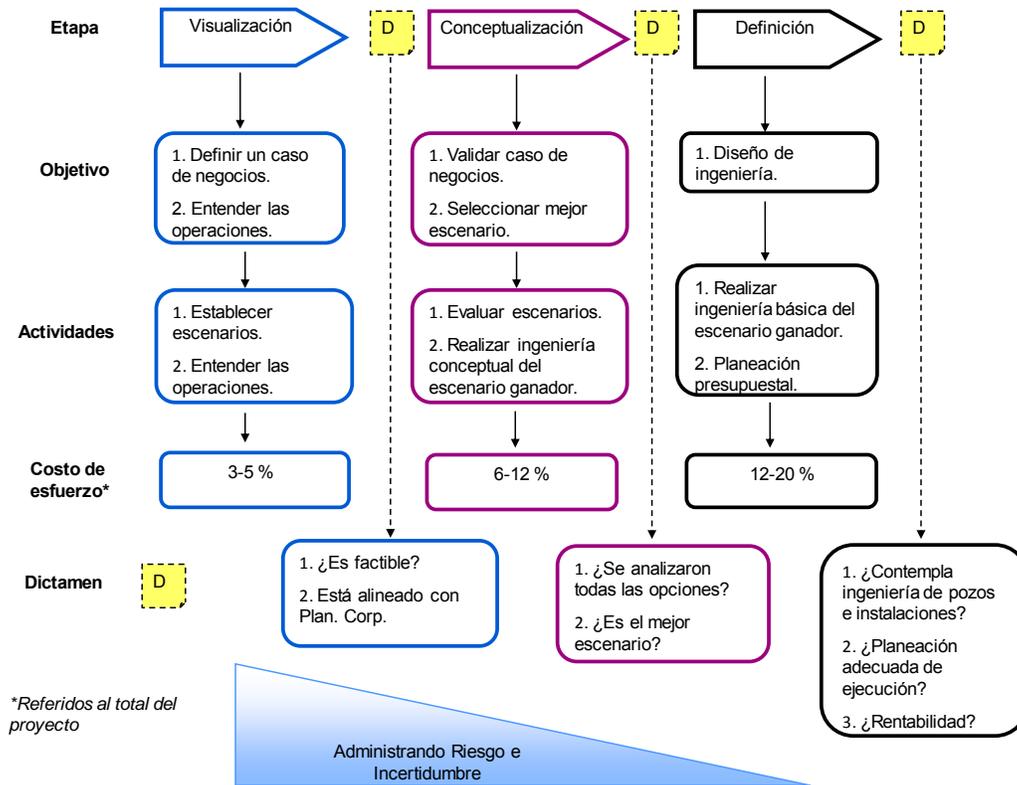


Figura 3.2 Organigrama general de la metodología VCD (PEP, 2010)

Cada una de las etapas se puede definir de la siguiente manera:

- **Visualización (FEL I).** Es la etapa en la que se evalúan la mayoría de las incertidumbres y sus riesgos, la identificación y documentación de los escenarios más factibles. En esta etapa se generan oportunidades y se categorizan las decisiones. Su objetivo es identificar y evaluar la factibilidad técnico-económica, en forma preliminar, de todos los esquemas posibles que el equipo de trabajo visualice para la materialización de nuevas oportunidades.
- **Conceptualización (FEL II).** En esta fase se evalúan con más profundidad los escenarios identificados y las soluciones tecnológicas incorporadas en la etapa de Visualización. Se selecciona el mejor escenario mediante la cuantificación de los riesgos y la evaluación económica. Además, se desarrolla la ingeniería conceptual del mismo.

- Definición (FEL-III). Esta etapa consiste en desarrollar en mayor detalle todos los elementos técnicos que conforman el escenario seleccionado, mediante la ejecución de la ingeniería básica, análisis de incertidumbre, costos, economía, y documentación para la autorización del proyecto. En esta fase de la metodología VCD se presenta en el documento entregable que consolida el desarrollo del escenario seleccionado en el FEL-II, el cual contiene el valor generado, el plan de mitigación de riesgos, la ingeniería básica del proyecto y la economía asociada. El objetivo de esta fase es desarrollar el alcance del proyecto y los planes de ejecución del escenario seleccionado para precisar el valor económico esperado, así como su incertidumbre y riesgo. Asegurar que se cumplen los objetivos del negocio, solicitar la autorización del proyecto y los fondos para la ejecución del mismo.

Una vez que se han definido las etapas anteriores, se describen los subprocesos y sus interacciones. Entonces el proceso VCD se integra por los siguientes procesos básicos:

- Planeación de negocios.
- Organización de las etapas iniciales del proyecto.
- Evaluación y selección de alternativas.
- Desarrollo de un paquete de definición del proyecto.
- Toma de decisión informada con respecto a si procede o no el proyecto.

### **3.2. Sentido de dirección**

Existen parámetros que se toman en cuenta muy seriamente para poder decidir si un proyecto es viable o no. Estos elementos clave son la incertidumbre, precisión de costos, el nivel de ingeniería, la mitigación de incertidumbres y cantidad de escenarios. Todos estos parámetros son necesarios para las diferentes etapas dentro de la metodología VCD.

El sentido de dirección de la metodología VCD, en los procesos de visualización, conceptualización y definición se observa en la **Figura 3.3**

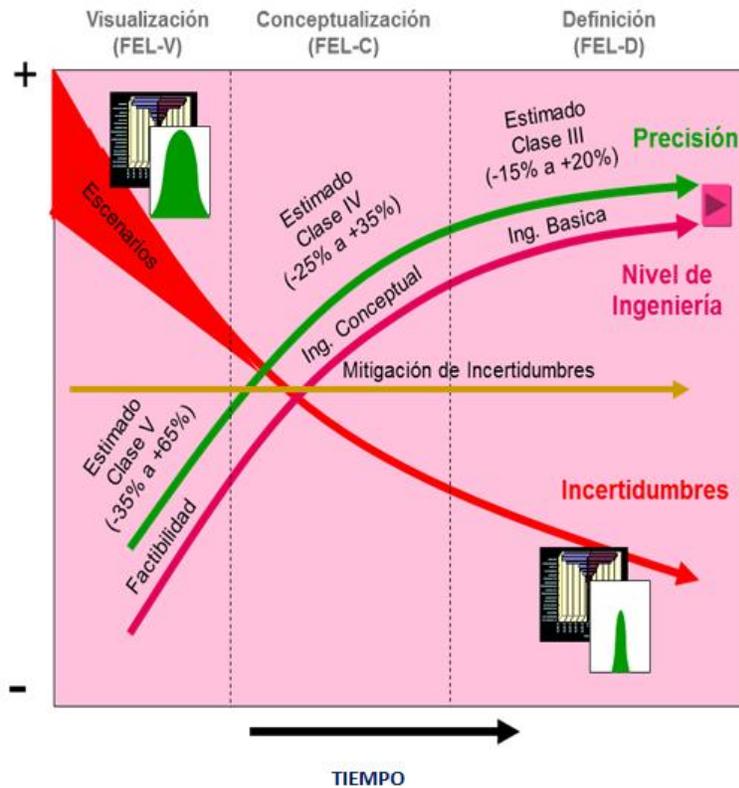


Figura 3.3 Sentido de dirección de la metodología FEL (PEP, 2010)

En la figura no se muestra la fase introductoria llamada pre-FEL, la cual es indispensable mencionar junto a las demás fases entonces:

Pre-FEL. Esta fase introductoria, ayuda a poder realizar una planeación de la forma y documentación del proyecto que se hará bajo la metodología VCD. A través de esta fase inicial se logra obtener un panorama general de la información y los términos actuales en que se encuentra el proyecto, para que en las etapas posteriores se facilite la identificación de las actividades que se llevaran a cabo en las fases V, C y D.

Etapa de Visualización (V). En esta etapa se observa que la línea de color rosa, que representa el nivel de ingeniería, es baja. Esto se debe a que la aplicación de

la ingeniería solo se hace a nivel de que los escenarios seleccionados como factibles no salgan del rango de los objetivos técnicos que se tienen. En el caso de la precisión de costos, la línea presentada de color verde hace referencia al nivel de trabajo y de exactitud que se realiza para los costos Clase V, en los cuales el estudio se realiza con una variación entre -35% a +65% respecto al costo real. En el caso de la línea de color rojo, la cual se refiere a la incertidumbre, tiene el valor más alto, debido a que existen demasiadas variables técnicas y económicas que aún no han sido estudiadas; además, el grosor de dicha línea indica que durante esta etapa se tendrá la mayor cantidad de escenarios a revisar.

*Etapa de Conceptualización (C).* En esta etapa se observa que la línea de nivel de ingeniería comienza a aumentar conforme se aleja de la primera fase; esto se debe a que los estudios técnicos que se ejercen sobre los proyectos en evaluación serán mayores y con mayor detalle. De igual manera, la línea que representa la precisión de estimado de costos comienza a tomar mayor énfasis en los cálculos de estos estimados, reduciendo la variación a un rango de entre -25% a +35% relativos al valor real. En el caso de la línea de la incertidumbre, esta se reduce conforme los cálculos técnicos y económicos se hacen con mayor detalle y precisión, esto para poder obtener el mejor escenario de todos los escenarios factibles seleccionados en la fase FEL-I.

*Etapa de Definición (D).* Se observa que el horizonte de incertidumbre es bajo, ya que la información y el trabajo técnico-económico han sido mucho mayores y ya se ha seleccionado un solo escenario, el cual se estudia a detalle. La línea de precisión sube a un estimado de -15% a +20%, ya que en este punto se han elegido los mejores detalles tanto en oportunidad de desarrollo del proyecto como en la ingeniería básica y por ello aumenta su factibilidad.

### **3.3. Pre-FEL**

El Pre-FEL es la etapa previa al inicio formal de la metodología VCD. Aquí se realizan el diagnóstico y la planeación del diseño y documentación del proyecto.

Se llevan a cabo actividades como la reunión inicial, documentación de descripción del proyecto, inventario y caracterización de información, comprobar la alineación de proyecto con las estrategias corporativas, identificación de las principales categorías de decisión y oportunidades; verificar la disponibilidad, accesibilidad, calidad y complejidad de los datos, sistemas y modelos requeridos para el desarrollo exitoso del proyecto. También se realiza la selección de las disciplinas que requiere el proyecto para formar el equipo de diseño, especificando la organización. Se lleva a cabo la especificación de los roles, responsabilidades, entregables, recursos físicos y financieros. Los entregables principales de esta fase son tanto el plan como la documentación de la propuesta VCD.

En esta fase, el líder del proyecto debe preparar un resumen donde se haga la descripción del proyecto bajo esta metodología, a fin de que el equipo esté al tanto de la situación actual y objetivos de este proyecto.

### **3.3.1. Inventario de la información**

Se debe inventariar toda la información relevante que se pueda usar para diseñar el proyecto bajo la metodología VCD, la cual permita la ejecución de las actividades asociadas a las disciplinas técnicas que se involucran en el proyecto. Se debe incluir de igual manera un compendio de los estudios disponibles y de la calidad de la información que se utilizará.

### **3.3.2. Identificación de oportunidades**

Esta etapa es medular, y sus elementos son:

- Visión de éxito del proyecto de explotación. Se determinan los objetivos fundamentales que deben ser satisfechos por el escenario a ser seleccionado y definido a través del proceso VCD.
- Diagrama de oportunidades y matriz de decisiones preliminar. Se realiza la identificación de los posibles procesos, tecnologías, actividades, variables de decisión y opciones, cuya combinación bajo criterios de aplicabilidad,

factibilidad, oportunidad y alineación estratégica, constituirán posibles escenarios para materializar los resultados esperados del proyecto.

- Identificación de las principales incertidumbres. El objetivo es identificar las variables más importantes del proyecto, con incertidumbre cuantitativa y cualitativa.
- Definición del alcance de la metodología VCD. Se debe establecer finalmente el alcance del proceso VCD a ser ejecutado, tomando en cuenta los siguientes puntos:
  - Las fases (FEL-V, FEL-C y FEL-D) y macro-actividades a ser desarrolladas.
  - Dimensionamiento del proyecto VCD con base en: cantidad de categorías de decisiones, complejidad, rangos técnicos y operacionales cubiertos.

### **3.3.3. Especificación de roles, responsabilidades y entregables**

Esta parte se lleva a cabo una vez que se ha definido el alcance. Está integrada por tres funciones:

- Asignación de tareas macro. Deben ser tomadas en cuenta en todas las fases del proyecto. Estas tareas macro a ser identificadas y asignadas deben de estar relacionadas con las áreas importantes dentro del proyecto. Como un ejemplo están las siguientes:

- Modelo estático.
- Modelo dinámico.
- Modelo de pozos.
  - Perforación, terminación y reparación de pozos.
  - Productividad de pozos y sistemas artificiales de producción.
- Modelos de instalaciones superficiales.
- Seguridad, salud, protección ambiental e impacto social.
- Análisis de riesgo e incertidumbre.

- Análisis y estimación de costos.
- Evaluación técnico-económica.
- Construcción de matriz de roles y responsabilidades. Una vez definidas las tareas macro, se asignan los roles y se construye la matriz respectiva.
- Estructuración del equipo multidisciplinario. Lista de los integrantes del equipo de trabajo y el rol de cada uno de ellos en la ejecución de las tareas macro.
- Entregable del Pre-FEL. Se debe elaborar un informe con la siguiente información:
  - Descripción del proyecto a documentar bajo la metodología VCD y su ubicación.
  - Objetivos del proyecto a documentar.
  - Alcance del proyecto a documentar.
  - Inventario de la evaluación de la información.
  - Identificación de oportunidades.
  - Especificación de recursos.
  - Especificación de roles, responsabilidades y entregables.
  - Plan de ejecución del proyecto a documentar.

Los puntos anteriores constituyen a su vez la propuesta de la ejecución de las fases V, C y D.

#### **3.3.4. Especificación de recursos**

En este paso se especifican los recursos adecuados para la ejecución satisfactoria del proyecto VCD. Los recursos se clasifican en los siguientes tipos:

- Recursos humanos.
- Sistema de tecnología de la información (TI) y soporte.
- Base de datos.
- Espacio físico.
- Provisión presupuestaria.

### 3.3.5. Planeación de la propuesta de ejecución del proyecto VCD

Ya determinados los elementos constitutivos del proyecto, se plasma la propuesta programada de ejecución de éste de la siguiente manera:

- Cronograma detallado y tareas.
- Asignación de recursos humanos, técnicos y financieros a cada tarea.

El plan debe ser un documento dinámico y actualizable, y debe de abarcar las tres fases del proyecto (Visualización, Conceptualización y Definición).

### 3.4. Fase de Visualización (V o FEL-I)

En esta fase se generan oportunidades, categorías de decisión, opciones para las diferentes áreas del proyecto, procesos para la construcción de escenarios para la evaluación del proyecto y casos de negocio que generan valor.

El objetivo de la fase es identificar y evaluar en forma preliminar la factibilidad técnico-económica de todos los esquemas posibles que el equipo de trabajo visualice para la materialización de nuevas oportunidades.

#### 3.4.1. Inicio

Las actividades a realizar son las siguientes:

- Inicialización. En esta etapa se pretende llevar a cabo la alineación del equipo que realizará el proyecto en la fase de Visualización. Se realiza el repaso de la metodología VCD, con especial cuidado en los entregables. Se revisan los roles y responsabilidades, análisis de riesgos e incertidumbres, toma de decisiones y la administración de proyectos.
- Introducción y presentación del plan. El líder del equipo presentará a los miembros los objetivos, alcances y el plan de trabajo que se elaboró previamente en la fase de Pre-FEL.

- Revisión de la metodología VCD. Se revisa con mayor énfasis el diagrama de flujo de la fase de Visualización, elaborado en la fase de Pre-FEL.
- Revisión de roles y responsabilidades. Se revisa que los integrantes del equipo tengan claridad sobre los roles que tienen para cada etapa, tomando en cuenta la revisión de requerimientos individuales y del equipo, así como las responsabilidades para cada subgrupo de trabajo.
- Nivelación del equipo en técnicas de habilitación. Se debe validar que todos los integrantes estén capacitados y enterados de los requerimientos, conceptos y estrategias a seguir en los siguientes puntos:
  - Construcción, manejo de variables y distribuciones probabilísticas.
  - Selección de parámetros independientes y dependientes, y uso de correlaciones en los análisis de sensibilidades.
  - Construcción de escenarios y jerarquización.
  - Identificación, clasificación y manejo de incertidumbres.
- Revisión detallada de información generada en el Pre-FEL. Se revisa la estrategia a seguir:
  - Oportunidades identificadas en la fase de Pre-FEL que se desarrollarán en la Visualización.
  - Modelos, estudios y bases de datos identificados previamente para el desarrollo del VCD, el cual constituye el modelo de datos para llevar a cabo el proyecto.
  - Diagnóstico de la problemática del proyecto.
- Establecer Indicadores Clave de Desempeño (ICD's). Los indicadores de desempeño son medidas utilizadas para medir el éxito de un proyecto. Estos indicadores son utilizados continuamente a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, para evaluar con precisión su desempeño y resultados. Estos indicadores son económicos, ambientales, operativos, de seguridad y sociales. Al realizar el establecimiento de estos ICD's se debe hacer el análisis comparativo de proyectos homólogos con miras a conseguir que estos indicadores sean congruentes con base en los siguientes elementos:
  - Proyectos nacionales homólogos.

- Proyecto internacionales homólogos.
- Identificar, establecer, y/o definir los indicadores claves de desempeño (ICD's) de mayor influencia que permitan evaluar los todos escenarios.
- Requerimientos corporativos.

Con base en el marco de referencia corporativo y los resultados de la ejecución del proyecto, se establecerán indicadores objetivos que pueden coincidir total o parcialmente con los ICD's.

### **3.4.2. Generación de matrices de oportunidades**

Para continuar con la construcción de la matriz de oportunidades, se deben tomar como partida las versiones preliminares de matrices de oportunidades y decisiones producidas en la fase de Pre-FEL. Adicionalmente, identificar las categorías de decisiones y las opciones posibles para cada una de las mismas.

Las matrices de oportunidades del Pre-FEL proporcionan un apoyo para la fase de Visualización ya que propician una tormenta de ideas para identificar oportunidades adicionales con la participación de otros miembros especialistas y organizaciones de apoyo. También ayudan a analizar limitaciones y marcos de referencia corporativos en cada una de las categorías de decisiones.

Los resultados proporcionados por esta revisión integral son útiles para identificar problemáticas que implicarán una mejor definición de la viabilidad de las soluciones con la información y el conocimiento que se tienen acerca de estos problemas, considerando la aplicación de mejores prácticas y nuevas tecnologías de las que ya existen, como de las que se investigan y se desarrollan.

Los equipos de trabajo multidisciplinarios deberán identificar las oportunidades para mejorar y optimizar las actividades de desarrollo de campos y procesos mediante las matrices de oportunidad previamente generadas, como lo son:

incremento de reservas, reparaciones mayores, mejoramiento del proceso productivo, entre otras que son susceptibles a producir ganancias y beneficios.

Cuando se realiza este análisis no se deben limitar opciones, especialmente en la fase de Visualización que es donde se da la creación mental de todo el proceso VCD. Es en esta etapa cuando se plantean los posibles cambios, tanto en nuevos desarrollos como en mejoras en la eficiencia de la operación.

En la matriz de opciones se deben identificar los escenarios propuestos.

En general, las matrices de oportunidades se deben enfocar a:

- Revisión de reservas 1P, 2P, y 3P.
- Recuperación adicional.
- Reparaciones mayores.
- Optimización de instalaciones.
- Eficiencia operacional y reducción de costos.
- Acciones de mejoras en la productividad de pozos.
- Localización del desarrollo y evaluación.

La **Figura 3.4** ejemplifica una matriz de decisiones, de acuerdo a los puntos antes mencionados, para la obtención del mejor escenario conforme a las categorías de decisión que se han propuesto.

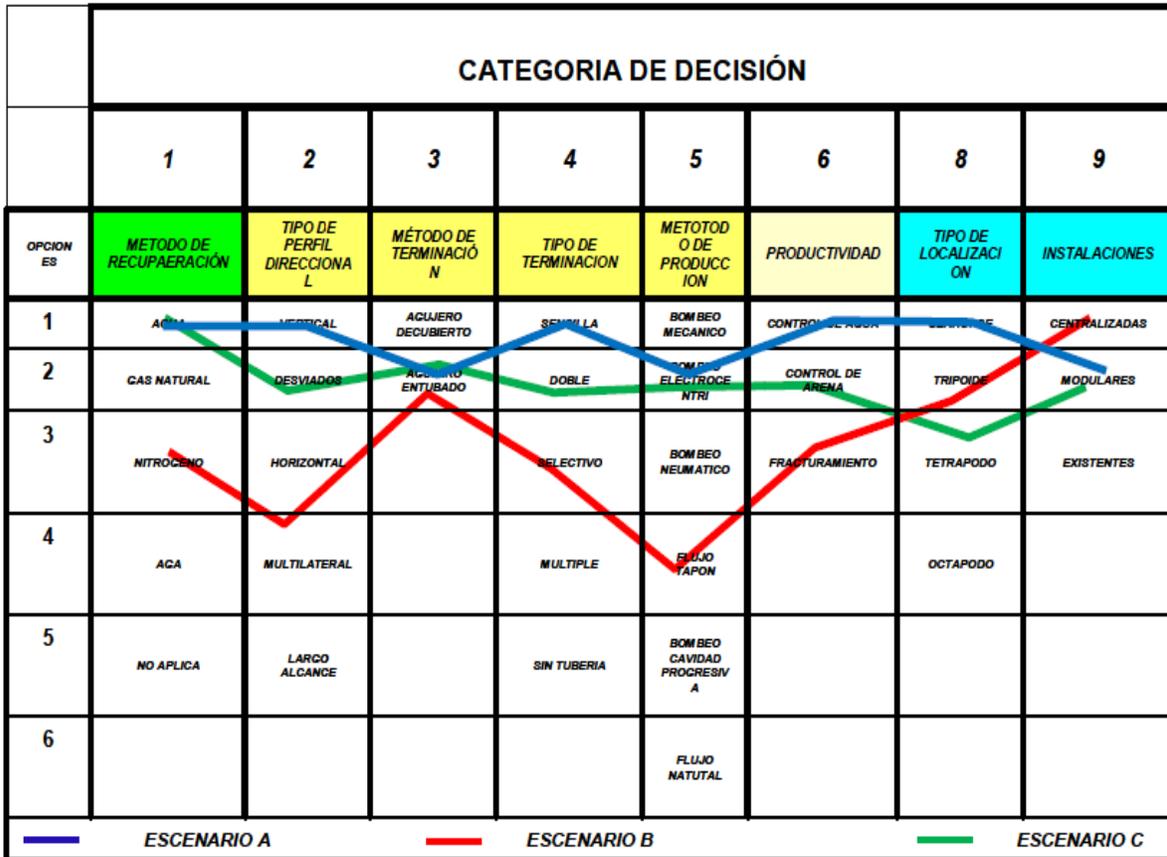


Figura 3.4 Matriz de decisión (PEP, 2010)

### 3.4.3. Identificación de variables con incertidumbre

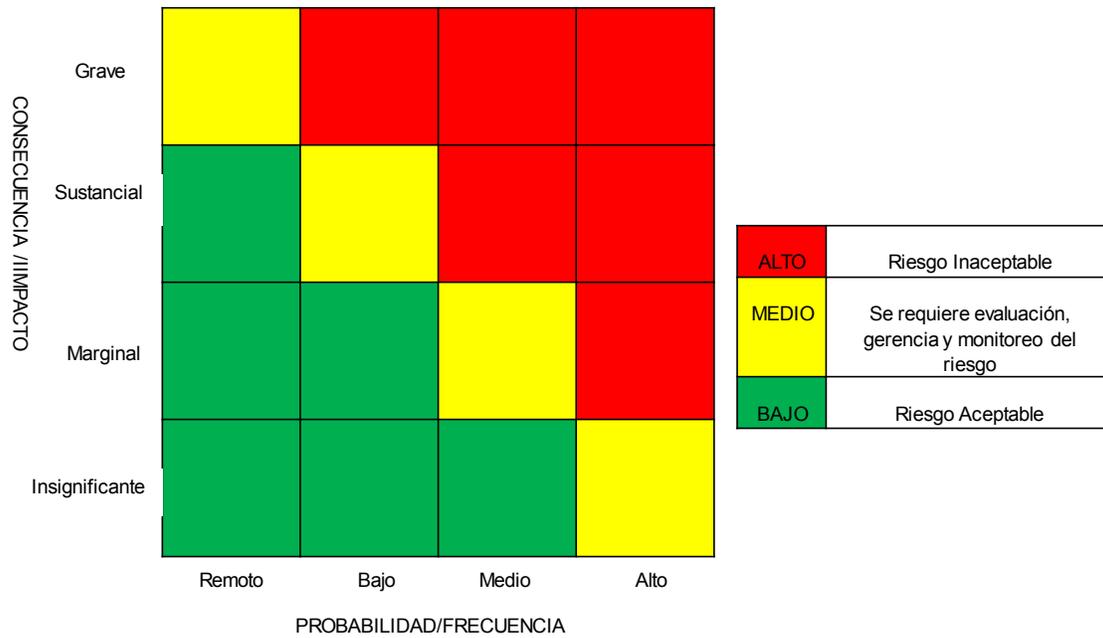
- Cuantitativas.** La Figura 3.5 presenta el ejemplo de una tabla con variables de incertidumbre cuantitativa (yacimientos, instalaciones, costos, pozos, etc.) con sus respectivas distribuciones probabilísticas, e indicando en qué escenario serán utilizadas.

PARÁMETROS	FUENTE	VALORES	DISTRIBUCIONES	JUSTIFICACIÓN
AREA (Km <sup>2</sup> )	MODELO ORIGINAL Y NUEVA INTERPRETACIÓN	MIN 10 MAS PROBABLE 16 MAX 178		DISTRIBUCIÓN PERT O LOGNORMAL DEPENDIENDO DE CÓMO SE CALCULE EL ÁREA CON VALORES MIN, MAX Y MPO GENERANDO ÁREAS PARA DETERMINAR UN HISTOGRAMA
CON PARAM.ETROS MIN MP O MAX O SE DETERMINE VALORES PARA GENERAR POROSIDAD (frac)	MODELO ORIGINAL Y NUEVA INTERPRETACIÓN	MEDIA 0.03448 DESV. ESTAND. 0.00496		DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL EL HISTOGRAMA DE DATOS MUESTRA SESGO HACIA LOS VALORES MÍNIMOS
ESPESOR NETO (MTS)	MODELO ORIGINAL Y NUEVA INTERPRETACIÓN	MEDIA 45 DESV ESTAND 15		DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL EL HISTOGRAMA DE DATOS MUESTRA SESGO HACIA LOS VALORES MÍNIMOS
SATURACIÓN INICIAL DE AGUA (frac)	CALCULO DE RESERVA OFICIAL	Sw = 0.1449*LN(PHI)- 0.1669		A PARTIR DE GRÁFICAS CORRELACIÓN
FACTOR VOLUMÉTRICO DEL GAS (M <sup>3</sup> /M <sup>3</sup> )	INFORMACIÓN DE PVT	MIN 0.001 MAS PROBABLE 0.0030 MAX 0.0045		DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR DEBIDO A QUE NO CUENTA CON DATOS SUFICIENTES PARA GENERAR HISTOGRAMAS , SESGADA A LA IZQUIERDA
SOLUBILIDAD DEL GAS (M <sup>3</sup> /M <sup>3</sup> )	INFORMACIÓN DEL CAMPO	MIN 848 MAS PROBABLE 970 MAX 1035		DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR DEBIDO A QUE NO CUENTA CON DATOS SUFICIENTES PARA GENERAR HISTOGRAMAS , SESGADA A LA DERECHA
FACTOR DE RECUPERACIÓN (%)	INFORMACIÓN DE CAMPOS	MIN 60 MAX 65		DISTRIBUCIÓN UNIFORME DEBIDO A LA ALTA INCERTIDUMBRE DE LA VARIABLE
RADIO DE DRENE (mts)		MIN 300 MAS PROBABLE 750 MAX 1000		DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR DEBIDO A QUE NO CUENTA CON DATOS SUFICIENTES PARA GENERAR HISTOGRAMAS , SESGADA A LA IZQUIERDA
PRODUCCIÓN ACUMULADA DE GAS (MMMPC)	INFORMACIÓN DE POZOS	MIN 22 MAS PROBABLE 36 MAX 40		DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR DEBIDO A QUE NO CUENTA CON DATOS SUFICIENTES PARA GENERAR HISTOGRAMAS , SESGADA A LA IZQUIERDA

Figura 3.5 Variables con incertidumbres cuantitativas (PEP, 2010)

- **Cualitativas.** También se presenta una tabla con variables cualitativas, calificándolas en términos de, baja, media baja, media, media alta, y alta incertidumbre, como se muestra en la **Tabla 3.1**.

Tabla 3.1 Variables Cuantitativas (PEP, 2010)



### 3.4.4. Volumen de hidrocarburos

Comprende los siguientes puntos:

- Volumen original de hidrocarburos. Se presentan los volúmenes originales por tipo de hidrocarburo mediante distribuciones probabilísticas, indicando las bases técnicas de estimación, como se muestra en la **Figura 3.6.**

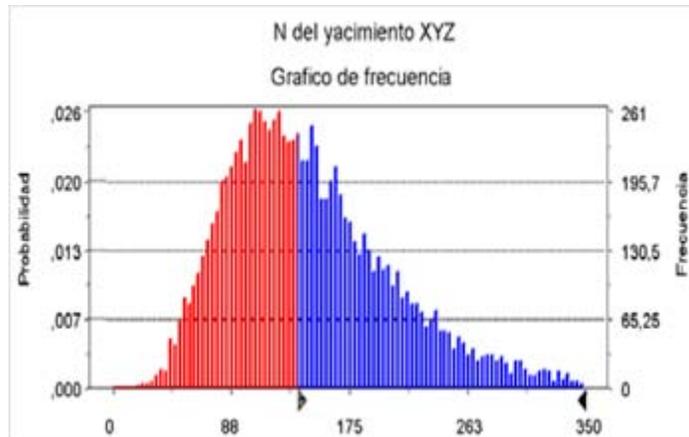


Figura 3.6 Gráfica de hidrocarburos originales en sitio (PEP, 2010)

- Factor de recuperación estimado. Se presenta la distribución probabilística del factor de recuperación indicando la metodología de estimación como se muestra en la **Figura 3.7.**

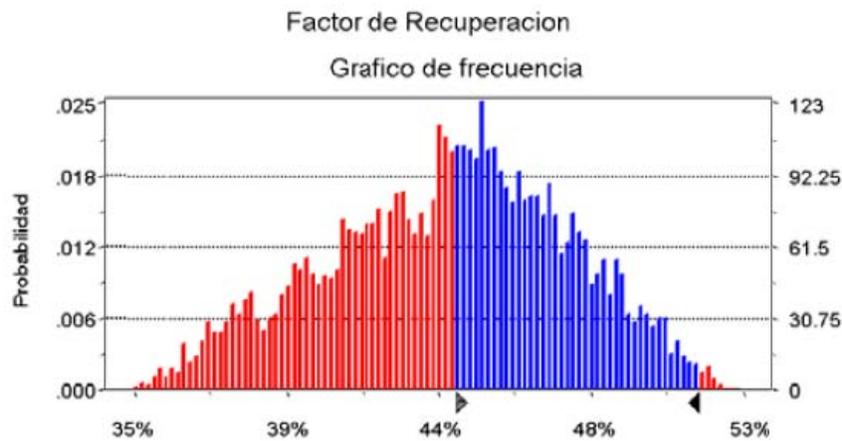


Figura 3.7 Gráfica de frecuencia del factor de recuperación (PEP, 2010)

- Reservas 1P, 2P, 3P por campo y yacimiento. En una tabla se presentan las reservas remanentes y originales por tipo de hidrocarburo y categoría, indicando los valores mínimo, más probable, y máximo (P10, P50, P90), con su distribución probabilística. Como ejemplo ver la **Figura 3.8.**

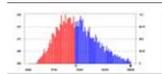
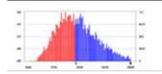
Campo	1P	2P	3P	Distribución
A	85	118	161	
B	503	635	797	

Figura 3.8 Reservas por campo (PEP, 2010)

### 3.4.5. Estimación de la cantidad y ubicaciones posibles de los pozos

La estimación y cantidad de pozos que se requieren, así como su ubicación, son de suma importancia a la hora de escoger el mejor escenario posible, para ello se consideran los puntos siguientes:

- Pozos considerados en los escenarios. Se indica el tipo y número de pozos considerados tomando en cuenta los sistemas artificiales de producción así como las posibles ubicaciones. Se utilizan algunas herramientas similares como la mostrada en la **Tabla 3.2**, con el fin de describir los puntos anteriores de manera ordenada en cada escenario.

Tabla 3.2 Tipos y números de pozos considerados en los escenarios (Modificada: PEP, 2010)

Escenario	Tipo de Pozo	Numero de pozos		Sistemas Artificiales de Producción				Tiempos de Perforación	Tiempos de Terminación
		Productores	Inyectores	BN	BEC	BM	BCP		
A									
B									
C									

- Tiempo de perforación y terminación. Se indica cada tiempo de perforación y terminación de pozos en todos los escenarios.

- Diagramas de pozos. Se presenta en un diagrama la configuración de todos los pozos considerados. Ver el diagrama en la **Figura 3.9** Descripción y esquema por tipo de pozo (PEP, 2010).

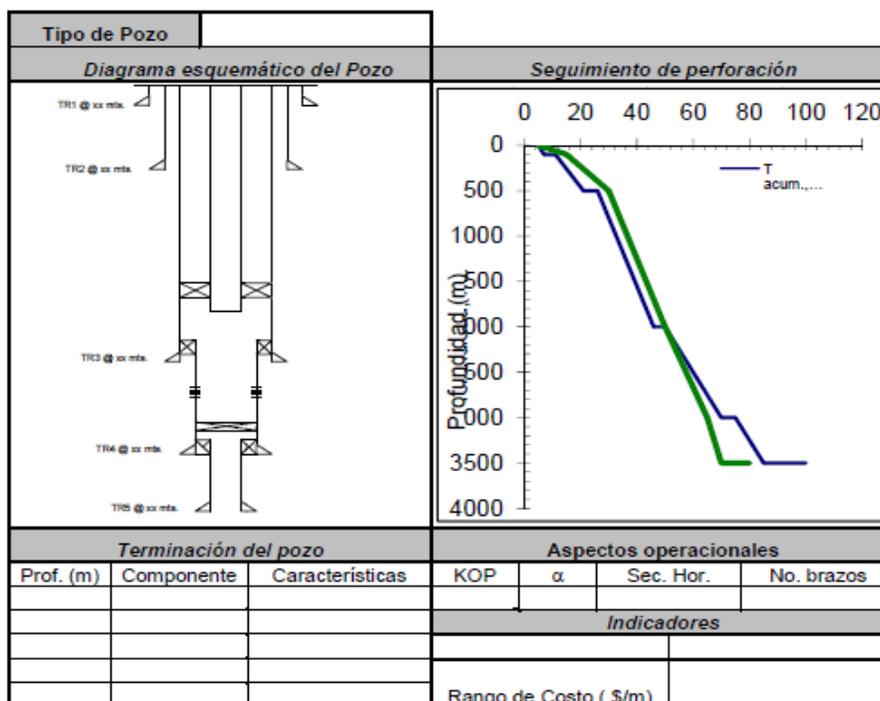


Figura 3.9 Descripción y esquema por tipo de pozo (PEP, 2010)

### 3.4.6. Recuperación adicional

Se incluirán en una tabla los procesos de recuperación para cada escenario, con los siguientes puntos: tipo de proceso, presión de inyección estimada, incremento del factor de recuperación, número de pozos inyectoros, fuente de fluidos a inyectar, etc. Adicionalmente, se debe redactar una explicación en la que se soporte técnicamente el porqué de la implementación de estos procesos. En la **Tabla 3.3**, se muestra un ejemplo de recuperación por dos procesos diferentes.

*Tabla 3.3 Procesos de recuperación por escenario (PEP, 2010)*

Proceso de Recuperación	Presión de inyección(LPC)			Fr adicional (%)		
	P <sub>10</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>10</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>90</sub>
Agua	2000	2500	2650	8	11	15
Gas	3500	4000	4250	12	15	18

### 3.4.7. Productividad de pozos

En una matriz se deben presentar los problemas principales que afectan el desempeño actual de cada escenario (como daño a la formación, control de agua, control de arena, automatizaciones, etc.) y las acciones tecnológicas de mitigación.

### 3.4.8. Plan de actividad física para pozos

Este deberá contener un cronograma, por escenario, con las cantidades y tipo de perforaciones y reparaciones de pozos considerados que sean analizados en esta fase del FEL, así como los puntos más importantes de dicha programación, como se muestra en el ejemplo de la **Figura 3.10**.

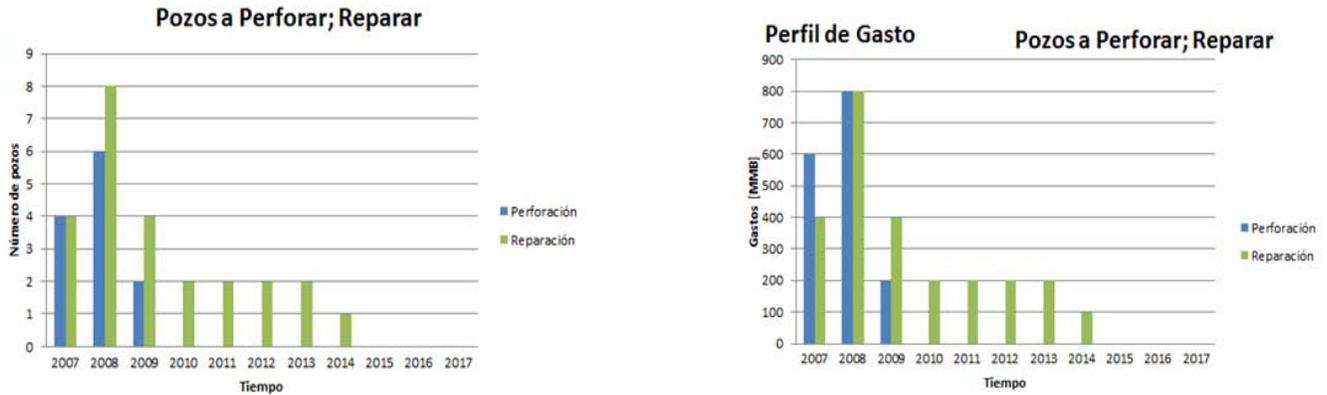


Figura 3.10 Cronograma de actividades físicas de pozos (PEP, 2010)

### 3.4.9. Pronóstico de producción

- Perfil de producción del aceite, gas y agua. Para cada escenario se presentan las curvas de producción (P10, P50, P90) vs tiempo, y las curvas de producción acumulada vs tiempo. En caso de existir sistemas artificiales de producción, recuperación secundaria y mejorada, perforación de pozos intermedios, o cualquier otro tipo de método de recuperación adicional, se incluirán también sus pronósticos de producción con base en los percentiles correspondientes, el ejemplo se muestra en la **Figura 3.11** y la **Figura 3.12**.

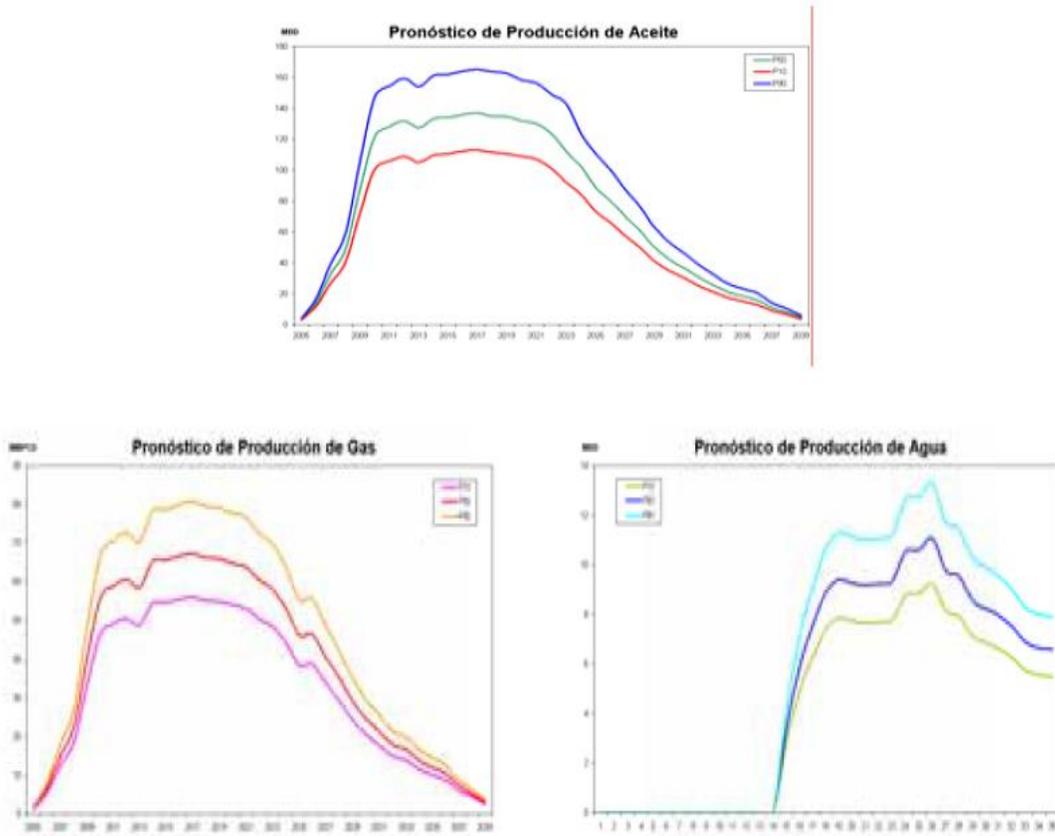


Figura 3.11 Curvas de producción de aceite, gas y agua (PEP, 2010)

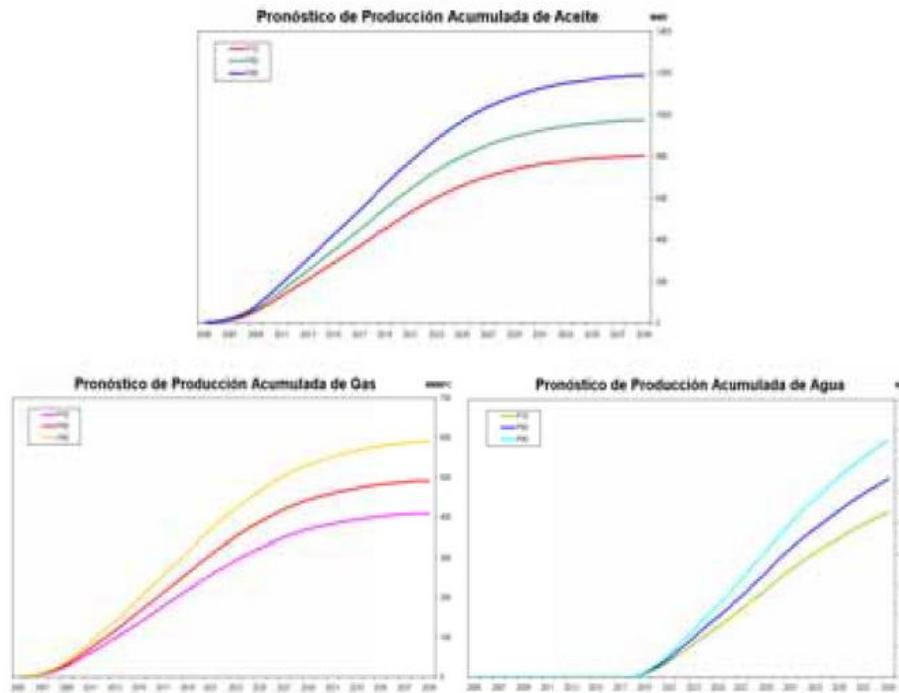


Figura 3.12 Curvas de producción acumulada de aceite, gas y agua (PEP, 2010)

#### 3.4.10. Instalaciones superficiales

- Se deberá describir toda la infraestructura que se requiere para los sistemas de recolección, procesamiento, almacenamiento. Así mismo, para los puntos de entrega de los hidrocarburos, transporte, inyección de fluidos. Todo esto, indicando la capacidad instalada, disponible, de dimensiones existentes y requeridas para cada uno de los escenarios seleccionados. Se deberán presentar tablas de datos y diagramas esquemáticos que muestren las instalaciones actuales requeridas y el flujo general del proceso para cada escenario como lo muestra la **Figura 3.13**.

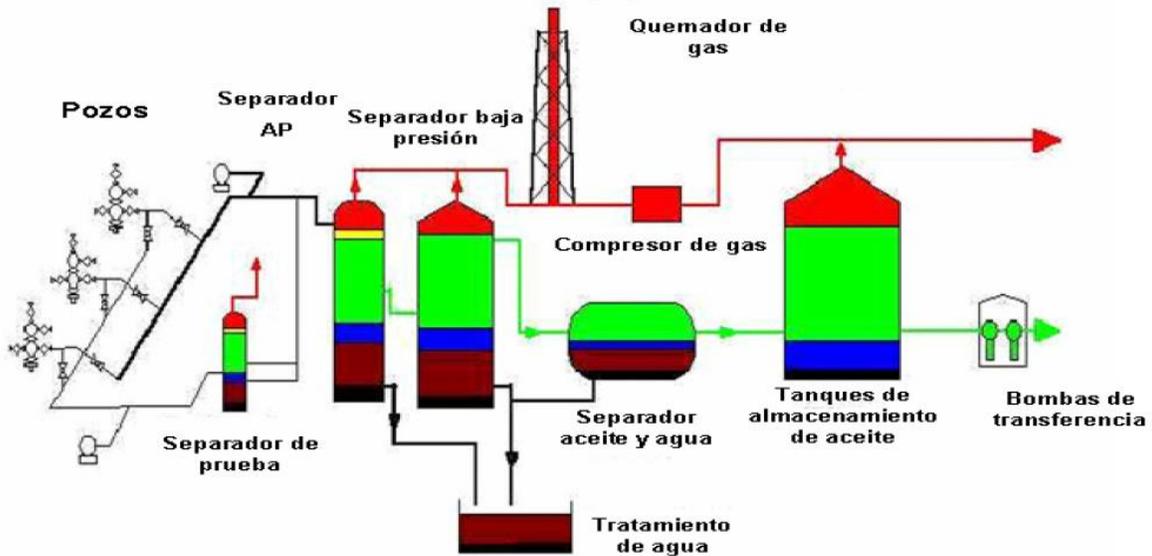


Figura 3.13 Diagrama del sistema de proceso (PEP, 2010)

- Plan físico financiero para instalaciones. En este mismo plan se entregará un cronograma general con las actividades y desembolsos, por año, para la construcción de instalaciones, adecuaciones de instalaciones, plantas de procesos, ingenierías, tratamientos, todo para cada uno de los escenarios.

### 3.4.11. Seguridad, salud, protección ambiental e impacto social (SSPAIS)

Para mitigar o disminuir los riesgos que pudieran afectar la factibilidad del proyecto, o impactar severamente su operación debido a que no permitan un desarrollo sustentable, se deberán identificar y recomendar elementos y condiciones relacionados con la SSPAIS para cada uno de los escenarios. De igual manera, se deben señalar las zonas protegidas legalmente dada su sensibilidad ambiental, social o arqueológica, identificando los niveles potenciales de conflicto social en el área, propiedad de las tierras y permisos federales, nivel socioeconómico de los habitantes en el área, etc.

### 3.4.12. Identificación de escenarios

A partir de la lista de categoría de decisión identificada y las opciones posibles para cada una de las mismas, incluyendo las tecnologías de potencial aplicación, se establecen los diferentes escenarios. Los escenarios a analizar son los siguientes:

- Identificación de dependencias entre las variables. Se definen cuáles son las variables independientes, y para las variables que no lo sean se deberá definir el grado de correlación entre ellas en los aspectos técnicos y económicos.
- Identificación y construcción de escenarios técnicamente factibles. Se deberán identificar y construir los posibles escenarios con base en la matriz de oportunidades y decisiones, y estos escenarios se deberán construir con base en la combinación de las diferentes categorías y opciones posibles, tomando en cuenta futuras actividades a corto, mediano y largo plazo.  
Es necesario poder realizar una selección de los escenarios factibles, desechando los no factibles técnicamente.
- Evaluación de la factibilidad de los escenarios. Identificar y evaluar la factibilidad de los escenarios visualizados, evaluando las incertidumbres de forma cuantitativa y cualitativa, considerando los siguientes aspectos:
  - Tecnologías y procesos disponibles.
  - Restricciones.
  - Complejidad del escenario.
  - Nivel de experiencia dentro de las áreas involucradas en el proyecto.

En este punto de la Visualización se debe verificar que se hayan considerado todos los escenarios y que todas sus incertidumbres de estos se tomaran en cuenta.

---

### 3.4.13. Construcción de modelos probabilísticos

En esta etapa se construye el Modelo Integral del Activo (MIAc) en base a los modelos probabilísticos de las diferentes variables involucradas, para lo cual se realizan las siguientes actividades:

- Organizar los insumos técnicos y de costos. Preparar la información de datos para el modelo probabilístico de variables con incertidumbre que construirán el insumo para el modelado de los escenarios, tales como: reservas oficiales, modelo estático, dinámico, ingeniería descriptiva de instalaciones, normatividad oficial y técnica, análisis de riesgos, estimado de costos clase V, etc.
- Caracterizar las variables de incertidumbre de los diferentes escenarios. Se determinan las funciones de distribución de probabilidad que describen el comportamiento de las variables de incertidumbre, estableciendo dependencias y correlaciones entre estas para construir el MIAc. Estas caracterizaciones se harán en base en las medidas de tendencia central.
- Construcción del MIAc para la evaluación de escenarios. Construir el modelo integral a partir de los submodelos analíticos que son: modelo del volumen de hidrocarburos, modelo para la generación de los perfiles de producción, modelo de instalaciones, modelo económico. Esta construcción de modelos servirá de base para la evaluación del caso de negocio de los diferentes escenarios visualizados.

### 3.4.14. Evaluación de escenarios

A continuación se evalúa cada uno de los escenarios haciendo uso del MIAc construido con base en los modelos anteriores. En esta etapa se deberán obtener los resultados asociados a las sensibilidades de las variables críticas, esto para determinar el impacto de dichas variables sobre la generación del valor de cada escenario. Para este paso se puede usar como herramienta el diagrama de tornado.

Para cada escenario se deberá obtener la actividad, tiempos y costos asociados, indicadores claves de desempeño, y los escenarios probabilísticos. Los indicadores usados en esta etapa de la metodología VCD son: valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR), desviación estándar del valor presente neto (DSVPN), eficiencia de inversión (VPN/VPI), valor presente de los egresos (VPE), relación VPN/VPE y periodo de recuperación de la inversión (PRI). Estos indicadores son la base de la evaluación económica del proyecto y su jerarquización para la asignación de recursos.

### 3.4.15. Jerarquización y preselección de escenarios

Con base a los resultados que se obtengan de la evaluación de escenarios, la siguiente etapa será jerarquizarlos y preseleccionar aquellos que generan mayor valor. Esta preselección y jerarquización de los escenarios y de la tecnología obedece a criterios establecidos por el equipo de trabajo.

Se deberán graficar los escenarios con base en el VPN, VPI y la Desviación estándar del VPN (DSVPN), donde se identificará la pseudo-eficiencia de frontera económica, representada con la elipse de color rojo, la posición relativa de cada escenario respecto a dicha frontera, y el nivel de incertidumbre cualitativo de cada uno de estos escenarios (color verde para bajas, amarillo para medias, y rojo para altas incertidumbres cualitativas), como se muestra en la **Figura 3.14**.

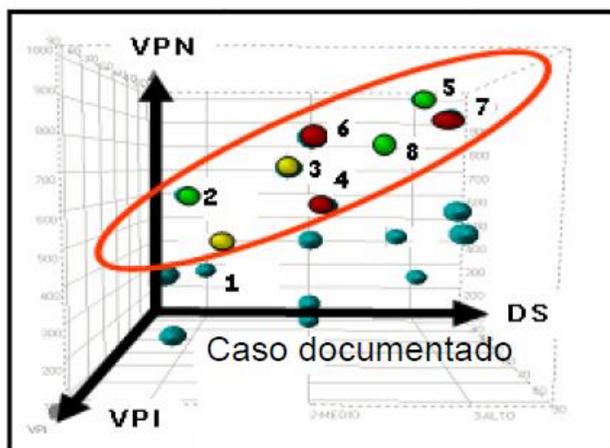
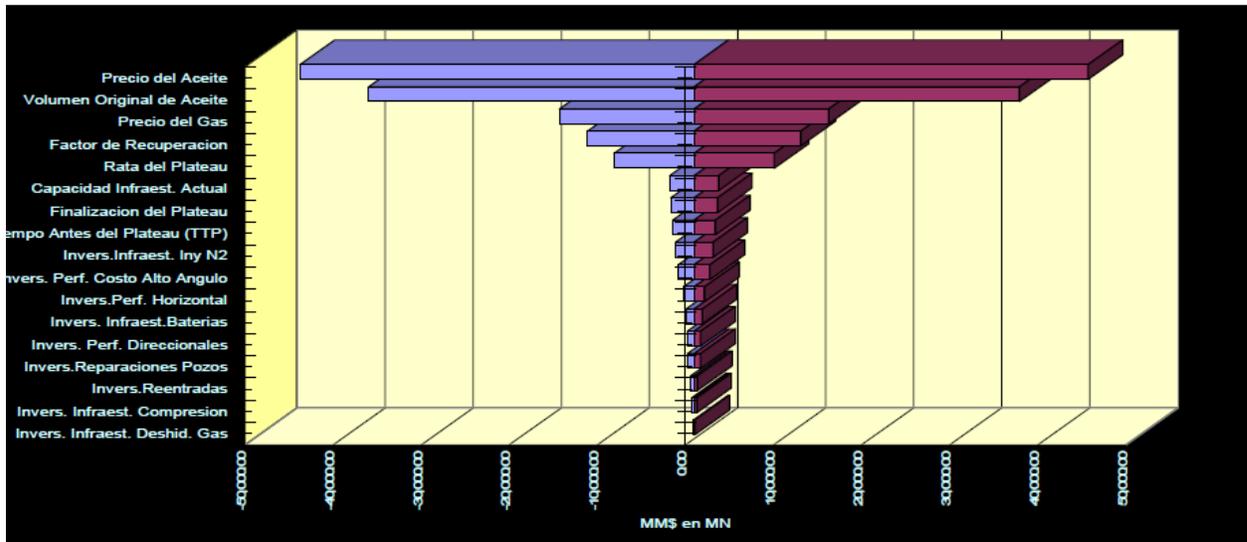


Figura 3.14 Gráfica para la jerarquización de escenarios (PEP, 2010)

### 3.4.16. Gráficas de tornado

En un diagrama de tornado se debe presentar el resumen con todos los escenarios preseleccionados a desarrollar con las variables de incertidumbre que más impactan en los indicadores clave, como se muestra en la siguiente **Figura 3.15**.



*Figura 3.15 Diagrama de tornado con las variables de incertidumbre cuantitativa de mayor impacto (PEP, 2010)*

### 3.4.17. Plan de Mitigación

Se debe elaborar el plan de mitigación a corto, mediano y largo plazo después de la jerarquización y preselección de los escenarios, esto con el fin de reducir las incertidumbres.

### 3.4.18. Actualizaciones para el plan de la fase de Conceptualización

Ya con los escenarios preseleccionados se deberá ajustar el plan original para poder construir la base de la fase de Conceptualización (FEL-II).

### **3.5. Fase de Conceptualización (C o FEL-II)**

#### **3.5.1. Revisión de mitigación y recomendaciones**

Revisar detalladamente la información que se ha documentado durante la fase de Visualización y el diagrama de flujo para la fase de Conceptualización, señalando cualquier cambio que se incorpore durante esta fase en el objetivo y el alcance originales. Incluir, en todos los cambios que se realizan, la especificación de las causas y ventajas de dicho cambio. Si no existe ningún cambio, se especificará por qué.

#### **3.5.2. Ajuste y/o validación de la matriz de escenarios**

Se deberá revisar la documentación emitida en la fase FEL-I sobre los escenarios preseleccionados, documentar los resultados de las acciones y ajustes realizados, tomando mayor detalle en los siguientes puntos:

- Acciones de mitigación realizadas.
- Ajuste a la matriz de opciones.

#### **3.5.3. Ajuste de distribuciones probabilísticas**

Tomando como punto de inicio los escenarios seleccionados en la fase de Visualización, así como también de los diagramas de tornado donde se plasman las variables de mayor impacto, se profundizará en el análisis de estas variables. Esto es lo que hace la diferencia en mayor grado de profundidad en los modelos (estático, dinámico, de instalaciones, económico financiero, de pozos, etc.), entre el FEL-I y el FEL-II. El refinamiento del rango y forma de la distribución de los parámetros técnicos-económicos y la relación entre los mismos, podrán establecer nuevas dependencias que darán como resultado un mejor pronóstico de producción.

Los equipos multidisciplinarios deberán tener en cuenta, de acuerdo al área de trabajo y/o especialidad, las incertidumbres asociadas a las variables que más impactan en los modelos como lo son:

- Reservas: porosidad, saturación de hidrocarburo, espesor neto impregnado, área, factores volumétricos, factores de recuperación, número de pozos, etc.
- Productividad de pozos: gasto inicial, radio de drene, índice de productividad vs tiempo, tipos de terminación, sistemas artificiales de producción, declinación de la producción, porcentaje del éxito, límite económico.
- Perforación y reparación: costos, tiempos de perforación y terminación de pozos.
- Instalaciones: capacidad (transporte, plantas de proceso, plataformas, almacenamiento, etc.), características y calidad de los fluidos (fases, temperatura, viscosidad, presión, contaminantes, agua, etc.), tiempo de entrega y costos de equipo, tiempo y costos de ejecución del contrato.
- Costos operativos: porcentaje de costos directos e indirectos, fijos y variables, costos de mantenimiento sociales y periodos de libranza, costos de intervenciones y reparaciones a pozos (menores y algunas mayores).
- SSPAIS: probabilidad de costos por bloqueos, paros sociales y eventos fortuitos, costos de sistemas y dispositivos de seguridad, protección ambiental y emergencias para instalaciones, costos y demoras de la gestión administrativa federal, costos de desarrollo social, costos de cumplimiento ambiental y estudios especiales.
- Evaluación económica: variabilidad en los precios de hidrocarburos, inflación interna y externa, régimen cambiario, tasa de interés.

#### **3.5.4. Incertidumbre de variables cuantitativas**

Mediante los diagramas de tornado de la fase FEL-I, se deberán listar las variables técnico-económicas de incertidumbre con mayor impacto que se hayan detectado y describir el cambio que se realice en el modelo probabilístico.

Los aspectos a considerar son los siguientes:

- Análisis de presión del yacimiento (inicial, a condiciones actuales, tendencias y compartimentalización).
- Producción e inyección de fluidos para las unidades de flujo, pozos, compartimentos, yacimientos, y áreas de reservas.
- Caracterización dinámica basada en pruebas de variación de presión: modelo de flujo de fluidos, cálculo de permeabilidad, daño y radio de drene, límites del yacimiento, etc.
- Valoración de los hidrocarburos remanentes (mapas de burbujas de producción, corte de agua, de distribución de RGA, etc.)
- Análisis de declinación por regiones, yacimientos, y área de reservas.
- Estimación de reservas originales y remanentes.
- Arquitectura y diseño de perforación y terminación de pozos.
- Tiempo y costos de perforación y terminación de pozos, productores e inyectores.
- Productividad de pozos.
- Recolección, procesamiento, tratamiento y transporte de fluidos.

Para la reducción del riesgo se hace necesario profundizar en los puntos con alta incertidumbre que se mencionaron anteriormente, también se deben diseñar e implementar pruebas pilotos, para validar la factibilidad técnico económica de los conceptos de desarrollo planteados.

### **3.5.5. Incertidumbre de variables cualitativas**

En el caso de las variables cualitativas, se listarán las detectadas en la fase FEL-I, indicando los factores de ajuste de riesgo que se utilizarán en la fase de Conceptualización. Como herramienta útil para el análisis de la incertidumbre de variables cualitativas, se utiliza una matriz de riesgos donde se establece para cada aspecto aplicable de cada escenario el impacto de cada uno de los riesgos asociados y su probabilidad de ocurrencia. En la estructuración de estas matrices (una para cada escenario pre-seleccionado), se deben incluir los riesgos cualitativos más significativos asociados a aspectos como son: subsuelo, pozos,

infraestructura, seguridad, salud y protección ambiental, conflictos sociales / seguridad física, madurez y disponibilidad tecnológica, fallas potenciales operacionales, complejidad, etc.

### **3.5.6. Ajustes del Modelo Integral del Activo**

Desarrollado el modelo integral del activo realizado en la fase FEL I para la evaluación de todos los escenarios generados, debe ser ajustado a fin de:

- Aumentar la confiabilidad de cada escenario preseleccionado.
- Minimizar la influencia de la herramienta de evaluación utilizada.
- Mejorar los resultados de cada escenario con la mejora de las combinaciones de valores de las variables de decisión de control del activo.

La evaluación y disminución de la incertidumbre de las reservas y de los pronósticos de producción basados en el refinamiento de los parámetros con mayor incertidumbre, se concreta utilizando mejoras al modelo analítico, o la utilización de balance de materia, o modelos numéricos simplificados.

Lo deseable es tener una simulación numérica del yacimiento, aunque sea un modelo simplificado, siempre que se justifique su utilidad.

Para la realización del modelo de productividad, se realiza el diagnóstico de:

- Daño de formación.
- Optimización del sistema integral de producción.
- Control de producción e inyección de agua/gas.
- Terminación de pozos ajustada a los requerimientos volumétricos en el tiempo.
- Optimización del manejo de la producción.
- Estimado de producción diferida.
- Oportunidades de automatización.

Este refinamiento incide en otros modelos y permite la mejora de estimaciones de costos. Entonces la integración de este modelo se presenta en el ajuste y validación de los siguientes puntos:

- Ajuste y validación del plan de productividad de pozos.
- Simulación subsuelo / superficie.
- Pronóstico de producción.
- Ajuste y/o validación de instalaciones.
- Ajuste y/o validación del plan de actividades de infraestructura.
- Seguridad, salud protección ambiental e impacto social.

### **3.5.7. Ajuste al plan de actividad físico financiero**

Realizar un cronograma donde se señale cualquier ajuste que se realice a la actividad y desembolso de adecuaciones de la programación de cada uno de los escenarios.

### **3.5.8. Seguridad, salud, protección ambiental e impacto social**

Considerar brevemente en cada uno de los escenarios, aspectos relacionados con la seguridad, salud, protección ambiental e impacto social, entre los que se pueden mencionar conflictividad social, nivel socio-económico de la zona, riesgo de seguridad, estudios ambientales, normatividad aplicable, autorizaciones y permisos tanto federales como estatales. Este punto puede resultar similar en todos los escenarios, en ese caso se consideran comunes las condiciones que se manejarán para el proyecto.

### **3.5.9. Evaluación de los escenarios preseleccionados**

Se realiza la evaluación técnico-económica de los escenarios preseleccionados con respecto a los siguientes parámetros:

- Estimado de ingresos.
- Estimado de inversiones asociadas a las actividades relacionadas al trabajo técnico del proyecto (instalaciones y producto).

- Estimado de otras inversiones (estudios técnicos, ambiente, etc.).
- Estimado de costos de operaciones.
- Calculo de indicadores económicos (VPN, VPI, TIR, VPN/VPI, etc.).

El objetivo de esta etapa es permitir comparar los escenarios preseleccionados en igualdad de condiciones durante la jerarquización final, evitando así favorecer a unos escenarios y desfavorecer a otros.

Para cada escenario se debe ejecutar un análisis de sensibilidades y riesgo para evaluar el impacto de cada variable en los resultados del proyecto.

### 3.5.10. Jerarquización de escenarios

Ya que se realizó la evaluación técnica-económica de todos los escenarios factibles, se selecciona el más adecuado de acuerdo a una jerarquización técnica, económica y de riesgos.

La jerarquización de los escenarios es inscrita en una tabla en función del VPN, VPI, DSVPN, y se presentan los resultados en una gráfica de definición de pseudo-frontera de eficiencia, como se muestra en la **Figura 3.16**.

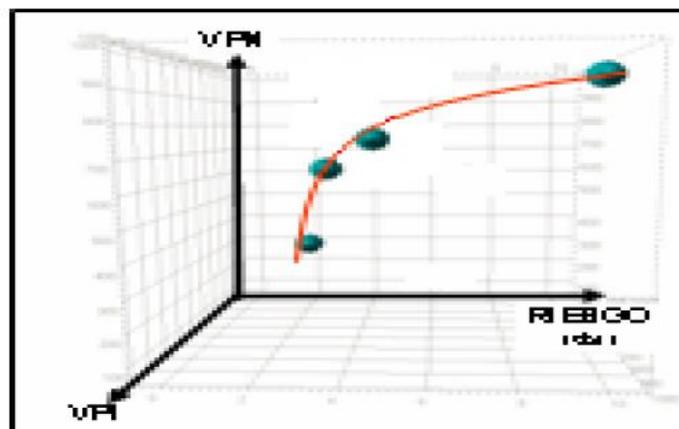


Figura 3.16 Jerarquización de escenarios (PEP, 2010)

La jerarquización de los escenarios va siguiendo las actividades que se listan a continuación:

- Elaboración de una matriz de indicadores económicos y nivel de riesgos.
- Se selecciona el escenario final con base a la matriz de jerarquización antes mencionada, y se documentan las razones para la selección.

### **3.5.11. Selección de escenario**

Con base a la matriz de jerarquización de la que se tomó la decisión, se validará la selección del escenario final con una revisión de alto nivel en donde se analicen los principales aspectos que soportan esta decisión como son: incertidumbre de los parámetros técnicos, refinamiento de los modelos, análisis de riesgos, Indicadores Clave de Desempeño y cumplimiento de las recomendaciones emitida durante el desarrollo de la fase FEL-I.

### **3.5.12. Ingeniería conceptual del escenario seleccionado**

Después que se ha seleccionado el escenario, se procede al desarrollo de la ingeniería conceptual de este para así definir:

- Localización del proyecto.
- Tecnología a utilizar.
- Proceso productivo.
- Equipo y maquinaria.
- Seguridad, salud, protección ambiental e impacto social.

Estas ingenierías conceptuales se desarrollarán para cada área técnica que tenga que desarrollarse dentro del proyecto. La ingeniería conceptual es para poder definir las arquitecturas y la geometría preliminar de pozos, tecnologías, balances de masa y energía, diagramas de flujo de los procesos, y la ubicación de los pozos, plantas y equipos. Esta ingeniería conceptual se desarrolla para cada una de las disciplinas.

### 3.5.12.1. Ingeniería conceptual de subsuelo

Con el modelo de simulación actualizado, se validan los pronósticos de producción del mejor escenario.

- Desarrollo inicial o crecimiento. Se realiza un desarrollo inicial del campo de acuerdo al escenario seleccionado, indicando el número y tipo de pozos a perforar por año y sus gastos iniciales de producción, tiempo estimado de la etapa de desarrollo, principales riesgos e incertidumbres, aspectos asociados a la tecnología identificada.
- Plataforma de producción. Se describe la plataforma de producción del escenario seleccionado, duración de esta, procesos identificados (compresión, sistemas artificiales, recuperación secundaria o mejorada), estrategia de explotación, el factor de declinación estimado, el factor de recuperación. Se describen y definen todos los procesos, las instalaciones, actividad de perforación, intervenciones en pozos, recuperación secundaria o mejorada, sistemas artificiales de producción, bases de análisis y limitaciones identificadas en el proceso, etc.

Se debe tener información y actividades que sirvan de soporte a las actividades ejecutadas y productos como son: modelo estático (modelos geológico estructural y sedimentológico, atributos sísmicos, modelo petrofísico del yacimiento, modelo de fracturas), modelo dinámico (modelo de simulación, comportamiento del sistema roca fluidos), información PVT, condiciones iniciales, localización y cronograma de perforación de pozos, resultado de la evaluación de las pruebas de presión-producción.

- Declinación. Con una gráfica de producción vs tiempo, describir el inicio y duración de la declinación y su rango de variación, factor de declinación estimado, acciones para disminuir la declinación, incertidumbres y riesgos definidos para estos procesos, tecnología identificada, etc.
- Abandono. Indicar el inicio de la etapa de abandono, su costo estimado y las estrategias para su ejecución.

### 3.5.12.2. Ingeniería conceptual de pozos

Se desarrollará la ingeniería conceptual de los siguientes elementos:

- Diseño y descripción preliminar del tipo de pozos y terminación, geometría de agujeros y dimensiones preliminares de las tuberías de revestimiento.
- Trayectoria.
- Diseño fluidos de perforación.
- Diseño de la sarta de perforación preliminar.
- Diseño y descripción preliminar de la terminación de pozos, control de arena, sistemas artificiales de producción, planes de estimulación y automatización. Un ejemplo de la forma en la que se pueden describir los sistemas artificiales de producción se muestra en la **Tabla 3.4**.
- Productividad de pozos.
- Estimado de costos clase IV.
- Riesgos mayores.

Estos son los mínimos elementos necesarios en los que se debe desarrollar ingeniería conceptual en esta etapa.

**Tabla 3.4 Sistemas artificiales de producción (PEP, 2010)**

Sistema artificial	No. Pozos	Capacidad de Producción, BPD			Rango de Costo unitario	Principales Limitaciones
		P10	P50	P90		
Bombeo Neumático	25	675	876	989	2 mdp	Producción de agua y arena
Bombeo Electro-centrífugo	20	1260	1800	2209	8 mdp	Incremento en RGA, Temperatura, Producción de Sólidos
Bombeo de Cavidades. Progresivas.	15	450	890	1350	6 mdp	Producción de arena
Sistema artificial	Prof. m.	Requerimientos				
Bombeo Neumático	2250	Gas para inyección				
Bombeo Electro-centrífugo	2500	Infraestructura eléctrica				
Bombeo de Cavidades. Progresivas.	2800	Infraestructura eléctrica				

### 3.5.12.3. Ingeniería conceptual de instalaciones

Se da el desarrollo de la ingeniería necesaria de las instalaciones para el manejo, almacenamiento y distribución de los hidrocarburos de acuerdo a los perfiles de producción del mejor escenario, con el fin de realizar el estimado de costos preliminar clase IV, incorporándolo así en el costo del proyecto y confirmar la factibilidad técnico económica del mismo. Como cada proyecto tiene sus características propias, se debe realizar el desarrollo de la ingeniería conceptual de instalaciones para cualquier tipo de proyecto en general, quedando como mínimo de los siguientes puntos:

- Bases de usuario preliminares.
- Análisis de tecnologías usadas.
- Descripción de los procesos primarios.
- Esquema de flujo de proceso, tuberías e instrumentación.
- Procesos de acondicionamiento y tratamiento de los hidrocarburos.
- Lista de propiedades de las corrientes principales de procesos primarios.
- Arreglo de distribuciones de equipos.
- Definición conceptual estructural, incluyendo operaciones marinas de carga, amarre, transporte e instalaciones.
- Pre-diseño de instalaciones civiles.
- Pre-diseño de instalaciones de red de agua contraincendios.
- Estimado de costos clase IV.
- Análisis de interacción con otros proyectos e infraestructura existentes.
- Lista preliminar de equipos y principales.
- Tiempos de procura y energía de procesos primarios.
- Caracterización preliminar del sitio.
- Diagramas preliminares.
- Requerimiento de servicios auxiliares.
- Programa general preliminar para todas las obras que requiere el proyecto.

#### **3.5.12.4. Ingeniería conceptual de seguridad, salud, protección ambiental e impacto social**

La ingeniería que se desarrolla es la siguiente:

- Estudio de riesgos de la seguridad, salud, protección ambiental e impacto social.
- Evaluación de los sistemas de seguridad, salud, protección ambiental e impacto social.
- Estudios del sitio: terrestre, lacustre o marino.
- Conflictividad social.
- Nivel socioeconómico.
- Identificación de propietarios.
- Autorización y permisos estatales y federales.
- Costos asociados a la seguridad, salud y protección ambiental e impacto social.

En esta etapa se deberán establecer las acciones que permiten cumplir con la normatividad ambiental y de seguridad, considerar el concepto de desarrollo sustentable para el proyecto, esto con una visión a corto, mediano y largo plazo, incorporando todas las actividades asociadas a la preservación del medio ambiente e integración social.

#### **3.5.13. Evaluación del proyecto**

El propósito de esta actividad es evaluar la rentabilidad del escenario seleccionado reduciendo las incertidumbres y riesgos financieros. Esta actividad comprende la estimación de costos después que se ha realizado la ingeniería conceptual de pozos, instalaciones, automatización, seguridad, salud, protección ambiental e impacto social, y cualquier otro elemento que tenga importancia en la estructura de costos del proyecto.

Dentro de las actividades principales, se realizan las siguientes:

- Estimado de costos. Los costos son estimados con base a la información suministrada por los proveedores y la base de datos de las empresas petroleras para la construcción de plantas, procesos, pozos y equipos mayores, curvas de costos o factorización de equipos principales. Para el caso de las instalaciones se pueden utilizar como mínimo, técnicas paramétricas o de factorización de equipos mayores y principales, así como contratos vigentes, si existieren. El alcance debe ser elaborado con suficientes detalles para preparar estimados de costos clase IV (-20% a +35% de desviación estándar). Debe ser desglosado en inversiones estratégicas, operacionales y gastos.
- Evaluación de la rentabilidad del escenario seleccionado. Con base a la información obtenida de la ingeniería conceptual y la evaluación económica se realiza la evaluación del escenario seleccionado. Esta evaluación considera los siguientes criterios: costos, variables económicas, beneficios, y cualquier consideración que se haga para poder producir la información necesaria para decidir sobre el costo del proyecto y sus beneficios. La consistencia de las estimaciones en las probabilidades de ocurrencia de costos, precios, inversiones, son necesarias para asegurar que los impactos en las cantidades finales de cada factor reflejen una jerarquización verídica de los parámetros según su efecto en los indicadores económicos del proyecto.

La evaluación económica y técnica del proyecto se realizará tomando en cuenta los siguientes puntos importantes:

- Estimado de ingresos.
- Estimado de inversiones asociadas a los pozos.
- Estimado de inversiones asociadas a las instalaciones.
- Estimado de otras inversiones (estudios técnicos, ambientales, etc.).
- Estimado de costos de operaciones.
- Calculo de indicadores económicos (VPN, VPI, DSVPN, VPN/VPI).

Todos estos estimados económicos nos sirven para obtener la rentabilidad del escenario seleccionado. Esta evaluación incluye costos, beneficios, variables económicas y cualquier consideración necesaria para la toma de decisiones. Para el análisis de riesgos del negocio, se deben realizar sensibilidades a las premisas económicas del caso bajo análisis, esto se realiza para poder cubrir el espacio de posibilidades de los indicadores económicos, incorporando así el riesgo dentro del análisis, se utiliza el método de “Montecarlo” e “Híper-cubo Latino”.

### 3.5.14. Diagrama de tornado de las variables con mayor impacto y plan de mitigación

En un diagrama de tornado se deberán insertar las variables de incertidumbre que tienen mayor impacto en la evaluación del escenario seleccionado, como se muestra en la **Figura 3.17**.

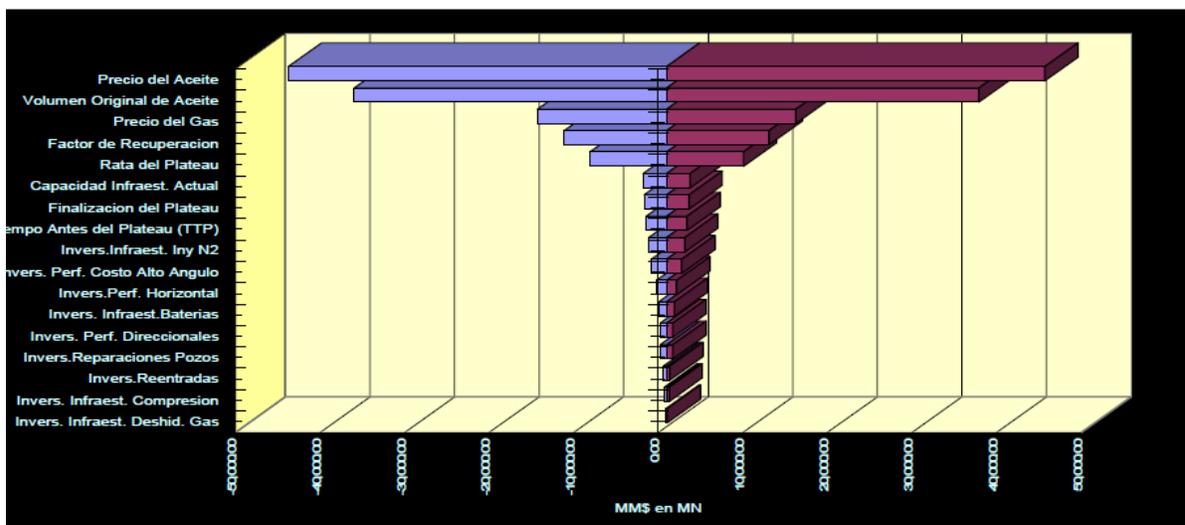


Figura 3.17 Diagrama de tornado de con las variables de incertidumbre cuantitativas de mayor impacto (PEP, 2010)

Además, se deben realizar las siguientes actividades:

- Plan de mitigación. Se deberá describir el plan de mitigación indicando las actividades, acciones, recursos requeridos, etc. Especificar la propuesta para la administración de las incertidumbres y riesgos del escenario seleccionado ya se para su mitigación o transferencia.

- Pruebas piloto de los procesos. De incorporar pruebas piloto, indicar criterios, suposiciones, limitaciones, modelos utilizados, cronograma de actividades propuesto, costos asociados a la prueba, resultados esperados y resultados para el proceso de masificación dentro del proyecto. Esto se debe realizar antes de proseguir con futuras fases de definición del Plan Integral de Desarrollo.

Se deberá realizar un cronograma de ejecución del proyecto, resaltando las actividades de mayor impacto durante el ciclo de vida del proyecto y se deberá actualizar el plan de la fase FEL-III.

- Plan para la fase de Definición:
  - Presentar una tabla de actividades para la fase.
  - Presentar una tabla con los recursos técnicos y financieros requeridos.
  - Presentar el cronograma de las actividades a realizar.

Elaborar un documento donde se definan las principales actividades y las necesidades presupuestales, tecnológicas y de competencia, que se consideran para la ejecución del proyecto.

### **3.6. Fase de Definición (D o FEL-III)**

La fase de Definición está diseñada para desarrollar con mayor detalle los elementos técnicos que constituyen el escenario seleccionado en las fases anteriores. Esto se logra por medio de la ingeniería básica, el análisis de incertidumbres, costos, economía y documentación para dar autorización del proyecto. Es decir, en esta fase se presenta el documento y la ingeniería que consolida el desarrollo del escenario seleccionado en la fase de Conceptualización, el cual debe contener, entre otros, el valor generado, el plan de mitigación de riesgos, la ingeniería básica del proyecto y la economía asociada.

Como objetivo de la fase de Definición está desarrollar el alcance del proyecto y los planes de ejecución del escenario seleccionado para precisar el valor económico que se espera, todo esto con el riesgo e incertidumbre ligado a dicho escenario. Es decir, las actividades realizadas durante esta fase están enfocadas en que se cumplan los objetivos del negocio, que se permita la autorización del proyecto y los fondos para la ejecución del mismo.

### **3.6.1. Acción de mitigación y recomendaciones (Revisión de FEL-II)**

Se deberá revisar la documentación técnica generada en la fase FEL-II. Esta revisión debe incluir los siguientes puntos:

- Plan de atención de recomendaciones en la fase de Conceptualización.
- Revisión de objetivos y alcance general del VCD.
- Revisión de las mejores prácticas y lecciones aprendidas.
- Revisión y actualización del plan de trabajo FEL- III. Aquí se contemplarán los siguientes aspectos:
  - Diagrama de flujo para la fase FEL –III, así como la revisión y el ajuste de los objetivos y el alcance.
  - Revisión de indicadores económicos y técnicos, así como la documentación requerida.
  - Revisión de entregables.
  - Revisión y ajuste de actividades.
  - Revisión de requerimientos de equipos multidisciplinarios individuales y complementarios.

### **3.6.2. Ajuste o validación de distribuciones probabilísticas**

Antes de poder proceder al desarrollo de la ingeniería básica del proyecto, se deberán revisar los resultados del FEL- II. Es necesario desarrollar las actividades que permitan sumar las recomendaciones y ajustes necesarios, haciendo énfasis en los siguientes elementos:

- Acciones de mitigación realizadas. Se describen las acciones efectuadas para mitigar incertidumbres y se menciona cuales variables son afectadas.
- Ajuste de distribuciones probabilísticas. Se describen las variables técnico-económicas con mayor impacto en el FEL-II, y se menciona cada ajuste hecho a sus distribuciones de probabilidad características.

### **3.6.3. Ingeniería básica**

En esta etapa se ajustará la estrategia final de ejecución del escenario designado, en función de cada uno de sus objetivos. Se destacarán aspectos de actividades críticas como incertidumbres, planes de mitigación y estimación de costos, y riesgos operacionales, de la mano de un plan de administración que servirá de marco regulador durante el ciclo de vida del proyecto. Dentro del plan se incluirán los siguientes elementos:

- Monitoreo de las actividades de ejecución.
- Captura y análisis de información.
- Programa de actualización de modelos.
- Tecnología.
- Plan de operación.

#### **3.6.3.1. Ingeniería básica del subsuelo**

Se realiza el desarrollo de la ingeniería básica de:

- Estrategias de explotación. Es aquí donde se describe la estrategia final de explotación del yacimiento/campo, incluyendo las curvas de pronósticos de producción y el acumulado de fluidos en una gráfica probabilística vs. tiempo, en la que se incluya el inicio y duración de la fase de desarrollo inicial, crecimiento y mantenimiento, declinación y abandono, todo esto en función de los objetivos de producción. Nunca dejando de lado los aspectos

como son las actividades críticas, incertidumbres y riesgos. Las actividades que se desarrollan para esta parte son:

- *Desarrollo inicial.* Es aquí donde se describe el desarrollo inicial del campo de acuerdo con el objetivo de producción y plataforma óptima de producción establecida para el escenario seleccionado. Se indica el tipo de pozos y el número óptimo de pozos a perforar por año, gastos iniciales de producción con sus respectivos riesgos e incertidumbres cuantificadas, factor estimado de éxito usando las actividades de perforación y terminación de pozos y un mapa de ubicación de pozos.
- *Plataforma de producción.* Se deben describir los procesos identificados en la plataforma de producción, estrategia de explotación del escenario seleccionado, factor de declinación estimado y su viabilidad, factor de recuperación estimado, tecnología identificada y procesos de recuperación adicional (recuperación secundaria y/o mejorada) identificados, así como los riesgos e incertidumbres asociados. También se tienen que tomar en cuenta acciones de optimización y aseguramiento de flujo para reducir la declinación de los pozos, manejo de la producción de agua, gas, arena, gases amargos, precipitación y depositación de los sólidos en el pozo y el sistema de producción, e incorporar el plan de intervenciones mayores y menores a pozos.
- *Declinación.* Se describe en esta tapa la declinación del escenario seleccionado, señalando el inicio y duración de la declinación y su rango de variación, factor de declinación estimado, y las acciones para disminuir la declinación.
- *Abandono.* Se deberá indicar el inicio de la etapa de abandono, las estrategias para llevarla a cabo y costo que se estima.
- Monitoreo de explotación. Plan de adquisición de datos y el monitoreo del avance de los contactos de fluidos.

- Tecnología a utilizar. Se deberán describir las tecnologías incorporadas, hitos para la ingeniería, construcción y evaluación de estas, así como los acuerdos para las patentes y el soporte que requieren estas tecnologías para su operación.

### 3.6.3.2. Ingeniería básica de pozos

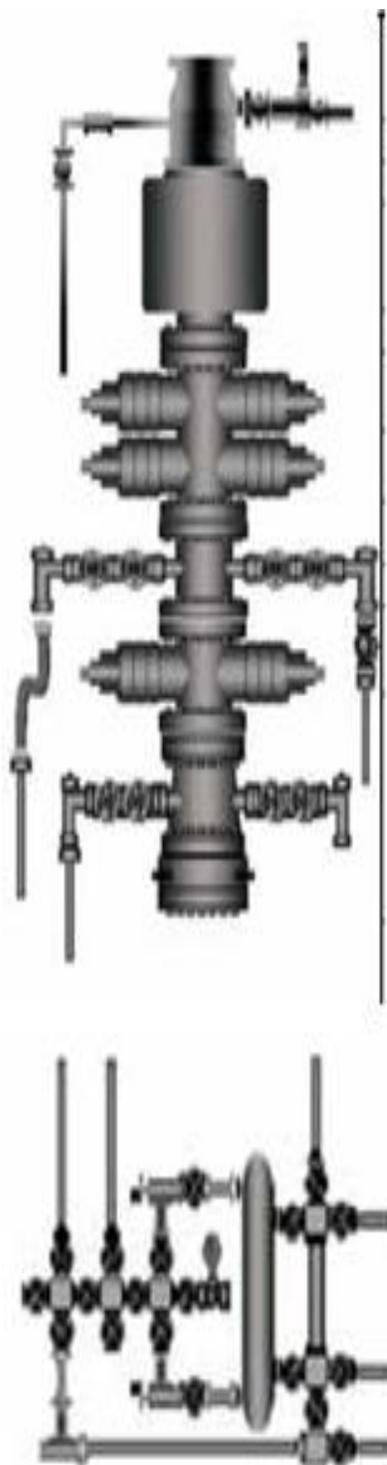
En esta etapa de la ingeniería básica debe incluirse la perforación y terminación de pozos tipo con los siguientes aspectos:

- Descripción y esquema del estado mecánico del pozo.
- Programa direccional.
- Programa de sarta de perforación.
- Programa de barrenas e hidráulica.
- Programa de cementación.
- Programa de toma de información. Ver ejemplo de plantilla para la toma de la información en la **Tabla 3.5.**

*Tabla 3.5 Ejemplo de plantilla para la toma de información (PEP, 2010)*

Intervalo (m.d.b.m.r)		Registro	Compañía	Observaciones
De	A			
3006	2500	DLL/LITODENSIDAD NEUTRON COMP/RG		
3504	3006	DLLL/MICROESFERICO DENS NEUTRON/RG		
3150	2800	CBT/RG Y CCL		

- Equipo de control de pozos. Ver Figura 3.18.



Elemento	Rango mínimo de presión de trabajo.	Tipo
Cabeza rotatoria	1500	
Preventor esférico	3m o 5m	
Preventor anular doble	5m	"U" Bop sup. Arietes anulares variables Bop inf. Arietes ciegos.
Carrete de control	5m	
Válvulas laterales	5m	(3) Mec. 3 1/8" brida 3 1/8" (1) Hca. 3 1/8" brida 3 1/8" Anillos r-35
Porta estranguladores	5m	Positivos de 2 1/16"
Preventor anular sencillo	5m	"U" Arietes anulares ajustables
Cabezal	5m	(4) Valv. Mecánicas
Unidad acumuladora		
Líneas rígidas y mangueras flexibles de control de la bomba acumuladora a preventores	6m	Tubería de 1 pg Cedula 160
	6m	Unión giratoria CHicksan de 1 pg
	6m	Unión de golpe de 1 pg
	6m	Niple de 1" x 4" Cedula 160
Múltiple de estrangulación	5m	(9) Valv. 5m (9) Valv. 3m (1) Est. Hco. (2) Est. Ajust. Manuales cámara de amort.
Separador gas / lodo	5m	Vertical con platops de choque atmosférico
Líneas de estrangulas y matar	L-80	3 1/2" de producción 12.7 lb/pie MULTI VAM
Líneas de descarga	L-80	3 1/2" de producción 9.2 lb/pie MULTI VAM
Sistema de retroceso del múltiple	3m	Válvulas de 2 1/16" de compuerta
	3m	Cruz de 2 1/16"
	3m	Bridas compañeras 2 1/16" con niple integral 3 1/2" MULTI VAM
	3m	Válvula check

Figura 3.18 Ejemplo de equipo de control de pozos (PEP, 2010)

- Programa de fluidos. Ver ejemplo en la **Tabla 3.6.**

**Tabla 3.6 Ejemplo de programa de fluidos (PEP, 2010)**

Tipo	Descripción	Densidad (g/cm)	Aditivos	Observaciones
Control	LODO FAPX	0.86	EMULSIFICANTE	
Molienda	BENTONITICO	1.04	BENTONITA	
Empacador	ANHIB-II	1.00	INHIBIDOR DE CORROSION	

- Programa de tuberías de revestimiento. Ver **Tabla 3.7.**

**Tabla 3.7 Ejemplo de un programa de tuberías de revestimiento (PEP, 2010)**

Diám.Ext. (pg)	Grado	Peso lb/pie	Distribución (m.d.b.m.r.)	
			de	a
30	B-52	309.70	0	130.00
20	X-56	94	0	500.00
13 3/8	N-80	68	0	518.30

- Selección de cabezal y medio árbol. Ver **Figura 3.19.**

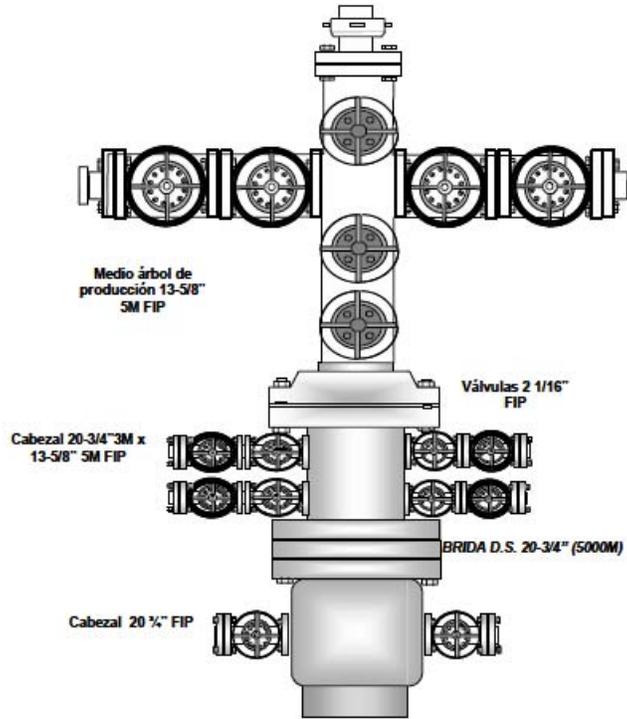


Figura 3.19 Ejemplo de cabezales y medio árbol (PEP, 2010)

- Diseño de la terminación de pozos. Ver **Tabla 3.8.**

Tabla 3.8 Ejemplo de tabla para el aparejo de producción (PEP, 2010)

Intervalo (m.d.b.m.r.) de a		Descripción	D.E (pg)	Grado	Peso lb/pie
13.95	14.2	B.C.	4.5		12.6
		T. CORTO	4.5	T-95	12.6
		COMBINACIÓN	7	T-95	
		TP	7	L-80	26
		COMBINACIÓN	7	T-95	
		T. CORTO	4.5	T-95	12.6
		V.T.			
		T. CORTO	4.5	T-95	12.6
		COMBINACIÓN	7	T-95	
		TP	7	L-80	26
		COMBINACIÓN	7	T-95	
		TP	4.5	T-95	12.6
		COMBINACIÓN	4.5	T-95	
		TP	3.5	T-95	9.2

- Productividad de pozos. Incluyendo en el diseño de pozos, si se requiere en el escenario seleccionado lo siguiente:
  - Estimulación, fracturamiento, acidificación.
  - Control de finos.
  - Automatización subsuelo- superficie.
- Sistemas artificiales de producción. Esta etapa se desarrolla como parte del diseño de pozos. Se deberán incluir todos los elementos del sistema artificial:
  - Numero de etapas de la bomba electro-centrífuga.
  - Selección y verificación del elastómero en caso de bombas de cavidades progresivas.
  - Requerimiento de gas.
  - Aspectos de electricidad.
  - Aparejos de producción: diámetro, selección del material y el cálculo de esfuerzos.
  - Ingeniería básica del acople yacimiento, pozo y superficie: capacidad de la línea de flujo, niveles de presión de separación, posibles cuellos de botella, etc.
  - Plan de mantenimiento.
  - Planes de intervención de pozos durante la vida productiva.
- Plan de mantenimiento de pozos.
- Riesgos operacionales y planes de mitigación. Estadísticas de los tiempos de perforación, tiempos efectivos, no productivos y de espera. Principales riesgos operativos durante la perforación y terminación.
- Límite técnico. Soporte del tiempo real de vida con las estadísticas de los pozos del área del proyecto. Límite técnico del análisis de los mejores tiempos de cada actividad correspondiente a la estadística de los pozos. Determinar los tiempos no productivos visibles e invisibles.

- Costos de perforación y terminación. Se deberá presentar una tabla con los costos de perforación, terminación que incluya costos de sistemas artificiales de producción, fracturamiento, estimulación, control de finos y automatizaciones como se puede ver en la **Tabla 3.9.**

**Tabla 3.9 Costos de la construcción de pozos (perforación y terminación) (PEP, 2010)**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PROGRAMADO			CANTIDAD	UNIDAD
FECHA ACTUALIZADA		HOY					DIAS
POZO							DIAS
PLATAFORMA							DIAS
EQUIPOS DISTRITO							DIAS
PROYECTO							DIAS
TIPO							PESOS/DIA
REGIÓN OPERATIVA							MT
COSTO DIARIO EQUIPO		PESOS/DIA					GRADOS
A- COSTOS DE INSTALACIONES				P10	P50	P90	UNIDAD
	INSTALACIÓN DE PLATAFORMA						PESOS
	INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA						PESOS
	SUB-TOTAL DE INSTALACIONES		0.00	0.00	0.00	0.00	PESOS
B - COSTOS DE PERFORACIÓN				P10	P50	P90	UNIDAD
	EQUIPO DE PERFORACIÓN						PESOS
	LOGÍSTICA						PESOS
	MATERIALES						PESOS
	SERVICIOS						PESOS
	SUB-TOTAL DE PERFORACIÓN		0.00	0.00	0.00	0.00	PESOS
C - COSTOS DE REPARACIÓN				P10	P50	P90	UNIDAD
	EQUIPO DE PERFORACIÓN						PESOS
	LOGÍSTICA						PESOS
	MATERIALES						PESOS
	SERVICIOS						PESOS
	SUB-TOTAL DE REPARACIÓN		0.00	0.00	0.00	0.00	PESOS
C - COSTOS DE TERMINACIÓN				P10	P50	P90	UNIDAD
	EQUIPO DE PERFORACIÓN						PESOS
	LOGÍSTICA						PESOS
	MATERIALES						PESOS
	SERVICIOS						PESOS
	SUB-TOTAL DE TERMINACIÓN		0.00	0.00	0.00	0.00	PESOS
D - COSTOS DE ADMINISTRACIÓN				P10	P50	P90	UNIDAD
	20 % DE FACTOR DE ADMINISTRACIÓN						PESOS
	GASTOS DE ADMINISTRACIÓN DE INSTALACIONES						PESOS
	GASTOS DE ADMINISTRACIÓN DE PERFORACIÓN						PESOS
	GASTOS DE ADMINISTRACIÓN DE REPARACIÓN						PESOS
	GASTOS DE ADMINISTRACIÓN DE TERMINACIÓN						PESOS
	SUB-TOTAL DE ADMINISTRACIÓN		0.00	0.00	0.00	0.00	PESOS
F - COSTO TOTAL				P10	P50	P90	UNIDAD
	TOTAL (A+B+C+D)		0.00	0.00	0.00	0.00	PESOS

- Diseño de pozos inyectoros. Se deberá presentar la misma documentación descrita para los pozos productores, los niveles de automatización de los pozos y el sistema de medición que se empleará.

### 3.6.3.3. Ingeniería básica de instalaciones

Será realizada la ingeniería básica para las instalaciones, la cual comprende además de la estimación de los costos tipo presupuestal (clase III), lo siguiente:

- Procesos
- Sistemas.

- Obra civil.
- Mecánica y tuberías.
- Instrumentación, control y automatización.
- Telecomunicaciones.
- Seguridad, salud y protección ambiental.
- Sistema de protección anticorrosiva.
- Electricidad.
- General e ingeniería de valor.
- Automatizaciones y permisos federales, estatales, municipales y ante terceros.
- Estimación de costos clase III (precisión de – 15%, +25%)
- Estudio de impacto ambiental.
- Análisis cuantitativo de riesgos.
- Estudios de riesgos de procesos.
- Automatización integral subsuelo-superficie.

#### **3.6.3.4. Ingeniería básica de seguridad, salud, protección ambiental e impacto social (SSPAIS)**

Los puntos clave de la realización de la ingeniería básica de la SSPAIS, son los siguientes:

- Análisis de riesgos.
- Estándares de seguridad, higiene e ingeniería básica.
- Manifiesto de estudios de impacto y riesgo ambiental.
- Condiciones de autoridad ambiental.
- Plan de seguridad, salud y protección ambiental.
- Plan de operación.
- Recursos en seguridad, higiene y ambiente.

La ingeniería básica generada en la fase de Definición es donde se llevarán a cabo los modelos de procesos, operación y estructuración definitiva del proyecto para su ejecución.

#### **3.6.4. Evaluación del proyecto**

Una vez realizada la ingeniería básica, se debe preparar un estimado de costos clase III como mínimo (precisión de – 15%, +25%). Este estimado debe desglosarse en inversiones estratégicas y operacionales y se utilizara para solicitar la aprobación de fondos en el presupuesto de inversiones, con el fin de ejecutar la ingeniería a detalle, procura, construcción y arranque del proyecto.

Mediante la identificación de la información con la particularidad necesaria para su elaboración, se puede garantizar que el estimado de costo tendrá la calidad requerida para la aprobación de fondos. Esta fase necesita la preparación de los costos de inversión, operación y mantenimiento de los aspectos que se mencionan a continuación:

- Estimado de ingresos. Pronósticos de ingresos estimados al escenario seleccionado.
- Estimado de inversiones asociadas a los pozos. Costos de perforación y terminación de pozos del escenario seleccionado.
- Estimación de inversiones asociadas a las instalaciones. Costos de las instalaciones superficiales en función de los volúmenes de producción esperados.
- Estimado de otras inversiones.
  - Ejecución del proyecto en cada fase.
  - Instalaciones y automatizaciones.
  - Seguridad, salud, protección ambiental e impacto social.
  - Estudios y pruebas.
- Estimado de los costos de operación.
  - Reparaciones y servicios necesarios para el proyecto.
  - Pagos de financiamiento.

- Operación y mantenimiento de instalaciones.
- Pagos de suministros internos y externos.
- Administración de recursos humanos.
- Costos indirectos.
- Cálculo de indicadores económicos. Se deberán presentar los resultados de esta evaluación económica del escenario seleccionado con los siguientes indicadores: VPN, TIR, VPN/VPI, VPE, DSVPN, VPN/VPE, entre otros. En esta actividad de la etapa FEL- III se generan, desarrollan y analizan los indicadores económicos definitivos que determinarán la viabilidad económica del proyecto, así como el pase definitivo a la fase de ejecución, los cuales sirven de base para la evaluación económica del proyecto y su jerarquización para la asignación de los recursos.

### **3.6.5. Plan de ejecución y estrategias de contratación**

Este plan de ejecución es la herramienta que garantizará que el proyecto se llevará a cabo de forma exitosa dentro de las metas de tiempo, costo y calidad. Este plan permite una ejecución optimizada de las tareas y la previsión de toma de decisiones oportunas, que de este modo aseguren cumplir la culminación del proyecto en la fecha estimada.

El plan de ejecución se debe ajustar en la fase FEL- III y debe considerar los siguientes puntos:

- Estrategias de ejecución. Describir la estrategia de ejecución del proyecto, economía de escala, sinergias, reingenierías, etc.
- Estrategias de procura y contratación.
  - Plan de adquisición equipos y materiales. Análisis de la selección de prestadores de servicios (perforación, terminación y servicios auxiliares), diseño de las bases para la licitación y cronogramas.

- Selección y validación de las estrategias de contratación. Tipos, modalidades y estrategias de contratación que se hayan analizado, criterios de la selección del tipo de contrato.
- Evaluación de la capacidad de los contratistas. Dar a conocer los resultados de la evaluación de los contratistas.
- Desarrollo de campos. Plan de perforación, terminación y reparación de pozos, así como los servicios auxiliares, logística y desembolsos por año.
- Toma de información y estudios. Plan de adquisición de información como son la toma de registros geofísicos, especiales y de producción, toma de núcleo, fluidos, análisis especiales que se requieran para la mitigación de incertidumbres.
- Seguridad, salud, protección ambiental e impacto social. Planes de mitigación, logística y costos para la operación y mantenimiento a los sistemas de seguridad, salud e impacto social.
- Plan de construcción de instalaciones. Plan de construcción, logística y costos por año de los sistemas de recolección, inyección y transporte, plantas de procesamiento.
- Planes detallados para la administración. Cantidad y origen del presupuesto necesario para la realización del proyecto, además la organización e instalaciones administrativas.
- Guías para el control del proyecto.

#### **3.6.6. Plan de mitigación de riesgos e incertidumbres**

Se deberá especificar la propuesta para la administración de las incertidumbres y riesgos. Se deberán presentar las variables de incertidumbre con mayor impacto dentro de la evaluación del escenario seleccionado. Se deberá especificar si se acepta la incertidumbre y el riesgo, o si son evitados en el proyecto.

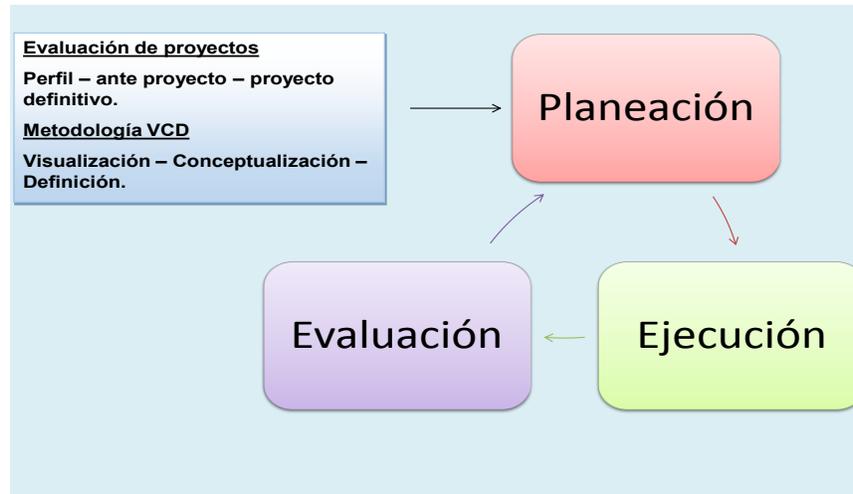
## 4. VERIFICACIÓN DE LA ALINEACIÓN DE LA METODOLOGÍA VCD CON LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS

El objetivo de este capítulo es mostrar las similitudes y diferencias que hay entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD, desde la ubicación de cada uno dentro del proceso de administración de proyectos, hasta el muestreo a detalle de las actividades en las etapas de la vida del proyecto, tratando de encontrar las fuerzas y debilidades que hay en cada uno.

### 4.1. Ubicación dentro del proceso de administración de proyectos.

Como se mencionó en el segundo capítulo, el proceso de la administración de proyectos está conformado por un conjunto de etapas sucesivas. Dichas etapas son: planeación, ejecución y evaluación; mismas que interaccionan y forman un proceso cíclico.

La evaluación de proyectos y la metodología VCD son actividades que se realizan previos a la planeación de proyectos. En el esquema de la **Figura 4.1** se muestra la ubicación de la evaluación de proyectos y la metodología VCD en la administración de proyectos.



*Figura 4.1 Ubicación de la evaluación de proyectos y la metodología VCD en la administración de proyectos*

Los proyectos modernos de la industria de exploración y producción de petróleo abarcan desde la perforación de un pozo hasta la incorporación de un sistema de recuperación secundaria o mejorada; son impresionantemente grandes, complejos y costosos. Completar dichos proyectos en tiempo y dentro del presupuesto no es fácil, por ello se requiere aplicar el proceso administrativo. Durante la actividad inicial se procede a la selección de un escenario, de entre un abanico de prospectos de proyecto, que estén de acuerdo a los recursos disponibles y necesidades que se quieren resolver. Al procedimiento que engloba todas las actividades comprendidas para lograrlo se le llama evaluación de proyectos.

#### **4.2.Fases generales de la evaluación de proyectos y la metodología VCD**

Antes de comenzar a realizar una comparativa de las partes generales de la metodología VCD, cabe resaltar que la parte de la introducción y el marco de desarrollo que forman parte de la evaluación de proyectos se encarga de realizar el mismo trabajo que hace el Pre-FEL en la metodología VCD.

Tanto la evaluación de proyectos como la metodología VCD, se encuentran divididas en tres fases. En la **Tabla 4.1** se muestra la comparación de dichas fases.

*Tabla 4.1 Comparativa de fases de la metodología VCD y evaluación de proyectos*

EVALUACION DE PROYECTOS	METODOLOGIA VCD
PERFIL	VISUALIZACION (FEL-I)
ANTE-PROYECTO	CONCEPTUALIZACION (FEL-II)
PROYECTO DEFINITIVO	DEFINICION (FEL-III)

---

Los objetivos generales que buscan ser cubiertos a través de cada una de estas fases se describen en la **Tabla 4.2**, y como se observa, estos objetivos generales de las diferentes fases de las dos metodologías son bastante similares.

**VERIFICACIÓN DE LA ALINEACIÓN DE LA METODOLOGÍA VCD CON LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

**Tabla 4.2 Comparativa de los objetivos generales por sus fases entre la metodología VCD y la evaluación de proyectos**

EVALUACION DE PROYECTOS	METODOLOGIAVCD
<p><b>PERFIL</b></p> <p>Es el nivel de evaluación de identificación. Comienza con la idea o la visión que se estima y se elabora a partir de la información existente, opinión que ofrece la experiencia, y el juicio común. Este nivel de estudio se centra en cálculos globales de costos, ingresos e inversiones y no profundiza al respecto.</p>	<p><b>VISUALIZACION (FEL-I)</b></p> <p>Es la etapa en la que se evalúa el caso de documentación del proyecto, la mayoría de las incertidumbres y sus riesgos, la identificación y documentación de los escenarios más factibles. Esta etapa del FEL es donde se generan oportunidades y categorización de las decisiones. Su objetivo es identificar y evaluar la factibilidad técnico-económica en forma preliminar, de todos los esquemas factibles que el equipo de trabajo visualice para la materialización de nuevas oportunidades.</p>
<p><b>ANTE-PROYECTO</b></p> <p>Este nivel profundiza en la investigación de mercado, en fuentes primarias y secundarias. Aquí se detalla en la tecnología que se va a emplear, determina costos totales, rentabilidad económica, vida del proyecto, etc., y sirve de base para apoyar a los inversionistas a tomar una decisión.</p>	<p><b>CONCEPTUALIZACION (FEL-II)</b></p> <p>En esta fase del proceso FEL se evalúan con más profundidad los escenarios identificados y las soluciones tecnológicas incorporadas en la etapa de FEL I, se selecciona el mejor escenario mediante la cuantificación de los riesgos y la evaluación económica, además de desarrollar la ingeniería conceptual del mismo. El objetivo del FEL II es el lograr escoger el mejor escenario a través de la cuantificación de los riesgos y la evaluación económica, así como el desarrollo de la ingeniería conceptual y el estimado de los indicadores económicos del mismo.</p>
<p><b>PROYECTO DEFINITIVO</b></p> <p>Este es el nivel más profundo de estudio y el último, donde la investigación contiene toda la información del anteproyecto, pero se tratan los puntos más finos, así como los canales de comercialización para el producto, contratos de venta, actualización de las cotizaciones de la inversión, planos arquitectónicos, cotizaciones de inversión, etc. En este nivel la información presentada no altera la decisión respecto a la inversión, siempre y cuando los cálculos en el anteproyecto sean corroborados, evaluados y confiables.</p>	<p><b>DEFINICION (FEL-III)</b></p> <p>Esta etapa consiste en desarrollar en mayor detalle todos los elementos técnicos que conforman el escenario seleccionado mediante la ejecución de la ingeniería básica, análisis de incertidumbre, costos, economía, y documentación para la autorización del proyecto. Ésta parte de la metodología FEL se presenta en el documento entregable que consolida el desarrollo del escenario seleccionado en el FEL-II, el cual contiene el valor generado, el plan de mitigación de riesgos, la ingeniería básica del proyecto y la economía asociada. El objetivo de esta fase es desarrollar el alcance del proyecto y los planes de ejecución del escenario seleccionado para precisar el valor económico esperado, así como su incertidumbre y riesgo. Asegurar que se cumplen los objetivos del negocio, solicitar la autorización del proyecto y los fondos para la ejecución del mismo.</p>

Para lograr una comparación más profunda que ayude a tener mayor claridad sobre las similitudes existentes entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD, se presenta un análisis de las actividades específicas que abarca cada uno de los estudios en los cuales se basa la evaluación de proyectos (estudio de

mercado, estudio técnico, estudio económico, evaluación económica, y el análisis de riesgos), con el fin de identificar cuáles son usadas también en la metodología VCD.

#### **4.3. Estudio de Mercado**

El estudio de mercado es una de las actividades importantes que se deben realizar como herramienta de la evaluación de proyectos para así saber si el producto será aceptado o no. Está diseñado para probar la efectividad de la puesta en el mercado de un producto.

Es claro que la metodología VCD está orientada hacia las actividades técnicas-económicas del diseño de explotación de campos, sin incluir a la comercialización. Debido a esto, entre las actividades incluidas dentro de la metodología no existe aplicación de ninguno de los elementos del estudio de mercado.

De otra forma, se puede decir que los análisis del mercado para comercialización, han sido obviados dentro de la metodología VCD y solo deben enfocarse en los otros estudios de la evaluación de proyectos.

#### **4.4. Inclusión de los estudios técnico, económico, evaluación económica y el análisis y la administración de riesgos en cada etapa del FEL**

En este apartado se revisará detalladamente cómo se encuentran distribuidas las actividades específicas de los estudios técnico, económico, evaluación económica y análisis de riesgos que conforman los estudios de la evaluación de proyectos, entre las actividades comprendidas por la metodología VCD.

#### 4.4.1. Inclusión del estudio técnico

En los siguientes mapas conceptuales se puntualizarán los factores que se toman en cuenta en la metodología VCD y en la evaluación de proyectos.

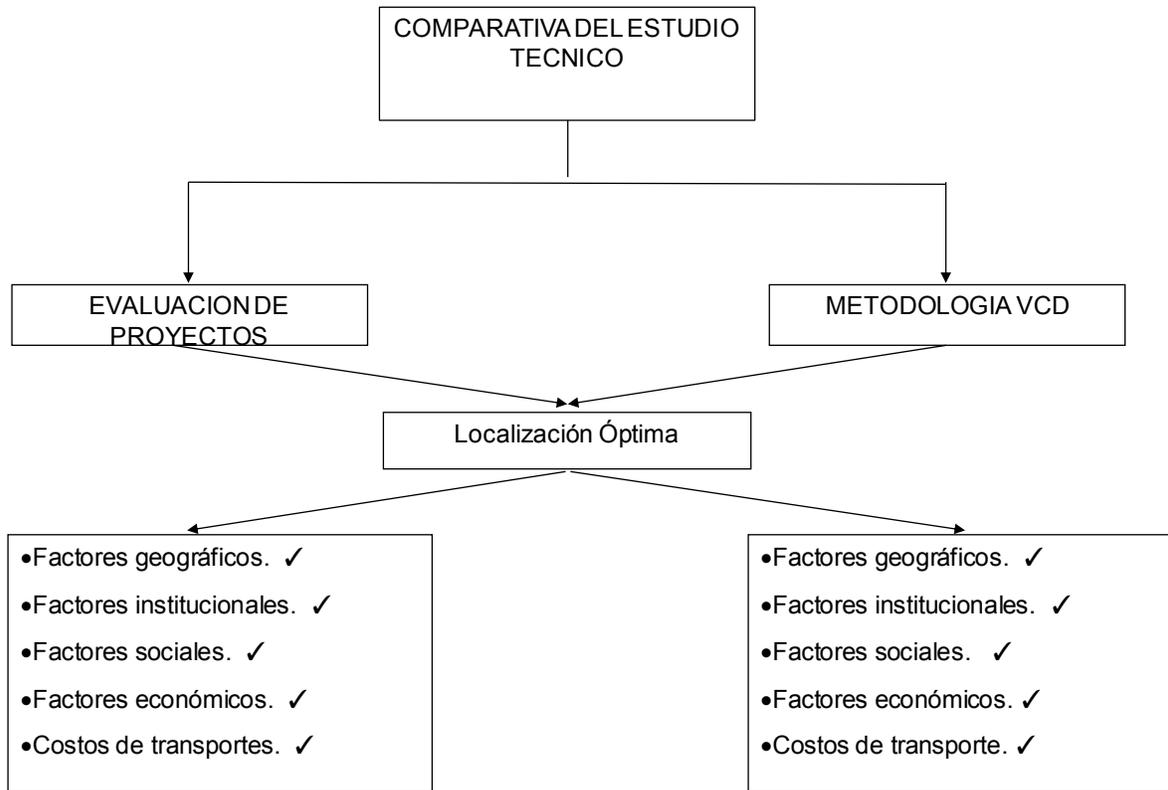
En la **Tabla 4.3** se muestra en cuales etapas de la metodología VCD se utiliza cada factor de localización óptima.

**Tabla 4.3 Factores de la localización óptima en cada etapa de la metodología VCD**

Localización Óptima	Pre-FEL	Visualización (FEL-I)	Conceptualización (FEL-II)	Definición (FEL-III)
Factores Geográficos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ubicación con coordenadas geográficas del polígono del proyecto</li> </ul>			
Factores Institucionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descripción del proyecto autorizado si existiere</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Autorizaciones y permisos a nivel federal, estatal y municipal</li> </ul>
Factores Sociales	<ul style="list-style-type: none"> <li>SSPAIS</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Costos por paros sociales, por bloqueos</li> <li>Costos de desarrollo social</li> <li>Conflictividad social</li> <li>Estudio de seguridad, salud, protección ambiental y comunidad</li> </ul>	
Factores Económicos			<ul style="list-style-type: none"> <li>Nivel socioeconómico</li> </ul>	
Costos de Transporte				<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan de contratación, procura y ejecución</li> </ul>

La Comparación general de la localización óptima en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD se muestra en la **Figura 4.2**. En donde se ve de forma clara que cada factor se encuentra en los dos métodos.

VERIFICACIÓN DE LA ALINEACIÓN DE LA METODOLOGÍA VCD CON LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS



*Figura 4.2 Comparación general de la localización óptima en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD*

En la **Tabla 4.4** se muestra el nivel de estudio de cada factor de tamaño óptimo que se lleva a cabo en cada etapa de vida de la metodología VCD. Se puede resaltar, que la parte de ubicación de maquinaria se analiza hasta el punto de realización del proyecto definitivo en la etapa de definición (FEL-III).

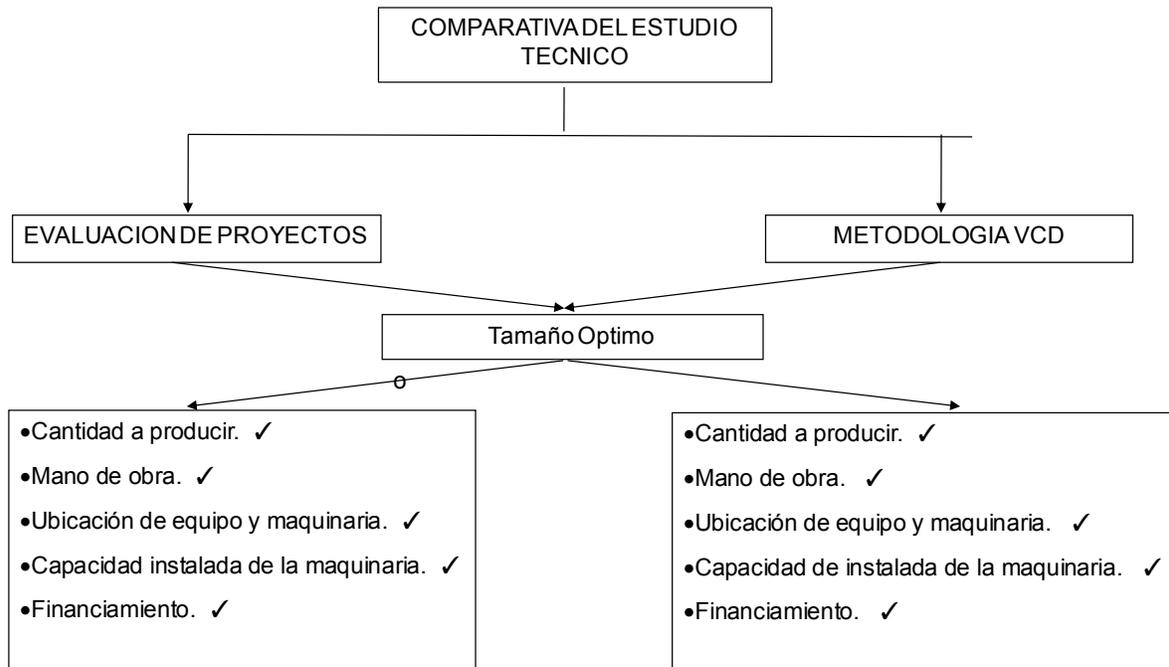
**VERIFICACIÓN DE LA ALINEACIÓN DE LA METODOLOGÍA VCD CON LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

**Tabla 4.4 Factores del tamaño óptimo en cada etapa de la metodología VCD**

Tamaño Optimo	Pre-FEL	Visualización (FEL-I)	Conceptualización (FEL-II)	Definición (FEL-III)
Cantidad a producir	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volúmenes originales.</li> <li>• Pruebas de presión producción.</li> <li>• Producción histórica de agua, aceite y gas si existiere.</li> <li>• Diagrama de tuberías e instalaciones si existiere.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo de volúmenes de hidrocarburos.</li> <li>• Factor de recuperación esperado.</li> <li>• Recuperación adicional</li> <li>• Instalaciones en superficie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reservas</li> <li>• Productividad de pozos.</li> <li>• Instalaciones</li> <li>• Ingeniería conceptual de pozos</li> </ul>	
Mano de obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profesionistas disponibles en el activo.</li> <li>• Equipo multidisciplinario propuesto y su perfil técnico.</li> </ul>			
Ubicación de equipos y maquinarias			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arreglo de distribución de equipos principales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de instalaciones en superficie requeridas para manejar los fluidos producidos</li> </ul>
Capacidad instalada de la maquinaria			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de plantas de proceso, plataformas, almacenamiento, etc.</li> </ul>	
Financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa físico y financiero.</li> <li>• Asignación de recursos, disponibles, adicionales y puntuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de actividad físico financiero para instalaciones</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimación de costos de inversión y de operación.</li> <li>• Planes detallados para la administración</li> </ul>

La Comparación general del tamaño óptimo en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD se muestra en la **Figura 4.3**. En

donde se definen de forma clara todos los factores que se encuentra en los dos métodos.



*Figura 4.3 Comparación general del tamaño óptimo en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD*

En la **Tabla 4.5** se muestra el nivel de estudio de cada factor de la identificación y descripción del proceso que se lleva a cabo en cada etapa de vida de la metodología VCD. De aquí se observa que los factores de tecnología y maquinaria son profundizados hasta la fase de definición.

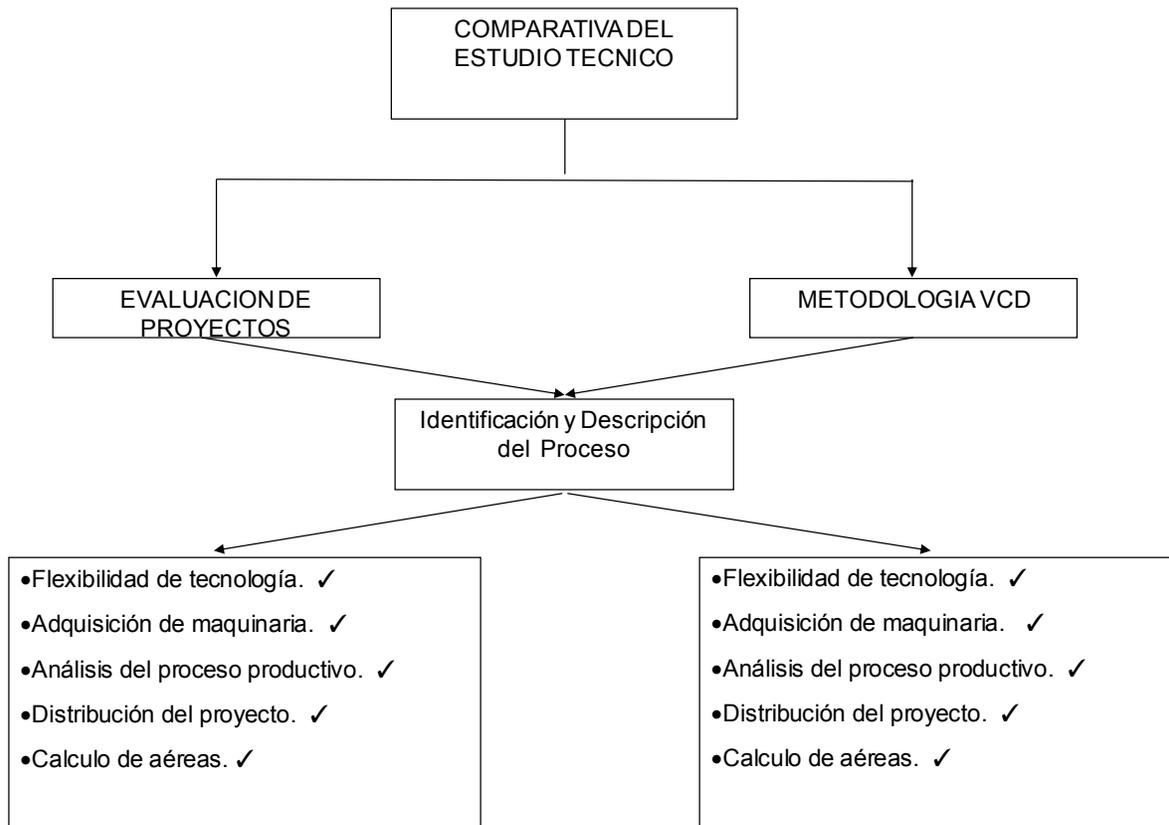
**VERIFICACIÓN DE LA ALINEACIÓN DE LA METODOLOGÍA VCD CON LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

---

**Tabla 4.5 Factores de la identificación y descripción del proceso en cada etapa de la metodología VCD**

Identificación y Descripción del proceso	Pre-FEL	Visualización (FEL-I)	Conceptualización (FEL-II)	Definición (FEL-III)
Flexibilidad de la tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de tecnología de la información y soporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnologías y/o procesos disponibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de tecnologías usadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnología</li> </ul>
Adquisición de maquinaria			<ul style="list-style-type: none"> <li>Costos de los equipos</li> <li>Tiempos de procura, entrega de equipos mayores y materiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan de adquisición de equipos y materiales.</li> </ul>
Análisis del proceso productivo		<ul style="list-style-type: none"> <li>Eficiencia operacional y reducción de costos</li> <li>Acciones de mejora en la producción</li> <li>Optimización de instalaciones</li> <li>Tipo de perforación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Productividad de pozos</li> <li>Perforación y reparación</li> </ul>	
Distribución del proyecto		<ul style="list-style-type: none"> <li>Pozos considerados en los escenarios</li> <li>Ubicación de acomodo de Instalaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalaciones</li> </ul>	
Cálculo de áreas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelo de instalaciones</li> <li>Ingeniería descriptiva de las instalaciones existentes y requeridas</li> </ul>		

La Comparación general de la identificación y descripción del proceso en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD se muestra en la **Figura 4.4**.



**Figura 4.4** Comparación general de la identificación y descripción del proceso en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD

En la **Tabla 4.6** se muestra el nivel de estudio del análisis de la disponibilidad y costos de los suministros e insumos que se llevan a cabo en cada etapa de vida de la metodología VCD, en donde se analiza que en la etapa de Conceptualización no se profundiza el estudio de proveedores, ni el costo de materiales, y no es hasta la etapa de Definición donde se estudia a los proveedores de equipo y maquinaria.

**VERIFICACIÓN DE LA ALINEACIÓN DE LA METODOLOGÍA VCD CON LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

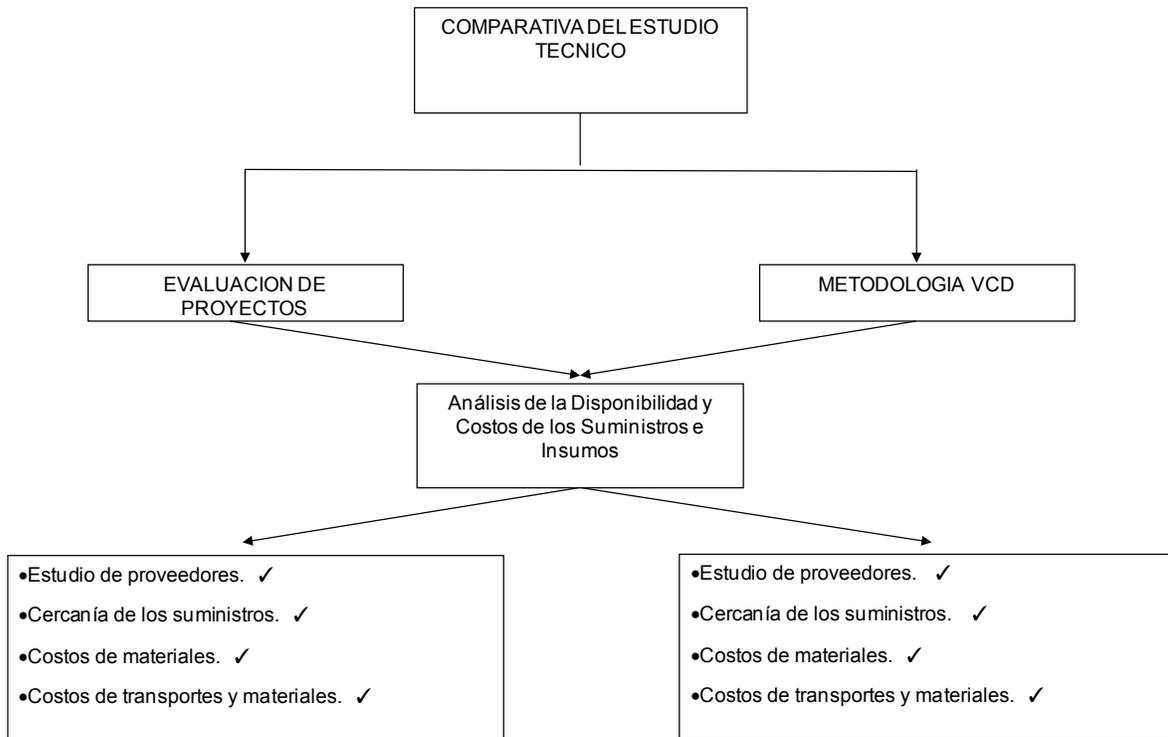
---

**Tabla 4.6 Factores de la disponibilidad y costos de los suministros e insumos del proyecto en cada etapa de la metodología VCD**

Análisis de la Disponibilidad y Costos de los Suministros e Insumos	Pre-FEL	Visualización (FEL-I)	Conceptualización (FEL-II)	Definición (FEL-III)
Estudio de proveedores				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis del potencial y limitaciones del suministro de bienes y servicios para el proyecto</li> <li>• Plan de contratación, procura y ejecución.</li> <li>• Selección y validación de estrategias de contratación.</li> <li>• Evaluación de la capacidad de contratistas.</li> </ul>
Cercanía de los suministros		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizar insumos técnicos y de costos.</li> </ul>		
Costos de materiales y su transporte.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base de datos de costos e inversiones.</li> </ul>		

La Comparación general del análisis de la disponibilidad y costos de los suministros e insumos en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD se muestra en la **Figura 4.5**.

## VERIFICACIÓN DE LA ALINEACIÓN DE LA METODOLOGÍA VCD CON LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS



**Figura 4.5** Comparación general del análisis de la disponibilidad y costos de los suministros e insumos en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD

Por último, para el estudio técnico, en la **Tabla 4.7** se muestra la organización humana y jurídica para la correcta operación que se lleva a cabo en cada etapa de vida de la metodología VCD conforme se utiliza en la vida del proyecto.

**VERIFICACIÓN DE LA ALINEACIÓN DE LA METODOLOGÍA VCD CON LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

---

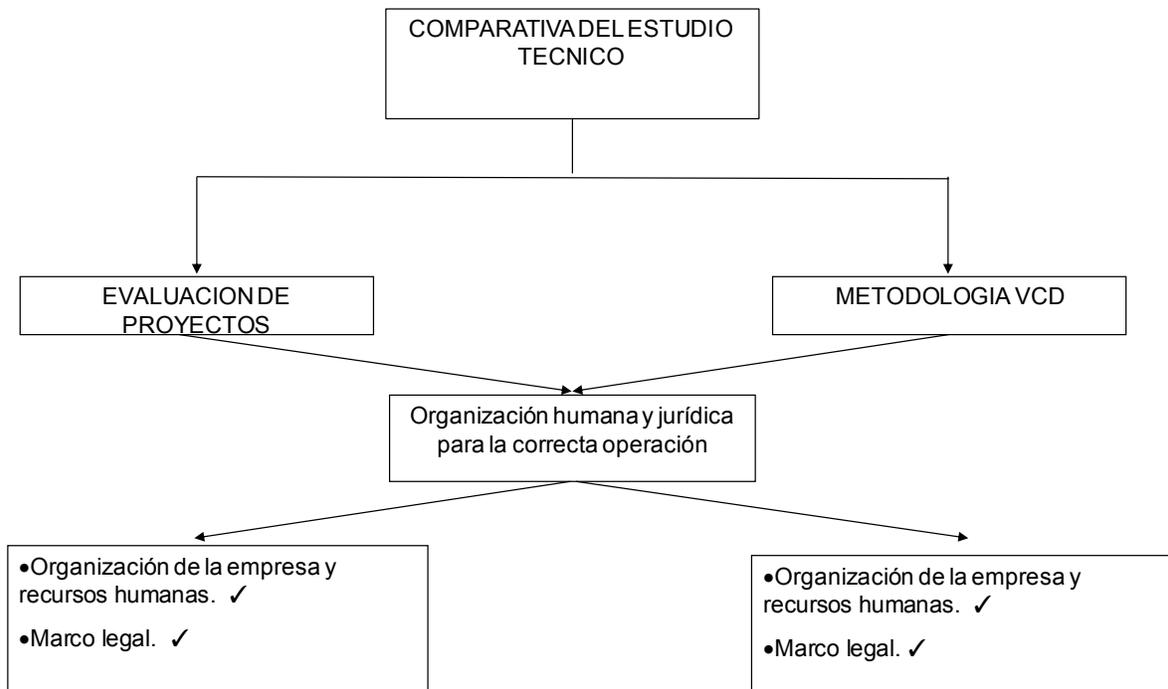
**Tabla 4.7 Factores de la organización humana y jurídica del proyecto en cada etapa de la metodología VCD**

Organización Humana y Jurídica para la correcta Operación	Pre-FEL	Visualización (FEL-I)	Conceptualización (FEL-II)	Definición (FEL-III)
Organización de la empresa y recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Especificación de los recursos humanos</li> <li>Profesionistas disponibles en el activo</li> <li>Equipo multidisciplinario propuesto y su perfil técnico.</li> <li>Plan propuesto de capacitación</li> <li>Especificación de roles y responsabilidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Responsabilidades por cada subgrupo de trabajo</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Nivel de competencia del personal</li> <li>Estrategias de entrenamiento del personal</li> </ul>
Marco legal		<ul style="list-style-type: none"> <li>Normatividad oficial y técnica aplicable</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Autorizaciones y permisos a nivel federal, estatal y municipal</li> </ul>

La Comparación general de la organización humana y jurídica para la correcta operación en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD se muestra en la **Figura 4.6**.

**VERIFICACIÓN DE LA ALINEACIÓN DE LA METODOLOGÍA VCD CON LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

---



**Figura 4.6 Comparación general de análisis de la organización humana y jurídica para la correcta operación en el estudio técnico entre la evaluación de proyectos y la metodología VCD**

Como se observó en los diagramas y tablas anteriores, la ubicación de las actividades que comprende el estudio técnico en la metodología VCD no es idéntico a como lo utiliza la evaluación de proyectos, pero si comprende las mismas actividades en las fases en las que será más eficiente usarlas. La evaluación de proyectos no establece con claridad en qué momento se debe llevar a cabo lo que la metodología VCD sí, es decir, se describen ordenadamente los factores en metodología VCD pero se distribuyen estos estudios en cada una de sus fases (Visualización, Conceptualización, Definición) de modo que se utilizan conforme la estructuración de la metodología VCD los requiera.

#### 4.4.2. Estudio económico en la evaluación de proyectos y en la metodología VCD

##### **Estudio económico en la evaluación de proyectos.**

Como ya se vio en el capítulo dos, el estudio económico es el análisis que pretende determinar el monto de los recursos monetarios que se requieren para la realización de nuestro proyecto, el costo total de trabajo de nuestra planta, así como los indicadores económicos que sirven de base para seleccionar el proyecto definitivo dentro de la evaluación de proyectos.

El proceso que realiza el estudio económico no se estructura de una manera ordenada en la evaluación de proyectos, simplemente se dice que se tiene que realizar estos estudios para recaudar información que después será utilizada en la evaluación económica.

##### **Estudio económico en la metodología VDC**

La metodología VCD, como ya se mencionó anteriormente, utiliza los mismos puntos que el estudio económico pero de una manera ordenada, es decir, disminuye esfuerzos utilizando estos estimados de manera que se requieran a lo largo el proceso y así aumenta su eficiencia, como lo muestran en los siguientes renglones.

En el caso de la metodología VCD la evaluación de proyectos está definida de la siguiente manera, por fase:

- Pre FEL
  - Planeación de propuesta de ejecución del proyecto. En esta etapa del Pre FEL, se realiza un estudio llamado “asignación de recursos financieros a cada etapa”, en que se estudia cómo se realizará la repartición de recursos financieros para cada fase y sub-fase de la metodología VCD.

- Visualización (FEL-I).
  - Plan físico financiero para instalaciones. Es el plan para el desembolso que se supone sucederá al realizar las instalaciones.
  - Costos asociados a pozos, instalaciones, reparaciones, terminaciones, etc.
  - En la jerarquización de escenarios se logra graficar los escenarios en base a sus estudios de costos, inversión y de financiamiento.
- Conceptualización (FEL-II)
  - Ajustes de distribuciones probabilísticas.
    - Costos de ejecución de contrato.
    - Costos operativos (porcentaje costos indirectos, directos, fijos y variables, costos de mantenimiento, sociales e inversión).
    - Costos de sistemas y de dispositivos de seguridad.
    - Costos de gestión administrativa federal.
    - Costos de desarrollo social y cumplimiento ambiental
  - Ajuste al plan de actividad físico-financiero.
  - Evaluación de los escenarios seleccionados.
    - Estimado de ingresos.
    - Estimado de inversiones asociadas a las actividades relacionadas con el trabajo técnico.
    - Estimado de otras inversiones.
    - Estimado de costos operacionales.
  - Ingeniería conceptual se realiza el estimado de costos clase IV.
    - Por proveedores.
    - Empresas petroleras.
    - Inversión estratégica y operacional.
- Definición (FEL-III).
  - Costos de perforación.
  - Costos de sistemas artificiales de producción, fracturamiento hidráulico, estimulaciones, control de finos y automatizaciones.

- Costos de la administración en la perforación, terminación, instalaciones, recuperación secundaria, sistemas artificiales de producción, etc.
- Costos de ingeniería básica de instalaciones, pozos, subsuelo.
- Estimado de costos clase III.
  - Inversión estratégica.
  - Inversión operacional.
  - Operación para el fondo en el presupuesto de inversiones.
- Estimación de ingresos.
- Estimación de costos de inversiones.
  - Ejecución de proyectos en cada fase.
  - Automatizaciones.
  - SSPAIS.
  - Estudios y pruebas
- Estimado de costos de operación.
  - Reparaciones y servicios necesarios para el proyecto.
  - Pagos de financiamiento.
  - Operaciones y mantenimiento de instalaciones.
  - Pagos de suministros internos y externos.
  - Administración de recursos humanos.
  - Costos indirectos.

La metodología VCD clasifica la precisión del estimado de costos de inversión de un proyecto en función de la cantidad y calidad de la información utilizada.

Las clases del estimado y su rango de precisión son:

- Clase V (Estimado de orden de magnitud), rango de precisión de +50%/-30%. Elaborado en la fase FEL-I. Este tipo de estimado se utiliza para la planeación estratégica de negocios, estudio de mercado, evaluación de la viabilidad inicial, evaluación de esquemas alternativos para el proyecto, investigación y localización de sitio.

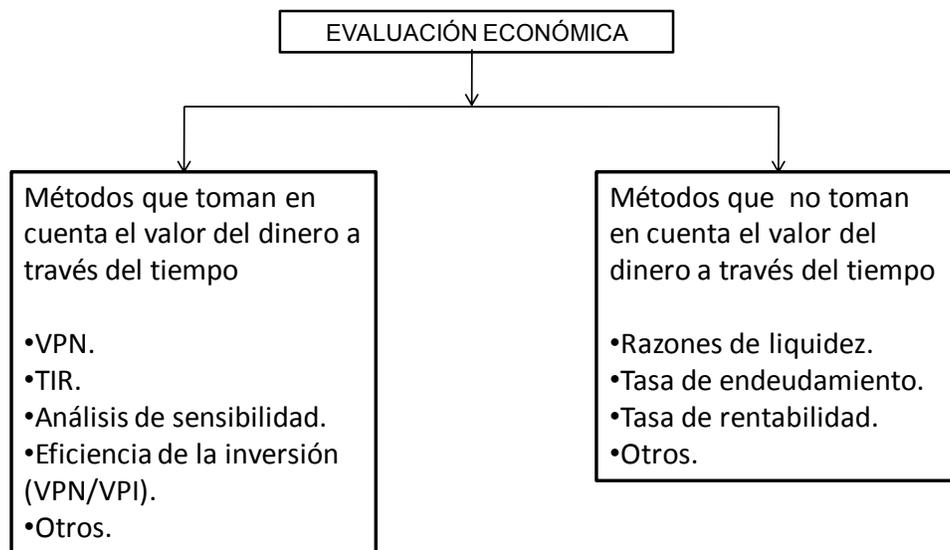
- Clase IV (Estimado preliminar), rango de precisión de +35%/-20%. Se realiza en la fase FEL-II. Este tipo de estimado se utiliza para la planeación estratégica, el análisis de esquemas alternativos y la confirmación de la factibilidad técnico-económica. Como regla general, se requiere de un estimado de costos clase IV para solicitar los recursos presupuestales que se utilizarán para llevar a cabo estudios de pre-inversión.
- Clase III (Estimado presupuestal), rango de precisión de +25%/-15%. Se elabora en la fase FEL-III. Es realizado una vez que se cuenta con la ingeniería básica y es usado como presupuesto del proyecto hasta que se tengan estimados de mayor precisión. Debido al grado de definición del proyecto en el que se sustenta, el estimado de costos clase III deberá asumirse como el requerimiento de aplicación general para la obtención de fondos para la ejecución del proyecto.
- Clase II (Estimado de control), rango de precisión de +15%/-10%. En términos generales, este estimado de costos se podrá elaborar cuando la ingeniería básica extendida se encuentre disponible. Este tipo de estimados se utiliza para obtener la línea de control detallada contra la cual todos los costos son actualizados y monitoreados para conocer las variaciones en el presupuesto del proyecto.
- Clase I (Estimado definitivo), rango de precisión de +10%/-5%. Este tipo de estimado, que se prepara una vez que se dispone de la ingeniería de detalle, se deriva de la preparación de propuestas de las empresas contratista, y es utilizado para el control del proyecto durante su ejecución.

Lo anterior promueve que la metodología VCD pueda distinguir entre realizar estimados de costos más o menos precisos conforme se requiera en cada fase. Esto aumenta su eficiencia y disminuye la inversión de tiempo y de dinero en estudios donde no se requiera. Como ya se vio previamente en el estudio técnico, la metodología VCD sigue aumentando su eficiencia en utilizar los estudios a

través de su ciclo de vida, conforme se requiera utilizarlos evitando que existan cálculos y estudios innecesarios.

**Evaluación económica en la evaluación de proyectos.**

La evaluación económica es una etapa de la evaluación de proyectos en la que se obtiene el cálculo de la rentabilidad de la inversión en término de índices económicos, tal y como ya se había descrito en el capítulo dos. La **Figura 4.7.** muestra los métodos usados en la evaluación económica que utiliza la evaluación de proyectos para así poder observar la rentabilidad económica de un proyecto y poder compararlo con otro en materia de estos indicadores económico.



**Figura 4.7** *Métodos de la evaluación económica usados en la evaluación de proyectos*

La herramienta de evaluación económica usada en la evaluación de proyectos usa dos métodos en general los que usan el valor del dinero a través del tiempo y los que no lo usan, como se observa en la figura anterior.

Evaluación económica en la metodología VCD

La evaluación económica en cada fase del FEL está dada como se muestra a continuación:

Visualización (FEL-I):

- Indicadores clave (VPN, TIR, VPN/VPI, VPE, VPN/VPE, PRI).
- Jerarquización de escenarios (Grafica en base al VPN, VPI y DSVPN, para identificar la pseudo eficiencia de frontera económica).

Conceptualización (FEL-II):

- Evaluación económica (viabilidad en los precios de hidrocarburos, inflación, régimen cambiario, tasa de interés, etc.).
- Evaluación de los escenarios preseleccionados (cálculo de indicadores económicos, VPN, VPI, TIR, VPN/VPI, VPE, VPE/VPE, PRI).
- Evaluación del proyecto seleccionado (evaluación de la rentabilidad por costos, variables económicas y beneficios).

Definición (FEL-III).

- Calculo de indicadores económicos definitivos del proyecto seleccionado (En esta etapa se pretende que se determine la viabilidad de proyecto ´para que pase a la ejecución).

La metodología VCD utiliza los mismos métodos económicos que consideran el valor del dinero en el tiempo, que son una parte de los usados en la evaluación de proyectos.

La única diferencia entre la utilización de estos indicadores entre la evaluación de proyectos y el VCD es que este último va aumentando el rango de precisión conforme se pasa de la fase Visualización hasta Definición, es decir, se realiza a mayor detalle y con información más precisa de fase en fase, hasta así obtener indicadores definitivos.

#### 4.4.3. Análisis y administración de riesgos

Hablar de la determinación de los riesgos tanto en la evaluación de proyectos como en la metodología VCD resulta complejo. En la metodología VCD se debe manejar un adecuado análisis del riesgo inherente a las variables, el cual ayudará a decidir cuánto es mucho riesgo o es poco riesgo en términos financieros, mercantiles y tecnológicos. En otras palabras, a medir la probabilidad de tener alguna pérdida. Como ya se ha mencionado antes, es un valor que no se mantiene estático, dificultando así tener cifras exactas del riesgo.

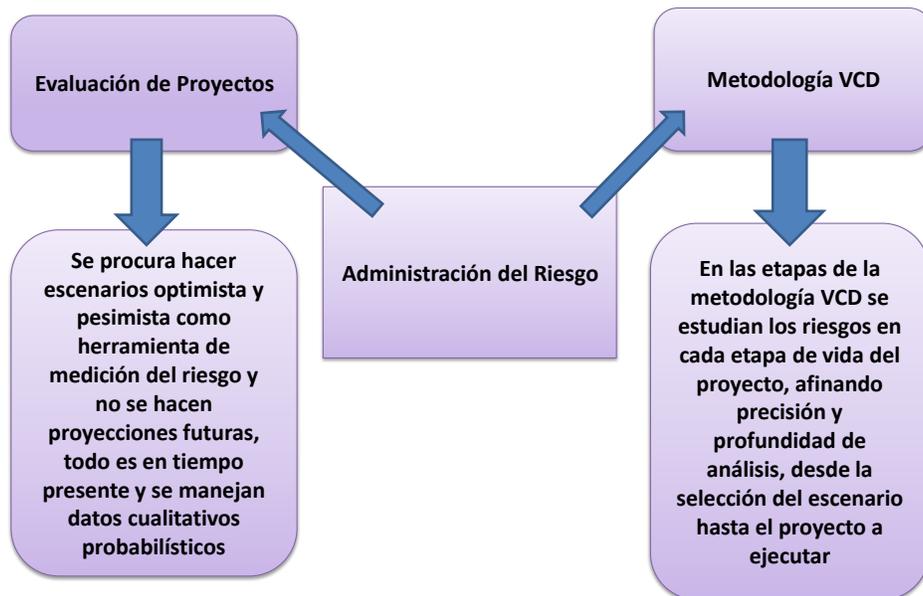
En la evaluación de proyectos se realiza un análisis de riesgo de manera global, es decir menciona que se debe realizar en las aéreas de mercado, financiero y tecnología, pero no menciona como debe realizarse, ni especifica si se consideran todas las variables que afectan dichas aéreas, ni en qué momento de la evaluación se realiza.

Como se mencionó en el capítulo tres, la metodología VCD lleva ventaja sobre la determinación de respuestas de variables probabilísticas, ya que esta utiliza la simulación Montecarlo que no brinda una sola respuesta, sino un rango de valores posibles que puede tomar la respuesta, en donde el responsable de tomar las decisiones recibe un panorama general. La simulación Montecarlo es una fuente de generación de números aleatorios aplicados a condiciones preestablecidas y con un fin definido. Un ejemplo de cómo funciona la simulación Montecarlo es cuando se examina la tarea relativamente más directa de determinar las reservas recuperables de un posible prospecto. Si los yacimientos fueran homogéneos, sería muy simple deducir las reservas recuperables de los mismos, utilizando un valor único para cada parámetro, pero, en la práctica por lo general no es posible asignar valores únicos a cada parámetro; esto, ocasiona obtener datos limitados con los que se puede trazar una curva de distribución, es decir, una curva que describe la probabilidad de que ocurra un valor determinado, para cada variable ingresada en el cálculo. La simulación tomará los resultados posibles de cada distribución, en lugar de los extremos, porque existen más ejemplos dentro de ese rango. Como resultado final se obtiene una nueva curva de distribución, que

representan un rango de posibles cantidades de reservas recuperables y la probabilidad de que ocurra algún valor en particular. Aunque la simulación de Montecarlo es ampliamente utilizada para estimar reservas solo una cantidad limitada de compañías lo adoptan como un método para tomar decisiones económicas, o para evaluar riesgos.

El análisis de Montecarlo es una herramienta de gran utilidad y alcance, pero se debe utilizar con cuidado. Un error en la asignación de un dato ingresado, como por ejemplo la variación de precio del petróleo, puede hacer que todo el análisis resulte erróneo. En el caso del análisis de riesgo, la simulación de Montecarlo proporciona una herramienta con mayor precisión que otros métodos al momento de obtener resultados ya sea de riesgos, reservas, económicos, etc., proporcionándole a la metodología VCD tener resultados cuantitativos sólidos.

A continuación en la **Figura 4.8** se muestra la comparativa del análisis de riesgos entre ambos métodos.



*Figura 4.8 Administración del riesgo financiero en ambos métodos*

Es claro que la metodología VCD analiza el riesgo de manera más eficiente y precisa que la evaluación de proyectos convencional, ya que, utiliza distribuciones probabilísticas aumentando así como ya se dijo, su rango de precisión y distribuye el análisis de riesgo a lo largo de todas las etapas de vida del proyecto reduciendo así tiempos y profundizando este estudio mientras se van descartando escenarios de selección de proyectos.

La **Tabla 4.8** muestra cómo se hace la distribución del análisis de riesgos durante cada una de las fases de la metodología VCD.

**VERIFICACIÓN DE LA ALINEACIÓN DE LA METODOLOGÍA VCD CON LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

**Tabla 4.8 Distribución del análisis de riesgos durante cada fase de la metodología VCD**

RIESGO	Visualización (FEL-I)	Conceptualización (FEL-II)	Definición (FEL-III)	Evaluación de Proyectos
Cualitativo	Generación de matrices de oportunidades	Ajuste y validación de la matriz de escenarios, y de distribuciones probabilísticas con incertidumbres de variables cuantitativas	Ajuste o validación de distribuciones probabilísticas del FEL-II	Distribuciones probabilísticas y simulación de factibilidad.
Cuantitativo	Generación de tablas con variables cualitativas (Riesgo alto, medio y bajo)	Ajuste y validación de variables cualitativas. Jerarquización de escenario	Plan de mitigación de riesgos e incertidumbres.	Experiencia técnica y plan de mitigación de riesgos

Como se observa, la metodología VCD utiliza un constante análisis y estudio de los riesgos e incertidumbres en las tres fases, esto porque así se favorece a la reducción de cualquier tipo de riesgo que pueda ser perjudicial para el proyecto o que impida una correcta selección de los escenarios.

Como última observación del capítulo, se deduce que existe la inclusión de los puntos de la evaluación de proyectos dentro de la metodología VCD. Cabe señalar que la estructura de las dos es diferente, viéndose que en la metodología VCD fue hecha para la industria de explotación de hidrocarburos y su estructura fue acuñada bajo análisis que determinaron como se llevarían a cabo sus estudios para aumentar la eficiencia de aplicación y reducir riesgos.

Como ejemplo de esto, podemos observar que en la metodología VCD se requiere del estudio de proveedores hasta la parte de definición y no en cada una de las tres etapas evitando así pérdidas de tiempo y dinero en estudios donde aún no se ha seleccionado un escenario definitivo.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Con base en las comparaciones realizadas en el capítulo IV, se deduce que la metodología VCD es una modalidad de la evaluación de proyectos que fue elaborada exclusivamente para el diseño de proyectos de explotación de hidrocarburos.

La recomendación para la Facultad de Ingeniería es la sustitución de la asignatura Evaluación de Proyectos de Ciencias de la Tierra por una que esté enfocada en el aprendizaje de la metodología VCD, como asignatura para la formación del ingeniero petrolero. Esta inclusión es una necesidad nacional ya que el diseño de proyectos de explotación bajo esta metodología es una obligación legal (establecida por la CNH), además de que es una de las mejores prácticas internacionales que se están tratando de implementar en México.

2. Aunque en la metodología VCD se menciona que se realizan evaluaciones técnicas-económicas, lo único que se detalla de forma explícita es la evaluación económica, la cuál es la única que se toma en cuenta para la jerarquización de escenarios. Al suceder esto, se dejan del lado indicadores clave de desempeño (ICD) planteados, con lo cual los especialistas de las áreas totalmente técnicas jamás ven reflejada la importancia de su participación.

Como recomendación, se debería incluir un ejemplo de elaboración de ICD's en el Documento Rector, para facilitar así que el equipo de trabajo comprenda mejor los requerimientos y pueda elaborarlos con la calidad necesaria.

Además, la forma de jerarquización de escenarios debería adecuarse para poder considerar los ICD.

3. En la metodología VCD se menciona que se deben elaborar planes de mitigación y guías de control de proyecto más, no se describe ni se ejemplifica su realización.

Se recomienda incluir en el Documento Rector algún ejemplo, facilitando que el equipo de trabajo comprenda mejor los requerimientos y pueda elaborarlos con la calidad necesaria.

Además, entre los conocimientos que deberían poseer los miembros del equipo de proyecto, están los conceptos de la administración de proyectos.

4. La metodología VCD no contempla la realización del estudio de mercado porque está orientada al diseño de proyectos de explotación de yacimientos y deja fuera de su alcance a la comercialización del hidrocarburo.

Es importante aclarar que es indispensable que el área encargada de la comercialización debe interactuar con el equipo de diseño para solicitar, con base a la estrategia de comercialización planteada a raíz del resultado del estudio de mercado, los puntos de venta y las especificaciones de calidad de los hidrocarburos a comercializar para que el equipo realice sus actividades orientadas en cumplir con estos requerimientos.

5. Existe un gran riesgo de culminar en forma incompleta la fase de Definición al no elaborar la descripción de la adquisición de la maquinaria y equipo, la definición de la estructura jurídica y de organización humana.

La recomendación es no asumir el hecho de que el mismo equipo que diseñó el proyecto FEL debe ser el que lo ejecute; este puede ser sustituido, modificado y/o complementado, en función de la cantidad y tipo de actividades visualizadas en el plan de explotación.

Además, los contratos existentes para obras y servicios deberán ser re-negociados para poder dar cumplimiento a los objetivos del proyecto.

6. Aunque las técnicas de análisis empleadas en cada parte de las metodologías analizadas sirven para hacer una serie de determinaciones, no desaparece la necesidad de tomar una decisión personal, ya que el estudio por sí solo no puede decidir, lo único que puede hacer es encaminar al personal a tomar una decisión que sólo proporciona las bases con las cuales decidir, y no toma en cuenta las situaciones de carácter intangible que no tienen una técnica de evaluación, lo que conlleva a que la

decisión final la tome una persona y no solo la metodología de evaluación por muy general y bien estructurada que ésta sea.

La recomendación al respecto es, tener bien identificado y establecido (por escrito) el tipo de nivel de decisión que corresponderá a cada integrante del equipo, a lo largo de la aplicación de la metodología. De no ser así, se corre el riesgo de que la decisión sobre un punto específico se tome en varias ocasiones, hasta encontrar al personal que debería hacerlo de inicio; o peor aún, que la decisión sea tomada por alguien que no tiene las capacidades para hacerlo de forma adecuada.

7. La forma en que está redactado el Documento Rector da a entender que la metodología VCD es aplicable para yacimientos que se encuentran terminando de la etapa de delimitación, con lo que pueden generarse confusiones de su aplicabilidad a campos en etapas más avanzadas de explotación.

La recomendación es capacitar a los integrantes del equipo en conceptos sobre la Administración Integral de Yacimientos, para que todos tengan criterios claros y homologados y con ello no existan dudas sobre la aplicabilidad de la metodología a cualquier yacimiento.

Además, se podrían incluir al Documento Rector actividades específicas a elaborar, para cada yacimiento que se encuentra en alguna etapa específica de explotación.

8. Debe tomarse en cuenta que si existe negligencia en el desarrollo de la Metodología VCD durante el ámbito laboral, o hubiese alguna actitud de rechazo al seguimiento de ella, habrá fallas rotundas que puede reflejarse en el fracaso de una parte o de todo el proyecto.
9. En el Documento Rector observamos que las autorizaciones para proceder con la ejecución del proyecto, se tocan hasta la fase de Definición de la metodología VCD, y es importante aclarar que la autorización respecto a llevar a cabo o no el proyecto, debe tener un temprano seguimiento dentro de las primeras fases; ya que si no hay un permiso para su realización, todo

el estudio puede fracasar, y a pesar de haber estudiado todo el alcance del mismo, si las autoridades pertinentes no dejan proceder la ejecución, todo el estudio metodológico habrá sido en vano.

Como recomendación, se propone realizar el estudio de los permisos y autorizaciones desde que se ha elegido la cartera de proyectos que pasaran a ser analizados para su selección, es decir desde la fase de Visualización evitando así el rechazo de su ejecución por parte de las autoridades correspondientes.

## NOMENCLATURA

1P.	Reserva Probada.
R.	Reserva Probada + Reserva Probable.
3P.	Reserva Probada + Reserva Probable + Reserva Posible.
AS.	Análisis de Sensibilidad.
.BEC.	Bombeo Electro-Centrífugo.
BCP.	Bombeo de Cavidades Progresivas.
BM.	Bombeo Mecánico.
BN.	Bombeo Neumático.
CNH.	Comisión Nacional de Hidrocarburos.
DSVPN.	Desviación Estándar del Valor Presente Neto.
EFI.	Eficiencia de la Inversión.
FEL.	Front End Loading.
FNE.	Flujos Netos de Efectivo.
FR.	Factor de Recuperación.
FRACC.	Fracción.
i.	Tasa de interés.
ICD's.	Índice Clave de Desempeño.
IPA.	Independent Project Analysis Inc.
ISR.	Impuesto Sobre la Renta.
Km <sup>2</sup> .	Kilómetros cuadrados.
m.	Metros.
M <sup>3</sup> /M <sup>3</sup> .	Metros cúbicos sobre metros cúbicos.
MAX.	Máximo.
m.d.b.m.r.	Metros.
MIA'c.	Modelo Integral del Activo.
MIN.	Mínimo.
MMMPC.	Miles de millones de pies cúbicos.
Mts.	Metros.
P10.	Percentil Diez.
P50.	Percentil Cincuenta.
P90.	Percentil Noventa.
PEMEX.	Petróleos Mexicanos.
PEP.	Pemex Exploración y Producción.
Pg.	Pulgada.
PLC.	Presión de Inyección.
PRI.	Periodo de la Recuperación de la Inversión.
RGA.	Relación Gas Aceite.
RUT.	Reparto de Utilidades para los Trabajadores.
SSPAIS.	Seguridad, salud, protección ambiental e impacto social.

## NOMENCLATURA

---

TI.	Sistema de tecnología de la información.
TIR.	Tasa Interna de Retorno.
TMAR.	Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento.
VCD.	Visualización Conceptualización Definición.
VPE.	Valor Presente Esperado.
VPI.	Valor Presente de la Inversión.
VPN.	Valor Presente Neto.
VS.	Valor de Salvamento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Gabriel Baca Urbina. “Evaluación de Proyectos”, sexta edición. McGraw-Hill, 2010.
2. “Documento Rector, para el Diseño Documentación y Dictamen de Proyectos de Explotación”, Guía General VCD PEP. Pemex Exploración y Producción, 2010.
3. Adán Hanniel Tello Gómez.: “Educación en Ingeniería Petrolera para la Gestión del Riesgo”, Tesis Profesional, UNAM, 2011.
4. “Metodología VCD”, Conceptos Básicos y Guía General VCD PEP. Pemex Exploración y Producción, 2006.
5. Flores, A. C.: “Definición Inicial del Proyecto (FEL), una mejor practica para incrementar el desempeño en los proyectos”, Tesis Profesional, UNAM, 2006.
6. Zacarías Torres Hernández, Helí Torres Martínez. “Administración de Proyectos”, primera edición. Grupo Editorial Patria, 2013.